



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี”

โดย

รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง และคณะ

พฤษภาคม 2559



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี”
Telerobotic Control System
for Learning of Chemical Mixture

โดย

รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง และคณะ

พฤษภาคม 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี” Telerobotic Control System for Learning of Chemical Mixture

คณะผู้วิจัย

1. รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง
2. นายธิดิภัทร์ คุณมี
3. นางสาวพูนสิริ ใจลังการ

สังกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.-สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ณ
บทคัดย่อ	ต
ABSTRACT	ถ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
ขอบเขตงานวิจัย	3
ขอบเขตด้านเนื้อหาที่ทำวิจัย	3
ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	3
ขอบเขตด้านระยะเวลาที่จะทำวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
ด้านการศึกษา	4
ด้านวิชาการ	4
ด้านสังคมและชุมชน	4
ด้านเศรษฐศาสตร์	4
แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย	4
แนวทางการขยายผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษานานาชาติของประเทศไทยอย่างแท้จริง	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
วรรณกรรมส่วนการเรียนรู้ระยะไกล	8
วรรณกรรมส่วนการพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี	8

วรรณกรรมส่วนการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	11
สมมุติฐาน	11
กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	11
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางวิศวกรรม	12
ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับผสมสารเคมี	12
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางกล	13
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	23
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางคอมพิวเตอร์	27
ด้านการประเมิน	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	34
ข้อมูลความต้องการของครูวิทยาศาสตร์และนักเรียน หรือผู้ใช้งาน	34
ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ การผสมสารเคมี	35
ผลการทดสอบคุณสมบัติของหุ่นยนต์	35
ผลการทดสอบคุณสมบัติของมือจับ	35
ผลการทดสอบคุณสมบัติการใช้งานหุ่นยนต์ได้จากระยะไกล	35
ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ด้วยตัวเองแบบไม่ได้ใช้งานระบบหุ่นยนต์ในการเรียนการสอนวิชาเคมี	37
ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากการใช้งานระบบหุ่นยนต์ และผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอน และนักเรียนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี	37
ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากการใช้งานระบบ	38
ผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี	38
ผลการประเมินเจตคติของนักเรียนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี	43
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	๑
แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางเรียนรู้ เพื่อทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน	๒

ภาพกิจกรรมการจัดอบรมครูผู้สอน และประเมินเจตคติของครูผู้สอนต่อระบบควบคุมhunynat
ระยะไกล

๕

ภาพกิจกรรมการทดสอบระบบควบคุมhunynatระยะไกลกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนเพื่อประเมิน
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ

๗

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ไม่ได้ใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี	37
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน ที่ใช้งานระบบควบคุม หุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	38
ตารางที่ 3 การแปลความหมายเกณฑ์การประเมิน	38
ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของครู	39
ตารางที่ 5 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการ เรียนรู้การผสมสารเคมีอย่างละเอียด	42
ตารางที่ 6 การแปลความหมายเกณฑ์การประเมิน	43
ตารางที่ 7 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งาน	44
ตารางที่ 8 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งานด้านต่างๆอย่างละเอียด	47

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภาพแนวทางการขยายผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษ ของประเทศอย่างแท้จริง.....	7
รูปที่ 2.1 โปรแกรมห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน (Virtual Chemistry Laboratory).....	9
รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อการทำสวนขนาดเล็ก	9
รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	12
รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับผสมสารเคมี	13
รูปที่ 3.3 ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	13
รูปที่ 3.4 ภาพรวมทางกลของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	14
รูปที่ 3.5 ไมโครปิเปต (Micropipette) และการใช้งานไมโครปิเปตควบคู่กับมือจับที่ได้สร้างขึ้นที่สถาบันฯ ..	14
รูปที่ 3.6 มือจับที่อยู่คู่กับหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot)	15
รูปที่ 3.7 มือจับของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการออกแบบ	15
รูปที่ 3.8 ทิศทางเคลื่อนที่สำหรับหยิบจับของมือจับหุ่นยนต์	15
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบจับไมโครปิเปตและบีกเกอร์	16
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ	16
รูปที่ 3.11 ทิศทางการเคลื่อนที่ที่สามารถกด-ปล่อยไมโครปิเปตของมือจับหุ่นยนต์	16
รูปที่ 3.12 มือจับ (Gripper) ที่ได้รับการออกแบบและสร้างที่สถาบันฯ	16
รูปที่ 3.13 พื้นที่ทำงานและฐานของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ	17
รูปที่ 3.14 พื้นที่ทำงานและฐานของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ	18
รูปที่ 3.15 ไมโครปิเปต (Micropipette).....	18
รูปที่ 3.16 ที่วางไมโครปิเปตที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ.....	19
รูปที่ 3.17 ที่วางไมโครปิเปตที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ	19
รูปที่ 3.18 ที่เก็บบีกเกอร์	19
รูปที่ 3.19 ที่เก็บบีกเกอร์ที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ	20
รูปที่ 3.20 ที่เก็บบีกเกอร์ที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ.....	20
รูปที่ 3.21 มอเตอร์สำหรับชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี.....	21
รูปที่ 3.22 ชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมีที่ได้ออกแบบที่สถาบันฯ	21
รูปที่ 3.23 เซนเซอร์กำปูสำหรับชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี	21
รูปที่ 3.24 ชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมีที่ได้สร้างที่สถาบันฯ.....	22

รูปที่ 3.25 ชุดคอนเนคเตอร์แบบ CPC-57 และ CPC-14 ของหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot).....	22
รูปที่ 3.26 แผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบที่สถาบันฯ.....	23
รูปที่ 3.27 แผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ที่ได้สร้างที่สถาบันฯ	23
รูปที่ 3.28 ภาพรวมของการออกแบบและพัฒนาทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	24
รูปที่ 3.29 ภาพรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบทั้งหมดสำหรับการใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์.....	25
รูปที่ 3.30 ภาพรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด	25
รูปที่ 3.31 ชุดกล่องควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสายไฟฟ้าจากหุ่นยนต์กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่	25
รูปที่ 3.32 ชุดวงจรขับเคลื่อน.....	26
รูปที่ 3.33 อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	26
รูปที่ 3.34 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560).....	27
รูปที่ 3.35 ปุ่มหยุดฉุกเฉิน	27
รูปที่ 3.36 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Labview แสดงตำแหน่งแกนหุ่นยนต์แต่ละแกน.....	28
รูปที่ 3.37 หน้าต่างแสดงผลของผู้ให้บริการ	28
รูปที่ 3.38 หน้าต่างแสดงผลของผู้ให้บริการ	29
รูปที่ 3.39 หน้าต่างสำหรับให้ผู้ใช้ควบคุมหุ่นยนต์	29
รูปที่ 3.40 ลำดับการทำงานเพื่อให้ผู้เรียนประเมินผลงานวิจัย	30
รูปที่ 3.41 ลำดับการทำงานเพื่อให้ครูผู้สอนประเมินผลงานวิจัย	32
รูปที่ 4.1 หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6	34
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Smartphone).....	36
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้ไอโฟนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iPhone : IOS).....	36
รูปที่ 4.4 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี.....	39
รูปที่ 4.5 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี	40
รูปที่ 4.6 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี	40
รูปที่ 4.7 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอนมีความพึงพอใจ.....	41
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งาน	44

รูปที่ 4.9 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ.....	45
รูปที่ 4.10 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในการออกแบบระบบ	46
รูปที่ 4.11 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน	46
รูปที่ 5.1 ระบบทำความสะอาดปีกเกอร์ที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา	52

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ศาสตราจารย์พิเศษ ดร. กาญจนา เกรียงศรี หัวหน้าโครงการสังเคราะห์ และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ และอาจารย์ทัศนงูร ตุลยากรณ์ ช่วยให้คำชี้แนะเกี่ยวกับการทดลองเรื่องกรด - ด่าง ตลอดจนโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม โรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษกในพระบรมราชูปถัมภ์ โรงเรียนนาหลวง และโรงเรียนวัดพุทธบูชาที่ให้การสนับสนุนและความร่วมช่วยเหลือแก่คณะผู้วิจัย ทำให้คณะผู้วิจัยได้รับผลประโยชน์และแนวทางในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นทางคณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ กลุ่มการศึกษาและสร้างสรรค์การเรียนรู้ ประจำปีงบประมาณ 2557 แก่คณะผู้วิจัย

รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง และคณะ

พฤษภาคม 2559

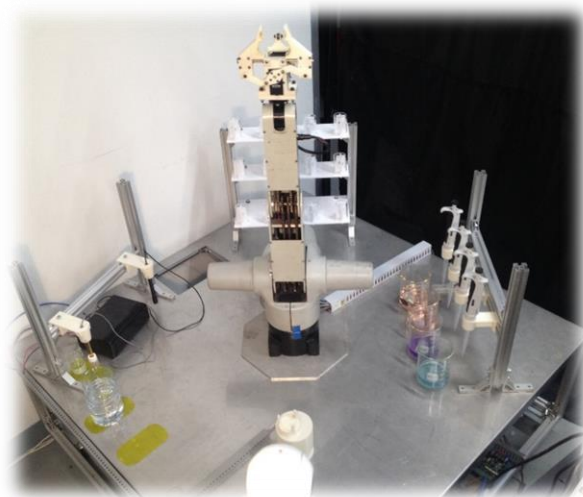
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การเรียนรู้ระยะไกล หรือการศึกษาทางไกล เป็นการเปิดโอกาสทางการศึกษาให้นักเรียนหรือผู้สนใจแต่ไม่สามารถเข้ารับการศึกษาระบบปกติได้ เนื่องจากภาระหน้าที่ทางงาน ครอบครัว หรือปัญหา ระยะทางระหว่างโรงเรียนถึงที่พักหรือที่อยู่อาศัย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มพูนความรู้สำหรับนักเรียนที่มีความใฝ่รู้ได้อีกทางหนึ่งด้วย จะเป็นการดียิ่งถ้ามีระบบเรียนรู้ระยะไกลแบบพิเศษโดยเฉพาะสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี ซึ่งได้มีการเรียนการสอนทางด้านทฤษฎีได้อย่างครบถ้วน มีการอธิบายผลของการผสมสารเคมีต่างๆ แต่การที่ได้รับความรู้ทางด้านทฤษฎีเพียงอย่างเดียว นั้น อาจไม่สามารถทำให้เกิดกระบวนการทางความคิดได้ และทำให้ผู้เรียนไม่สามารถจดจำผลของการผสมสารเคมีนั้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการปฏิบัติการเพื่อให้เห็นผลการทดลองจริง และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเพื่อดูผลการทดลองที่เกิดขึ้น แต่การพยายามหาสารเคมีมาทดสอบตามทฤษฎีเองนั้น สารเคมีบางชนิดก็ไม่สามารถหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป อีกทั้งยังต้องใช้เครื่องมือปฏิบัติการทางเคมี และผลของการผสมบางครั้งอาจเกิดอันตรายแก่ผู้เรียน จำเป็นต้องมีผู้รู้ผู้ชำนาญคอยดูแลอย่างใกล้ชิด อีกทั้งการศึกษาวิชาเคมีของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในแต่ละโรงเรียนนั้น จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างทางด้านงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ของวิชาเคมี ซึ่งงบประมาณได้รับการจัดสรรมานั้นขึ้นอยู่กับโรงเรียนนั้นๆ ในขณะที่โรงเรียนในต่างจังหวัด หรือโรงเรียนขยายโอกาส อาจได้รับการจัดสรรงบประมาณไม่เพียงพอ ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องตัดการปฏิบัติการเคมีที่มีราคาสารเคมีสูงออกไป ทำให้นักเรียนในโรงเรียนนั้นๆ ไม่ได้มีโอกาสทางการศึกษาเท่าเทียมกับโรงเรียนที่มีความพร้อมทางด้านงบประมาณมากกว่า ดังนั้นการพัฒนาระบบการเรียนรู้ระยะไกลแบบพิเศษสำหรับวิชาเคมี จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าถึง และสนใจเนื้อหาทั้งทฤษฎีและปฏิบัติของวิชาเคมีได้อย่างดี

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงนำเสนอการออกแบบ และสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อเรียนรู้การผสมสารเคมี ซึ่งผู้เรียนสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่าย โดยควบคุมผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แสดงผลโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ และสามารถออกแบบปริมาณสารเคมีแต่ละชนิดได้เอง เพื่อให้เกิดการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ ผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง ซึ่งผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองได้ทันทีที่ส่งการผ่านกล้อง และดูค่าความเป็นกรด – ด่าง ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียน ให้สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนการสอนระหว่างสังคมเมืองและชนบท ช่วยเพิ่มช่องทางการเรียนรู้ ทำให้สามารถลดภาระการสอนของครู อาจารย์ ที่มีปัญหาสัดส่วนไม่พอกับจำนวนนักเรียนอีกด้วย และยังถือเป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะใช้เสริมเนื้อหา และการทดลองปฏิบัติของนักเรียนที่เห็นผลได้จริงผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบ สร้าง และพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ซึ่งได้ใช้โครงสร้างหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot) พร้อมทั้งทำการออกแบบ และสร้างชุด

ควบคุมหุ่นยนต์ เนื่องจากหุ่นยนต์ซีอาร์เอสไม่มีชุดควบคุม มีเพียงโครงสร้างและมอเตอร์ในแต่ละแกนเท่านั้น จากนั้นทำการออกแบบโครงสร้างพื้นที่ทำงาน โดยใช้โครงสร้างเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ และสแตนเลสแผ่น ในส่วนของมือจับที่ได้ออกแบบและสร้างโดยคณะวิจัย เป็นมือจับที่มีรูปแบบการทำงานเฉพาะ โดยมือจับสร้างโดยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) มีมอเตอร์ควบคุม 2 ตัว มือจับสามารถทำการหยิบปิกเกอร์และอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง หยิบจับไมโครปิเปต และกด-ปล่อยไมโครปิเปตได้



ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ในส่วนของโปรแกรมทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ซอฟต์แวร์แลปวิว (Labview) เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ และโปรแกรมติดต่อไปยังอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยที่ออกแบบและสร้างโดยคณะวิจัยนี้จะทำการติดต่อและส่งค่าไปยังอีกโปรแกรม ซึ่งออกแบบและพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์ไมโครซอฟต์วิซวลสตูดิโอ โดยโปรแกรมนี้นำหน้าที่เปิดเซิร์ฟเวอร์รองรับผู้เรียนเพื่อติดต่อมายังหุ่นยนต์ต่อไป ในส่วนการติดต่อผู้ใช้งาน ทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบเว็บไซต์ให้มีข้อมูลของการปฏิบัติการเคมี มีระบบฐานข้อมูล เก็บข้อมูลผู้เรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ฯ อีกทั้งยังแสดงผลการควบคุมหุ่นยนต์ ที่จะติดต่อไปยังหุ่นยนต์ เพื่อส่งคำสั่งไปสั่งหุ่นยนต์ และรับค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่หุ่นยนต์อ่านได้มาแสดงให้ผู้เรียนได้ทราบ



หน้าตาเว็บไซต์สำหรับผู้ควบคุมหุ่นยนต์

ทางด้านการนำระบบไปใช้จริงกับการเรียนรู้วิชาเคมี ได้มีการจัดทำเอกสารคู่มือประกอบการใช้งาน เพื่อจัดอบรมครูและนักเรียน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่มีต่อระบบ โดยหลังจากที่กลุ่มของครูและนักเรียนได้เรียนรู้การใช้งานแล้ว จะมีการประเมินเจตคติของครูและนักเรียน เพื่อวัดเจตคติครูและเจตคตินักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี และการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนเรียน-หลังเรียนของนักเรียน เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติจริงได้



จัดอบรมครูและแนะนำวิธีการใช้งานบนระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ในการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ได้ทำการประเมินกับกลุ่มนักเรียนตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 173 คน โดยประกอบด้วยกลุ่มนักเรียนไม่ได้ใช้งานระบบหุ่นยนต์จำนวน 73 คน และกลุ่มนักเรียนที่ใช้ระบบจำนวน 100 คน ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ไม่ได้ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ได้เท่ากับ 3.42 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้เท่ากับ 3.89 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูง

กว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนที่เฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 48.51 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 51.49 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 2.99 ร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 6.15 ในส่วนผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ได้เท่ากับ 3.92 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้เท่ากับ 4.8 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนที่เฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 47.86 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 52.14 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 4.27 ดังนั้นร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 8.93 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบนักเรียนที่ไม่ใช้งานระบบกับนักเรียนที่ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี พบว่านักเรียนที่ใช้งานระบบมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้งานระบบ

ตารางผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตัวเองไม่ได้ใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี

	จำนวน (n)	คะแนนเฉลี่ย (Mean, $\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ก่อนเรียน	73	3.42	1.59
หลังเรียน	73	3.89	1.51

ตารางผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน ที่ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

	จำนวน (n)	คะแนนเฉลี่ย (Mean, $\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ก่อนเรียน	100	3.92	2.07
หลังเรียน	100	4.8	2.04



จัดอบรมการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีให้กับกลุ่มนักเรียน

จากนั้นได้ทำการประเมินเจตคตินักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยผลเฉลี่ยรวมของระบบพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.12$, S.D. = 0.69) ซึ่งนักเรียนมีความพอใจในเรื่องความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจที่สามารถใช้งานหุ่นยนต์ผสมสารเคมีได้ รองรับการเข้าถึงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้หลากหลาย

ตารางผลการประเมินเจตคติของนักเรียนที่เข้ามาใช้งาน

รายการประเมิน	ความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ	4.10	0.69	ดี
ส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบ	4.14	0.71	ดี
ส่วนที่ 3 ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน	4.11	0.66	ดี
รวม	4.12	0.69	ดี

ในการส่วนของการประเมินเจตคติครูผู้สอนที่ผ่านการอบรมและใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี จำนวน 6 คน ได้ผลปรากฏว่าในส่วนการใช้งานระบบกับการเรียนรู้วิชาเคมี ครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.30$, S.D.= 0.62) ในส่วนการใช้งานระบบกับนักเรียน ครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.5$, S.D.= 0.66) และในส่วนสุดท้ายส่วนความพึงพอใจของครูผู้สอนเอง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.43$, S.D.= 0.64) ซึ่งในภาพรวมครูผู้สอนมีความพอใจในเรื่องของ

การทดลองโดยเมื่อนำมาใช้จริงกับนักเรียน ปรากฏว่านักเรียนสามารถทำทดลองปฏิบัติที่เห็นผลได้จริงผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สามารถเป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูเคมีที่จะใช้เสริมเนื้อหาในชั้นเรียน และในส่วนของทดลองพัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ผลการประเมินเจตคติครูผู้สอน

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี	4.30	0.62	ดี
ส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้เรียน	4.50	0.66	ดีมาก
ส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอน	4.43	0.64	ดี
รวม	4.41	0.64	ดี

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่ได้รับจากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ครูผู้สอนและนักเรียนที่ใช้งานระบบ หุ่นยนต์เกี่ยวกับการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยได้รับข้อเสนอแนะในเรื่องของระยะเวลาในการรอคิวนานไป ควรมีการจัดการในการเข้าใช้ให้ทุกคนมีส่วนร่วมได้ ให้ผสมได้หลายรูปแบบทั้งการผสมแบบที่เป็นสารละลายอื่นๆ และสารที่ไม่ใช่สารละลาย รวมถึงการอนุญาตให้นักเรียนใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ได้ที่มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสั่งการให้หุ่นยนต์ทำที่ละขั้นตอน เพื่อให้เกิดความสมจริงมากขึ้น และสารเคมีที่หลากหลายกว่าเดิม เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มเทคนิค หรือวิธีการใดๆ ให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 13 ทักษะ เพิ่มการบอกข้อมูลคุณสมบัติของสารเคมี อาทิเช่น สารเคมีอันตราย สารเคมีที่ทำให้เกิดควัน เป็นต้น เพิ่มการบอกประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้งานจริงในอนาคต อีกทั้งยังได้รับคำแนะนำเรื่องการใช้เครื่องเขย่าสารเคมี ซึ่งแนะนำว่าควรเปลี่ยนเป็นเครื่องกวน (Magnetic Stirrer) เพราะการเขย่าอาจทำให้สารเคมีหก หรือกระเด็นออกจากปิกเกอร์ได้ นอกจากนี้ระบบควรมีระบบป้องกันการโจมตีผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งในขณะนี้ทางคณะวิจัยได้พัฒนาในขั้นต้นจึงพัฒนาให้ใช้ได้เพียงคนเดียว และผู้ใช้อื่นๆ สามารถดูผลการทดลองได้ แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านความเร็วของอินเทอร์เน็ตของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ยังไม่เร็วพอ จึงสามารถให้นักเรียนที่ไม่ได้ทำการทดลอง ได้ดูผลการทดลองสูงสุดเพียง 3 คน และเนื่องจากอยู่ในขั้นการพัฒนาจึงไม่ได้อนุญาตให้นักเรียนใช้งานที่ละขั้นตอน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถทำได้ทันที และการบอกข้อมูลคุณสมบัติ ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียน และการเปลี่ยนเป็นเครื่องกวนนั้น ทางคณะวิจัยมีแผนจะนำไปพัฒนาต่อยอดในขั้นถัดไป ส่วนการป้องกันการโจมตีผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ทางคณะวิจัยได้ทำการป้องกันแก้ไขในเบื้องต้นได้แล้ว

ทางคณะผู้วิจัยมีแผนพัฒนาในอนาคต ให้ระบบสามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์วัดค่าได้ อาทิเช่น อุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารเคมี หรืออุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิของสารเคมี สามารถพัฒนาระบบหุ่นยนต์ให้การล้างอุปกรณ์ได้เอง เพื่อให้ระบบหุ่นยนต์ใช้งานได้ตลอดเวลา สามารถติดตั้งเพื่อจัดแสดงและรองรับการปฏิบัติการ

เคมีจริง ในพิพิธภัณฑ์ต่างๆ หรือศูนย์การศึกษาของจังหวัด หรือศูนย์หุ่นยนต์ของสพฐ. ซึ่งมีประจำอยู่อย่างน้อย 56 จังหวัดทั่วประเทศ และยังสามารถต่อยอดในส่วนการผสมสารเคมีที่เป็นอันตราย สำหรับทางการแพทย์ ทางเภสัช หรืองานที่ต้องการการทำซ้ำๆ ตลอด โดยผู้ใช้สามารถเข้ามาดูผลการทำงานได้ตลอดเวลาผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ หรือจะเป็นการต่อยอดไปยังการปฏิบัติทางด้านอื่น ไม่ว่าจะปฏิบัติการของวิชาฟิสิกส์ ชีววิทยา หรือศิลปะ เรื่องการเรียนรู้การพิมพ์ชิ้นงานต้นแบบสามมิติ เป็นต้น

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

โดยเบื้องต้นจะจัดตั้งระบบหุ่นยนต์ไว้ที่สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เนื่องจากทางสถาบันได้กำลังทำการก่อสร้างตึกใหม่ ซึ่งภายในตึกจะมีพิพิธภัณฑ์หุ่นยนต์ ทำให้มีความเหมาะสมในการจัดตั้งระบบหุ่นยนต์ จากนั้นทำการอบรมครูวิทยาศาสตร์ประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ในห้องเรียน หลังจากนั้นสามารถเผยแพร่ช่องทางการเรียนรู้ให้แก่โรงเรียนและผู้สนใจ ในเวลาต่อมาสามารถจัดสร้างหุ่นยนต์ในพิพิธภัณฑ์อื่นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้งานของหุ่นยนต์ต้นแบบที่จัดตั้งที่พิพิธภัณฑ์หุ่นยนต์ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม รวมทั้งอาจพัฒนาเพื่อจัดตั้งระบบหุ่นยนต์สำหรับศูนย์ศึกษาประจำจังหวัด หรือศูนย์หุ่นยนต์ของสพฐ. ซึ่งมีประจำอยู่อย่างน้อย 56 จังหวัดทั่วประเทศ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนและผู้สนใจสามารถใช้งานได้มากขึ้น โดยต้นทุนในการพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีที่พัฒนาเองอยู่ที่ประมาณ 1 ล้านบาทต่อ 1 ระบบ ซึ่งจะลดการนำเข้าหรือจัดจ้างทำระบบซึ่งอาจมีมูลค่าสูงถึง 10 ล้านบาท ส่วนด้านการต่อยอดงานวิจัยสามารถต่อยอดเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้สำหรับวิชาอื่นๆ เช่น ฟิสิกส์ และชีววิทยา นอกจากนี้ยังต่อเป็นหุ่นยนต์ที่ช่วยผสมสารเคมีสำหรับนักเคมี นักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยทางด้านการเกษตร การแพทย์ ตลอดจนแพทย์ เกษตร หรือแพทย์ผู้ช่วย ที่มี ความจำเป็นต้องทำการผสมสารเคมีที่เป็นอันตราย หรือเพื่อลดระยะเวลาของการผสมสารเคมี

แนวทางการขยายผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษาของประเทศอย่างแท้จริง

แนวทางการนำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีไปขยายผลเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษาของประเทศอย่างแท้จริง สามารถแสดงได้ตามแผนภาพดังรูป ซึ่งมีรายละเอียดของแผนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ในขั้นต้นกระทรวงศึกษาธิการจัดทำโครงการเสนอไปยังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อขอบริจาคแขนกลหุ่นยนต์ที่ปลดระวางจากการทำงานหรือไม่ใช้งานแล้ว แต่ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ และจัดทำโครงการเสนอของบประมาณไปยังกลุ่มบริษัทที่เข้าร่วมโครงการความรับผิดชอบต่อสังคมเชิงบริษัท (CSR : Corporate Social Responsibility) ซึ่งเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมและกลุ่มบริษัททราบเรื่องและตอบรับโครงการ พร้อมบริจาคหุ่นยนต์ให้ และ/หรือพร้อมให้งบประมาณ ทางกระทรวงศึกษาธิการทำเรื่องแจ้งข้อมูลไปยังมหาวิทยาลัยหรือบริษัทเพื่อเตรียมพร้อมในการสร้างระบบ และทำเรื่องแจ้งไปยังศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์

หรือศูนย์การศึกษาประจำจังหวัดเพื่อเตรียมจัดหาพื้นที่และผู้ดูแลระบบ และจัดส่งข้อมูลมหาวิทยาลัยต้นแบบ หรือมหาวิทยาลัยในเครือข่าย หรือบริษัทเกิดใหม่ด้านหุ่นยนต์ (Robot Startup) ที่จะทำการสร้างเพื่อให้ โรงงานอุตสาหกรรมติดต่อส่งมอบแขนกลหุ่นยนต์ไปยังมหาวิทยาลัยหรือบริษัทนั้นๆ

โดยทางมหาวิทยาลัยต้นแบบในที่นี้คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จะถ่ายทอด องค์ความรู้เรื่อง “การสร้างและใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้” ให้แก่ มหาวิทยาลัยในเครือข่าย และบริษัทเกิดใหม่ด้านหุ่นยนต์ ซึ่งเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมส่งมอบแขนกลหุ่นยนต์ไป ให้มหาวิทยาลัยหรือบริษัทแล้ว มหาวิทยาลัยต้นแบบ มหาวิทยาลัยในเครือข่าย หรือบริษัทเกิดใหม่ ด้านหุ่นยนต์ ก็จะทำเรื่องเสนอของงบประมาณในการสร้างไปยังกระทรวงศึกษาธิการ และเมื่อได้รับ งบประมาณแล้ว ทางมหาวิทยาลัยหรือบริษัทสามารถนำองค์ความรู้ที่มีไปสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้ ตามรูปแบบการทดลองที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัด ร้องขอ อีกทั้งยังทำการติดตั้ง ให้คำแนะนำวิธีการใช้งาน และวิธีการซ่อมบำรุงขั้นต้นแก่ผู้ดูแลของศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดนั้นๆ ซึ่งในระหว่างที่ทำการสร้างอยู่นั้น ทางมหาวิทยาลัยหรือ บริษัทต้องทำการรายงานผลการดำเนินการและสรุปผลเมื่อเสร็จสิ้นโครงการอีกด้วย

ในขั้นต่อมาศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดที่ได้รับการติดตั้งระบบแล้ว ก็ ทำการแจ้งไปยังกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อบอกข้อมูลวิธีการเข้าใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับ การเรียนรู้ ช่วงเวลาที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดสามารถเปิดให้บริการได้ ปริมาณจำนวนนักเรียนที่รองรับได้ในแต่ละวัน และร้องของบประมาณสำหรับดูแลรักษาและซ่อมบำรุง อีกทั้ง ยังให้กระทรวงศึกษาธิการช่วยทำการประชาสัมพันธ์ให้นักเรียนหรือผู้สนใจทราบว่ามีการควบคุมหุ่นยนต์ ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้เปิดทำการ ณ ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดนั้นๆ

ในขั้นต่อไปเมื่อนักเรียนหรือผู้สนใจทราบว่ามีการเปิดให้ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับ การเรียนรู้ นักเรียนหรือผู้สนใจก็ทำการเปิดเว็บไซต์เพื่อร้องขอการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้ตามช่วงเวลาที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดเปิดให้ใช้บริการ และเมื่อนักเรียนหรือผู้สนใจได้ใช้งานระบบก็จะได้รับความรู้และประสบการณ์จากการทดลองจริงจากระบบ จะทำให้เกิดการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้และทบทวนด้วยตนเอง สามารถลดการเหลื่อมล้ำเกี่ยวกับ โอกาสด้านการศึกษาระหว่างสังคมเมืองและชนบทและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรร่วมกันผ่านเครือข่าย คอมพิวเตอร์โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือสารเคมีให้แก่โรงเรียนที่ขาดแคลนงบประมาณ ซึ่งทั้งหมดจะตอบสนองนโยบายรัฐบาลเรื่องการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืน รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนา เทคโนโลยีขั้นสูงขึ้นเองภายในประเทศเพื่อการศึกษา และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลผ่านเว็บเบราว์เซอร์เพื่อเรียนรู้การผสมสารเคมี รวมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เจตคติของครูและนักเรียนจากการใช้ระบบนี้ ผู้เรียนสามารถควบคุมหุ่นยนต์จากระยะไกลได้ง่ายโดยใช้คอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟนบนทุกระบบปฏิบัติการผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ ผู้เรียนสามารถเลือกเติมปริมาณสารเคมีแต่ละชนิดได้รวมทั้งดูค่าความเป็นกรด – ด่าง ของสารเคมี และสามารถดูผลการทำงานของระบบจากภาพวิดีโอป้อนกลับได้ทันทีจากเว็บเบราว์เซอร์ ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นนับว่าเป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูและนักเรียนที่จะใช้เสริมประกอบเนื้อหา และการทดลองปฏิบัติทั้งในและนอกห้องเรียน

งานวิจัยนี้จะครอบคลุมทั้งส่วนการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น จากผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนหลังการใช้ระบบ เมื่อเทียบกับการไม่ใช้ระบบ ครูและนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีต่อการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี เมื่อถ้ามีส่งเสริมการขยายผลการใช้งานให้กว้าง จะทำให้เกิดการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้และทบทวนด้วยตนเอง สามารถลดการเหลื่อมล้ำเกี่ยวกับโอกาส ด้านการศึกษาระหว่างสังคมเมืองและชนบทและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือสารเคมีให้แก่โรงเรียนที่ขาดแคลนงบประมาณ

คำสำคัญ: การเรียนรู้ระยะไกล การปรากฏทางไกล วิทยาการหุ่นยนต์ระยะไกล การผสมสารเคมี

ABSTRACT

This research proposes the design and build of the web-based telerobotic control system for learning of chemical mixture in order to study the learning achievement and attitude of teachers and students about the proposed system. Student can easily control the robot via computer network, choose the amount of chemical, view the pH of chemical, and observe the system operation via video feedback from the web browser. The proposed system is developed as a supplemental education tool for teachers and students to support the use in lecture and experimental activities inside and outside of the classroom.

This research covers the study, design, and development of software and hardware of the telerobotic control system for learning of chemical mixture. Research results show that learning achievement of student got improvement after comparing scores of pretest and posttest. Teachers and students showed a good level of satisfaction in using the telerobotic control system for learning of chemical mixture. If this work is extended to be used widely, it can increase self-motivation in learning, reduce educational inequality, support resource sharing via computer network resulting in saving school's budget.

Keywords: Remote Learning, Telepresence, Telerobotics, Chemical Mixture

บทที่ 1 บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

จากการจัดอันดับโดยสถาบันการจัดการนานาชาติ หรือ IMD (International Institute for Management Development) โดยนำเสนอผลในรายงาน “WORLD COMPETITIVENESS YEARBOOK” [1] ในปี พ.ศ. 2555 พบว่าอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันด้านโครงสร้างพื้นฐานการศึกษาของประเทศไทย มีแนวโน้มลดลงจากลำดับที่ 43 เป็นลำดับที่ 52 นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง 2555 ทำให้ในอนาคตนักเรียนที่จะเป็นกำลังในการพัฒนาประเทศชาติขาดความสามารถในการแข่งขันทางด้านอื่นๆ ด้วย ดังนั้นการให้การศึกษาที่ดีและมีคุณภาพจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศชาติ

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาคนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืน โดยจากยุทธศาสตร์ดังกล่าวมีการมุ่งเน้นการสร้างกระแสสังคมแห่งการเรียนรู้ และมุ่งเน้นให้คนไทยมีนิสัยใฝ่รู้ ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองยุทธศาสตร์ดังกล่าวจึงควรมีการส่งเสริมช่องทางการเรียนรู้ให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น เพื่อให้คนไทยหรือผู้สนใจสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้อย่างง่าย รวดเร็ว และมีความถูกต้อง โดยสื่อการเรียนรู้ระยะไกลเป็นช่องทางหนึ่งที่สามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็ว และง่ายต่อการเรียนรู้ เพราะประเทศไทยในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตเป็นอย่างมากเพื่อให้เข้าถึงเกือบทุกภาคส่วนของประเทศแล้ว สื่อการเรียนรู้ระยะไกลจึงเหมาะสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต อีกทั้งยังสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลาอีกด้วย และในอนาคตสื่อการเรียนรู้ระยะไกลจะเป็นสื่อที่สามารถเข้ามาเสริมหรือแทนที่การเรียนการสอน ดังจะเห็นได้จากบริษัทแอปเปิ้ล (Apple) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการพัฒนาโปรแกรม iTunes U ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ผู้สนใจสามารถเข้าเรียนวิชาต่างๆ และสามารถทำแบบฝึกหัดได้ โดยมีมหาวิทยาลัยชั้นนำมากมายของโลกนำโปรแกรมไปใช้งานจริงแล้ว แต่ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้้น้อยมาก จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมให้สร้างมากขึ้น เพื่อให้มีความเพียงพอต่อการใช้งานของคนภายในประเทศ

จากคำแถลงนโยบายของคณะรัฐมนตรี เกี่ยวกับโครงการจัดหาแท็บเล็ตให้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 [2] ซึ่งนโยบายดังกล่าวเป็นนโยบายเร่งด่วนเพื่อตอบสนองการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ระยะไกล ซึ่งได้ทำการจัดหาอุปกรณ์สำหรับการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ และเพื่อเป็นการตอบสนองต่อนโยบายดังกล่าว จึงควรมีสื่อการเรียนรู้ระยะไกล ซึ่งระบบส่งการหุ่ยนตระยะไกลเป็นสื่อการเรียนรู้ระยะไกลที่ดีอย่างหนึ่ง ที่สามารถเข้ามาทำหน้าที่แทนผู้เรียน โดยสามารถเข้ามาทำการผสมสารเคมีจากระยะไกลได้ ทำให้สามารถเห็นผลการทดลองเคมีได้จากระยะไกล จึงเป็นการเปิดโอกาสการเข้าถึงการศึกษาทางด้านการเรียนรู้วิชาเคมี และสามารถเรียนรู้เทคโนโลยีทางด้านหุ่ยนตได้อีกด้วย อีกทั้งยังเป็น

การแบ่งปันทรัพยากร และง่ายต่อการจัดการ ทำให้ช่วยลดความเหลื่อมล้ำระหว่างสังคมเมืองและชนบท
ยกระดับคุณภาพการศึกษา และเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศอีกด้วย

สำหรับการเรียนรู้วิชาเคมีนั้นได้มีการเรียนการสอนทางด้านทฤษฎีได้อย่างครบถ้วน มีการอธิบายผล
ของการผสมสารเคมีต่างๆ แต่การที่ได้รับความรู้ทางด้านทฤษฎีเพียงอย่างเดียว นั้น อาจไม่สามารถทำให้เกิด
กระบวนการทางความคิดได้ และทำให้ผู้เรียนไม่สามารถจดจำผลของการผสมสารเคมีนั้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการ
ปฏิบัติการเพื่อให้เห็นผลการทดลองจริง และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเพื่อดูผลการทดลองที่เกิดขึ้น แต่
การพยายามหาสารเคมีมาทดสอบตามทฤษฎีเองนั้น สารเคมีบางชนิดก็ไม่สามารถหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป
อีกทั้งยังต้องใช้เครื่องมือปฏิบัติการทางเคมี และผลของการผสมบางครั้งอาจเกิดอันตรายแก่ผู้เรียน จำเป็นต้อง
มีผู้รู้ผู้ชำนาญคอยดูแลอย่างใกล้ชิด อีกทั้งการศึกษาวิชาเคมีของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในแต่ละ
โรงเรียนนั้น จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างทางด้านงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์ และ
สารเคมี ของวิชาเคมี ซึ่งงบประมาณได้รับการจัดสรรมานั้นขึ้นอยู่กับโรงเรียนนั้นๆ ในขณะที่โรงเรียนใน
ต่างจังหวัด หรือโรงเรียนขยายโอกาส อาจได้รับการจัดสรรงบประมาณไม่เพียงพอ ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องตัด
ศึกษาตอนการปฏิบัติการเคมีที่มีราคาสารเคมีสูงออกไป ทำให้นักเรียนในโรงเรียนนั้นๆไม่ได้รับโอกาสทาง
การศึกษาเท่าเทียมกับโรงเรียนที่มีความพร้อมทางด้านงบประมาณมากกว่า

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบ และสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อเรียนรู้การผสม
สารเคมี ซึ่งผู้เรียนสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่าย โดยควบคุมผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แสดงผลโดยใช้
เว็บเบราว์เซอร์ และสามารถออกแบบปริมาณสารเคมีแต่ละชนิดได้เอง เพื่อให้เกิดการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์
ผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง ซึ่งผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองได้ทันทีที่ส่งการผ่านกล้อง มีระบบตรวจวัด ค่า
ความเป็นกรดด่าง และเนื่องจากระบบหุ่นยนต์ที่ใช้เป็นระบบอัตโนมัติ จึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ชำนาญการ
ด้านหุ่นยนต์ คอยดูแลระบบหุ่นยนต์ ต้องการเพียงบุคลากรสำหรับเติมสารเคมีเท่านั้น ทำให้สามารถ
ประยุกต์ใช้ และจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ต่างๆ หรือศูนย์การศึกษาของจังหวัด หรือศูนย์หุ่นยนต์ของสพฐ. ซึ่งมี
ประจำอยู่อย่างน้อย 56 จังหวัดทั่วประเทศได้

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ถือว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่
จะใช้เสริมประกอบเนื้อหาในห้องเรียน และการทดลองปฏิบัติของนักเรียนที่เห็นผลได้จริงผ่านทางเครือข่าย
คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถใช้เครื่องมือเสริมทางการศึกษาชุดนี้เพื่อใช้ทบทวนเนื้อหาและ
การทดลองนอกห้องเรียนได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสนใจในวิชาเคมีมากยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัย
ชิ้นนี้ยังเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียน ให้สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังช่วยลด
ความเหลื่อมล้ำทางการเรียนการสอนระหว่างสังคมเมืองและชนบท ช่วยเพิ่มช่องทางการเรียนรู้ ทำให้สามารถ
ลดภาระการสอนของครู อาจารย์ ที่มีปัญหาสัดส่วนไม่พอดีกับจำนวนนักเรียนอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เจตคติของครูและนักเรียน เมื่อนำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียน

ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยมีความครอบคลุมเนื้อหาสาระตามประเด็นต่อไปนี้

ขอบเขตด้านเนื้อหาที่ทำวิจัย

- ออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนรู้ระยะไกลในวิชาเคมีโดยใช้หุ่นยนต์ผสมสารเคมีทำการทดลองเคมีแทนผู้เรียน ใช้อุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและเปิดเว็บเบราว์เซอร์ก็สามารถทำปฏิบัติการเคมีได้ ซึ่งการทำปฏิบัติการเคมีนั้นจะสามารถดูผลการปฏิบัติการได้ผ่านทางกล้อง สามารถวัดค่าความเป็นกรดโดยการส่งข้อมูลทั้งหมดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
- จัดให้มีการอบรมครูผู้สอนเพื่อใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีจากในห้องเรียน
- สามารถนำหุ่นยนต์ผสมสารเคมีไปใช้งานได้จริงในห้องเรียน โดยมีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน ทำการประเมินเจตคติของครูผู้สอน และนักเรียนต่อการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ หรือสายการเรียนที่เกี่ยวข้อง และครูวิทยาศาสตร์ที่สอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนวิทยาศาสตร์ จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม โรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษกในพระบรมราชูปถัมภ์ โรงเรียนนาหลวง และโรงเรียนวัดพุทธบูชา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การเรียนการสอนโดยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เจตคติของครูและนักเรียน

ขอบเขตด้านระยะเวลาที่จะทำวิจัย

ระยะเวลาที่ทำวิจัยอยู่ระหว่างเดือน กรกฎาคม 2557 ถึง เดือนธันวาคม 2558 โดยได้ทำการออกแบบและสร้างทางด้านวิศวกรรมระหว่างเดือนกรกฎาคม 2557 ถึง มิถุนายน 2558 และได้ทำการประเมินผลช่วงในภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 หรือประมาณเดือนสิงหาคม 2558 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2558

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี จะมีผลลัพธ์และผลกระทบต่อ ครู นักเรียน และผู้ที่มีความสนใจในวิชาเคมี โดยเมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย หลังจากทดสอบและปรับปรุงคุณภาพของระบบเรียบร้อยแล้ว ดังนี้

ด้านการศึกษา

- ผู้เรียนหรือผู้ที่มีความสนใจในวิชาเคมีสามารถทำการทดลองเคมีได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เคมีหรือขอใช้ห้องปฏิบัติการเคมี
- ผู้เรียนสามารถทำการทดลองเคมีได้จากทุกที่ ที่มีระบบอินเทอร์เน็ต โดยผู้เรียนจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
- ครูวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ ระยะไกลในการเรียนการสอน
- ส่งเสริมนโยบายการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ตลอดชีวิต
- เพิ่มช่องทางการเรียนรู้สำหรับวิชาเคมี ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลจัดหาคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนทาง

ด้านวิชาการ

- ได้มีการเผยแพร่องค์ความรู้เพื่อการต่อยอด จากการพัฒนาระบบการเรียนรู้ระยะไกลโดยใช้หุ่นยนต์ ให้แก่นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษา
- องค์ความรู้ที่ได้สามารถพัฒนาต่อยอดเป็น เครื่องผสมสารเคมีระยะไกล ซึ่งผู้ใช้นักเคมี นักวิจัยทางด้านการเกษตร การแพทย์ ที่ไม่สามารถทำการปฏิบัติการได้ ด้วยเหตุผลทางด้านความปลอดภัย ระยะเวลาการผสมสารเคมีที่นานเกินไป หรือการหน่วงเวลาสำหรับการผสมสารเคมีทาง

ด้านสังคมและชุมชน

- ช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนการสอนระหว่างสังคมเมืองและชนบท

ด้านเศรษฐศาสตร์

- ลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือสารเคมีให้แก่โรงเรียนที่ขาดแคลนงบประมาณ
- ลดการนำเข้าหรือจัดจ้างทำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีซึ่งอาจมีมูลค่าสูงถึง 10 ล้านบาท เหลือประมาณ 1 ล้านบาท ถ้าพัฒนาเองภายในประเทศ

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

โดยเบื้องต้นจะจัดตั้งระบบหุ่นยนต์ไว้ที่สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เนื่องจากทางสถาบันได้กำลังทำการก่อสร้างตึกใหม่ ซึ่งภายในตึกจะมีพิพิธภัณฑ์หุ่นยนต์ ทำให้มีความเหมาะสมในการจัดตั้งระบบหุ่นยนต์ จากนั้นทำการอบรมครูวิทยาศาสตร์ประยุกต์ใช้ระบบควบคุม

หุ่นยนต์ในห้องเรียน หลังจากนั้นสามารถเผยแพร่ช่องทางการเรียนรู้ให้แก่โรงเรียนและผู้สนใจ ในเวลาต่อมาสามารถจัดสร้างหุ่นยนต์ในพิพิธภัณฑ์อื่นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้งานของหุ่นยนต์ต้นแบบที่จัดตั้งที่พิพิธภัณฑ์หุ่นยนต์ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม รวมทั้งอาจพัฒนาเพื่อจัดตั้งระบบหุ่นยนต์สำหรับศูนย์ศึกษาประจำจังหวัด หรือศูนย์หุ่นยนต์ของสพฐ. ซึ่งมีประจำอยู่อย่างน้อย 56 จังหวัดทั่วประเทศ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนและผู้สนใจสามารถใช้งานได้มากขึ้น โดยต้นทุนในการพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีที่พัฒนาเองอยู่ที่ประมาณ 1 ล้านบาทต่อ 1 ระบบ ซึ่งจะลดการนำเข้าหรือจัดจ้างทำระบบซึ่งอาจมีมูลค่าสูงถึง 10 ล้านบาท ส่วนด้านการต่อยอดงานวิจัยสามารถต่อยอดเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้สำหรับวิชาอื่นๆ เช่น ฟิสิกส์ และชีววิทยา นอกจากนี้ยังต่อเป็นหุ่นยนต์ที่ช่วยผสมสารเคมีสำหรับนักเคมี นักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยทางด้านการเกษตร การแพทย์ ตลอดจนแพทย์ เกษตร หรือแพทย์ผู้ช่วย ที่มีความจำเป็นต้องทำการผสมสารเคมีที่อันตราย หรือเพื่อลดระยะเวลาของการผสมสารเคมี

แนวทางการขยายผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการการศึกษาของประเทศอย่างแท้จริง

แนวทางการนำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีไปขยายผลเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการการศึกษาของประเทศอย่างแท้จริง สามารถแสดงได้ตามแผนภาพดังรูปที่ 1.1 ซึ่งมีรายละเอียดของแผนการดำเนินการดังต่อไปนี้

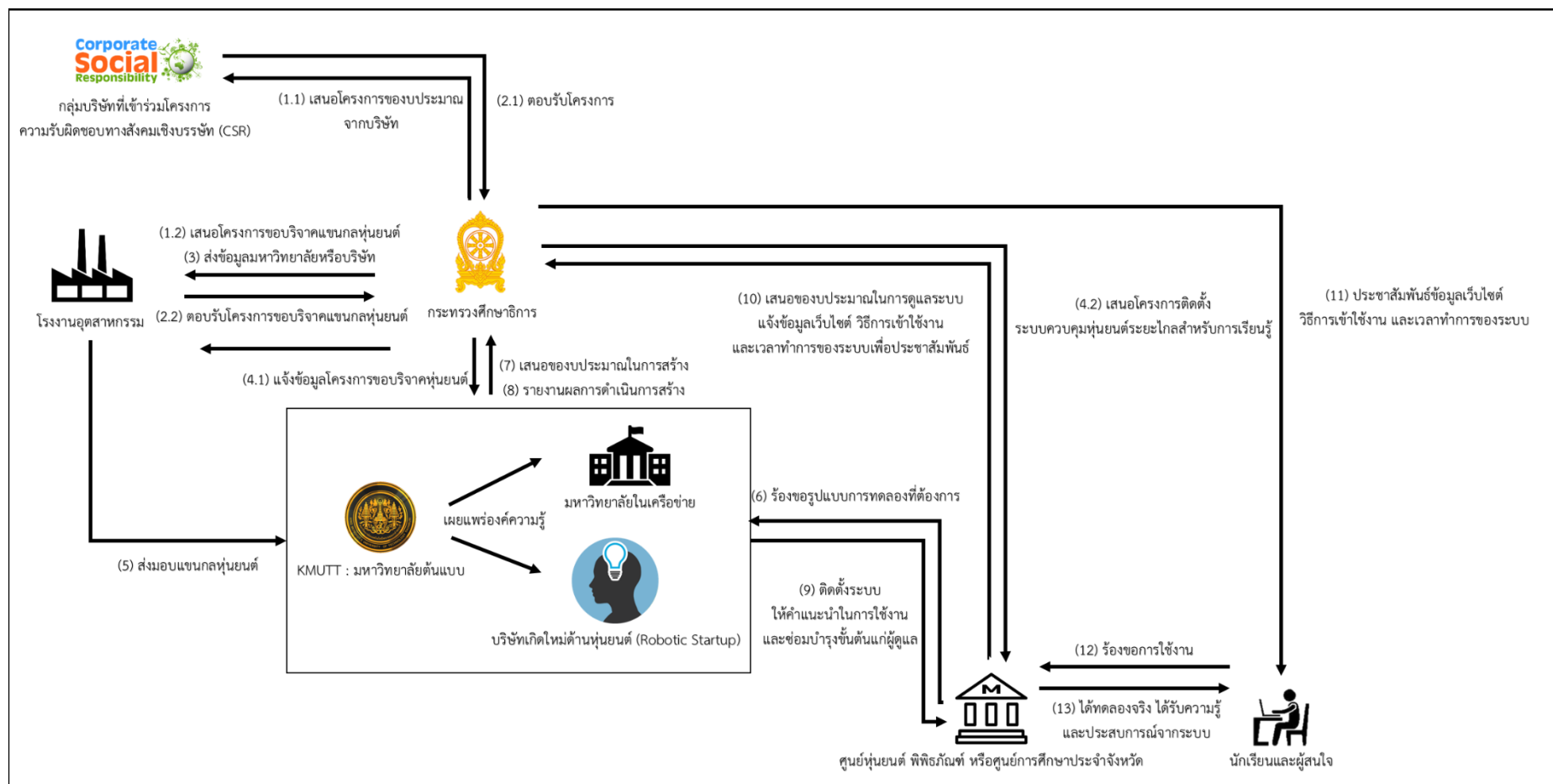
ในขั้นต้นกระทรวงศึกษาธิการจัดทำโครงการเสนอไปยังโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อขอบริจาคแขนกลหุ่นยนต์ที่ปลดระวางจากการทำงานหรือไม่ใช้งานแล้ว แต่ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ และจัดทำโครงการเสนอของบประมาณไปยังกลุ่มบริษัทที่เข้าร่วมโครงการความรับผิดชอบต่อทางสังคมเชิงบริษัท (CSR : Corporate Social Responsibility) ซึ่งเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมและกลุ่มบริษัททราบเรื่องและตอบรับโครงการ พร้อมบริจาคหุ่นยนต์ให้ และ/หรือพร้อมให้งบประมาณ ทางกระทรวงศึกษาธิการทำเรื่องแจ้งข้อมูลไปยังมหาวิทยาลัยหรือบริษัทเพื่อเตรียมพร้อมในการสร้างระบบ และทำเรื่องแจ้งไปยังศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การศึกษาประจำจังหวัดเพื่อเตรียมจัดหาพื้นที่และผู้ดูแลระบบ และจัดส่งข้อมูลมหาวิทยาลัยต้นแบบหรือมหาวิทยาลัยในเครือข่าย หรือบริษัทเกิดใหม่ด้านหุ่นยนต์ (Robot Startup) ที่จะทำการสร้างเพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมติดต่อส่งมอบแขนกลหุ่นยนต์ไปยังมหาวิทยาลัยหรือบริษัทนั้นๆ

โดยทางมหาวิทยาลัยต้นแบบในที่นี้คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จะถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่อง “การสร้างและการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้” ให้แก่มหาวิทยาลัยในเครือข่าย และบริษัทเกิดใหม่ด้านหุ่นยนต์ ซึ่งเมื่อโรงงานอุตสาหกรรมส่งมอบแขนกลหุ่นยนต์ไปให้มหาวิทยาลัยหรือบริษัทแล้ว มหาวิทยาลัยต้นแบบ มหาวิทยาลัยในเครือข่าย หรือบริษัทเกิดใหม่ด้านหุ่นยนต์ ก็จะทำเรื่องเสนอของบประมาณในการสร้างไปยังกระทรวงศึกษาธิการ และเมื่อได้รับงบประมาณแล้ว ทางมหาวิทยาลัยหรือบริษัทสามารถนำองค์ความรู้ที่มีไปสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล

สำหรับการเรียนรู้ ตามรูปแบบการทดลองที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัด ร้องขอ อีกทั้งยังทำการติดตั้ง ให้คำแนะนำวิธีการใช้งาน และวิธีการซ่อมบำรุงขั้นต้นแก่ผู้ดูแลของศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดนั้นๆ ซึ่งในระหว่างที่ทำการสร้างอยู่นั้น ทางมหาวิทยาลัยหรือ บริษัทต้องทำการรายงานผลการดำเนินการและสรุปผลเมื่อเสร็จสิ้นโครงการอีกด้วย

ในขั้นต่อมาศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดที่ได้รับการติดตั้งระบบแล้ว ก็ทำการแจ้งไปยังกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อบอกข้อมูลวิธีการเข้าใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ ช่วงเวลาที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดสามารถเปิดให้บริการได้ ปริมาณจำนวนนักเรียนที่รองรับได้ในแต่ละวัน และร้องของบประมาณสำหรับดูแลรักษาและซ่อมบำรุง อีกทั้งยังให้กระทรวงศึกษาธิการช่วยทำการประชาสัมพันธ์ให้นักเรียนหรือผู้สนใจทราบว่ามีการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้เปิดทำการ ณ ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดนั้นๆ

ในขั้นต่อไปเมื่อนักเรียนหรือผู้สนใจทราบว่ามีการเปิดให้ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ นักเรียนหรือผู้สนใจก็ทำการเปิดเว็บไซต์เพื่อร้องขอการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ตามช่วงเวลาที่ศูนย์หุ่นยนต์ พิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ประจำจังหวัดเปิดให้ใช้บริการ และเมื่อนักเรียนหรือผู้สนใจได้ใช้งานระบบก็จะได้รับความรู้และประสบการณ์จากการทดลองจริงจากระบบ จะทำให้เกิดการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้และทบทวนด้วยตนเอง สามารถลดการเหลื่อมล้ำเกี่ยวกับโอกาสด้านการศึกษาระหว่างสังคมเมืองและชนบทและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์หรือสารเคมีให้แก่โรงเรียนที่ขาดแคลนงบประมาณ ซึ่งทั้งหมดจะตอบสนองนโยบายรัฐบาลเรื่องการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืน รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงขึ้นเองภายในประเทศเพื่อการศึกษา และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ



รูปที่ 1.1 แผนภาพแนวทางการขยายผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้งานจริง และเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษานานาชาติอย่างแท้จริง

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนการเรียนรู้ระยะไกล ส่วนการพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี และส่วนการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล ซึ่งทบทวนวรรณกรรมที่มีความเกี่ยวข้องได้ดังนี้

วรรณกรรมส่วนการเรียนรู้ระยะไกล

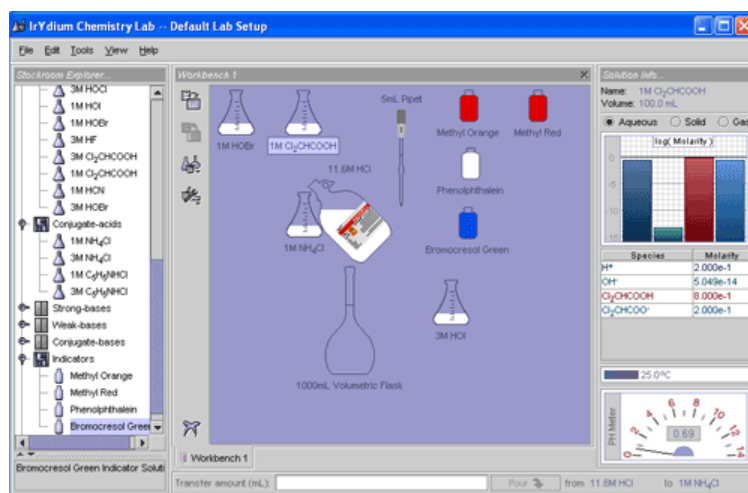
การเรียนรู้ระยะไกล หรือการศึกษาทางไกล เป็นการเปิดโอกาสทางการศึกษาให้นักเรียนหรือผู้สนใจแต่ไม่สามารถเข้ารับการศึกษาระบบปกติได้ เนื่องจากภาระหน้าที่ทางการงาน ครอบครัว หรือปัญหา ระยะทางระหว่างโรงเรียนถึงที่พักหรือที่อยู่อาศัย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มพูนความรู้สำหรับนักเรียนที่มีความใฝ่รู้ได้อีกทางหนึ่งด้วย

การศึกษาทางไกล (Distance Education) หมายถึง ระบบการศึกษาที่ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ไกลกัน แต่สามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้โดยอาศัยสื่อการสอนในลักษณะอื่น ตัวอย่างเช่น ตำราเรียน คอมพิวเตอร์ หรือโดยการใช้อุปกรณ์ทางโทรคมนาคม และสื่อมวลชนประเภทวิทยุและโทรทัศน์เข้ามาช่วยในการแพร่กระจาย โดยการศึกษาการศึกษานี้มีทั้งในระดับต้นจนถึงระดับสูงชั้นปริญญา โดยที่ผู้ที่ปรารถนาสามารถเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง [3]

การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม เริ่มมีการกล่าวถึงเมื่อประมาณปีพ.ศ. 2538 โดยนายขวัญแก้ว วัชโรทัย ซึ่งนายขวัญแก้วมีโอกาสดำเนินการบรรยายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการขยายโอกาสทางการศึกษาด้วยระบบทางไกลผ่านดาวเทียม ในที่ประชุม ณ อาคารสหประชาชาติ กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นการบรรยายหน้าพระพักตร์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี หลังจากนั้นจึงได้จัดทำโครงการการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมขึ้น ที่โรงเรียนวังไกลกังวล และต่อมาได้ถ่ายทอดการเรียนการสอนออกอากาศครั้งแรกเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2538 ซึ่งภายหลังได้จัดตั้งเป็น “มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม” DLF เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2539 โดยมีนายขวัญแก้ว วัชโรทัย เป็นประธานกรรมการบริหาร สำนักงานตั้งอยู่ที่กระทรวงศึกษาธิการ และมีการถ่ายทอดการเรียนการสอนผ่านดาวเทียมจนถึงทุกวันนี้ [4]

วรรณกรรมส่วนการพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี

ในปีพ.ศ. 2543 ศาสตราจารย์ David Yaron และคณะ จากมหาวิทยาลัย Carnegie Mellon ได้เริ่มต้นทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างโปรแกรมจำลองการปฏิบัติการเคมี [5] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนมีกิจกรรมการสอนวิชาเคมีที่หลากหลาย และสำเร็จเป็นโปรแกรมห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน ในปีพ.ศ. 2546



รูปที่ 2.1 โปรแกรมห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน (Virtual Chemistry Laboratory)

ต่อในปีพ.ศ. 2552 นายชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง และนายวัลลภ คงนะ ได้ทำการวิจัยโดยนำเอาโปรแกรม Virtual Chemistry Laboratory [6] มาพัฒนาเป็นสื่อการสอนห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน จัดทำเป็นระบบ E-learning โดยนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมหิตลวิทยานุสรณ์

วรรณกรรมส่วนการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล

ในปีพ.ศ. 2538 – 2547 ศาสตราจารย์ Ken Goldberg จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ และคณะ [7] ได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบหุ่นยนต์เพื่อทำสวน โดยสามารถปลูกต้นไม้ รดน้ำ และดูภาพการเจริญเติบโตของพืชเวลาปัจจุบันของสวนดังกล่าวได้ ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งได้ใช้หุ่นยนต์ประเภท SCARA เพียงตัวเดียวในการควบคุมการทำงานทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อการทำสวนขนาดเล็ก

จากผลการทบทวนวรรณกรรมที่มีความเกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการเรียนในรูปแบบที่แตกต่างจากการเรียนในห้องเรียน ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบการเรียนรู้ทางไกล ซึ่งใช้การถ่ายทอดสดทางไกลผ่านดาวเทียม หรือมีการพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี ที่ทำการสร้างโปรแกรมห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน ทำให้การเรียนรู้มีความหลากหลายมากขึ้น และมีวรรณกรรมเกี่ยวกับการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล ที่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำสวนขนาดเล็ก และคุณภาพการเจริญเติบโตของพืชผ่านกล้องได้ ซึ่งถ้าหากมีการบูรณาการความรู้ทางด้านการเรียนรู้ระยะไกล การพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี และการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล เข้าด้วยกันจะทำให้เกิดการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ขึ้น นั่นคือ “ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี” ซึ่งระบบนี้จะใช้หุ่นยนต์ในการทำงานเป็นหลัก สามารถควบคุมได้จากระยะไกล และมีสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมีอีกด้วย ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้รู้เรียนทางด้านการปฏิบัติการเคมี และได้เห็นการทำงานของหุ่นยนต์ ไปพร้อมๆกัน โดยจะอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ในบทต่อไป

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงสมมุติฐานและกรอบแนวคิดของโครงการวิจัยที่จะชี้แจงรายละเอียดภาพรวมของงานวิจัย โดยในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบและพัฒนาทางวิศวกรรม และด้านการประเมินผลทางการศึกษา ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

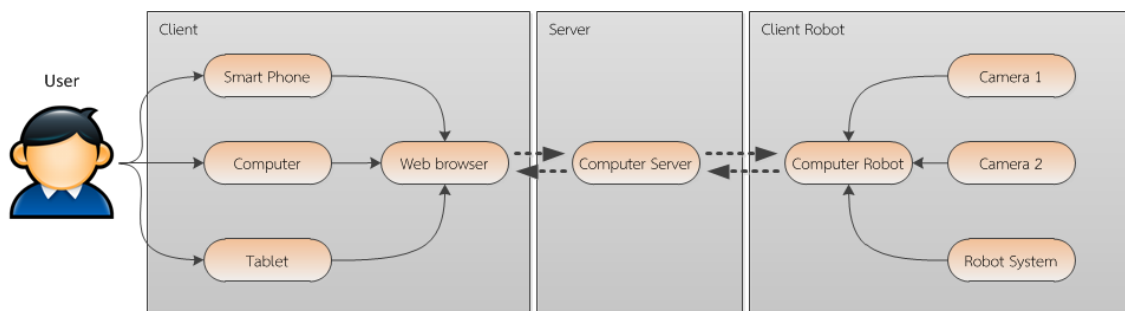
สมมุติฐาน

ถ้าหากทำการบูรณาการความรู้ทางด้านการการเรียนรู้ระยะไกล ด้านการพัฒนาสื่อการสอนการปฏิบัติการเคมี และด้านการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล จะก่อให้เกิดรูปแบบการเรียนรู้แบบใหม่ ซึ่งถ้านำระบบนี้ไปใช้งานแล้วจะทำการสมมุติฐานผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

- ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลที่พัฒนาขึ้นจะสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้การผสมสารเคมีได้
- การพัฒนากระบวนการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลของครูวิทยาศาสตร์ จะสามารถทำให้ครูผู้สอนมีเครื่องมือเสริมที่จะช่วยอธิบายเนื้อหาให้เข้าใจง่ายขึ้น
- การประยุกต์ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีจะสามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาเคมีดีขึ้น

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหุ่นยนต์ผสมสารเคมี และส่วนของผู้เรียนหรือผู้ใช้งาน ในส่วนของหุ่นยนต์ผสมสารเคมีจะจัดอยู่ที่ห้องทดลองหรือจัดสามารถแสดงในพิพิธภัณฑ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สามารถทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยในห้องทดลองดังกล่าวจะมีกล้อง 2 ตัว ซึ่งกล้องตัวที่ 1 ทำหน้าที่แสดงภาพโดยรวมทั้งหมดของหุ่นยนต์ และขั้นตอนการผสมสารเคมีของหุ่นยนต์ และกล้องตัวที่ 2 ทำหน้าที่แสดงภาพสารเคมีในระยะใกล้และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยส่งข้อมูลภาพไปหาผู้เรียน โดยที่หุ่นยนต์สามารถทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และในส่วนที่สองผู้เรียนสามารถทำการสั่งการหุ่นยนต์ให้ทำการผสมสารเคมีได้ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งจะสามารถทำการสั่งชนิดและปริมาณสารเคมีได้ตามที่ผู้เรียนต้องการ แต่มีการจำกัดไว้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยที่ผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองในขณะนั้นได้ทันที และเมื่อหุ่นยนต์ทำการผสมสารเคมีเสร็จแล้ว ผู้เรียนสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์ทำการวัดค่าทางเคมีต่างๆที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหา และเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมขึ้นจากชั้นเรียนปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ภายหลังจากการพัฒนากระบวนการควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลแล้ว จะทำการจัดอบรมครูวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้เสริมสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี และทำการประเมินเจตคติของครูผู้สอนและนักเรียนภายหลังจากการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ ทำการวัด และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนภายหลังจากการใช้งานระบบ

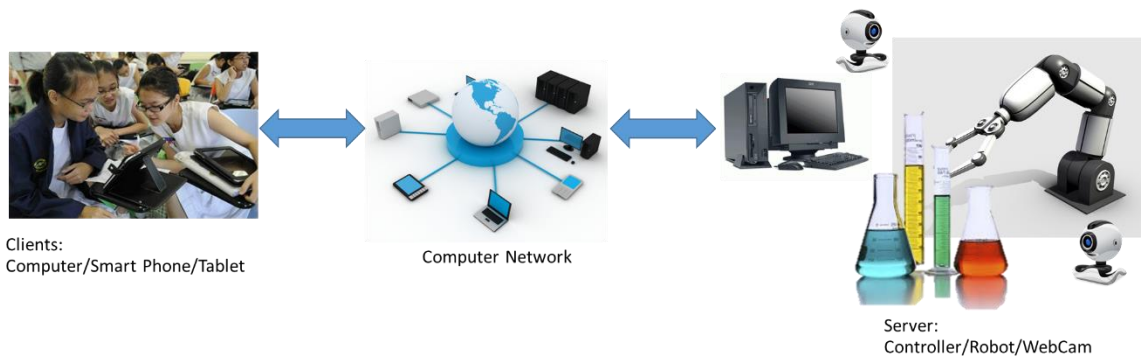
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางวิศวกรรม

ในการออกแบบทางวิศวกรรมทางด้านหุ่นยนต์สามารถแบ่งงานเนื้อหาของงานออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านทางกล ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะอธิบายเนื้อหาของงานวิจัยของแต่ละด้านตามลำดับ โดยมีภาพรวมของระบบทั้งหมดที่จะอธิบายเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 3 ด้าน รวมเข้าด้วยกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

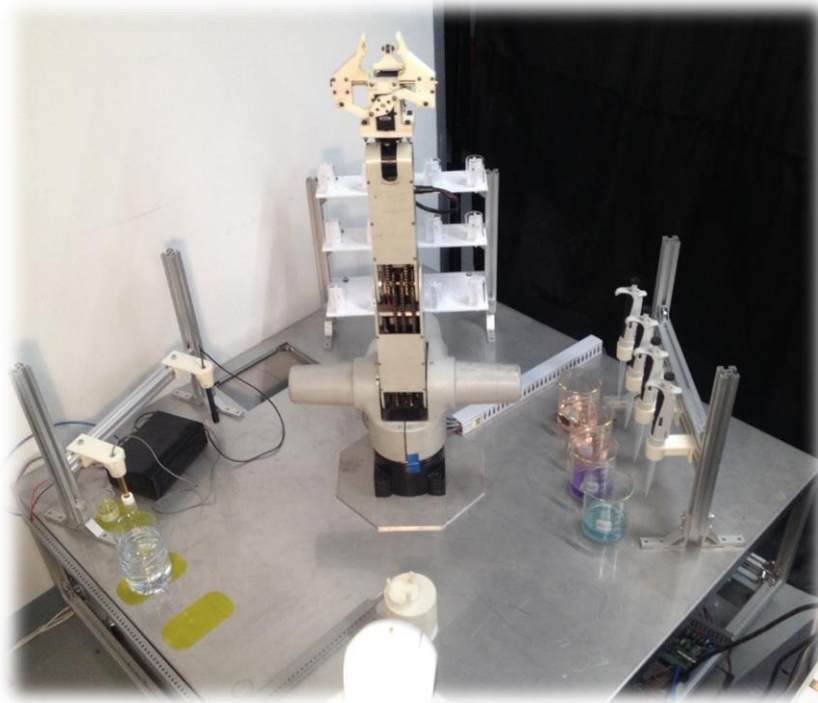
ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับผสมสารเคมี

ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับผสมสารเคมี ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนหุ่นยนต์ผสมสารเคมีหรือฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) และคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค (Computer Network) อีกส่วนคือ ผู้เรียนหรือผู้ใช้งานหรือไคลเอนต์ (Clients) ดังรูปที่ 3.2 ในส่วนของหุ่นยนต์ผสมสารเคมีจะจัดอยู่ที่ห้องทดลองหรือจัดสามารถแสดงในพิพิธภัณฑ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สามารถทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ โดยในห้องทดลองดังกล่าวจะมีกล้อง 2 ตัว ซึ่งกล้องตัวที่ 1 ทำหน้าที่แสดงภาพโดยรวมทั้งหมดของหุ่นยนต์และขั้นตอนการผสมสารเคมีของหุ่นยนต์ และกล้องตัวที่ 2 ทำหน้าที่แสดงภาพสารเคมีในระยะใกล้และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยส่งข้อมูลภาพไปหาผู้เรียน โดยที่หุ่นยนต์สามารถทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และในส่วนที่สองผู้เรียนหรือไคลเอนต์ (Clients) สามารถทำการสั่งการหุ่นยนต์ให้ทำการผสมสารเคมีได้ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งจะสามารถทำการสั่งชนิดและปริมาณสารเคมีได้ตามที่ผู้เรียนต้องการ แต่มีการจำกัดไว้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยที่ผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองในขณะนั้นได้ทันที และเมื่อหุ่นยนต์ทำการผสมสารเคมีเสร็จแล้ว ผู้เรียนสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์ทำการวัดค่าทางเคมีต่างๆที่

เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหา และเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมขึ้นจากชั้นเรียนปกติ ซึ่งเมื่อทำการสร้างเสร็จแล้ว ได้ผลดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับผสมสารเคมี

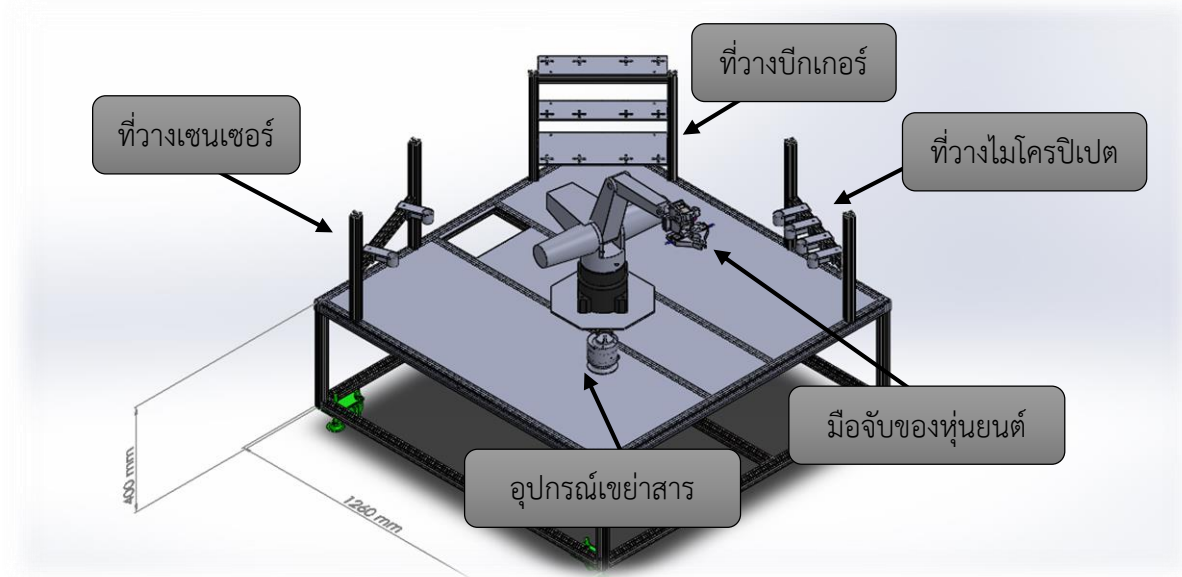


รูปที่ 3.3 ภาพรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

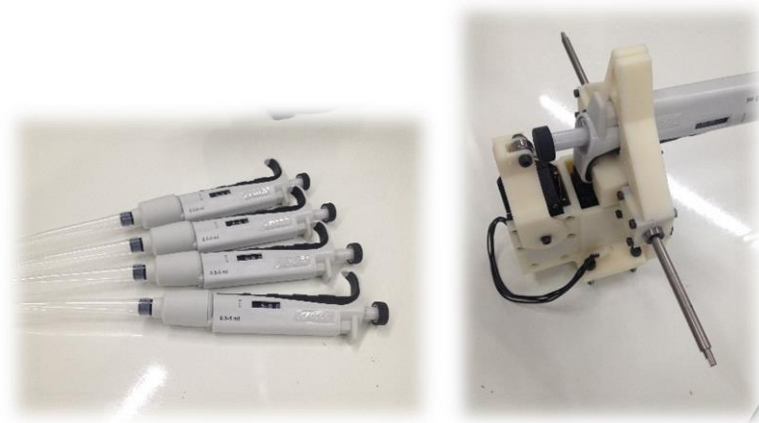
ด้านการออกแบบและพัฒนาทางกล

ในด้านการออกแบบและพัฒนาทางกล มีภาพรวมของการออกแบบทางกล ดังรูปที่ 3.4 ส่วนกลางเป็นหุ่นยนต์ที่ทางคณะวิจัยได้พัฒนาชุดควบคุมผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไว้ โดยที่หุ่นยนต์เป็นหุ่นยนต์ประเภทอาร์ทิสคิวเลท (Articulated Robot) ซึ่งมีองศาอิสระ 5 องศา ส่วนทางซ้ายมือของภาพคือ ไมโครปิเปต (Micropipette) แสดงดังรูปที่ 3.5 จำนวน 4 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดสารเคมีมาใส่ในบีกเกอร์สำหรับผสมสาร ในส่วนด้านบนภาพด้านหลังหุ่นยนต์ คือ ส่วนสำหรับเก็บบีกเกอร์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วหรือพร้อมใช้งาน ฝั่งขวามือของภาพ คือ ส่วนพื้นที่สำหรับวางอุปกรณ์วัดค่าต่างๆของสารเคมี ดังนี้ อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด

– ต่าง (pH meter) ในส่วนด้านล่าง คือ อุปกรณ์เขย่าสารเคมีเพื่อให้สารเคมีทำปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น และมือจับ (Gripper) ที่ติดอยู่กับหุ่นยนต์ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นที่สถาบันฯ เพื่อหน้าที่หยิบ จับ และดูดสารเคมี ควบคุมโดยใช้มอเตอร์ 2 ตัว สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 แนวแกน คือ แกนหยิบจับ และ แกนกด – ปล่อย โดยที่ แกนหยิบจับทำหน้าที่หยิบปิกเกอร์ ไมโครปิเปต และอุปกรณ์วัดต่างๆ สำหรับ แกนกด – ปล่อย ทำหน้าที่กด ไมโครปิเปตเพื่อดูดสารเคมี ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้



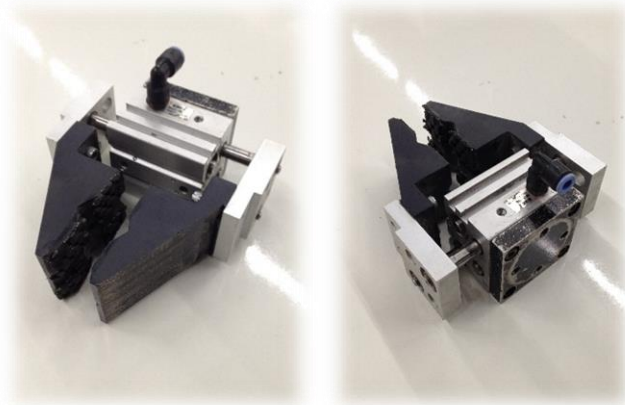
รูปที่ 3.4 ภาพรวมทางกลของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



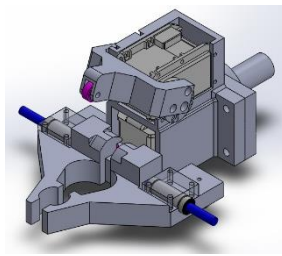
รูปที่ 3.5 ไมโครปิเปต (Micropipette) และการใช้งานไมโครปิเปตควบคู่กับมือจับที่ได้สร้างขึ้นที่สถาบันฯ
การออกแบบมือจับของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS) มีมือจับที่อยู่คู่กับหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.6 โดยเป็นมือจับที่มีทิศทางการเคลื่อนที่เพียง 1 ทิศทาง โดยสามารถทำได้เพียงหยิบจับเท่านั้น อีกทั้งยังได้ใช้ระบบลม (Pneumatics) ในการขับเคลื่อนทำให้ไม่สามารถใช้งานกับระบบได้ ทางคณะวิจัยจึงได้ทำการออกแบบมือจับสำหรับหุ่นยนต์ใหม่

ให้สามารถใช้งานระบบได้ ซึ่งมือจับต้องสามารถหยิบจับไมโครปิเปต ปีกเกอร์ และเซนเซอร์วัดค่าต่างๆได้โดยใช้มือจับเพียง 1 ตัว อีกทั้งยังต้องมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่สามารถกด-ปล่อยไมโครปิเปตได้ด้วย

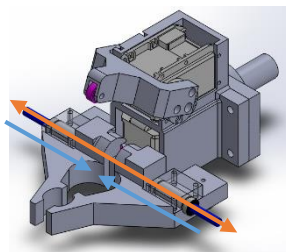


รูปที่ 3.6 มือจับที่อยู่คู่กับหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot)

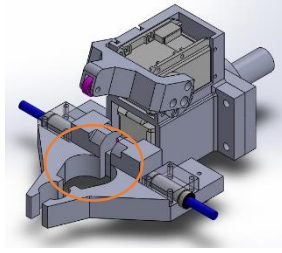


รูปที่ 3.7 มือจับของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการออกแบบ

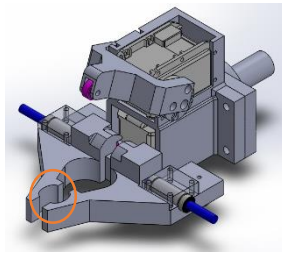
จากการที่ได้ออกแบบมือจับของหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.7 เห็นได้ว่ามือจับมีทิศทางการเคลื่อน 2 ทิศทาง โดยทิศทางการเคลื่อนที่สำหรับหยิบจับดังรูปที่ 3.8 โดยทำหน้าที่หยิบจับไมโครปิเปต ปีกเกอร์ และเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ ซึ่งรูปที่ 3.9 เป็นตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบจับไมโครปิเปตและปีกเกอร์ และรูปที่ 3.10 เป็นตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ และมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่สามารถกด-ปล่อยไมโครปิเปตของมือจับหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยมอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ยี่ห้อโรโบติส (Robotis) รุ่นไดนามิกซ์เซลล์อาร์เอ็กซ์หกสี่ (Dynamixel RX-64) จำนวน 2 ตัวเป็นตัวขับเคลื่อน



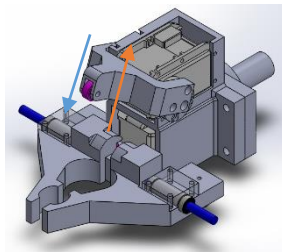
รูปที่ 3.8 ทิศทางการเคลื่อนที่สำหรับหยิบจับของมือจับหุ่นยนต์



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบจับไมโครปิเปตและปิกเกอร์

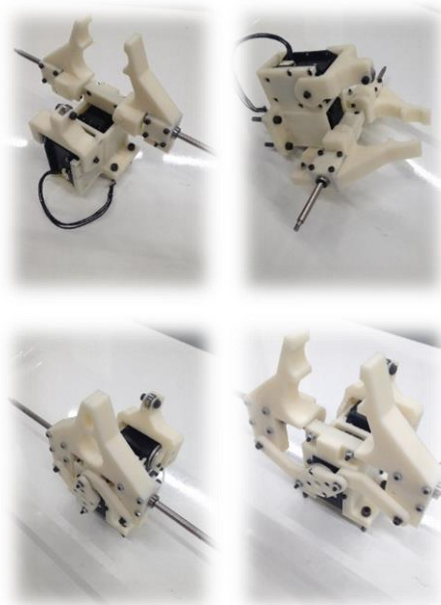


รูปที่ 3.10 ตำแหน่งที่มือจับใช้หยิบเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ



รูปที่ 3.11 ทิศทางการเคลื่อนที่ที่สามารถกด-ปล่อยไมโครปิเปตของมือจับหุ่นยนต์

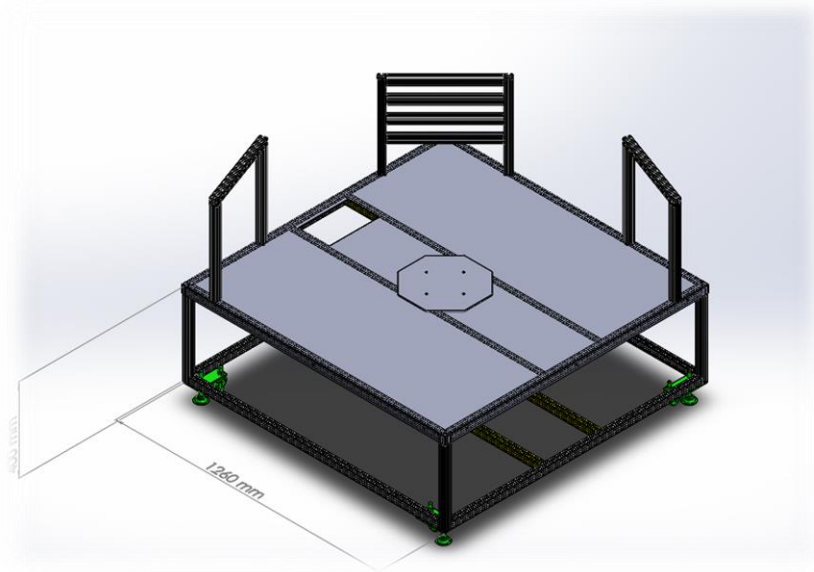
ได้ดำเนินการสร้างมือจับของหุ่นยนต์โดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printer) ของสถาบันฯ ซึ่งมีเพลาเหล็กขนาด 6 มิลลิเมตร และมีลูกปืนเป็นกลไกควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวแกนหยิบจับ ดังรูปที่ 3.12



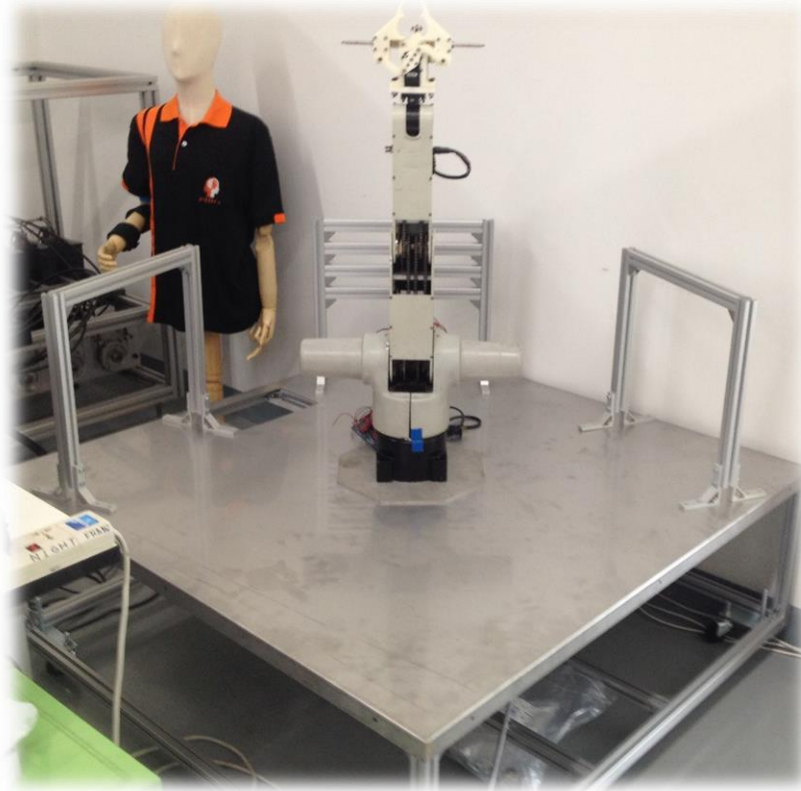
รูปที่ 3.12 มือจับ (Gripper) ที่ได้รับการออกแบบและสร้างที่สถาบันฯ

ออกแบบโครงสร้างและพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์

โครงสร้างของหุ่นยนต์ออกแบบโดยใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาดความหนา 30 x 30 ตารางมิลลิเมตร มีการออกแบบให้บริเวณข้างหุ่นยนต์มีคานารับน้ำหนักหุ่นยนต์ อีกทั้งยังใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์เป็นโครงสร้างสำหรับวางที่เก็บปีกเกอร์ ที่วางไมโครปิเปต และที่วางเซนเซอร์ต่างๆ และในส่วนพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์ใช้วัสดุเป็นแผ่นสแตนเลสพับขึ้นรูป ความหนา 2 มิลลิเมตร มีพื้นที่ทำงาน 1,240 x 1,240 ตารางมิลลิเมตรมีความสูงจากพื้นประมาณ 500 – 600 มิลลิเมตร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขาตั้งสี่เหลี่ยมในรูปที่ 3.13 และมีแผ่นสแตนเลสความหนา 5 มิลลิเมตร รองตำแหน่งที่วางหุ่นยนต์ เพื่อไม่ให้พื้นที่ทำงานโค้งงอ ซึ่งได้ทำการสร้างพื้นที่ทำงานและฐานของหุ่นยนต์จริงได้ผลตามรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 พื้นที่ทำงานและฐานของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ



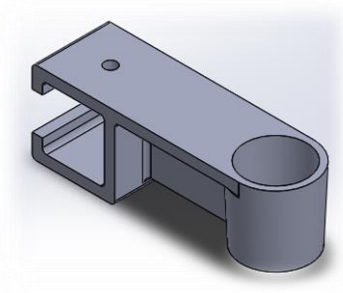
รูปที่ 3.14 พื้นที่ทำงานและฐานของหุ่นยนต์ที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ

ออกแบบที่วางไมโครปิเปต

การใช้งานหุ่นยนต์หยิบไมโครปิเปตในทิศทางปกติ (แนวนอน) ดังแสดงในรูปที่ 3.15 สามารถทำได้ยาก จึงได้ทำการออกแบบที่วางไมโครปิเปตที่จะทำให้ไมโครปิเปตอยู่ในแนวตั้ง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถหยิบ และวางได้ง่ายขึ้น โดยทำการออกแบบให้ติดตั้งกับโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) โดยจะใช้การขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ซึ่งได้ผลการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 ไมโครปิเปต (Micropipette)



รูปที่ 3.16 ที่วางไมโครปีเปตที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ

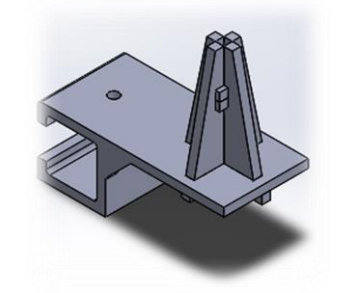
หลังจากทำการออกแบบแล้วได้ทำการสร้างชิ้นงานจริงโดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ของสถาบันฯ และติดตั้งกับโครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) โดยได้ผลการสร้างดังรูปที่ 3.17



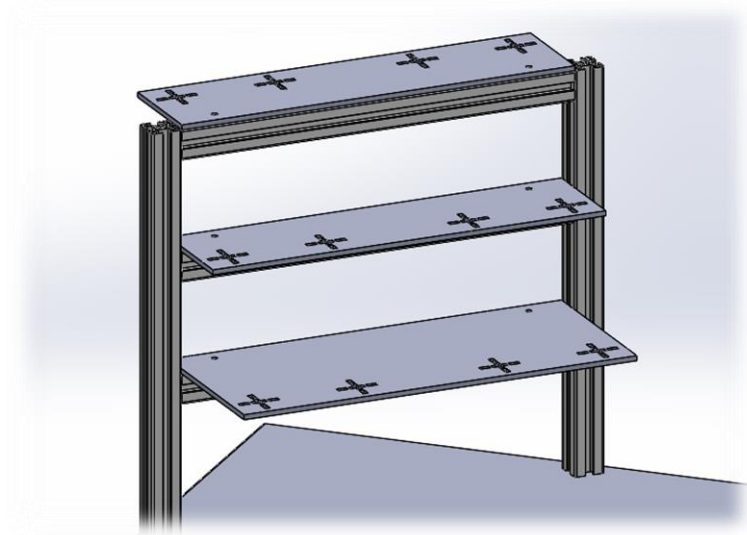
รูปที่ 3.17 ที่วางไมโครปีเปตที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ

ออกแบบที่เก็บปีกเกอร์

ได้ทำการออกแบบที่เก็บปีกเกอร์ เพื่อวางปีกเกอร์ที่ได้ทำความสะอาดเสร็จแล้วและพร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.18 โดยออกแบบเพื่อใช้เก็บปีกเกอร์ 12 ใบ มีทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นละ 4 ใบ โดยชั้นบนและชั้นกลาง จะเป็นขนาดที่สั้น และชั้นบนจะเป็นขนาดที่ยาวกว่า โดยได้ออกแบบให้ใช้วัสดุอะคริลิก ขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งใช้การตัดโดยเลเซอร์ และประกอบชิ้นงานแบบจิ๊กซอว์ ซึ่งยึดกันโดยใช้กาวละลายอะคริลิก โดยได้ผลการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 ที่เก็บปีกเกอร์



รูปที่ 3.19 ที่เก็บปีกเกอร์ที่ได้ทำการออกแบบที่สถาบันฯ

ภายหลังจากการออกแบบที่เก็บปีกเกอร์ ก็ได้ทำการสังตอะคริลิกตามที่ได้ทำการออกแบบข้างต้น ซึ่งได้ผลการสร้าง ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ที่เก็บปีกเกอร์ที่ได้ทำการสร้างที่สถาบันฯ

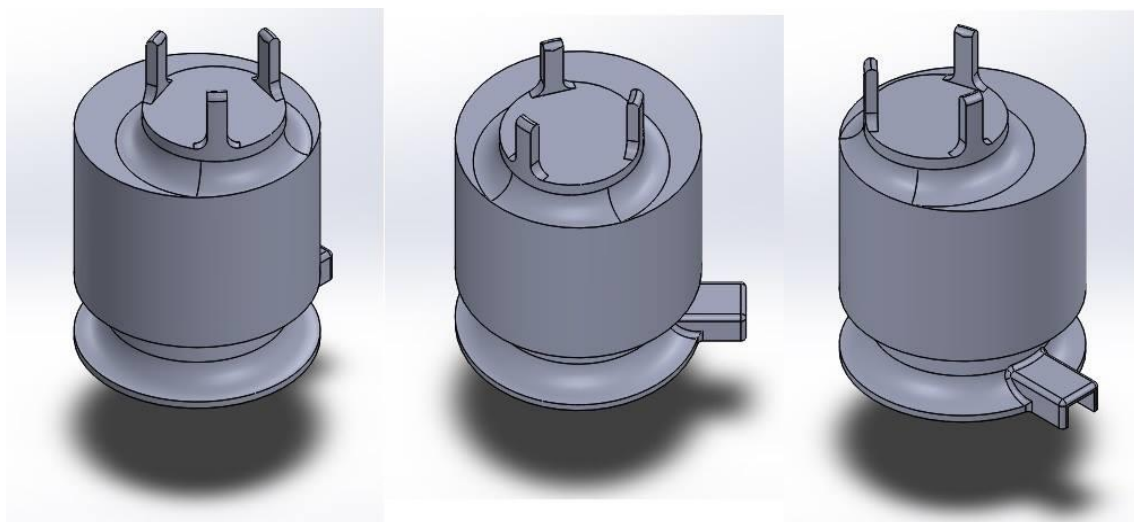
ออกแบบชุดอุปกรณ์สำหรับเขย่าสารเคมี

สำหรับชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมีได้ทำการออกแบบโดยใช้มอเตอร์ดังรูปที่ 3.21 โดยมอเตอร์นี้มีชุดเกียร์บ็อก (Gear Box) ทดความเร็วลงมาเหลือ 80 รอบต่อนาที (RPM) เพื่อทำการเขย่าสารเคมีโดยการหมุนเหวี่ยงสารเคมี



รูปที่ 3.21 มอเตอร์สำหรับชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี

(ที่มา: http://www.sangtawan.org/product_img.asp?product_id=38&lng=th)



รูปที่ 3.22 ชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมีที่ได้ออกแบบที่สถาบันฯ

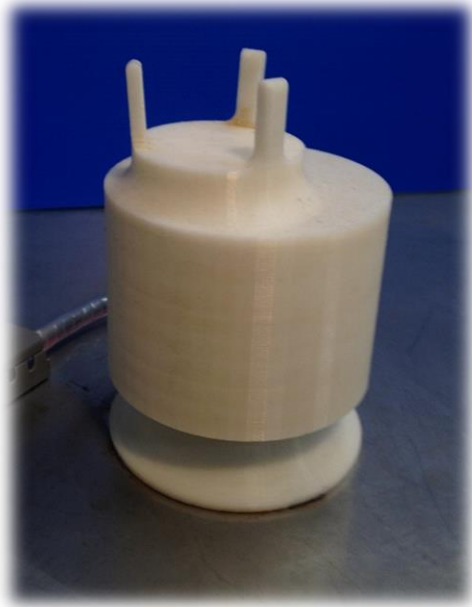
ในส่วนของชิ้นส่วนการขับเคลื่อนออกแบบโดยจะการใช้การพิมพ์สามมิติ ดังรูปที่ 3.22 โดยแบ่งออกเป็น 2 ชิ้น โดยชิ้นล่างจะเป็นส่วนติดตั้งมอเตอร์และเซนเซอร์กัมพู 2 ตัว ดังรูปที่ 3.23 โดยเซนเซอร์กัมพูตัวแรกจะวัดความเร็วรอบ และเซนเซอร์กัมพูตัวที่ 2 จะใช้วัดตำแหน่งหยุดเพื่อให้หยุดได้ตำแหน่งเดิมทุกครั้ง



รูปที่ 3.23 เซนเซอร์กัมพูสำหรับชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี

(ที่มา: http://www.oocities.org/toyga55/image/image_sensor_SE-C5.jpg)

ภายหลังจากการออกแบบชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี ก็ได้ทำการขึ้นรูปสามมิติตามที่ได้ทำการออกแบบข้างต้น ซึ่งได้ผลการสร้างดังรูปที่ 3.24



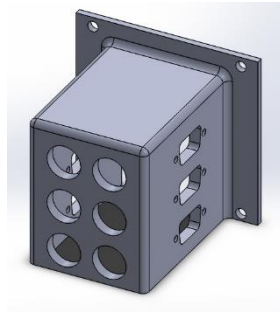
รูปที่ 3.24 ชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมีที่ได้สร้างที่สถาบันฯ

ออกแบบแผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์

สำหรับหุ่นยนต์ซีอาร์เอสโรบอท (CRS Robot) เป็นหุ่นยนต์เก่าไม่มีชุดควบคุมของตัวเอง และไม่สามารถหาซื้อสายไฟฟ้าและคอนเนคเตอร์แบบ CPC-57 และ CPC-14 สำหรับหุ่นยนต์ซีอาร์เอสโรบอท ดังรูปที่ 3.25 จึงได้ออกแบบแผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ ได้ดังรูปที่ 3.26

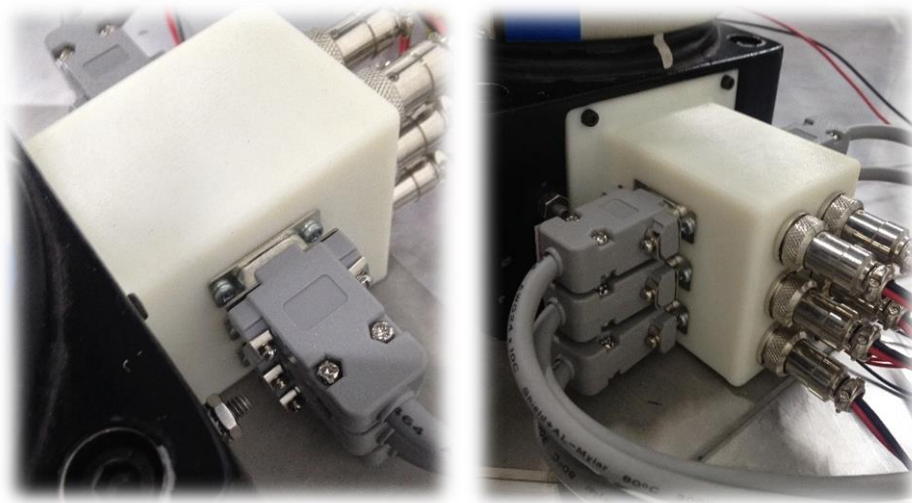


รูปที่ 3.25 ชุดคอนเนคเตอร์แบบ CPC-57 และ CPC-14 ของหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot)



รูปที่ 3.26 แผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบที่สถาบันฯ

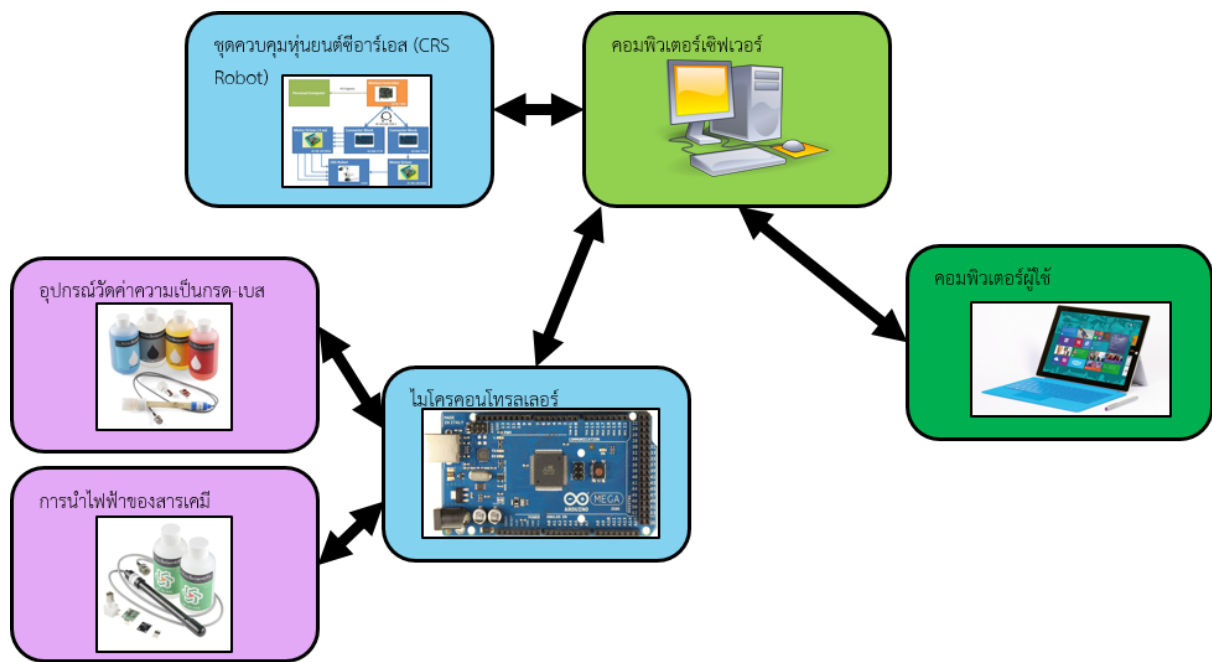
ภายหลังจากได้ทำการออกแบบแผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ ก็ได้ทำการขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ซึ่งได้ผลการสร้างดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แผ่นติดชุดคอนเนคเตอร์ด้านหลังหุ่นยนต์ที่ได้สร้างที่สถาบันฯ

ด้านการออกแบบและพัฒนาทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ภาพรวมของการออกแบบและพัฒนาทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงรูปที่ 3.28 ซึ่งประกอบด้วยคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้ สั่งการไปยังชุดควบคุมหุ่นยนต์ และสั่งการไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมชุดอุปกรณ์เขย่าสารเคมี และอ่านค่าความเป็นกรด - ด่าง เพื่อส่งกลับไปยังผู้ใช้ ซึ่งแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.28 ภาพรวมของการออกแบบและพัฒนาทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ออกแบบชุดควบคุมหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot)

ภาพรวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบทั้งหมดสำหรับใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot ดังแสดงในรูปที่ 3.29 และภาพรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.30 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- คอมพิวเตอร์ (Personal Computer) 1 เครื่อง

ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลหลักของหุ่นยนต์และเป็นคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ในเวลาเดียวกัน โดยจะทำการติดต่อกับผู้เรียนหรือผู้ใช้งานเพื่อรับคำสั่งและแสดงข้อมูลตามที่ผู้เรียนร้องขอ อีกทั้งยังทำการควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ คำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ ตามคำสั่งที่รับมาจากผู้เรียนหรือผู้ใช้งาน

- ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Controller) 1 ชุด

ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับติดตั้งในคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้งานหุ่นยนต์ได้

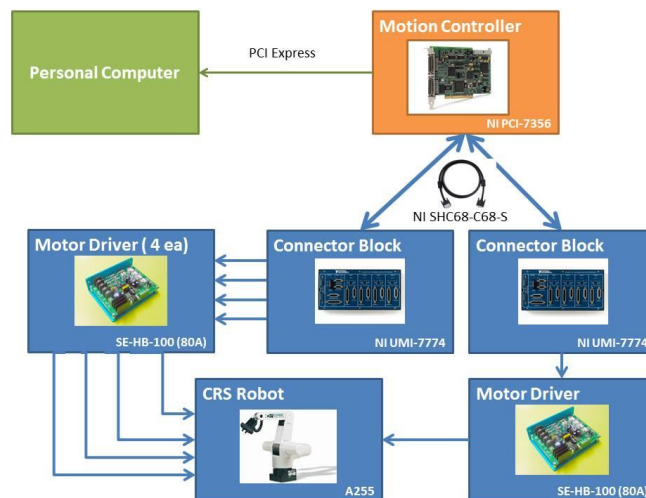
- สายไฟฟ้าสำหรับเชื่อมต่อชุดควบคุมการเคลื่อนที่กับกล่องควบคุม 4 เส้น

ทำหน้าที่เป็นสายไฟฟ้าสำหรับติดต่อเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่กับกล่องควบคุม

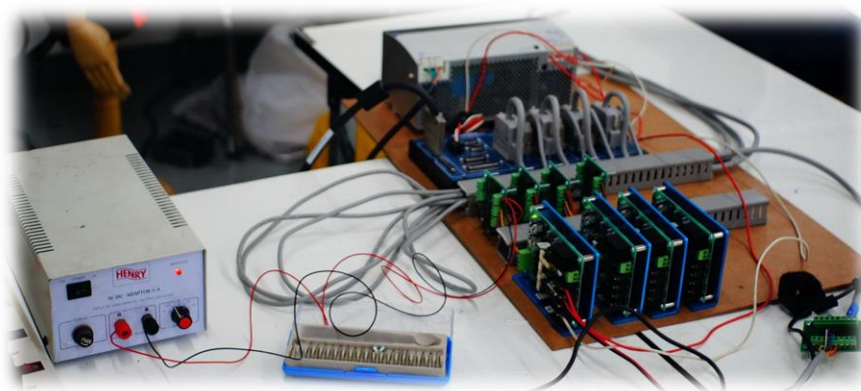
- ชุดกล่องควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสายไฟฟ้าจากหุ่นยนต์กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่ (Connector Block) 2 ชุด แสดงดังรูปที่ 3.31

ทำหน้าที่เป็นกล่องสำหรับต่อสายไฟฟ้า แสดงผลการทำงานของหุ่นยนต์ กรณีที่หุ่นยนต์เกิดความผิดพลาดจะแสดงไฟฟ้า

- ชุดวงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver) 5 ชุด แสดงดังรูปที่ 3.32 ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหุ่นยนต์ตามคำสั่งของคอมพิวเตอร์



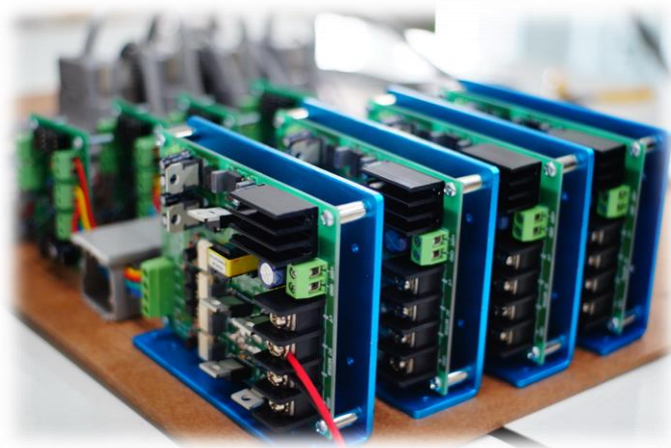
รูปที่ 3.29 ภาพรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้ออกแบบทั้งหมดสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์



รูปที่ 3.30 ภาพรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด



รูปที่ 3.31 ชุดกล่องควบคุมสำหรับเชื่อมต่อสายไฟฟ้าจากหุ่นยนต์กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.32 ชุดวงจรขับมอเตอร์

ออกแบบอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารเคมี และส่วนควบคุมชุดอุปกรณ์สำหรับเขย่าสารเคมี

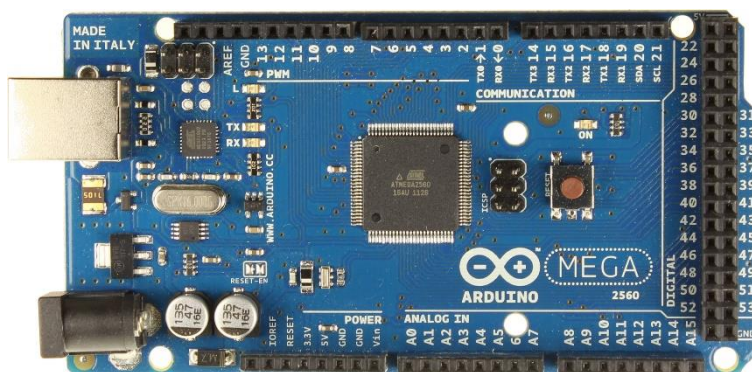
สำหรับอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ทำการสั่งซื้อชุดคิทที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และส่งค่าที่อ่านได้ผ่านทางการติดต่อแบบอนุกรม (Serial Communication) ซึ่งอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้แสดงในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

(ที่มา: <http://www.thaieasyelec.com/products/sensors/ph-d-o-orp/ph-sensor-kit-detail.html>)

โดยอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้มีไมโครคอนโทรลเลอร์คอยควบคุม รับค่าจากเซนเซอร์ และส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ดังรูปที่ 3.34 อีกทั้งยังทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์เขย่าสารและอ่านค่าเซนเซอร์ก้ามปูเพื่อให้ชุดอุปกรณ์เขย่าสารหมุนกลับมาตำแหน่งเดิมเมื่อต้องการหยุด



รูปที่ 3.34 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Mega 2560)

(ที่มา: https://hifiduino.files.wordpress.com/2012/03/arduinomega2560_r2_front.jpg)

ออกแบบปุ่มหยุดฉุกเฉิน

เมื่อทำการใช้งานหุ่นยนต์ อาจมีเหตุให้ต้องทำการหยุดหุ่นยนต์แบบฉุกเฉิน เพื่อหยุดหรือลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น จึงได้ทำการออกแบบปุ่มหยุดฉุกเฉิน เพื่อตัดการทำงานของมอเตอร์ของหุ่นยนต์ได้ดังรูปที่ 3.35



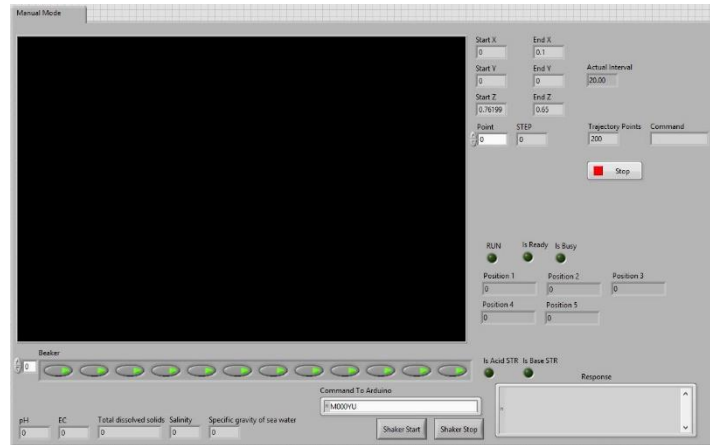
รูปที่ 3.35 ปุ่มหยุดฉุกเฉิน

ด้านการออกแบบและพัฒนาทางคอมพิวเตอร์

การออกแบบทางคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนควบคุมหุ่นยนต์ ส่วนผู้ให้บริการ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

ส่วนควบคุมหุ่นยนต์

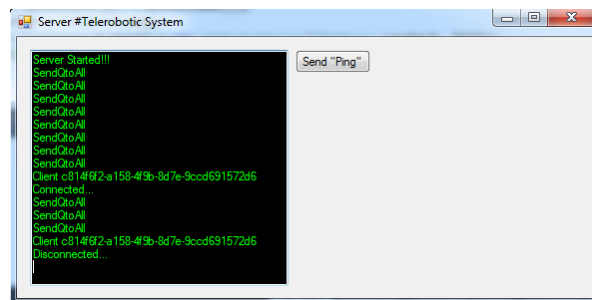
ส่วนควบคุมหุ่นยนต์ที่ทางคณะวิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานจากระยะไกลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไม่จำเป็นต้องเข้ามาจัดการใดๆเกี่ยวกับส่วนนี้ ส่วนนี้ได้มีการพัฒนาระบบควบคุมและติดต่อกับหุ่นยนต์โดยใช้โปรแกรม Labview ดังแสดงในรูปที่ 3.36 ซึ่งในส่วนนี้จะมีการคำนวณตำแหน่งของหุ่นยนต์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ อีกทั้งยังเป็นส่วนที่รับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์วัดต่างๆ เพื่อส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้โดยผ่านส่วนผู้ให้บริการฝั่งคอมพิวเตอร์แม่ข่ายอีกด้วย



รูปที่ 3.36 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Labview แสดงตำแหน่งแกนหุ่นยนต์แต่ละแกน

ส่วนผู้ให้บริการฝั่งคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

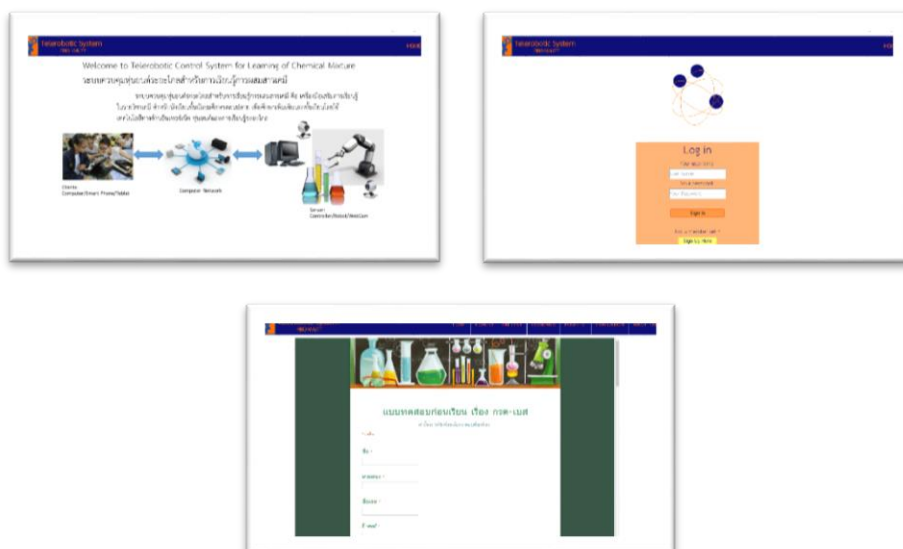
ส่วนผู้ให้บริการที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเองโดยคณะวิจัย ซึ่งใช้ภาษาซีชาร์ป (C# language) และใช้เครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อ Microsoft Visual Studio ดังในรูปที่ 3.37 โดยที่ส่วนผู้ให้บริการติดต่อกับส่วนควบคุมหุ่นยนต์ ผ่านการติดต่อแบบยูดีพี (UDP : User Datagram Protocol) หลักจากนั้นส่วนผู้ให้บริการก็เป็นสื่อกลางทำหน้าที่ที่รองรับคำสั่งจากผู้ใช้แล้วส่งต่อไปยังส่วนควบคุมหุ่นยนต์อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3.37 หน้าต่างแสดงผลของผู้ให้บริการ

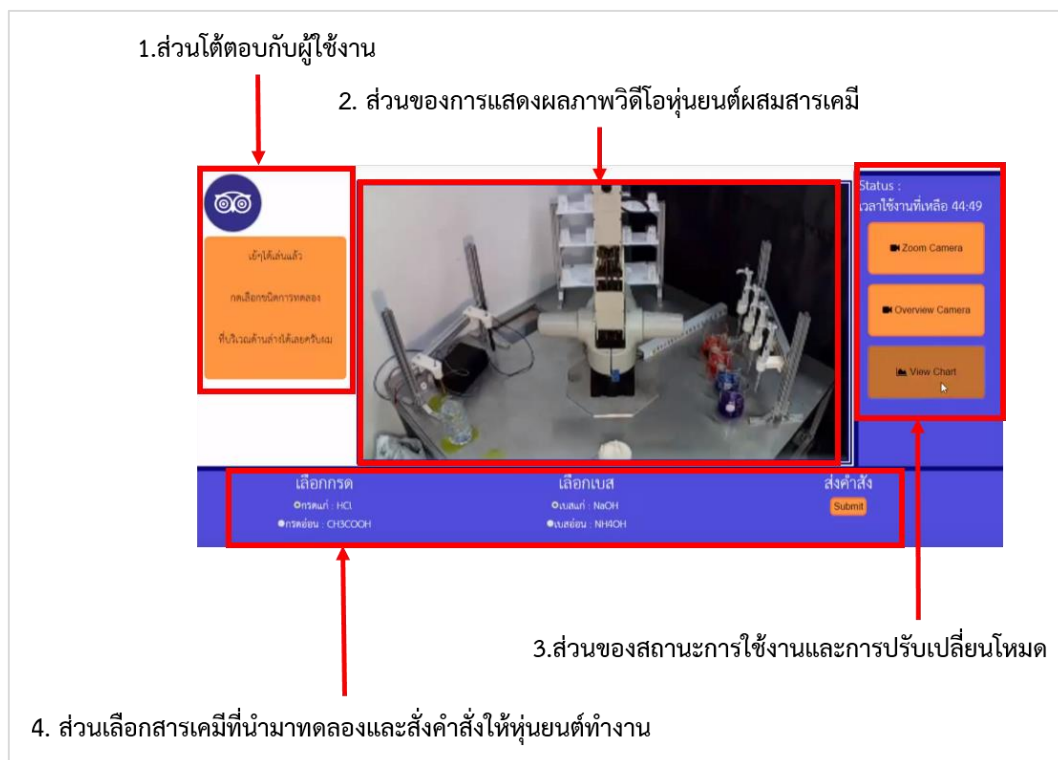
ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ในส่วนติดต่อผู้ใช้ที่สร้างและพัฒนาโดยคณะวิจัยเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา แท็บเล็ต (Tablet) หรือแม้กระทั่งสมาร์ทโฟน (Smartphone) จึงออกแบบโดยใช้เว็บไซต์ และมีการใส่รหัสผ่านเพื่อยืนยันตัวตนของผู้ใช้ และง่ายต่อการจัดคิวเพื่อลำดับการให้บริการได้ถูกต้องมากขึ้น โดยที่มีการสร้างฐานข้อมูลไว้ที่ส่วนผู้ให้บริการ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 หน้าต่างแสดงผลของผู้ให้บริการ

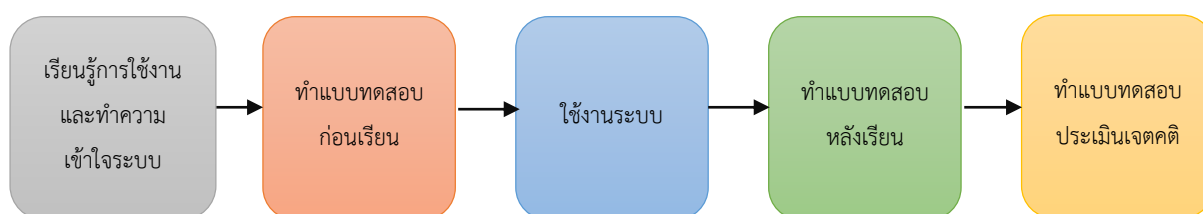
จากรูปที่ 3.39 ในหน้าต่างสำหรับให้ผู้ใช้ควบคุมหุ่นยนต์เป็นตัวอย่างการควบคุมหุ่นยนต์ โดยจะอธิบายรายละเอียดการใช้งานในคู่มือการใช้ ในภาคผนวกอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3.39 หน้าต่างสำหรับให้ผู้ใช้ควบคุมหุ่นยนต์

ด้านการประเมิน

ในด้านการประเมินจะมีลำดับการทำงานเพื่อให้ผู้เรียนประเมินผลงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.40 โดยในขั้นต้นให้ผู้เรียนเรียนรู้การใช้งานและทำความเข้าใจการทำงานของระบบหุ่นยนต์ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนทำการทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้ที่มีก่อนที่จะใช้งานระบบ ต่อจากนั้นผู้เรียนจะทำการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยเมื่อทำการใช้งานเสร็จแล้วจะทำการทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดความรู้ที่ได้หลังจากใช้งานระบบ ซึ่งเมื่อทำการทดสอบหลังเรียนแล้วทำการประเมินเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้งานระบบ ซึ่งในการวัดและประเมินผู้เรียนจากลำดับข้างต้นใช้วิธีในการวัด 2 วิธี คือ การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้การปฏิบัติการเคมีของนักเรียน และการวัดเจตคติของผู้ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.40 ลำดับการทำงานเพื่อให้ผู้เรียนประเมินผลงานวิจัย

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้การปฏิบัติการเคมีของนักเรียน

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ใช้วิธีการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้ในรูปแบบปรนัย หรือรูปแบบตัวเลือก (Choices) ซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวเลือกคำตอบในแต่ละคำถาม โดยจะมีคำถามทั้งหมด 10 ข้อ ซึ่งแสดงเนื้อหาแบบทดสอบไว้ในภาคผนวกอีกครั้งหนึ่ง โดยในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้จะทำการวัดทั้งผู้ที่ใช้งานระบบและผู้ที่ไม่ใช้งานระบบ

การวัดและประเมินผลเจตคติของผู้ใช้ของนักเรียน

การวัดและประเมินผลเจตคติของผู้ใช้ มีการประเมินผล 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ ด้านการออกแบบ และด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน โดยจะคำตอบเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน

- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ซึ่งจะมีคำถามดังต่อไปนี้

ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ

1. ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน เช่น เมนูเรียงลำดับการทดลองที่สอดคล้องกับการเรียนรู้วิชาเคมี เป็นต้น
2. ความถูกต้องของการประมวลผล เช่น หุ่นยนต์เลือกผสมสารเคมีได้ถูกต้องตามคำสั่ง เป็นต้น
3. ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ เช่น หุ่นยนต์มีการรับคำสั่งได้ทันทีที่สั่งให้หุ่นยนต์ผสมสารเคมี เป็นต้น
4. ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกผลการทดลอง เช่น การใช้งานระบบหุ่นยนต์มีลำดับการทดลองที่ถูกต้องและสามารถบันทึกผลการทดลองได้เหมือนกับปฏิบัติจริง เป็นต้น
5. ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน เช่น ระบบสามารถวัดค่า pH ของสารเคมีที่ต้องการได้ เป็นต้น
6. ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน เช่น ระบบสามารถวัดค่า pH ของสารเคมีที่ต้องการได้ เป็นต้น
7. การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน เช่น ผู้ใช้งานต้องสมัครเข้าใช้งานระบบเท่านั้น เพื่อที่จะสามารถเข้ามาใช้การทดลองได้ และมีการจัดลำดับคิวการใช้งานที่ถูกต้อง เป็นต้น
8. ความเหมาะสมของการแสดงผลภาพวิดีโอการทดลอง เช่น แสดงผลภาพการทดลองที่ชัดเจน ระบบมีความสมจริง ช่วยให้เสมือนราวกับได้ทดลองเคมีจริง เป็นต้น
9. การเชื่อมต่อของระบบฐานข้อมูลฯ มีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน เช่น การใช้งานระบบหลุดบ่อยหรือไม่ การบันทึกข้อมูล การอัปเดตภาพ การส่งข้อมูล เป็นต้น
10. ความง่าย (User Friendly) ของการใช้งานของระบบ เช่น สามารถใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบมากมาย ก็สามารถทำการทดลองได้ เป็นต้น

ด้านการออกแบบ

1. ความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าโฮมเพจ
2. การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการทำงาน
3. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม
4. ขนาดของการแสดงผลภาพวิดีโอการทดลองแสดงผลภาพการทดลองที่ชัดเจน
5. ความเร็วในการแสดงผล ภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ

ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน

1. เอกสาร/คู่มือประกอบการใช้งานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย

2. มีช่องทางในการติดต่อ/สอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ

อีกทั้งยังมีการสอบถามปัญหาทางเทคนิค การใช้งาน การให้บริการ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม แนวทางการปรับปรุง และสิ่งที่คาดหวัง โดยจะให้เขียนอธิบายเพิ่มเติมอีกส่วนหนึ่ง

การวัดและประเมินผลเจตคติของครูผู้สอน

ในการวัดและประเมินผลเจตคติของครูผู้สอน ได้แสดงลำดับการทำงานเพื่อให้ครูผู้สอนประเมินผลงานวิจัย ดังรูปที่ 3.41 ซึ่งจะให้ครูผู้สอนอบรมการใช้งาน และศึกษาเอกสารประกอบการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล ซึ่งในเอกสารได้อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ส่วนประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี จากนั้นได้อธิบายถึงการใช้งาน โดยอธิบายการเข้าสู่เว็บไซต์ การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ การเข้าใช้ (Log in) การทำแบบทดสอบก่อนเรียน การใช้งานการระบบ การทำแบบทดสอบหลังเรียน และการประเมินผลการใช้งาน ซึ่งรายละเอียดเนื้อหาทั้งหมดได้แสดงในภาคผนวกอีกครั้งหนึ่ง

ต่อจากนั้นให้ครูผู้สอนทดสอบใช้งานระบบ และทำการประเมินเจตคติของครูผู้สอนต่อไป ซึ่งการวัดและประเมินผลเจตคติของครูผู้สอนนั้น มีการประเมินผล 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการเรียนรู้วิชาเคมี ด้านการใช้งานระบบกับผู้เรียน และด้านครูผู้สอน โดยจะคำตอบเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเหมือนกับการวัดและประเมินผลเจตคติของนักเรียนซึ่งมีคำถามดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.41 ลำดับการทำงานเพื่อให้ครูผู้สอนประเมินผลงานวิจัย

ด้านการเรียนรู้วิชาเคมี

1. เนื้อหา/สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี
2. ความเหมาะสมของการออกแบบของระบบ
3. กิจกรรมเน้นทักษะกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง
4. วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกิจกรรมการทดลองผสมสารเคมี
5. ระบบควบคุมหุ่นยนต์สามารถนำประยุกต์มาใช้ในการสอนวิชาเคมีได้

ด้านการเรียนรู้วิชาเคมี

1. ระบบทำให้ผู้เรียนนั้นสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้ง่ายและก็ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น
2. ระบบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางการเรียนรู้

3. ผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่
4. กิจกรรมการทดลองมีความหลากหลาย และเหมาะสมกับผู้เรียน

ด้านครูผู้สอน

1. ท่านมีความรู้ในการใช้งานระบบหุ่นยนต์มากขึ้น และสามารถไปประยุกต์ใช้เพื่อเสริมการสอนได้
2. โครงการนี้เปิดโอกาสให้ผู้สอนได้มีการเรียนรู้การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับใช้ในการสอน
3. ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมี
4. ผู้สอนสามารถนำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลไปประยุกต์ใช้ได้ง่ายขึ้น
5. ผู้สอนสามารถนำระบบมาใช้กับผู้เรียนได้ ทั้งในชั้นเรียนหรือนอกชั้นเรียน

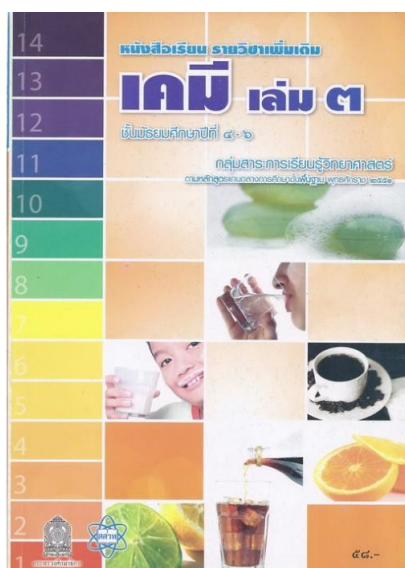
สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดในบทนี้ประกอบด้วยสมมุติฐาน ที่แสดงให้เห็นภาพรวมของผลที่คาดว่าจะนำจะเกิดขึ้น กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย ที่แสดงให้เห็นภาพรวมของระบบ อีกทั้งการออกแบบและพัฒนาทางวิศวกรรมที่จะเกิดขึ้นว่าทำการสร้างระบบหุ่นยนต์อย่างไร และการออกแบบวิธีการประเมินผล ทั้งทางด้านผลสัมฤทธิ์และเจตคติของผู้เรียน หรือเจตคติของครูผู้สอน โดยในบทถัดไปจะกล่าวถึงผลการวิจัยที่เกิดขึ้น ตามที่แจ้งวิธีการดำเนินการวิจัยที่ได้กล่าวในบทนี้

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลความต้องการของครูหรือผู้เรียน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบหุ่นยนต์ทั้งหมด ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน และผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอนและนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลความต้องการของครูวิทยาศาสตร์และผู้เรียน หรือผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเนื้อหาจากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 (ISBN 978-616-317-0063-7) [10] ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และได้คัดเลือกเนื้อหาการทดลองที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่จะสามารถทำงานได้ตอนนี้ ได้แก่ การทดลอง 8.5 การไทเทรตหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาระหว่างกรดแก่กับด่างแก่ โดยในการทดลองเป็นการทดลองผสมสารระหว่างกรดแก่กับด่างแก่ และมีการวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ระหว่างที่ได้ทำการผสม อีกทั้งเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองผสมสารระหว่างกรดอ่อนกับด่างแก่ ระหว่างกรดแก่กับด่างอ่อน และกรดอ่อนกับด่างอ่อน เป็นเพียงข้อมูลบอกผลการทดลองเท่านั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การทดลองดังกล่าวมีเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นการทดลองตัวอย่าง สำหรับระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองจริงผ่านระบบหุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4.1 หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6

ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ การผสมสารเคมี

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติของหุ่นยนต์ คุณสมบัติของมือจับ และคุณสมบัติของการใช้งานหุ่นยนต์จากระยะไกล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบคุณสมบัติของหุ่นยนต์

คุณสมบัติ	หน่วย
1. น้ำหนัก	17 กิโลกรัม
2. แขนเอว (Waist)	+175° ถึง -175°
3. แขนไหล่ (Shoulder)	+110° ถึง 0°
4. แขนข้อศอก (Elbow)	0° ถึง -125°
5. แขนก้ม-เงย (Pitch)	+110° ถึง -110°
6. แขนหมุนข้อมือ (Roll)	+180° ถึง -180°
7. พื้นที่ทำงานแนวแกน X และ Y	รัศมี 22 นิ้ว
8. พื้นที่ทำงานแนวแกน Z (สูงจากพื้น)	ไม่สูงกว่า 32 นิ้ว จากพื้น
9. พื้นที่ทำงานแนวแกน Z (ต่ำจากพื้น)	ไม่ต่ำกว่า 2 นิ้ว จากพื้น
10. ความเร็วแขนเอวสูงสุด	210 องศาต่อวินาที
11. ความเร็วแขนไหล่สูงสุด	210 องศาต่อวินาที
12. ความเร็วแขนข้อศอกสูงสุด	210 องศาต่อวินาที
13. ความเร็วแขนก้ม-เงยสูงสุด	675 องศาต่อวินาที
14. ความเร็วแขนหมุนข้อมือสูงสุด	1350 องศาต่อวินาที

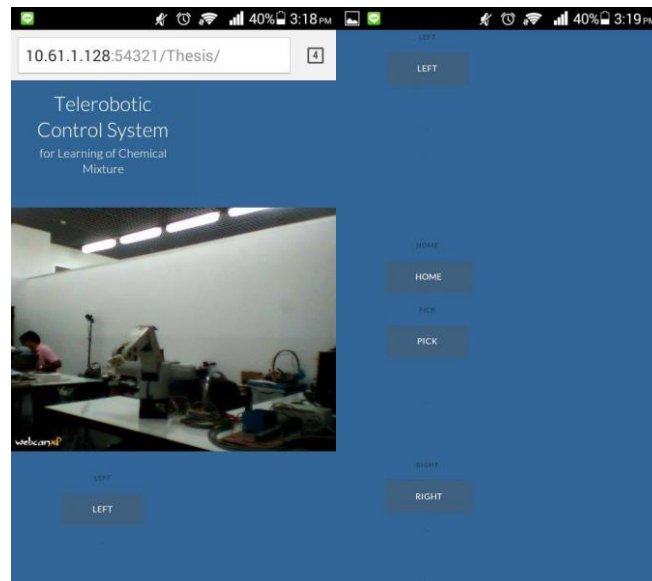
ผลการทดสอบคุณสมบัติของมือจับ

- สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 แกน คือ แกนหยิบจับ และแกนกด
- สามารถหยิบไมโครปิเปต ปีกเกอร์ และอุปกรณ์วัดต่างๆได้
- ขนาดกว้างสุดที่เปิดได้คือ 45 มิลลิเมตร
- ขนาดแคบสุดที่ปิดได้คือ 0 มิลลิเมตร

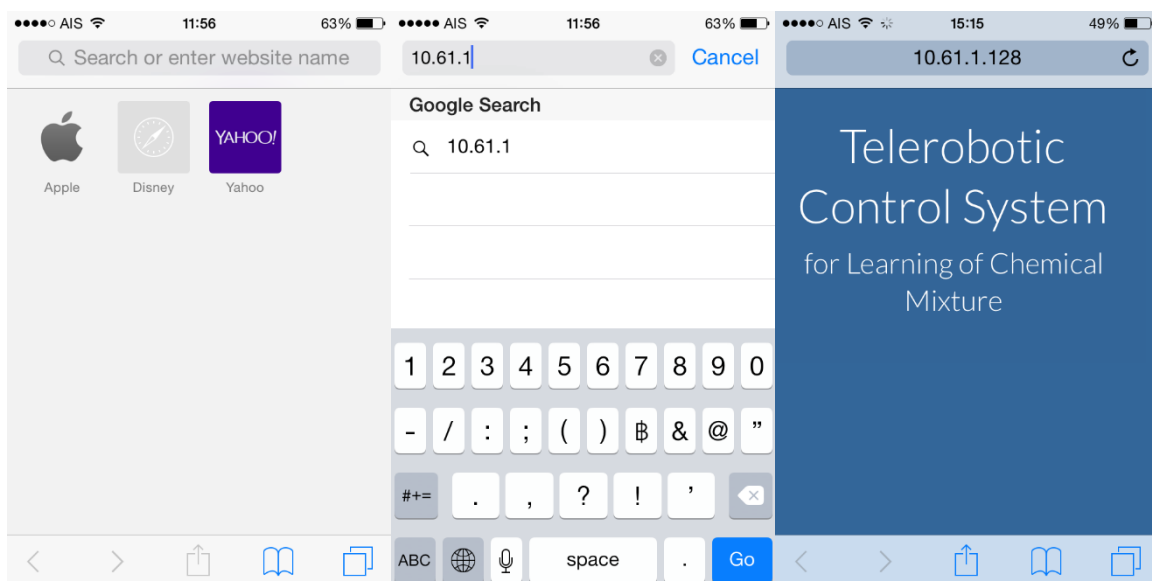
ผลการทดสอบคุณสมบัติการใช้งานหุ่นยนต์ได้จากระยะไกล

เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา แท็บเล็ต (Tablet) หรือแม้กระทั่งสมาร์ทโฟน (Smartphone) จึงได้ทำการทดสอบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล

ในสมาร์ทโฟนจำนวน 2 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 จากรูปเป็นผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สมาร์ทโฟน สามารถใช้งานโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ที่มีอยู่ในสมาร์ทโฟน ทำการใส่ลิงค์ที่อยู่ของข้อมูล (URL : Uniform Resource Locator) จากนั้นทำการลงทะเบียนเข้าใช้ จากนั้นสามารถใช้งานหุ่นยนต์ได้ทันที



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Smartphone)



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้ไอโฟนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iPhone : IOS)

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบกับอีกหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์พกพา หรือแท็บเล็ตก็ตาม พบว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ได้เช่นเดียวกัน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตัวเองแบบไม่ได้ใช้งานระบบหุ่นยนต์ในการเรียนการสอนวิชาเคมี

ได้ทำการทดสอบโดยให้นักเรียนอ่านเนื้อหาบทเรียนจากเว็บไซต์ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่เปิดให้โอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยได้ทดสอบกับนักเรียนจำนวน 73 คน ประกอบไปด้วยโรงเรียน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม จำนวน 35 คน และโรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษก ในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวน 38 คน ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตัวเองไม่ได้ใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี

	จำนวน (n)	คะแนนเฉลี่ย (Mean, $\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ก่อนเรียน	73	3.42	1.59
หลังเรียน	73	3.89	1.51

ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน จากตารางที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.42 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 3.89 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนทีเฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 48.51 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 51.49 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 2.99 ดังนั้นร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 6.15

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังจากการใช้งานระบบหุ่นยนต์และผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอน และนักเรียนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี

ได้ทำการทดสอบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีกับนักเรียนจำนวน 100 คน ประกอบไปด้วยโรงเรียน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนบางปะกอก โรงเรียนนาหลวง โรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษก ในพระบรมราชูปถัมภ์ และโรงเรียนวัดพุทธบูชา โดยแบ่งเป็นโรงเรียนบางปะกอก จำนวน 31 คน โรงเรียนนาหลวง จำนวน 25 คน โรงเรียนราชประชาสมาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษก ในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวน 19 คน และโรงเรียนวัดพุทธบูชา จำนวน 25 คน โดยจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังจากการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี และผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอน และนักเรียนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี ซึ่งได้ดังต่อไปนี้

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังจากการใช้งานระบบ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน ที่ใช้งานระบบควบคุม หุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีจากกลุ่มนักเรียนตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 100 คน มีกลุ่มนักเรียนที่ยังไม่เรียนเกี่ยวกับกรด-ด่าง ในเรื่องของการไทเทรตทั้งหมด 50 คน และกลุ่มนักเรียนที่เรียนเกี่ยวกับกรด-ด่าง ในเรื่องของการไทเทรตแล้วทั้งหมด 50 คน

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน ที่ใช้งานระบบควบคุม หุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

	จำนวน (n)	คะแนนเฉลี่ย (Mean, $\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ก่อนเรียน	100	3.92	2.07
หลังเรียน	100	4.8	2.04

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียน จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนด้วยระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีเท่ากับ 3.92 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.8 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนทีเฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 47.86 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 52.14 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 4.27 ดังนั้นร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 8.93

ผลการประเมินเจตคติของครูผู้สอนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี

การประเมินในส่วนของผู้เชี่ยวชาญจะเป็นการประเมินที่ได้จากครู 2 กลุ่ม คือ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีครูเข้ามาประเมินระบบจำนวนทั้งหมด 6 คน ซึ่งสามารถแปลความหมายได้ตามเกณฑ์การประเมิน ดังตารางที่ 3

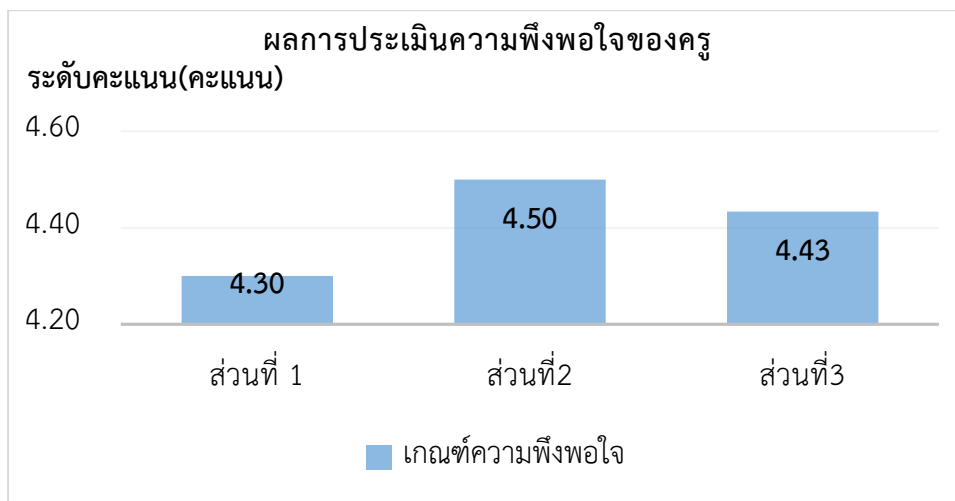
ตารางที่ 3 การแปลความหมายเกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมิน	การแปลความหมาย
4.50-5.00	ดีมาก
3.50-4.49	ดี
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	พอใช้
1.00-1.49	ควรปรับปรุง

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของครู

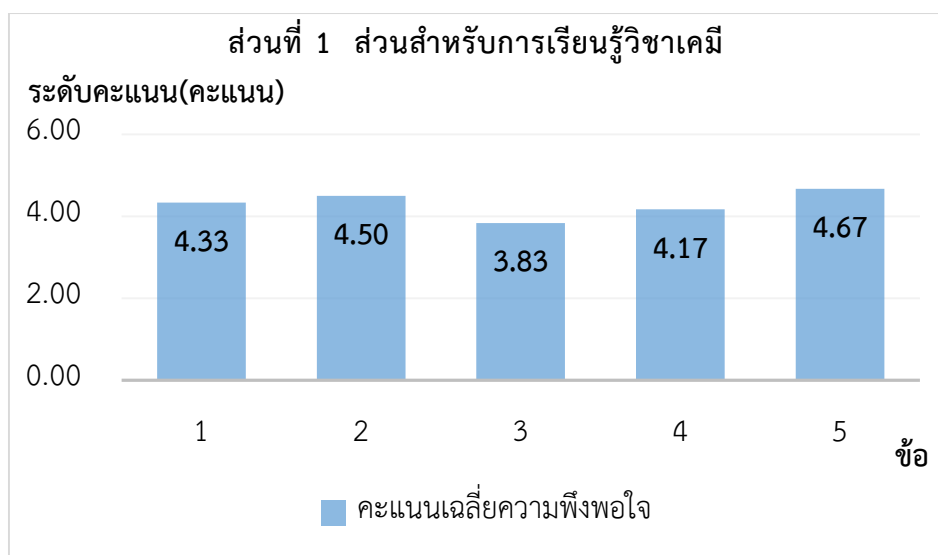
รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี	4.30	0.62	ดี
ส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้เรียน	4.50	0.66	ดีมาก
ส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอน	4.43	0.64	ดี
รวม	4.41	0.64	ดี

จากการประเมินผลพบว่า ความคิดเห็นของครูที่มีต่อการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีนั้น มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.41$, S.D.= 0.64) แสดงดังตารางที่ 4 ระบบสะดวกและค่อนข้างเรียบง่าย เข้าใจง่าย ทำบทเรียนให้มีความน่าสนใจ โดยปกติเวลานักเรียนทำการทดลองก็จะมีคามตื่นตัวอยู่แล้ว การใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการทำการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้ทุกที่ ทุกเวลา และเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เกิดจากการบูรณาการหลายวิชา เข้ามามีส่วนร่วมโดยเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะการคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาและเรียนรู้ ดังรูปที่ 4.4



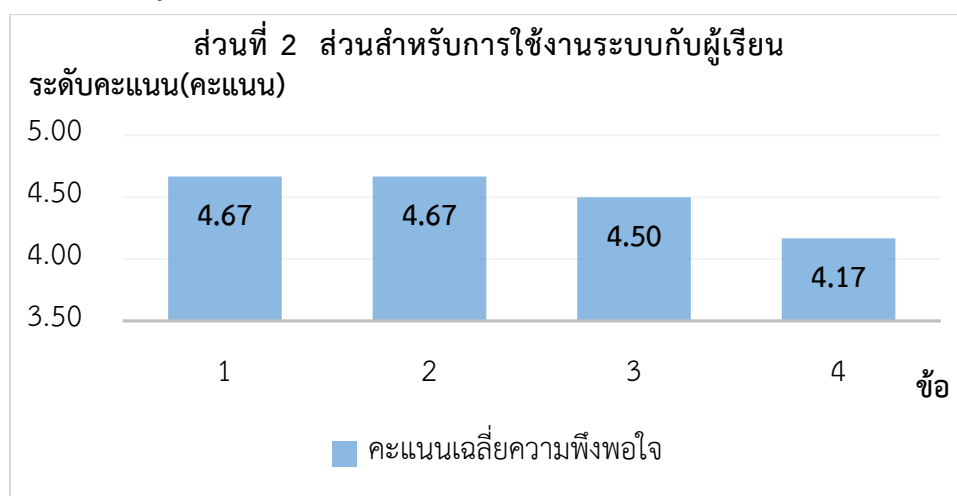
รูปที่ 4.4 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ผลการประเมินความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.30$, S.D.= 0.62) ดังแสดงในรูปที่ 4.5



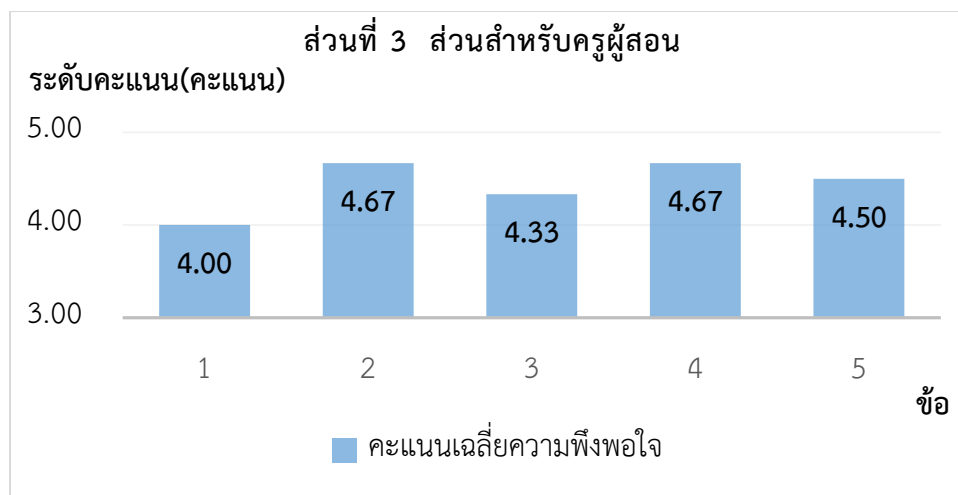
รูปที่ 4.5 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี

ผลการประเมินความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมีมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.50$,
S.D.= 0.66) ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี

ผลการประเมินความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.43$, S.D.= 0.64) ดัง
แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนภูมิสรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอนมีความพึงพอใจ

ตารางที่ 5 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีอย่างละเอียด

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมี			
1.เนื้อหา/สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี	4.33	0.52	ดี
2. ความเหมาะสมของการออกแบบของระบบ	4.50	0.55	ดีมาก
3. กิจกรรมเน้นทักษะกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง	3.83	0.75	ดี
4. วิธีการวัดผลและเครื่องมือสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกิจกรรมการทดลองผสมสารเคมี	4.17	0.75	ดี
5. ระบบควบคุมหุ่นยนต์สามารถนำประยุกต์มาใช้ในการสอนวิชาเคมีได้	4.67	0.52	ดีมาก
รวม	4.30	0.62	ดี
ส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้เรียน			
1.ระบบทำให้ผู้เรียนนั้นสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้ง่ายและก็ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น	4.67	0.52	ดีมาก
2. ระบบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางการเรียนรู้	4.67	0.52	ดีมาก
3. ผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่	4.50	0.84	ดีมาก
4. กิจกรรมการทดลองมีความหลากหลาย และเหมาะสมกับผู้เรียน	4.17	0.75	
รวม	4.50	0.66	ดีมาก
ส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอน			
1.ท่านมีความรู้ในการใช้งานระบบหุ่นยนต์มากขึ้น และสามารถไปประยุกต์ใช้เพื่อเสริมการสอนได้	4.00	1.10	ดี
2. โครงการนี้เปิดโอกาสให้ผู้สอนได้มีการเรียนรู้การประยุกต์ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์สำหรับการสอน	4.67	0.52	ดีมาก
3. ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมี	4.33	0.52	ดี
4. ผู้สอนสามารถนำระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลไปประยุกต์ใช้ได้ง่ายขึ้น	4.67	0.52	ดีมาก
5. ผู้สอนสามารถนำระบบมาใช้กับผู้เรียนได้ ทั้งในชั้นเรียนหรือนอกชั้นเรียน	4.50	0.55	ดีมาก
รวม	4.43	0.64	ดี

จากตารางที่ 5 พบว่าความพึงพอใจของครูที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ส่วนสำหรับการเรียนรู้วิชาเคมีมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.30$, S.D.= 0.62) ส่วนที่ 2 ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.5$, S.D.= 0.66) และส่วนที่ 3 ส่วนสำหรับครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.43$, S.D.= 0.64) ดังนั้นครูผู้สอนจึงได้ให้ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของครู สำหรับนำไปใช้ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในเรื่องของการปรับปรุงสามารถของหุ่นยนต์ให้ผสมได้หลายรูปแบบทั้งการผสมแบบที่เป็นสารละลายอื่นๆ และสารที่ไม่ใช่สารละลาย รวมถึงการอนุญาตให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่มากขึ้นและสารเคมีที่หลากหลายเพื่อเป็นการช่วยเพิ่มเทคนิค หรือวิธีการใดๆ ให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 13 ทักษะ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการใช้งานควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี มีความพึงพอใจต่อการใช้งานและอยากที่จะให้พัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนได้เสนอแนะการใช้งาน ในเรื่องของการจำกัดการเข้าเรียนควรปรับปรุง เรื่องการจำกัดการเข้าเรียน ควรเพิ่มหรือขยายให้ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนได้มากกว่าครั้งละ 1 ท่าน เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองมากที่สุด และเพิ่มเติมในส่วนของการอนุญาตให้นักเรียนสามารถบังคับหุ่นยนต์ได้มากขึ้น และนอกจากนี้ระบบควรมีระบบป้องกันการโจมตีผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ผลการประเมินเจตคติของนักเรียนต่อการใช้งานระบบในการเรียนการสอนวิชาเคมี

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างนักเรียน ที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยมีกลุ่มนักเรียนตัวอย่างจำนวน 100 คน และแบบประเมินผลการประเมินที่สามารถแปลความหมายได้ตามเกณฑ์การประเมิน ดังตารางที่ 6

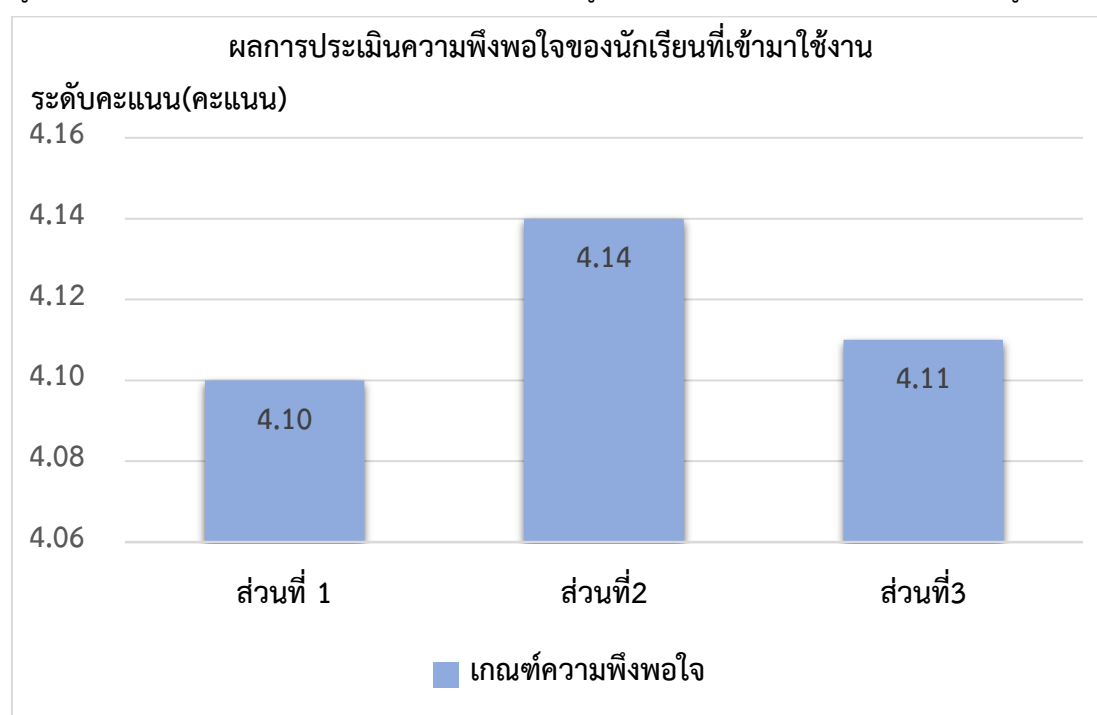
ตารางที่ 6 การแปลความหมายเกณฑ์การประเมิน

เกณฑ์การประเมิน	หมายถึง
4.50-5.00	ดีมาก
3.50-4.49	ดี
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	น้อย
1.00-1.49	น้อยที่สุด

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งาน

รายการประเมิน	ความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ	4.10	0.69	ดี
ส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบ	4.14	0.71	ดี
ส่วนที่ 3 ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน	4.11	0.66	ดี
รวม	4.12	0.69	ดี

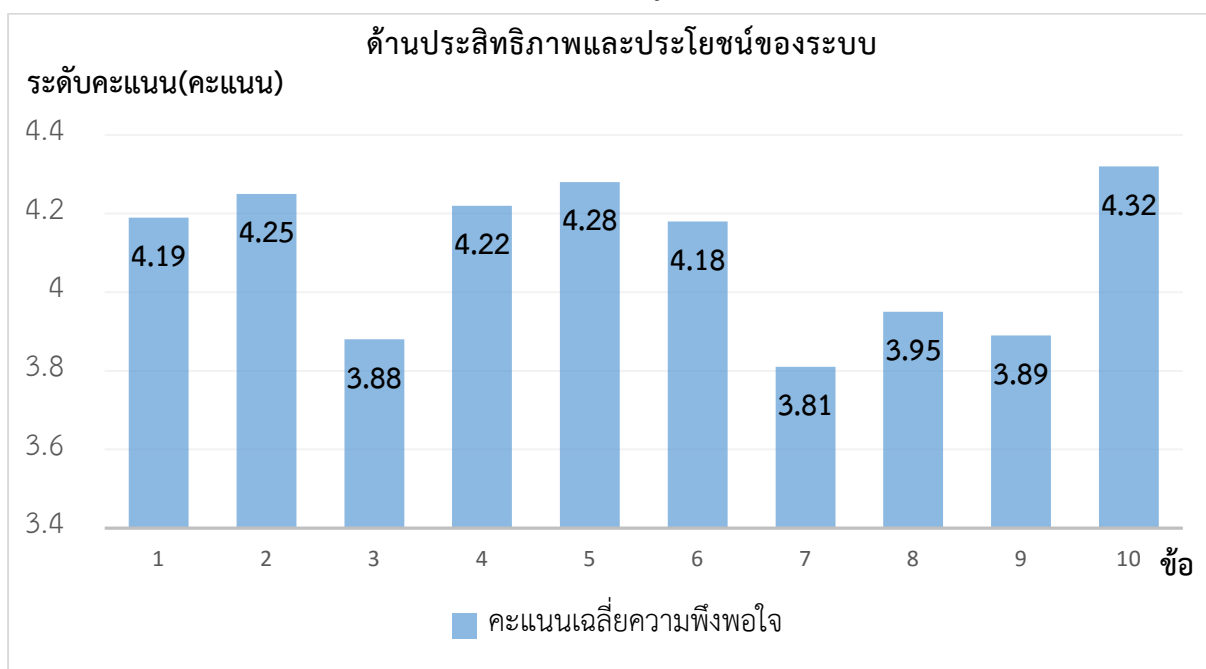
จากตารางที่ 7 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยแบบประเมินนี้มีการประเมิน 3 ด้านหลักๆ คือ ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.10$, S.D.= 0.69) ด้านการออกแบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.14$, S.D.= 0.71) และด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.17$, S.D.= 0.58) ดังนั้นผลการประเมินโดยรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ที่ได้พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.12$, S.D.= 0.69) ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบมีความพึงพอใจอยู่

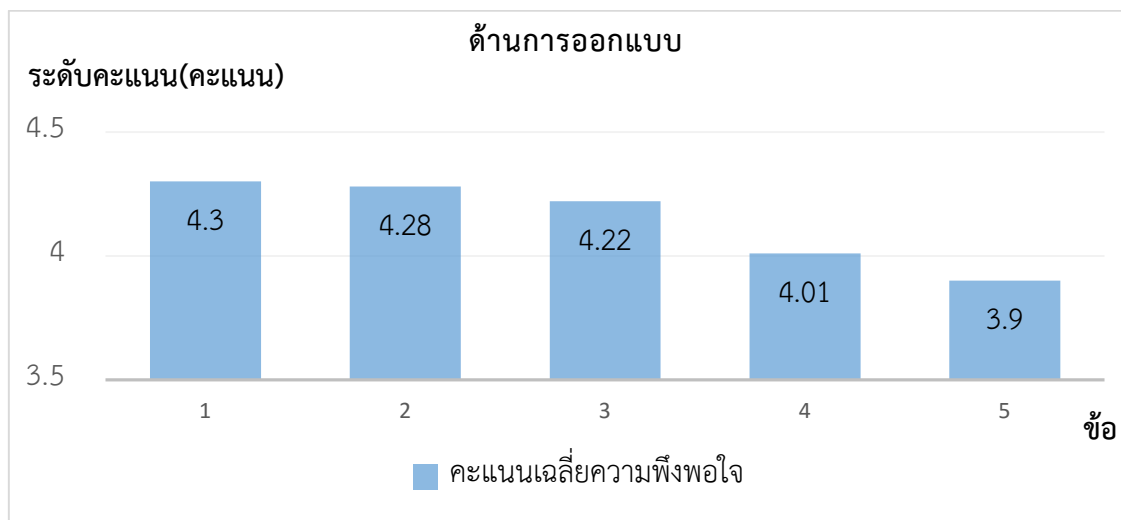
ในระดับดี ($\bar{X}=4.10$, S.D.= 0.69) สามารถแสดงแผนภูมิผลค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบดังรูปที่ 4.9 จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ให้ความคิดเห็นและเสนอแนะในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี พบว่าระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี รองรับระบบปฏิบัติการ Android Windows และ IOS ทำให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ได้หลากหลายชนิด เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต เป็นต้น เนื่องจากระบบมีการติดต่อสื่อสารผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (web browser) โดยกลุ่มนักเรียนตัวอย่าง กลุ่มที่ 1 เลือกใช้งานระบบผ่านเบราว์เซอร์ Google Chrome ร้อยละ 85 กลุ่มที่ 2 เลือกใช้งานระบบ Internet Explorer ร้อยละ 13 และกลุ่มที่ 3 เลือกใช้งานระบบ Mozilla Firefox ร้อยละ 2 ซึ่งระบบมีประสิทธิภาพการใช้งานรองรับกับทั้ง 3 เบราว์เซอร์นี้ได้ และในส่วนความเหมาะสมของการแสดงผลภาพการทดลองกับกลุ่มนักเรียนตัวอย่างพบว่า บางครั้งระบบยังเกิดปัญหาทางเทคนิค ภาพสละชุดภาพค้าง ความชัดของภาพและสมจริง เนื่องจากความเร็วของระบบอินเทอร์เน็ต ในฝั่งของกลุ่มนักเรียนตัวอย่าง มีความเร็วระบบอินเทอร์เน็ตต่ำทำให้เกิดปัญหาการรับส่งข้อมูลวิดีโอการทดลอง



รูปที่ 4.9 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ

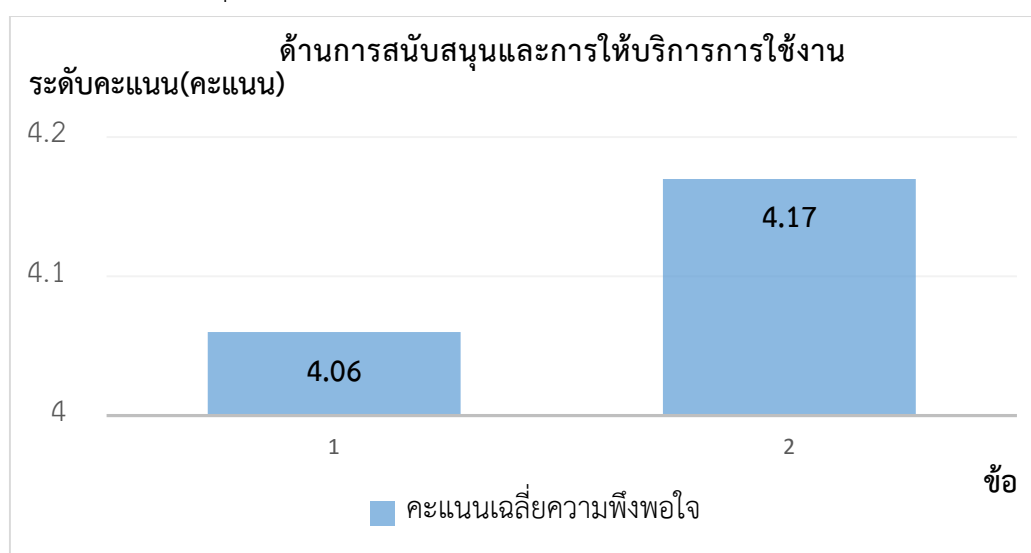
ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.14$, S.D.= 0.71) สามารถแสดงแผนภูมิผลค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบดังรูปที่ 4.10 โดยความพึงพอใจส่วนใหญ่มาจากของความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าโฮมเพจ ที่สามารถใช้งานกับระบบหุ่นยนต์ได้อย่างง่ายดาย และนอกจากนี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะกับระบบ

ให้จัดทำฟังก์ชันเพิ่มเติมในการทดลองให้สามารถใช้หุ่นยนต์ทำการทดลองได้หลากหลายมากขึ้นทำห้องทดลองที่หุ่นยนต์อยู่ให้มีสีสันน่าใช้มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.10 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในด้านการออกแบบระบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 3 ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.17$, S.D.= 0.58) สามารถแสดงแผนภูมิผลค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบดังรูปที่ 4.11 และนอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนได้ให้ข้อเสนอแนะในด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งานว่า ควรปรับปรุงในเรื่องของระยะเวลาในการรอคิวมากไป ควรมีการจัดการในการเข้าใช้ให้ทุกคนมีส่วนร่วมได้ และมีเครื่องที่ใช้ในการทดลองมากกว่าเดิม



รูปที่ 4.11 แผนภูมิสรุปความพึงพอใจในด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน

ตารางที่ 8 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งานด้านต่างๆอย่างละเอียด

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
ส่วนที่ 1 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ			
1.ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	4.19	0.59	ดี
2.ความถูกต้องของการประมวลผล	4.25	0.65	ดี
3.ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	3.88	0.8	ดี
4.ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกผลการทดลอง	4.22	0.57	ดี
5.ความเหมาะสมของขั้นตอนการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน	4.28	0.63	ดี
6.การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน	4.18	0.73	ดี
7.ความเหมาะสมของการแสดงผลภาพการทดลองที่ชัดเจน	3.81	0.83	ดี
8.ความเหมาะสมของการ แสดงผลภาพวิดีโอการทดลองที่ชัดเจน ระบบมีความสมจริง ช่วยให้เสมือนราวกับได้ทดลองเคมีจริง)	3.95	0.78	ดี
9.การเชื่อมต่อของระบบฐานข้อมูลฯ มีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน	3.89	0.78	ดี
10.ความง่าย (User Friendly) ของการใช้งานของระบบ	4.32	0.58	ดี
รวม	4.10	0.69	ดี
ส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบ			
1.ความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจของหน้าโฮมเพจ	4.3	0.63	ดี
2.การจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ต่อการอ่านและการใช้งาน	4.28	0.6	ดี
3.ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.22	0.68	ดี
4.ขนาดของการแสดงผลภาพวิดีโอการทดลองแสดงผลภาพการทดลองที่ชัดเจน	4.01	0.85	ดี
5.ความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ	3.9	0.78	ดี
รวม	4.14	0.71	ดี
ส่วนที่ 3 ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งาน			
1.เอกสาร/คู่มือประกอบการใช้งานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.06	0.74	ดี
2.มีช่องทางในการติดต่อ/สอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ	4.17	0.58	ดี
รวม	4.11	0.66	ดี

จากตารางที่ 8 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งานด้านต่างๆอย่างละเอียด พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้

การผสมสารเคมี ในส่วนที่ 1 ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.10$, S.D.= 0.69) ส่วนที่ 2 ด้านการออกแบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.14$, S.D.= 0.71) และ ส่วนที่ 3 ด้านการสนับสนุนและการให้บริการการใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.11$, S.D.= 0.66) ดังนั้นผลเฉลี่ยการประเมินโดยรวมของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ที่ได้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.12$, S.D.= 0.69) ซึ่งนักเรียนมีความพอใจในเรื่องความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจที่สามารถใช้งานหุ่นยนต์ผสมสารเคมีได้ แต่ยังมีบางส่วนนักเรียนได้ให้ความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะสำหรับนำไปใช้ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในเรื่องของการให้บริการการใช้งาน ควรปรับปรุงในเรื่องของระยะเวลาในการรอคิวมากไป ควรมีการจัดการในการเข้าใช้ให้ทุกคนมีส่วนร่วมได้ และมีเครื่องที่ใช้ในการทดลองมากกว่าเดิม

ผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในบทนี้ ประกอบด้วยข้อมูลความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบหุ่นยนต์ ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการประเมิน เจตคติของผู้เรียนและครูผู้สอนต่อการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนการผสมสารเคมี โดยสามารถสรุปผลการวิจัยที่ได้ โดยจะกล่าวถึงในบทถัดไป

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบ และสร้างระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลเพื่อเรียนรู้การผสมสารเคมี ซึ่งผู้เรียนสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่าย โดยควบคุมผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แสดงผลโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ และสามารถออกแบบปริมาณสารเคมีแต่ละชนิดได้เอง เพื่อให้เกิดการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยที่นักเรียนสามารถแยกแยะ จำแนก การเปรียบเทียบ คุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิดได้ และการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยที่นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของสารเคมีที่ได้ มารวมกันแล้วสามารถผสมเป็นสารที่มีคุณสมบัติใหม่ได้ อย่างเช่นการผสมกรดเข้ากับด่าง ผลลัพธ์ที่ได้คือจะได้เกลือกับน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง ที่สามารถสังเกตได้ จากการทดลองที่เกิดจากการปฏิบัติจริงผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง ในการวิเคราะห์และการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียนสามารถวัดได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองได้ทันทีที่สั่งการผ่านกล้อง และดูค่าความเป็นกรด - ด่างได้ โดยถือว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะใช้เสริมประกอบเนื้อหาในห้องเรียน และการทดลองปฏิบัติของนักเรียนที่เห็นผลได้จริงผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถใช้เครื่องมือเสริมทางการศึกษาชุดนี้เพื่อใช้ทบทวนเนื้อหาและการทดลองนอกห้องเรียนได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสนใจในวิชาเคมีมากยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ยังเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียน ให้สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนการสอนระหว่างสังคมเมืองและชนบท ช่วยเพิ่มช่องทางการเรียนรู้ ทำให้สามารถลดภาระการสอนของครู อาจารย์ ที่มีปัญหาสัดส่วนไม่พอกับจำนวนนักเรียนอีกด้วย

ทางด้านวิศวกรรม ทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบ สร้าง และพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ซึ่งได้ใช้โครงสร้างหุ่นยนต์ซีอาร์เอส (CRS Robot) พร้อมทั้งทำการออกแบบ และสร้างชุดควบคุมหุ่นยนต์ เนื่องจากหุ่นยนต์ซีอาร์เอสไม่มีชุดควบคุม มีเพียงโครงสร้างและมอเตอร์ในแต่ละแกนเท่านั้น จากนั้นทำการออกแบบโครงสร้างพื้นที่ทำงาน โดยใช้โครงสร้างเป็นอลูมิเนียม โปรไฟล์ และสแตนเลสแผ่น ในส่วนของมือจับที่ได้ออกแบบและสร้างโดยคณะวิจัย เป็นมือจับที่มีรูปแบบการทำงานเฉพาะ โดยมือจับสร้างโดยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) มีมอเตอร์ควบคุม 2 ตัว มือจับสามารถทำการหยิบปิกเกอร์และอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง หยิบจับไมโครปิเปต และกด-ปล่อยไมโครปิเปตได้

ในส่วนของโปรแกรมทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ซอฟต์แวร์แลบวิว (Labview) เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ และโปรแกรมติดต่อไปยังอุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยที่ออกแบบ และสร้างโดยคณะวิจัยนี้จะทำการติดต่อและส่งค่าไปยังอีกโปรแกรม ซึ่งออกแบบและพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์ไมโครซอฟต์วิซวลสตูดิโอ โดยโปรแกรมนี้นำหน้าที่เปิดเซิร์ฟเวอร์รองรับผู้เรียนเพื่อติดต่อมายังหุ่นยนต์ต่อไป ในส่วนการติดต่อผู้ใช้งาน ทางคณะวิจัยได้ทำการออกแบบเว็บไซต์ให้มีข้อมูลของการปฏิบัติการเคมี มีระบบ

ฐานข้อมูล เก็บข้อมูลผู้เรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ฯ อีกทั้งส่วนแสดงผลการควบคุมหุ่นยนต์ ที่จะติดต่อไปยังหุ่นยนต์ เพื่อส่งคำสั่งไปสั่งหุ่นยนต์ และรับค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่หุ่นยนต์อ่านได้มาแสดงให้ผู้เรียนได้ทราบ

ทางด้านการนำระบบไปใช้จริงกับการเรียนรู้วิชาเคมี ได้มีการจัดทำเอกสารคู่มือประกอบการใช้งาน เพื่อจัดอบรมครูและนักเรียน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่มีต่อระบบ โดยหลังจากที่กลุ่มของครูและนักเรียนได้เรียนรู้การใช้งานแล้ว จะมีการประเมินเจตคติของครูและนักเรียน เพื่อวัดเจตคติครูและเจตคตินักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี และมีการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนเรียน-หลังเรียนของนักเรียน เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติจริงได้

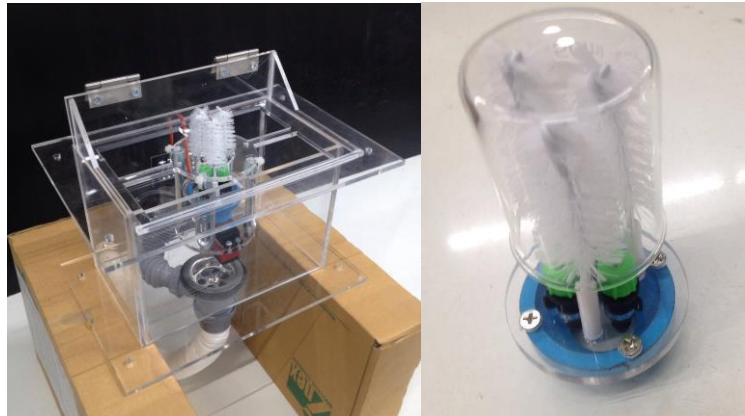
ในการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ได้ทำการประเมินกับกลุ่มนักเรียนตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 173 คน โดยประกอบด้วยกลุ่มนักเรียนไม่ได้ใช้งานระบบหุ่นยนต์จำนวน 73 คน และกลุ่มนักเรียนที่ใช้ระบบจำนวน 100 คน ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ไม่ได้ใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ได้เท่ากับ 3.42 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้เท่ากับ 3.89 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนทีเฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 48.51 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 51.49 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 2.99 ร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 6.15 ในส่วนผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ได้เท่ากับ 3.92 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ได้เท่ากับ 4.8 เมื่อเทียบกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนทีเฉลี่ย (Average T-Score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 47.86 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 52.14 ค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย (Average T-Score) มีค่าเท่ากับ 4.27 ดังนั้นร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 8.93 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ไม่ใช้งานระบบกับนักเรียนที่ใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี พบว่านักเรียนที่ใช้ระบบมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้งานระบบ

จากนั้นได้ทำการประเมินเจตคตินักเรียนที่เข้ามาใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี โดยผลเฉลี่ยมรวมของระบบพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.12$, S.D. = 0.69) ซึ่งนักเรียนมีความพอใจในเรื่องความสวยงาม ความทันสมัย และน่าสนใจที่สามารถใช้งานหุ่นยนต์ผสมสารเคมีได้ รองรับการใช้งานเข้าถึงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้หลากหลาย

ในการส่วนของการประเมินเจตคติครูผู้สอนที่ผ่านการอบรมและใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี จำนวน 6 คน ได้ผลปรากฏว่าในการใช้งานระบบกับการเรียนรู้วิชาเคมี ครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.30$, S.D.= 0.62) ในการใช้งานระบบกับนักเรียน ครูผู้สอนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.5$, S.D.= 0.66) และในส่วนสุดท้ายส่วนความพึงพอใจของครูผู้สอนเองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.43$, S.D.= 0.64) ซึ่งในภาพรวมครูผู้สอนมีความพอใจในเรื่องของการทดลองโดยเมื่อนำมาใช้จริงกับนักเรียน ปรากฏว่านักเรียนสามารถทำทดลองปฏิบัติที่เห็นผลได้จริงผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สามารถเป็นเครื่องมือเสริมทางการศึกษาสำหรับครูเคมีที่จะใช้เสริมเนื้อหาในชั้นเรียน และในส่วนของการทดลองพัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่ได้รับจากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ครูผู้สอนและนักเรียนที่ใช้งานระบบหุ่นยนต์เกี่ยวกับการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยได้รับข้อเสนอแนะในเรื่องของระยะเวลาในการรอคิวนานไป ควรมีการจัดการในการเข้าใช้ให้ทุกคนมีส่วนร่วมได้ ให้ผสมได้หลายรูปแบบทั้งการผสมแบบที่เป็นสารละลายอื่นๆ และสารที่ไม่ใช่สารละลาย รวมถึงการอนุญาตให้นักเรียนใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ได้ที่มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสั่งการให้หุ่นยนต์ทำทีละขั้นตอน เพื่อให้เกิดความสมจริงมากขึ้น และสารเคมีที่หลากหลายกว่าเดิม เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มเทคนิค หรือวิธีการใดๆ ให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 13 ทักษะ เพิ่มการบอกข้อมูลคุณสมบัติของสารเคมี อาทิเช่น สารเคมีอันตราย สารเคมีที่ทำให้เกิดควัน เป็นต้น เพิ่มการบอกประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้งานจริงในอนาคต อีกทั้งยังได้รับคำแนะนำเรื่องการใช้เครื่องเขย่าสารเคมี ซึ่งแนะนำว่าควรเปลี่ยนเป็นเครื่องกวน (Magnetic Stirrer) เพราะการเขย่าอาจทำให้สารเคมีหก หรือกระเด็นออกจากปิกเกอร์ได้ นอกจากนี้ระบบควรมีระบบป้องกันการโจมตีผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งในขณะนี้ทางคณะวิจัยได้พัฒนาในขั้นต้นจึงพัฒนาให้ใช้ได้เพียงคนเดียว และผู้ใช้อื่นๆสามารถดูผลการทดลองได้ แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านความเร็วของอินเทอร์เน็ตของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ยังไม่เร็วพอ จึงสามารถให้นักเรียนที่ไม่ได้ทำการทดลอง ได้ดูผลการทดลองสูงสุดเพียง 3 คน และเนื่องจากอยู่ในขั้นการพัฒนาจึงไม่ได้อนุญาตให้นักเรียนใช้งานทีละขั้นตอน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถทำได้ทันที และการบอกข้อมูลคุณสมบัติ ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียน และการเปลี่ยนเป็นเครื่องกวนนั้น ทางคณะวิจัยมีแผนจะนำไปพัฒนาต่อยอดในขั้นถัดไป ส่วนการป้องกันการโจมตีผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้น ทางคณะวิจัยได้ทำการป้องกันแก้ไขในเบื้องต้นได้แล้ว

ทางคณะผู้วิจัยมีแผนพัฒนาในอนาคต ให้ระบบสามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์วัดค่าได้ อาทิเช่นอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารเคมี หรืออุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิของสารเคมี สามารถพัฒนาระบบหุ่นยนต์ให้การล้างอุปกรณ์ได้เอง ดังรูปที่ 5.1 เพื่อให้ระบบหุ่นยนต์ใช้งานได้ตลอดเวลา สามารถติดตั้งเพื่อจัดแสดงและรองรับการปฏิบัติการเคมีจริง ในพิพิธภัณฑ์ต่างๆ หรือศูนย์การศึกษาของจังหวัด หรือศูนย์หุ่นยนต์ของสพฐ. ซึ่งมีประจำอยู่อย่างน้อย 56 จังหวัดทั่วประเทศ



รูปที่ 5.1 ระบบทำความสะอาดปิกเกอร์ที่กำลังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา

นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดในส่วนการผสมสารเคมีที่เป็นอันตราย สำหรับทางการแพทย์ ทางเกษตร หรืองานที่ต้องการการทำซ้ำๆตลอด โดยผู้ใช้งานสามารถเข้ามาดูผลการทำงานได้ตลอดเวลาผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ หรือจะเป็นการต่อยอดไปยังการปฏิบัติทางด้านอื่น ไม่ว่าจะเป็นปฏิบัติการของวิชาฟิสิกส์ ชีววิทยา หรือศิลปะ เรื่องการเรียนรู้การพิมพ์ชิ้นงานต้นแบบสามมิติ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- [1] International Institute for Management Development (IMD), The World Competitiveness Yearbook 2008 – 2012.
- [2] ราชกิจจานุเบกษา. 2554. คำแถลงนโยบาย. ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 128 ตอนที่ 94 ง ลงวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2554 หน้า 9.
- [3] กิตานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- [4] Wikipedia, [online], Available: <http://th.wikipedia.org/wiki/โรงเรียนวังไกลกังวล>, 20 กันยายน 2556.
- [5] Chemcollective, [online], Available: http://chemcollective.org/about_us/introduction, 6 กันยายน 2556.
- [6] ชัยวัฒน์, วัลลภ. 2552. การพัฒนาสื่อการสอนห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนใช้ในระบบ E- Learning. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [7] Berkeley, [online], Available: <http://goldberg.berkeley.edu/garden/Ars/>, 18 กันยายน 2556
- [8] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2556. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6. พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว : องค์การค้ำของ สกสค.

ภาคผนวก

แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางเรียนรู้ เพื่อทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

1. ถ้าสาร X มีสมบัติเป็นกลาง จะมีค่า pH เท่าไร
 - มากกว่า 7
 - เท่ากับ 7
 - ระหว่าง 5-6
 - น้อยกว่า 7
2. ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระดับความเป็นกรดได้ถูกต้องที่สุด
 - กรดอ่อนมีค่า pH น้อย
 - สารละลายกรดมีค่า pH เท่ากับ 7
 - สารละลายกรดมีค่า pH มากกว่า 7
 - กรดแก่มีค่า pH มากกว่ากรดอ่อน
3. อินดิเคเตอร์เป็นสารที่ใช้บอกเกี่ยวกับเรื่องใด
 - ความสามารถในการละลาย
 - ความสามารถในการนำไฟฟ้า
 - การเปลี่ยนสีของสารละลาย
 - ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย
4. ในการไทเทรตระหว่างกรดแอสติก (CH_3COOH) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นเท่ากันมีค่า pH ที่จุดสมมูลประมาณเท่าใด
 - ค่า pH ประมาณ 9
 - ค่า pH ประมาณ 3
 - ค่า pH ประมาณ 13
 - ค่า pH ประมาณ 7
5. ในการไทเทรตระหว่างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ที่ความเข้มข้นเท่ากันมีค่า pH ที่จุดสมมูลประมาณเท่าใด
 - ค่า pH ประมาณ 7
 - ค่า pH ประมาณ 13
 - ค่า pH ประมาณ 3
 - ค่า pH ประมาณ 9

6. ถ้ามีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 mol/L (HCl) 10 ml และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 mol/L (NaOH) 3 ml ค่า pH ที่วัดได้จะประมาณเท่าไร
- ค่า pH เท่ากับ 7
 - ค่า pH เท่ากับ 2.2
 - ค่า pH เท่ากับ 8
 - ค่า pH เท่ากับ 10.5
7. เมื่อหยดยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ลงในสารละลาย A ซึ่งมี pH 8.8 จะเกิดสีใด
- สีนํ้าเงิน
 - สีส้ม
 - สีแดง
 - สีเขียว
8. ถ้ามีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 mol/L (HCl) 10 ml และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 mol/L (NaOH) 10 ml ค่า pH ที่วัดได้จะประมาณเท่าไร
- ค่า pH เท่ากับ 7
 - ค่า pH เท่ากับ 8
 - ค่า pH เท่ากับ 2.2
 - ค่า pH เท่ากับ 10.5
9. สีของยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ในสารละลาย NaCl มีสีอะไร
- สีเหลือง
 - สีม่วง
 - สีชมพู
 - สีเขียว
10. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีค่า pH ประมาณเท่าไร
- 1
 - 7
 - 13
 - 5

ภาพกิจกรรมการจัดอบรมครูผู้สอน และประเมินเจตคติของครูผู้สอนต่อระบบควบคุมหุ่นยนต์
ระยะไกล



รูปการจัดอบรมการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีให้กับครูผู้สอน



รูปการแนะนำวิธีการใช้งานบนระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



รูปการแนะนำวิธีการทดลองผสมสารเคมีบนระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



รูปการรับฟังข้อเสนอแนะระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีจากครูผู้สอน



แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้อุปกรณ์เสมือนจริง

คำชี้แจง:

แบบประเมินความพึงพอใจชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความพึงพอใจ ในการใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้อุปกรณ์เสมือนจริง เพื่อการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพและการใช้งานระบบ

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

*ถ้าเป็น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำนำหน้า *

ชื่อ *

นามสกุล *

โรงเรียน/หน่วยงาน ที่สังกัด *

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจในระบบ

กรุณาเลือกแบบสอบถาม เพื่อแสดงความคิดเห็นตามความพึงพอใจในแต่ละระดับ

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

1. ส่วนสำหรับการเรียนรู้อุปกรณ์ *

	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1.1 เนื้อหา/สาระการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี	○	○	○	○	○
1.2 ความเหมาะสมของการออกแบบของระบบ	○	○	○	○	○
1.3 กิจกรรมเน้นทักษะกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง	○	○	○	○	○
1.4 วิธีการวัดผลและเครื่องมือวัดผลมีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้	○	○	○	○	○
1.5 ข้อความแนะนำขั้นตอนการใช้งานปรากฏอย่างชัดเจนในการสอนวิชาเคมีได้	○	○	○	○	○

2. ส่วนสำหรับการใช้งานระบบกับผู้ใช้ *

	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
2.1 ระบบทำให้ง่ายต่อการใช้งานและมีความปลอดภัยในการใช้งาน	○	○	○	○	○

รูปตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีของครูผู้สอน หลังจากได้รับการอบรมการใช้งานระบบ

ภาพกิจกรรมการทดสอบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนเพื่อประเมิน
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ



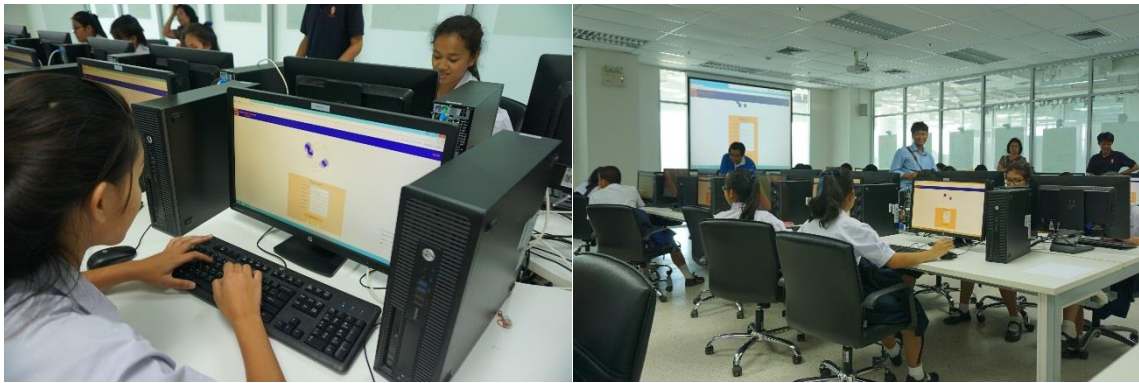
รูปจัดอบรมการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีให้กับกลุ่มนักเรียน



รูปการอธิบายการทดลองเบื้องต้นของ ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้ การผสมสารเคมีให้กับกลุ่มนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าไปควบคุมหุ่นยนต์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต



รูปคู่มือการใช้ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีออนไลน์ สำหรับนักเรียน



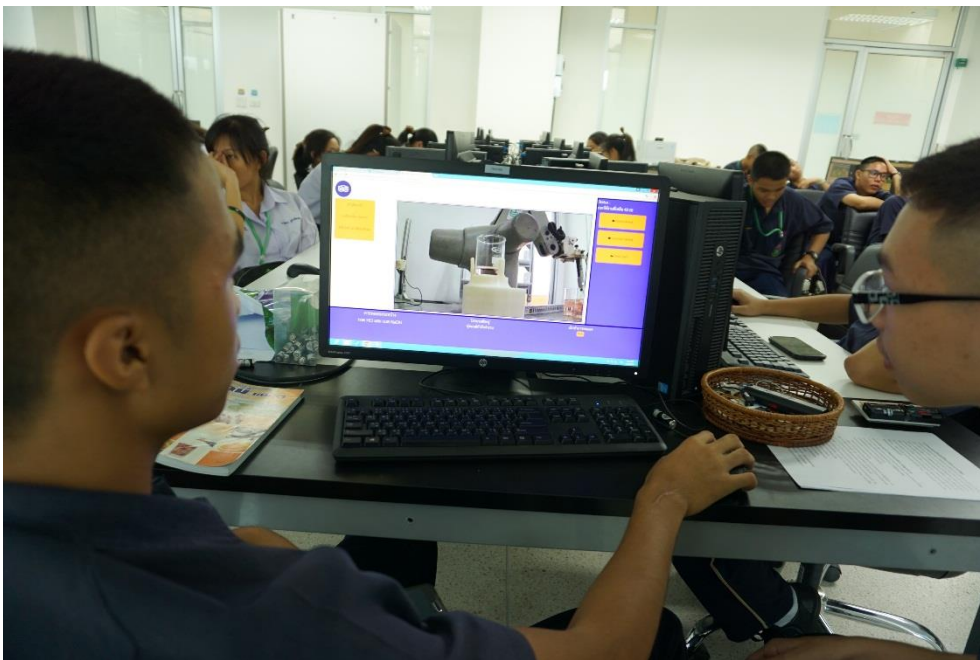
รูปกลุ่มนักเรียนตัวอย่างลงทะเบียนใช้งานระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



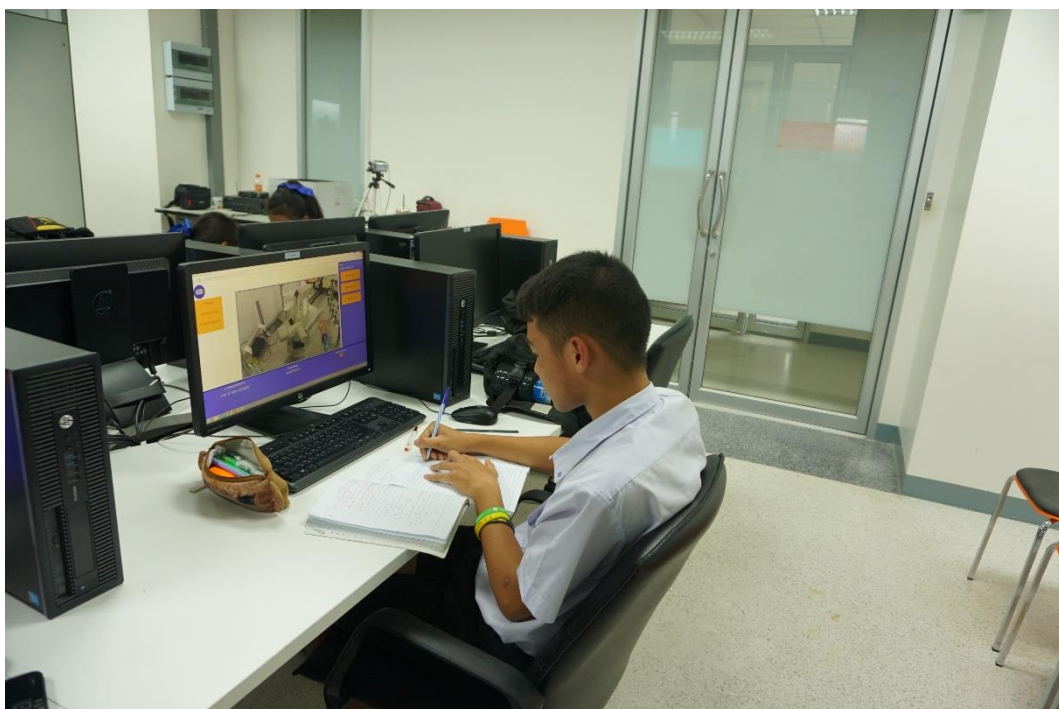
รูปขณะนักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนผ่านระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



รูปการแนะนำการทดลองบนระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



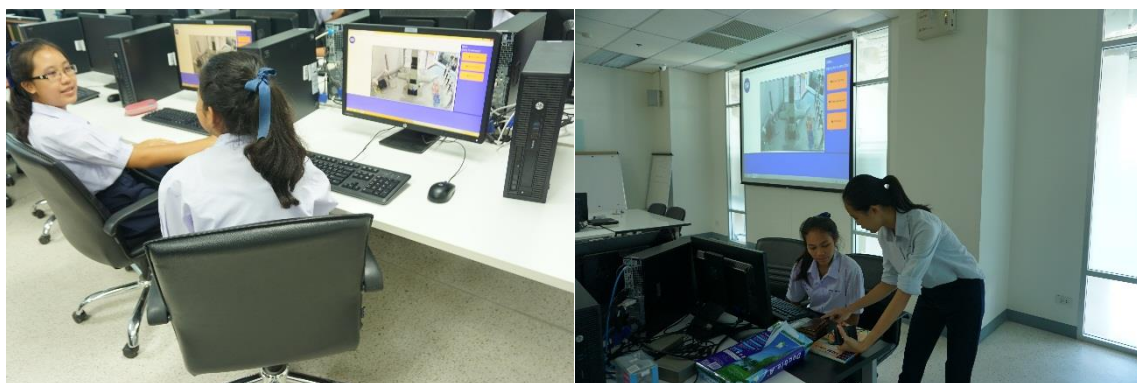
รูปของกลุ่มนักเรียนที่กำลังทดลองใช้งานระบบ หรือกลุ่มควบคุมหุ่นยนต์สำหรับผสมสารเคมี โดยขั้นตอนนี้นักเรียนกำลังเลือกเพิ่มปริมาณสารเคมีที่จะนำมาผสม ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต



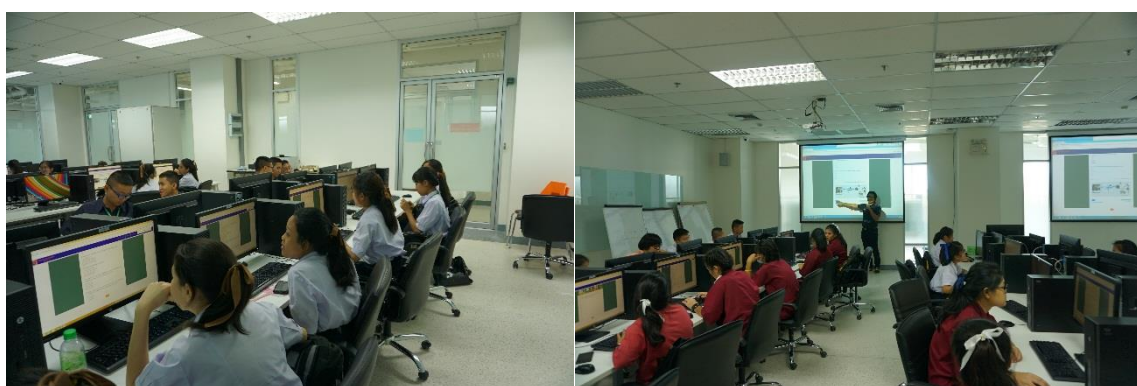
รูปขณะนักเรียนใช้งานระบบเพื่อทดลองผสมสารเคมีผ่านระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี และบันทึกผลการทดลองจากการดูสีของสารเคมีที่เปลี่ยนไปและค่า pH ที่วัดได้



รูปกลุ่มนักเรียนที่ เป็นผู้สังเกตการณ์สังเกตผลการทดลองและบันทึกผลการทดลอง



รูปกลุ่มนักเรียนที่อภิปรายผลการทดลองที่สังเกตจากวิดีโอ และซักถามข้อสงสัยระหว่างทำการทดลอง



รูปกลุ่มนักเรียนที่ทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วทำแบบทดสอบหลังเรียน และประเมินความพึงพอใจ
ในการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



รูปกลุ่มนักเรียนมาเยี่ยมชมหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทดลองจริง
หลังจากที่ได้เคยเห็นระบบผสมสารเคมี และควบคุมหุ่นยนต์ผสมสารเคมีทางออนไลน์



รูประบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ถูกติดตั้งไว้ที่ชั้น 2 ของตึกฟิโม่



รูปรับฟังข้อเสนอแนะระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีจากครูผู้สอน
ที่สนับสนุนให้นักเรียนเข้ามาทดลองใช้ระบบ



รูปกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ทดลองใช้งานระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสม
สารเคมี จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม



รูปกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ทดลองใช้งานระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี จากโรงเรียนนาหลวง



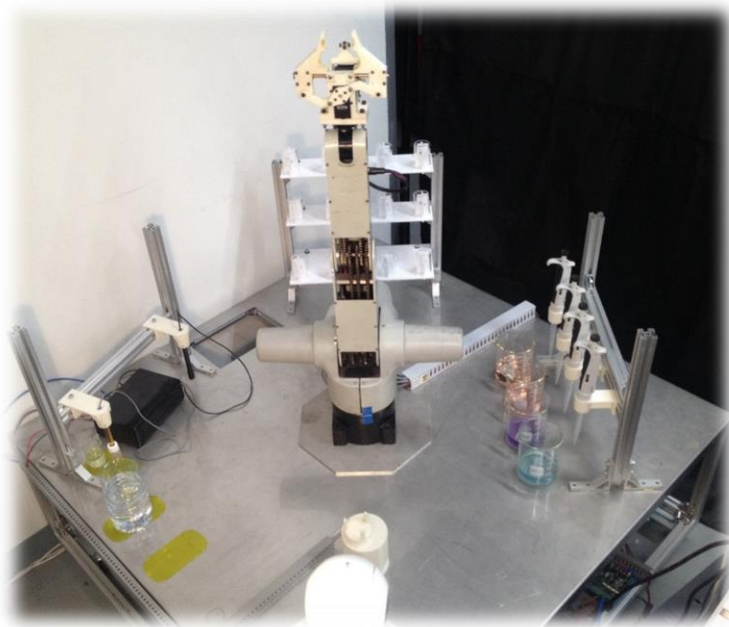
รูปกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ทดลองใช้งานระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี จากโรงเรียนราชประชาสถาสัย ฝ่ายมัธยม รัชดาภิเษก ในพระบรมราชูปถัมภ์



รูปกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ทดลองใช้งานระบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้
การผสมสารเคมี จากโรงเรียนวัดพุทธบูชา

คู่มือการใช้งาน

ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี
(Telerobotic Control System for Learning of Chemical Mixture)



ผู้วิจัย

รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สารบัญ

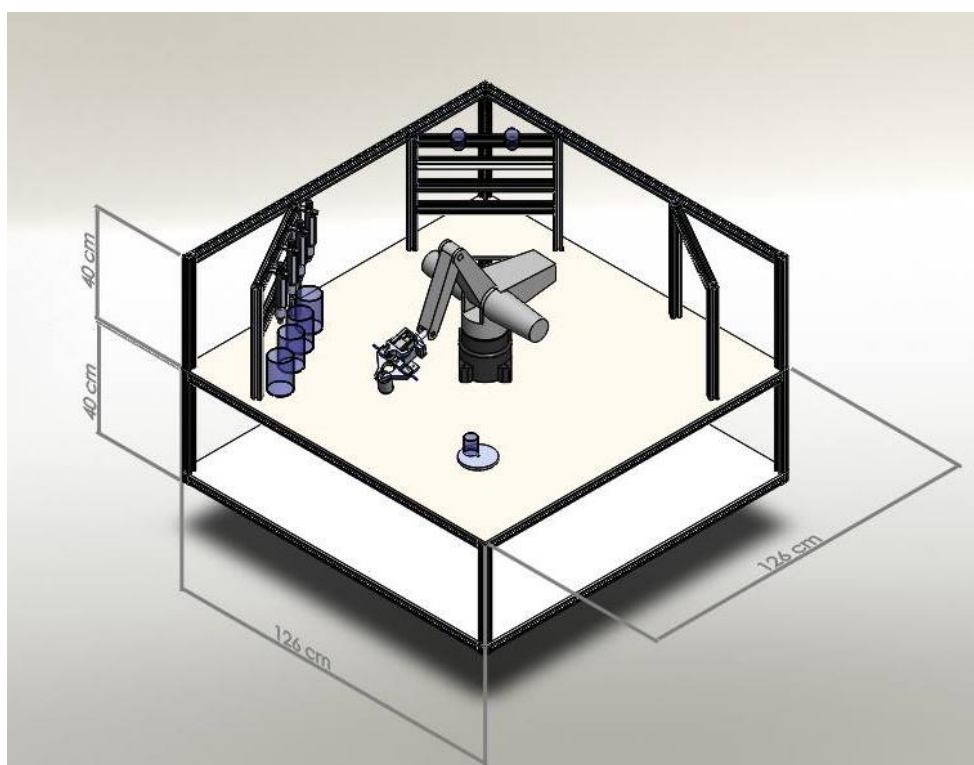
	หน้า
บทที่ 1 ข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบเบื้องต้น	3
1.1. ข้อมูลเกี่ยวกับของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	3
1.2. ส่วนประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี	6
บทที่ 2 การใช้งานเบื้องต้น	10
2.1. การเข้าสู่เว็บไซต์	10
2.2. การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ	11
2.3. การใช้งานหน้า Login	13
2.4. การใช้การหน้าจอหลักของระบบ	13
2.5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียน	15
2.6. การใช้งานการผสมสารเคมี	17
2.7. การทำแบบทดสอบหลังเรียน	20
2.8. การประเมินผลการใช้งานระบบของนักเรียน	21

บทที่ 1

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีเบื้องต้น

1.1. ข้อมูลเกี่ยวกับระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ได้จัดทำขึ้นเพื่อเสริมการเรียนรู้การผสมสารเคมี ซึ่งผู้เรียนสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่าย โดยควบคุมผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แสดงผลโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์และสามารถออกแบบปริมาณสารเคมีแต่ละชนิดได้เอง เพื่อให้เกิดการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ ผลการทดลองได้ด้วยตัวเอง ซึ่งผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองได้ทันทีที่ส่งการผ่านกล้อง



รูปที่ 1 แบบระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

โดยระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 หุ่นยนต์ผสมสารเคมีและคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค (Computer Network) และส่วนที่ 2 คือส่วนผู้เรียน หรือผู้ใช้งานหรือไคลเอนต์ (Clients)



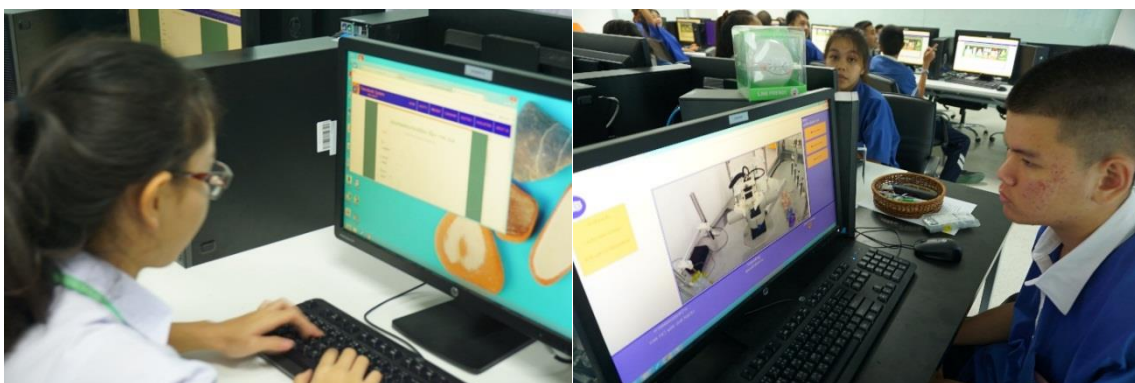
รูปที่ 2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ในส่วนของหุ่นยนต์ผสมสารเคมีจะจัดอยู่ที่ห้องทดลองหรือจัดสามารถแสดงในพิพิธภัณฑ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่สามารถทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ดังรูปที่ 2 โดยในห้องทดลองดังกล่าวจะมีกล้อง 2 ตัว ซึ่งกล้องตัวที่ 1 ทำหน้าที่แสดงภาพโดยรวมทั้งหมดของหุ่นยนต์และขั้นตอนการผสมสารเคมีของหุ่นยนต์ และกล้องตัวที่ 2 ทำหน้าที่แสดงภาพสารเคมีในระยะใกล้และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยส่งข้อมูลภาพไปหาผู้เรียน โดยที่หุ่นยนต์สามารถทำการวัดค่าต่างๆทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) อีกทั้งยังสามารถทำการล้างอุปกรณ์ที่นำมาทำการผสมสารเคมีเองได้



รูปที่ 3 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

และในส่วนที่สองผู้เรียนหรือไคลเอนต์ (Clients) สามารถทำการสั่งการหุ่นยนต์ให้ทำการผสมสารเคมีได้ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งจะสามารถทำการสั่งชนิดและปริมาณสารเคมีได้ตามที่ผู้เรียนต้องการ แต่มีการจำกัดไว้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยที่ผู้เรียนสามารถดูผลการทดลองในขณะนั้นได้ทันที และเมื่อหุ่นยนต์ทำการผสมสารเคมีเสร็จแล้ว ผู้เรียนสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์ทำการวัดค่าทางเคมีต่างๆที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหา และเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมขึ้นจากชั้นเรียนปกติดังรูปที่ 3

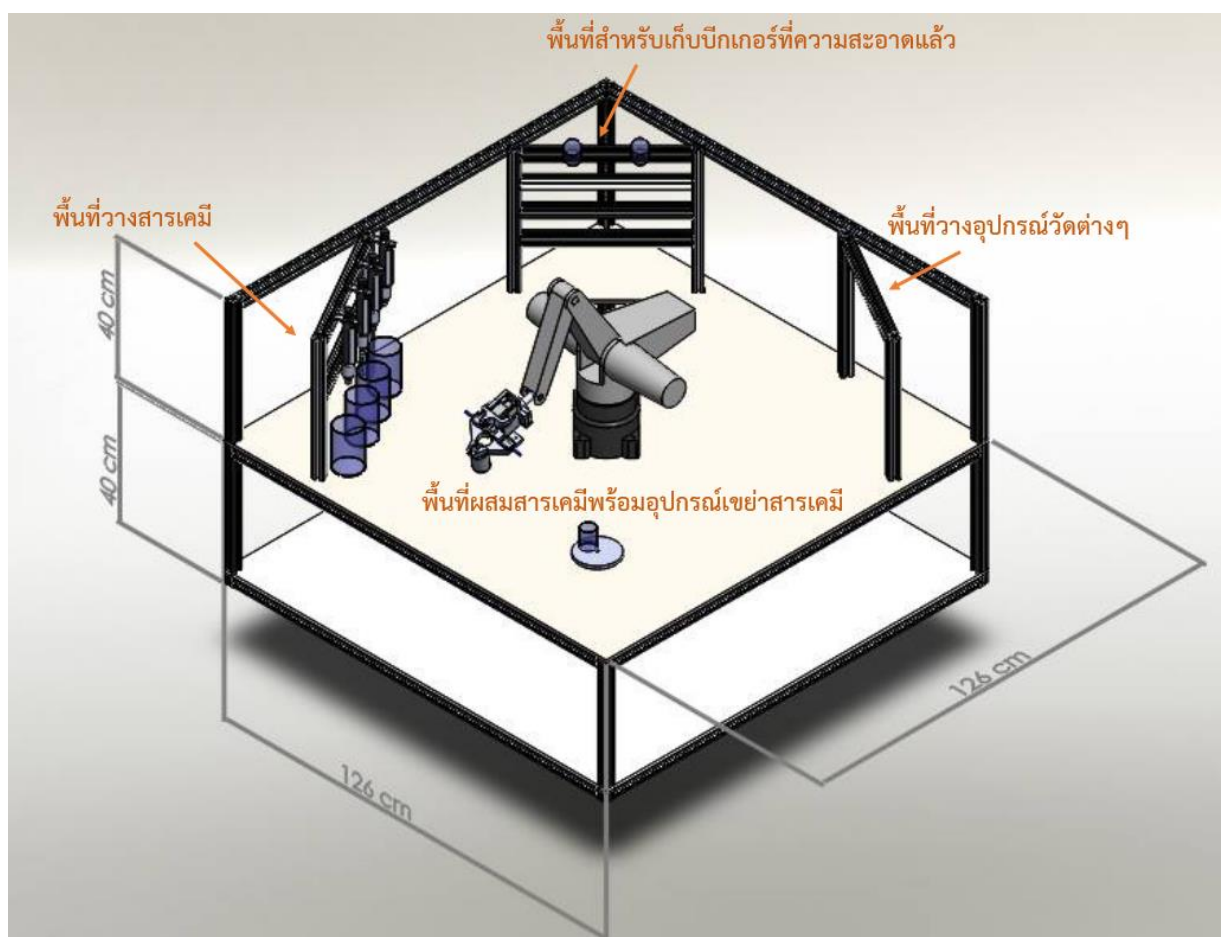


รูปที่ 4 ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

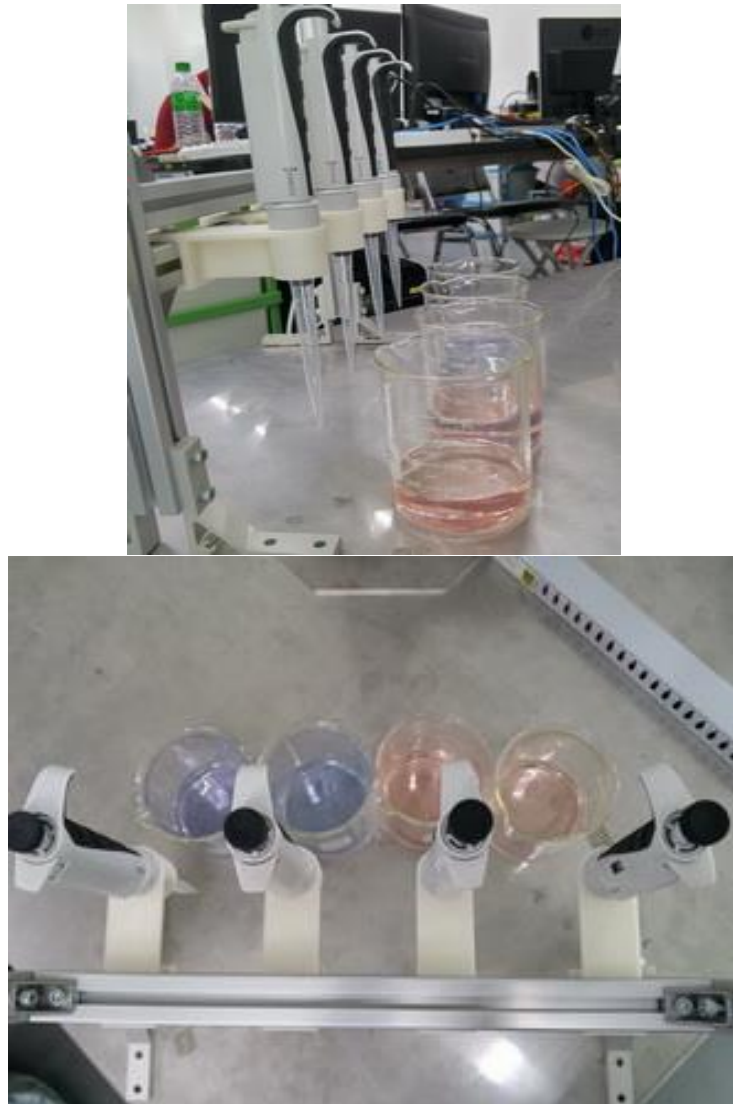
สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

1.2. ส่วนประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

ส่วนประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี จะประกอบไปด้วยพื้นที่หลักสำหรับวางอุปกรณ์ ได้แก่ พื้นที่วางสารเคมี พื้นที่สำหรับเก็บปีกเกอร์ที่ทำความสะอาดแล้ว พื้นที่วางอุปกรณ์วัดต่างๆ และพื้นที่ผสมสารเคมี ดังรูปที่ 5-10



รูปที่ 5 พื้นที่วางอุปกรณ์ของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี



รูปที่ 6 พื้นที่วางสารเคมี



รูปที่ 7 พื้นที่สำหรับเก็บปีกเกอร์ที่ทำความสะอาดแล้ว

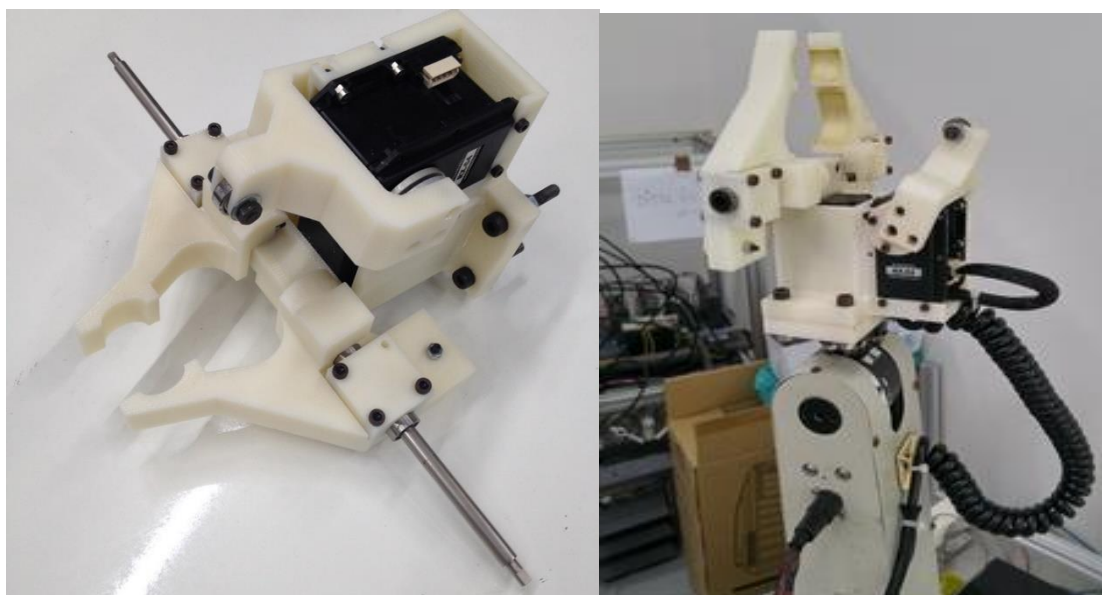


รูปที่ 8 พื้นที่วางอุปกรณ์วัด pH-meter และอุปกรณ์วัดอื่นๆ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



รูปที่ 9 พื้นที่ผสมสารเคมีและอุปกรณ์เขย่าสารเคมี



รูปที่ 10 มือกลสำหรับจับภาชนะและดูดสารเคมี

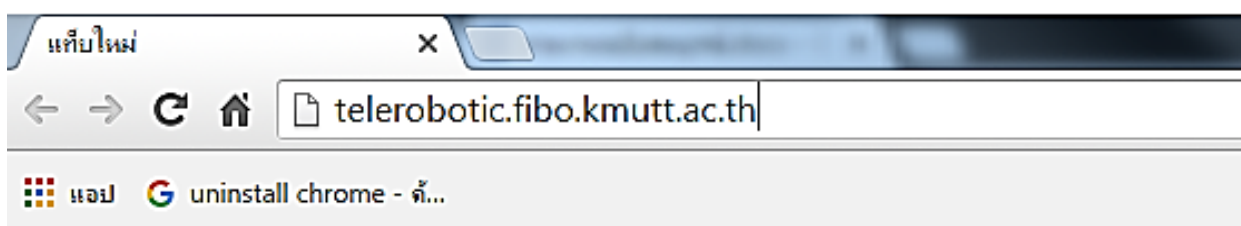
สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทที่ 2

การใช้งานเบื้องต้น

2.1. การเข้าสู่เว็บไซต์

- ผู้ใช้สามารถเข้าไปใช้ระบบได้ที่เว็บไซต์ telerobotic.fibo.kmutt.ac.th



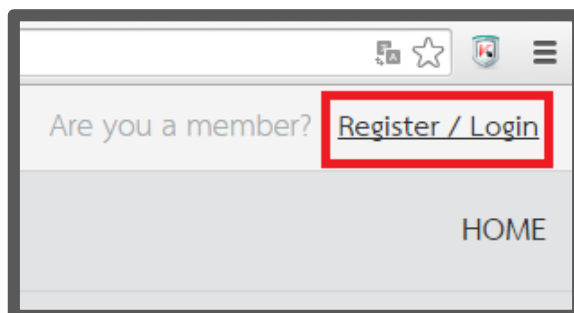
รูปที่ 11 กรอกร URL เว็บไซต์ : telerobotic.fibo.kmutt.ac.th



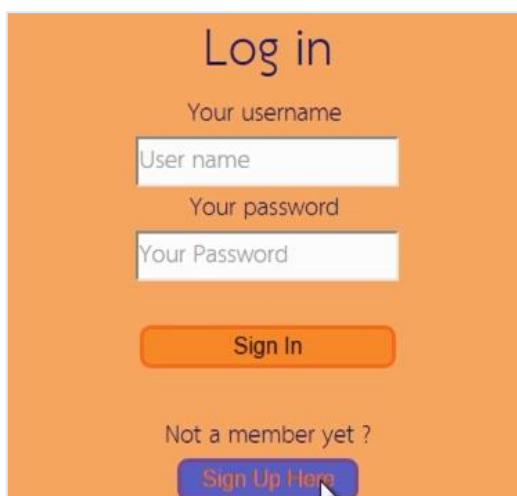
รูปที่ 12 เว็บไซต์ระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี

2.2. การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ

- จากหน้าหลัก ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “Register/Login” ดังรูปที่ 13 จากนั้นจะพบหน้าจอ Login ซึ่งเป็นหน้าจอที่ใช้สำหรับ ป้องกันความปลอดภัยของข้อมูลจากผู้ใช้งานที่ไม่มีสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล สำหรับผู้ที่ต้องการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “Sign up Here” ดังรูปที่ 14

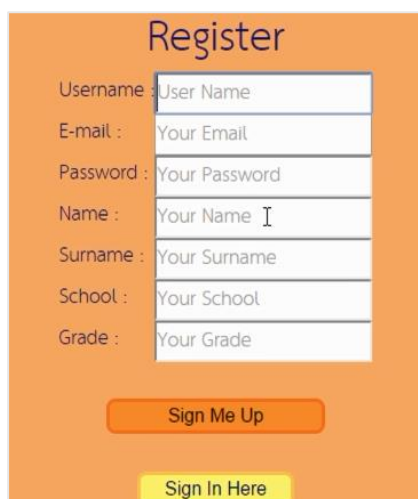


รูปที่ 13 คลิกที่ปุ่ม “Register/Login”



รูปที่ 14 คลิกที่ปุ่ม “Sign up Here”

- หลังจากนั้นผู้ใช้งานจะเจอ แบบฟอร์มการกรอกข้อมูลลงทะเบียนดังรูปที่ 15 ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลให้ครบถ้วน แล้ว คลิกที่ปุ่ม “Sign Me Up”



Register

Username : User Name

E-mail : Your Email

Password : Your Password

Name : Your Name I

Surname : Your Surname

School : Your School

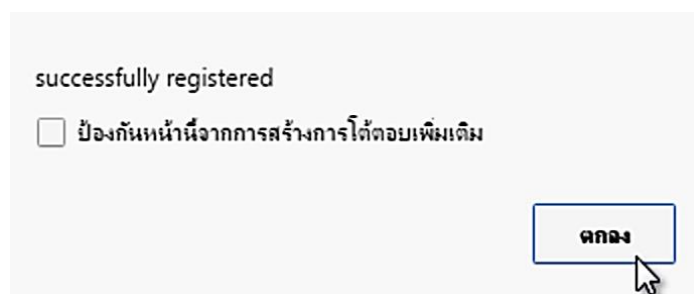
Grade : Your Grade

Sign Me Up

Sign In Here

รูปที่ 15 แบบฟอร์มการกรอกข้อมูลลงทะเบียน

- หลังจากคลิกที่ปุ่ม “Sign Me Up” เรียบร้อยแล้วระบบจะแสดง ข้อความ “successfully registered” เพื่อเป็นการยืนยันว่าลงทะเบียนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กด “ตกลง” ตามรูปที่ 16 หลังจากนั้นผู้ใช้งานสามารถนำ username และ password ที่กรอกไว้มาใช้งานได้ที่หน้า login



successfully registered

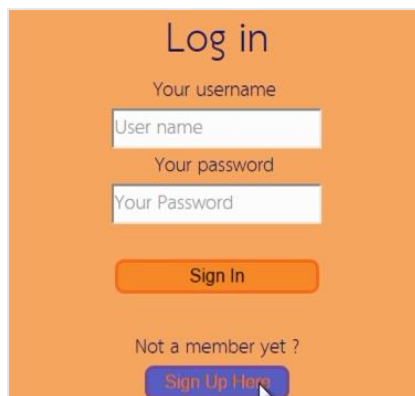
☐ ป้องกันหน้านี้จากการสร้างการโต้ตอบเพิ่มเติม

ตกลง

รูปที่ 16 การยืนยันว่าลงทะเบียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2.3. การใช้งานหน้า Login

- จากหน้าหลัก ให้ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่ม “Register/Login” ดังรูปที่ 13 จากนั้นจะพบหน้าจอ Login ผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนแล้ว สามารถนำ username และ password ลงทะเบียนไว้มาใช้งานได้ หลังจากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม “Sign in” เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลัก



The image shows a login interface with an orange background. At the top, it says "Log in". Below that are two input fields: "Your username" with a placeholder "User name" and "Your password" with a placeholder "Your Password". There is an orange "Sign In" button below the fields. At the bottom, it says "Not a member yet ?" with a blue "Sign Up Here" button.

รูปที่ 17 หน้าจอ Login

2.4. การใช้การหน้าจอหลักของระบบ



The image shows the main interface of the "Telerobotic System FIBO KMUTT". The header includes the logo, name, and navigation links (HOME, HOWTO, ABOUT US). The main content area welcomes users to the "Telerobotic Control System for Learning of Chemical Mixture" and describes it as a remote control system for learning chemical mixing. It includes a diagram showing the system architecture: Clients (Computer/Smart Phone/Tablet) connected to a Computer Network, which is connected to a Server (Controller/Robot/WebCam). The server side shows a robotic arm and chemical flasks. A blue button at the bottom says "ENTER TO WEBSITE".

รูปที่ 18 ภาพหน้าจอหลัก

จากรูปที่ 18 หน้าจอหลักของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ประกอบด้วยเมนูต่อไปนี้

- หน้าแรก (Home) เป็นปุ่มที่ใช้สำหรับกลับสู่หน้าจอหลักของระบบ
- หน้าคำแนะนำการใช้งาน (How to) เป็นปุ่มที่ใช้สำหรับให้คำแนะนำก่อนการใช้งาน เมื่ออ่านแล้วจึงจะสามารถ เข้าไปทำการทดลองได้ดังรูปที่ 19 นอกจากนี้ยังสามารถชมวิธีการใช้งานได้ที่ลิงค์ดังต่อไปนี้ <https://www.youtube.com/watch?v=vtnoetjVQXY&feature=youtu.be>



รูปที่ 19 คำแนะนำการใช้งาน (How to)

- หน้าข้อมูลเกี่ยวกับผู้จัดทำ (About US) เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับผู้จัดทำ

2.5. การทำแบบทดสอบก่อนเรียน

- ในหน้าแบบทดสอบก่อนเรียน ให้ผู้เรียนกรอกข้อมูลและคลิกเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน ดังรูปที่ 20-21

รูปที่ 20 ตัวอย่างแบบทดสอบก่อนเรียน

1. ถ้าสาร X มีสมบัติเป็นกลาง จะมีค่า pH เท่าไร *

- ☐ เท่ากับ 7
- ☐ ระหว่าง 5-6
- ☐ น้อยกว่า 7
- ☐ มากกว่า 7

2. ข้อใดอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระดับความเป็นกรดได้ถูกต้องที่สุด *

- ☐ กรดแก่มีค่า pH มากกว่ากรดอ่อน
- ☐ สารละลายกรดมีค่า pH มากกว่า 7
- ☐ สารละลายกรดมีค่า pH เท่ากับ 7
- ☐ กรดอ่อนมีค่า pH น้อย

3. อินดิเคเตอร์เป็นสารที่ไวบอกเกี่ยวกับเรื่องใด *

- ☐ ความสามารถในการนำไฟฟ้า
- ☐ ความสามารถในการละลาย
- ☐ ความเป็นกรด-เบสของสารละลาย
- ☐ การเปลี่ยนสีของสารละลาย

รูปที่ 21 คลิกเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน

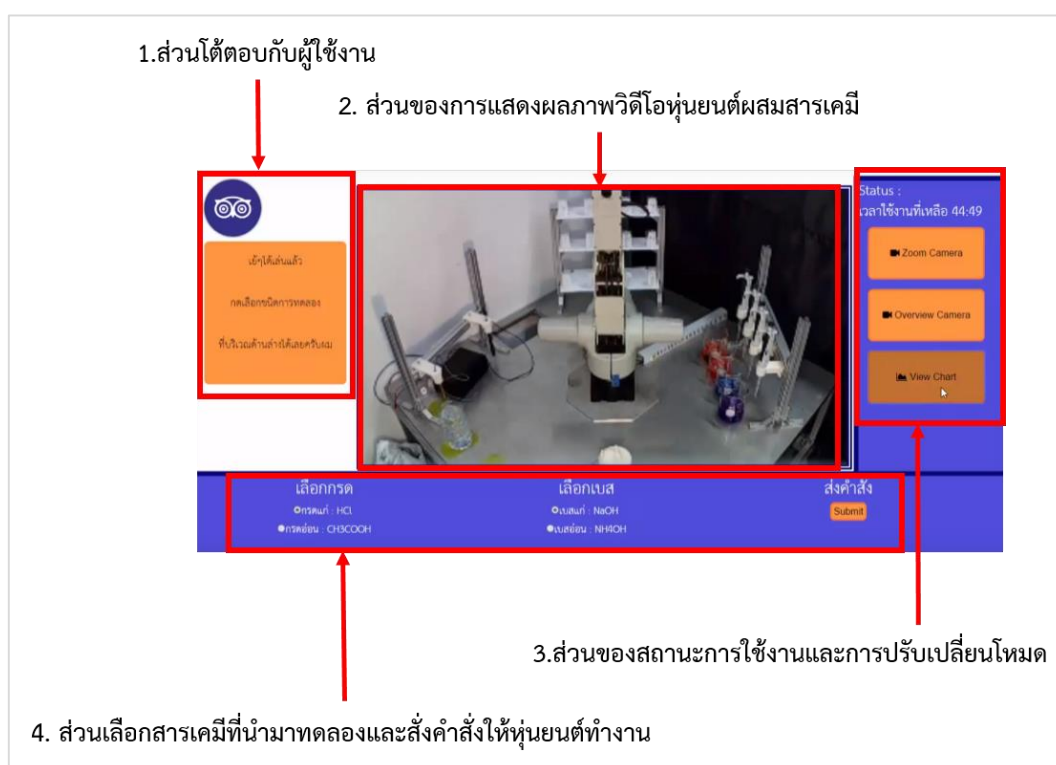
- หลังจากเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม “ส่ง” เพื่อบันทึกข้อมูล และกดปุ่ม “Next” เพื่อเปลี่ยนไปหน้าถัดไป ตามรูปที่ 22



รูปที่ 22 กดปุ่ม “ส่ง” เพื่อบันทึกข้อมูลและกดปุ่ม “Next” เพื่อเปลี่ยนไปหน้าถัดไป

2.6. การใช้งานการผสมสารเคมี

- หน้าเว็บการทดลองการผสมสารเคมีของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ในหน้าเว็บการทดลองการผสมสารเคมีของระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกลสำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมี ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ส่วนของการแสดงผลภาพวิดีโอหุ่นยนต์ผสมสารเคมี ส่วนของสถานะการใช้งานและการปรับเปลี่ยนโหมด และส่วนเลือกสารเคมี ที่นำมาทดลองและสั่งคำสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 เมนูหน้าเว็บสำหรับทดลองผสมสารเคมี

- ส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้งาน เป็นการแสดงข้อความสนทนาจากระบบไปยังผู้ใช้งาน
- ส่วนของการแสดงผลภาพวิดีโอหุ่นยนต์ผสมสารเคมี เป็นการส่งภาพวิดีโอการทดลองแบบ Realtime
- ส่วนของสถานะการใช้งานและการปรับเปลี่ยนโหมด เป็นการแสดงสถานะการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ และสามารถเลือกโหมดการใช้งานได้ 3 แบบ คือ แบบ Zoom camera แบบ Overview Camera และแบบ View Chart

- ส่วนเลือกสารเคมีที่นำมาทดลองและสั่งคำสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน เป็นการเลือกชนิดสารเคมีที่จะนำมาทดลองโดยสารที่เตรียมไว้มี 4 ชนิด คือ กรดแก่(HCl) กรดอ่อน(CH_3COOH) เบสแก่(NaOH) และเบสอ่อน(NH_4OH) และหลังจากเลือกสารแล้วให้สั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน โดยกดปุ่ม “Submit” ตามรูปที่ 24



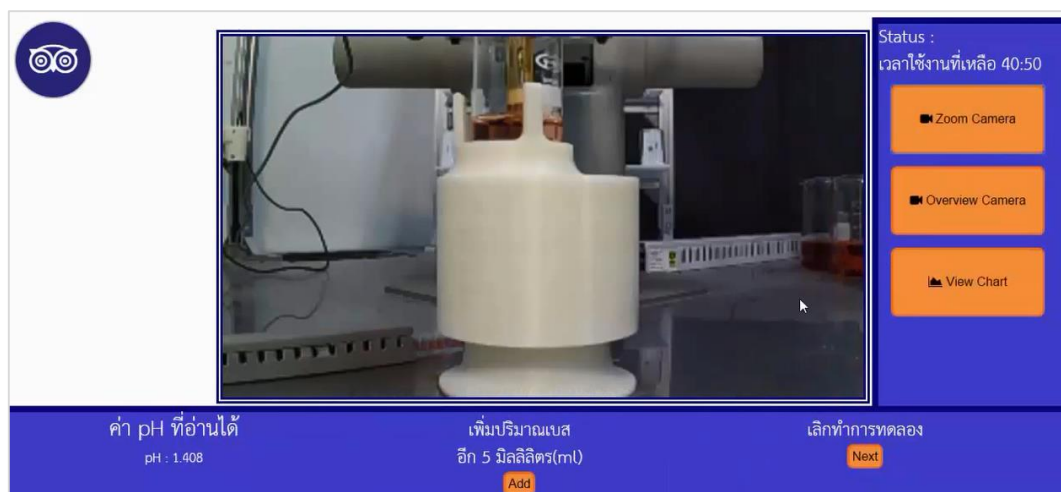
รูปที่ 24 การเลือกชนิดสารเคมีที่จะนำมาทดลองโดยสารที่เตรียมไว้มี 4 ชนิด
หลังจากเลือกสารแล้วสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน โดยกดปุ่ม “Submit”



รูปที่ 25 ตัวอย่างหน้าเว็บขณะทดลองผสมสารเคมี โดยเลือกโหมด Overview Camera



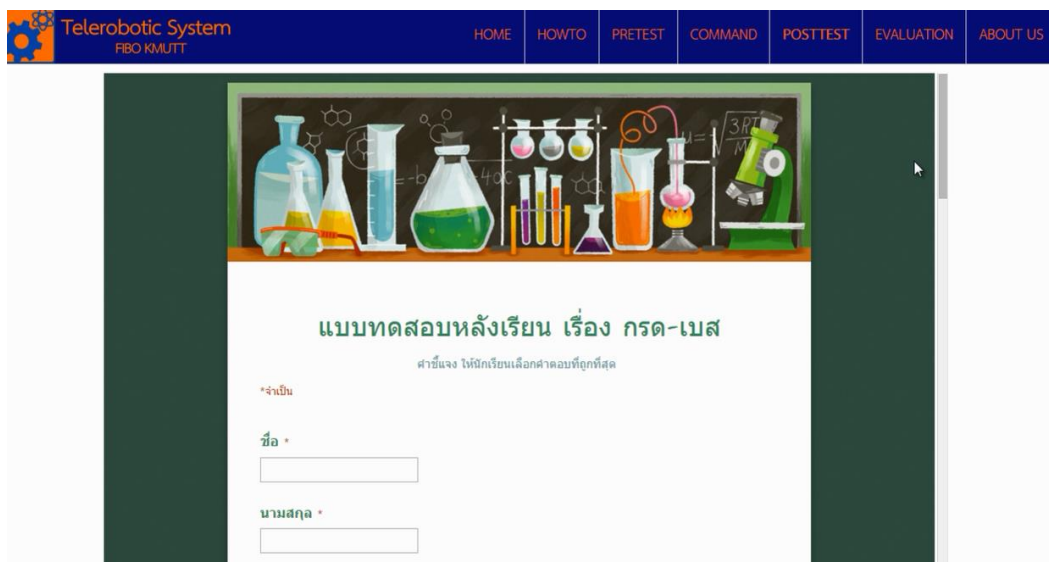
รูปที่ 26 ตัวอย่างหน้าเว็บขณะทดลองผสมสารเคมี โดยเลือกโหมด View Chart จะแสดงค่า pH ที่วัดได้ และกดคลิกที่ปุ่ม View chart อีกครั้งเพื่อเป็นการปิดกราฟ



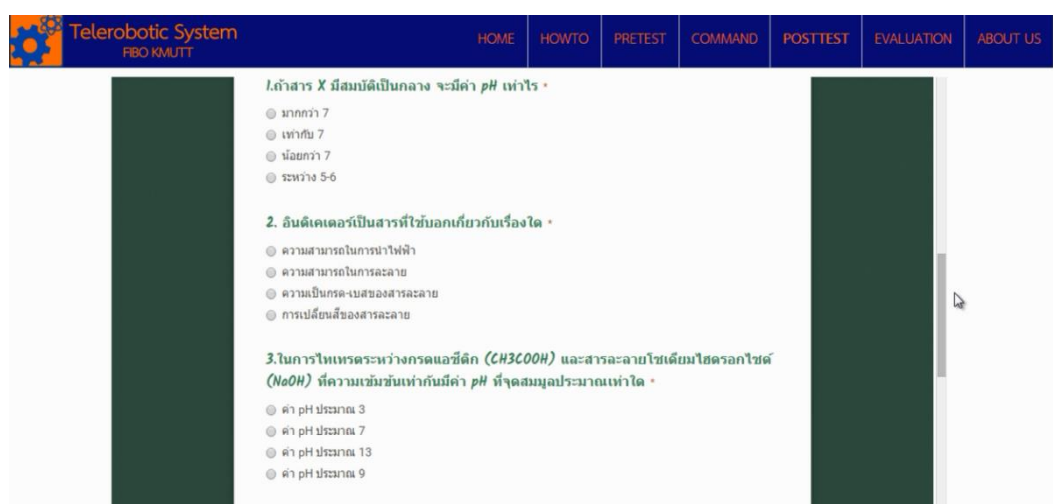
รูปที่ 27 หลังจากดู View Chart ที่แสดงค่า pH ที่วัดได้แล้ว นักเรียนสามารถเลือกเพิ่มปริมาณสารได้ โดยกดปุ่ม “Add” หรือ ถ้าไม่ต้องการเพิ่มปริมาณสารแล้วให้กดปุ่ม “Next”

2.7. การทำแบบทดสอบหลังเรียน

- ในหน้าแบบทดสอบก่อนเรียน ให้ผู้เรียนกรอกข้อมูลและคลิกเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน ดังรูปที่ 30-31

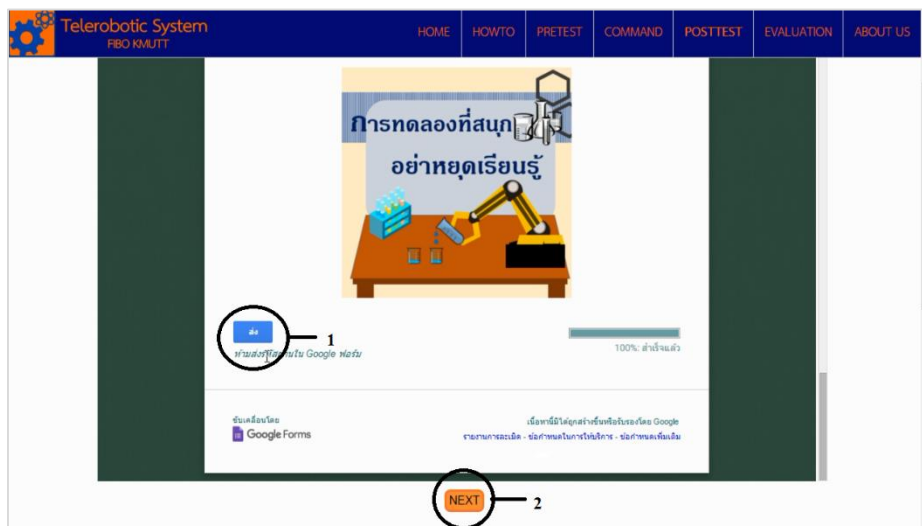


รูปที่ 30 ตัวอย่างแบบทดสอบหลังเรียน



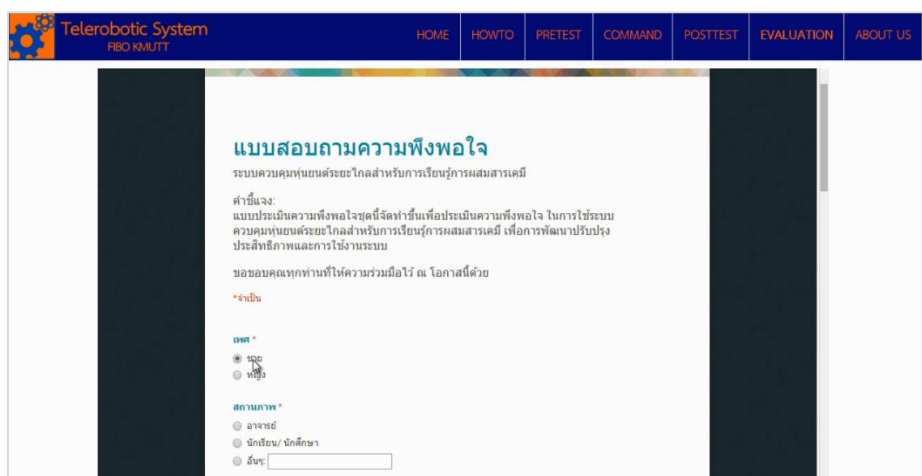
รูปที่ 31 คลิกเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน

- หลังจากเลือกตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม “ส่ง” เพื่อบันทึกข้อมูลและกดปุ่ม “Next” เพื่อเปลี่ยนไปหน้าถัดไป ตามรูปที่ 32



รูปที่ 32 กดปุ่ม “ส่ง” เพื่อบันทึกข้อมูลและกดปุ่ม “Next” เพื่อเปลี่ยนไปหน้าถัดไป

2.8. การประเมินผลการใช้งานระบบของนักเรียน



รูปที่ 33 ตัวอย่างหน้าเว็บประเมินผลการใช้งานระบบควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล
สำหรับการเรียนรู้การผสมสารเคมีของนักเรียน