



การจัดทำสื่อการสอนเกี่ยวกับการทำงานของหุ่นยนต์จำลองบนเว็บ
(Robot Simulation Tutorial on Web)

นายตะวัน จิตรุ่งเรืองนิจ

นายปกรณ์ บัวงาม

นายกัญจน์นวชัย มั่นศักดิ์

โครงการวิทยาศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

รายวิชา ESC 571 PROJECT I

โครงการ วมว. โรงเรียนดรุณสิกขาลัย

พ.ศ. 2565

การจัดทำสื่อการสอนเกี่ยวกับการทำางานของหุ่นยนต์จำลองบนเว็บ

(Robot Simulation Tutorial on Web)

นายตะวัน จิตรุ่งเรืองนิจ

นายปกรณ์ บัวงาม

นายกัญจน์นวชัย มั่นศักดิ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

รายวิชา ESC 571 PROJECT I

โครงการ วมว. โรงเรียนดรุณสิกขาลัย

พ.ศ. 2565

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์

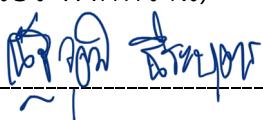
ที่ปรึกษาภายนอก

(รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง)



ที่ปรึกษาภายใน

(ดร.นิอร พงษ์หว่าน)



ที่ปรึกษาภายใน

(นายณัฐวุฒิ ธีระบุตร)

หัวข้อโครงการ	การจัดทำสื่อการสอนเกี่ยวกับการทำงานของหุ่นยนต์จำลองบนเว็บ Robot Simulation Tutorial on Web	
ผู้จัดทำ	นายปกรณ์ บัวงาม	นายตะวัน จิตรุ่งเรืองนิจ
	นายกัญจน์นวชัย มั่นศักดิ์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สยาม เจริญเสียง	ดร.นิอร พงศ์หวาน
	นายณัฐวุฒิ ธีระบุตร	
รายวิชา	ESC 571 PROJECT I	
โรงเรียน	ครุณสิกขาลัย (โครงการ วมว.)	
พ.ศ.	2565	

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามีบทบาทในหลายภาคส่วน ซึ่งการสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมา็นน้ออาศัยทั้ง ทรัพยากร จำนวนมาก ดังนั้นการจำลองหุ่นยนต์ก่อนลงมือปฏิบัติจริง สามารถช่วยลดต้นทุนในการทำ หุ่นยนต์จริงๆได้ หากคนใดผู้จัดทำโครงการจึงได้จัดทำสื่อการสอนเกี่ยวกับการจำลองหุ่นยนต์บนเว็บไซต์ โดย สื่อการสอนของนี้ประกอบไปด้วยสามแบบ คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ (การควบคุมการเคลื่อนที่และปรับ ความเร็ว) หุ่นยนต์แขนกล (การหยิบจับสิ่งของด้วยการควบคุม servo motor) และหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่มีแขน กล (การควบคุมการเคลื่อนที่และแขนกล) โดยในแต่ละแบบ จะมีการสอนด้วย pop up tutorial และให้ ผู้ใช้งาน สามารถเลือกใช้งาน และจะมีภารกิจที่จะต้องทำให้สำเร็จ เช่น การถึงเส้นชัยภายในเวลาที่กำหนด ก่อนที่จะไป Level ถัดไป ในส่วนของการวัดผลจะแบ่งกลุ่มคนที่เคยทำหุ่นยนต์ และไม่เคยทำหุ่นยนต์ และวัดผลการ เรียนรู้ จากแบบทดสอบก่อนและหลังใช้งาน tutorial

คำสำคัญ: สื่อการสอน หุ่นยนต์จำลอง เว็บไซต์ ยูนิตี้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สยาม เจริญเสียง ผู้อำนวยการสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ อีกทั้งยังขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.นิอร พงศ์หวาน และ นายณัฐวุฒิ อีระบุตร อาจารย์จากสำนักงานห้องเรียน วิศว์-วิทย สถาบันการเรียนรู้ ที่เคยให้คำแนะนำในการทำงาน ชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลืออยู่เสมอ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ปกครอง รุ่นพี่ รวมไปถึงเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาในเรื่องต่างๆรวมไปถึงกำลังใจที่ดีเสมอมา จนโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์มาได้ด้วยดีจึง ขอขอบคุณทุกท่าน ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	๑
กิตติกรรมประกาศ	๒
สารบัญ	๓
สารบัญ(ต่อ)	๔
รายการตาราง	๕
รายการภาพประกอบ	๖
รายการภาพประกอบ(ต่อ)	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตที่จะศึกษา	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
1.5 แผนการดำเนินการ	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
 บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 5
2.1 ROS (Robot operating System)	5
2.2 VNC (Visual Network Computing)	5
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
 บทที่ 3 วิธีการดำเนินการโครงงาน	 7
3.1 อุปกรณ์ในการจำลองหุ่นยนต์	7
3.2 การวางแผนและระบบ tutorial	9
3.3 การสร้าง tutorial ด้วย Unity	10
3.4 การฝัง tutorial บนเว็บไซต์	19

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 Robot Simulation Tutorial on Web

4.2 Feedback ที่ได้รับ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

ภาคผนวก ก

เอกสารอ้างอิง

ประวัติผู้จัดทำ

รายการตาราง

	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
1.1 แผนการดำเนินงาน(ต่อ)	4

รายการภาพประกอบ

	หน้า
2.1 ตัวอย่างการ simulation การซ้อนกล่อง รูปช้าย สร้างจาก Gazebo รูปขาว สร้างจาก Unity	6
3.1 การใช้โปรแกรม Unity ในการสร้างสื่อการสอน	7
3.2 ตัวอย่างโมเดลที่ทางผู้จัดทำได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม Blender	7
3.3 ตัวอย่างโมเดลที่ทางผู้จัดทำได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม SolidWorks	8
3.4 System Overview	9
3.5 โครงสร้างของ Tutorial ในแต่ละ Level	10
3.6.1 Flowchart ของระบบใน Level 1 ตอนเริ่ม	11
3.6.2 Flowchart ของระบบใน Level 1 ตอนทำงาน	12
3.7 การออกแบบปุ่มไฟในโปรแกรม Blender	13
3.8 การออกแบบตู้เสื้อผ้าในโปรแกรม SolidWorks	13
3.9 ศูนย์กลางความคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยคีย์บอร์ด	14
3.9 การตั้งค่า Rigidbody และ Box collider	15
3.11 pop up ตอนเริ่มเกม	15
3.12 pop up ข้อความเมื่อถึงจุดหมาย	16
3.13 กล่องสิ่งกีดขวางและเหรียญ	16
3.14 การแสดงผลคะแนนและเวลาทางหน้าจอ	17
3.15 ศูนย์กลางการแสดงผลเวลา	17
3.16 การแสดงผลค่าความเร็วทางหน้าจอ	17
3.17 การวางแผนในการออกแบบ Level 2	18
3.18 การวางแผนในการออกแบบ Level 3	19
3.19 ตัวอย่างหุ่นยนต์ Mobile Robot with Arm	19
3.20 การเปิดโปรแกรมบนเว็บไซต์	20
3.21 เว็บไซต์ Robot Simulation Tutorial on Web	20
3.22 แบบสอบถามความพึงพอใจของสื่อการสอน	21
4.1 หน้าเว็บไซต์ Robot Simulation Tutorial on Web	22
4.2 ด่านที่ 1 Mobile Robot	23

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

	หน้า
4.3 สีนสุดด้านที่ 1 Mobile Robot	23
4.4 การทำการกิจในด้านที่ 2 Arm Robot	24
4.5 การทำการกิจในด้านที่ 3 Mobile Robot with Arm	24
4.6 การทำการกิจในด้านที่ 3 Mobile Robot with Arm	25
4.7 กราฟแสดงคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ	25
4.8 กราฟแสดงคะแนนความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ	26
ก.1 โมเดล servo	29
ก.2 โมเดล แขนกล	29
ก.3 โมเดล รถเพิมเติม	30
ก.4 การเชื่อมข้อต่อแขนกล	30
ก.5 ตัวอย่างบัคของด้านที่ 2	31
ก.6 ตัวอย่างบัคของด้านที่ 3	31
ก.7 scene ของด้านที่ 1	32

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้เข้ามีบทบาทในหลายภาคส่วน อาทิเช่น ภาคการเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาค ครัวเรือน เป็นต้น ซึ่งการสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมาในภาคอุตสาหกรรม แรงงานฝีมือ เงินทุนและระยะเวลา จำนวนมาก ดังนั้นการจำลองหุ่นยนต์บนคอมพิวเตอร์ก่อนการลงมือปฏิบัติจริงนั้น สามารถช่วยลด ต้นทุน และทรัพยากรในการทำหุ่นยนต์จริงๆได้ ซึ่งทำให้การจำลองหุ่นยนต์บนคอมพิวเตอร์นั้นมีความสำคัญมาก ยิ่งขึ้นในปัจจุบัน

นำไปสู่การเกิดแอปพลิเคชันและเว็บไซต์ไว้ใช้สำหรับจำลองหุ่นยนต์บนคอมพิวเตอร์มากmany และมี สื่อการสอนสำหรับการใช้งานแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์เหล่านั้นในรูปแบบของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิด ปัญหาตามมา คือการที่ผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์นั้นได้ และสื่อการสอนที่มีอยู่ เช่น คู่มือการใช้ หรือคลิปวิดีโอสอนอาจจะมีประสิทธิภาพไม่มากพอ เนื่องจากผู้ใช้ไม่ได้ทดลองใช้งานหุ่นยนต์ จำลองด้วยตนเอง

ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้จัดทำสื่อการสอนเกี่ยวกับการจำลองหุ่นยนต์บนคอมพิวเตอร์ โดยที่ ผู้ใช้สามารถลงมือเรียนรู้เครื่องมือต่างๆโดยการลงมือทำเองจริงๆได้บนเว็บไซต์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เข้าถึงง่าย และไม่กินทรัพยากรภายใต้เครื่อง พร้อมแบบทดสอบที่สามารถส่งผลการทดสอบและตรวจผล การทดสอบได้ทางเว็บไซต์เพื่อใช้วัดผลของผู้ใช้งานที่เข้ามาเรียนสื่อการสอน โดยคาดหวังว่าผู้ที่เข้ามาใช้งาน นั้นจะได้รับความรู้ และทักษะไปใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาสื่อการสอนจำลองหุ่นยนต์ และสามารถจำลองปัญหาเบื้องต้น เกี่ยวกับการทำงานของหุ่นยนต์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1. จัดทำสื่อการสอนการจำลองหุ่นยนต์โดยใช้ Unity เป็น Engine บนเว็บไซต์โดยการใช้ WebGL และแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. การเคลื่อนที่หุ่นยนต์
2. การเคลื่อนที่แขนกล

3. การเคลื่อนทั้งตัวหุ่นยนต์และแขนกล
- 1.3.2. ทดสอบความสมจริงของการจำลองหุ่นยนต์โดยการนำไปให้กลุ่มคนที่เคยทำหุ่นยนต์จริงลองใช้งานแบบจำลอง
- 1.3.3. หลังจากทดสอบกับกลุ่มคนในข้อ 1.3.2 แล้วจึงนำไปทดสอบกับอาสาสมัคร แบ่งอาสาสมัครเป็น 2 กลุ่มคือ
1. กลุ่มที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการทำหุ่นยนต์
 2. กลุ่มที่เคยมีประสบการณ์ในการทำหุ่นยนต์
- โดยจะทำการแบ่งกลุ่มจากการสอบถาม แล้วจะมีแบบทดสอบก่อนการทำทดสอบ
- 1.3.4. จัดทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผล โดยสามารถส่งผลและตรวจสอบได้บนเว็บไซต์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1.4.1. Robot Simulation คือการจำลองการทำงาน ลักษณะและรูปแบบของหุ่นยนต์ รวมไปถึงสภาพแวดล้อมในการทำการกิจที่หุ่นยนต์จำลองได้รับมอบหมายบนคอมพิวเตอร์
- 1.4.2 Open-Source คือ กลุ่ม software ที่เปิดเผย source code ของโปรแกรม ทำให้สามารถแก้ไข ดัดแปลง เผยแพร่ต่อ source code ได้หมด
- 1.4.3 SEAN EP. คือ Social Environment for Autonomous Navigation Experimental Platform หมายถึงแพลตฟอร์มที่ใช้สำหรับสร้างสภาพแวดล้อมจำลองเพื่อใช้สำหรับการจำลองหุ่นยนต์
- 1.4.4 ROS คือ Robot Operating System หมายถึงระบบที่สร้างขึ้นเพื่อความยืดหยุ่นในการเขียนซอฟต์แวร์หุ่นยนต์ ซึ่งใน ROS จะรวมชุดข้อมูลและชุดคำสั่งในการควบคุมหุ่นยนต์เอาไว้
- 1.4.5 VNC คือ Virtual Network Computing หมายถึง ระบบแบ่งปันทรัพยากรหน้าจอคอมพิวเตอร์ร่วมกัน

1.5 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินการ(ต่อ)

กิจกรรม	2565																2566																											
	พ.ค.				มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
-ให้อาสาสมัครทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อแบ่งกลุ่ม																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
-ให้อาสาสมัครใช้งานสื่อการสอน																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
-อาสาสมัครทำแบบทดสอบหลังใช้งานและประเมินความพึงพอใจ																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
สรุปผลการทดลอง																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
เขียนถ่วงโครงงาน																					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1. สร้างสื่อการสอนที่สามารถใช้งานได้ และสามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของหุ่นยนต์ และการจำลองหุ่นยนต์ได้
- 1.6.2. สื่อการสอนมีประสิทธิภาพในการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจเนื้หาดีกว่าการใช้คู่มือแบบเป็นข้อความ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ROS (Robot operating System)

ROS (Robot operating System)คือเฟรมเวิร์คสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งได้รวมรวม Library และเครื่องมือต่างๆไว้ สร้างขึ้นเพื่อลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานระหว่างแพลตฟอร์มต่างๆ เพื่อช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์ ในการสร้างแอพลิเคชันสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ (Treis K., 2022)

2.2 VNC

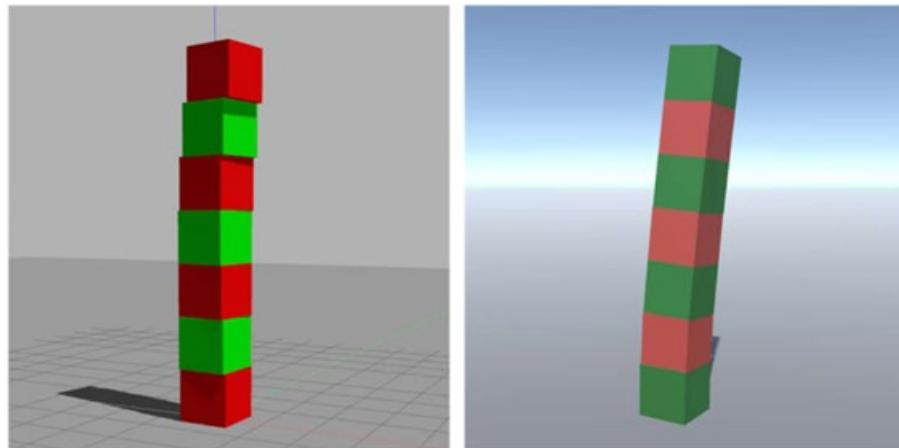
VNC ย่อมาจาก Virtual Network Computing เป็นโปรแกรมประเภท Remote Control จากคอมพิวเตอร์ เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง หรือระหว่างเครื่อง Client ไปยังเครื่อง Server สามารถสรุปได้ว่า VNC คือระบบแบ่งปันทรัพยากรหน้าจอคอมพิวเตอร์ร่วมกัน รวมถึง Input Device เช่น Mouse และ Keyboard สำหรับทำการควบคุมคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ และยังสามารถทำงานร่วมกันได้หลายเครื่องพร้อมๆกัน รวมทั้งมือถือ เช่น iPhone หรืออุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ (Vinters, et al., 2022)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

An Approach to Deploy Interactive Robotic Simulators on the Web for HRI Experiments: Results in Social Robot Navigation (A. Korad, 2019) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบการเรียนรู้ของมนุษย์โดยการให้ผู้ทดลอง ทดลองหุ่นยนต์ผ่านเว็บไซต์ โดยใช้ SEAN-EP เทียบกับผู้ทดลองที่ศึกษาผ่านวิดีโอ พบร่วมกับผู้ที่ศึกษาผ่านวิดีโอุรูสีกเรียนรู้ได้ง่ายกว่า การทดลองใช้งานจริง แต่ผลลัพธ์ในการทำการกิจกรรมนั้น กลุ่มผู้ทดลองที่ได้ลองปฏิบัติจริงนั้นสามารถทำได้ดีกว่ากลุ่มที่ศึกษาผ่านวิดีโอ

Simulation of Mobile Robots with Unity and ROS - A Case-Study and a Comparison with Gazebo (Ben T., David H., Haoyang Z., Suman R.B., Rohan S., Feras D., and Niko S., 2020) ได้ทำการศึกษา การนำ ROS มาใช้คู่กับ open source ต่างๆ โดยทางผู้จัดทำงานวิจัยได้เลือก open source มาสองตัวคือ Unity และ Gazebo โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 8 อย่างคือ 1) Stalking test ทดสอบความคลาดเคลื่อนจากการเปลี่ยนค่าต่างๆ 2) Collision test เป็นการทดลองในสภาพการชนกัน

ของวัตถุ 3) Integrator test เป็นทดสอบการทำงานฟังก์ชันต่างๆ ที่สัมพันธ์กัน 4) μ -split เป็นการทดสอบโดยการจำลองพื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานขนาดต่างกัน 5) Ramp เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ในทางลาดในองศาที่ต่างกัน 6) Friction turn เป็นการทดสอบผลของแรงเสียดทานโดยที่วัตถุจะสัมผัสกับพื้นผิวโดยการหมุนให้องศาเปลี่ยนไป 7) Basic drive เป็นการทดสอบความสมจริงของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 8) UMBmark เป็นวิธีการวัดและเปรียบเทียบข้อผิดพลาดในการวัดระยะทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ 9) SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) case study เป็นการใช้เพื่อตรวจสอบว่า การใช้ ROS ร่วมกับ Unity มีความเหมาะสมแค่ไหน ซึ่งจากการทดสอบ Unity มีผลการทดสอบที่ดีกว่า Gazebo จึงสามารถสรุปได้ว่า Unity เป็น Software ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการ simulation การซ้อนกล่อง รูปซ้าย สร้างจาก Gazebo รูปขวา สร้างจาก Unity

(Ben, et al., 2020)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการโครงงาน

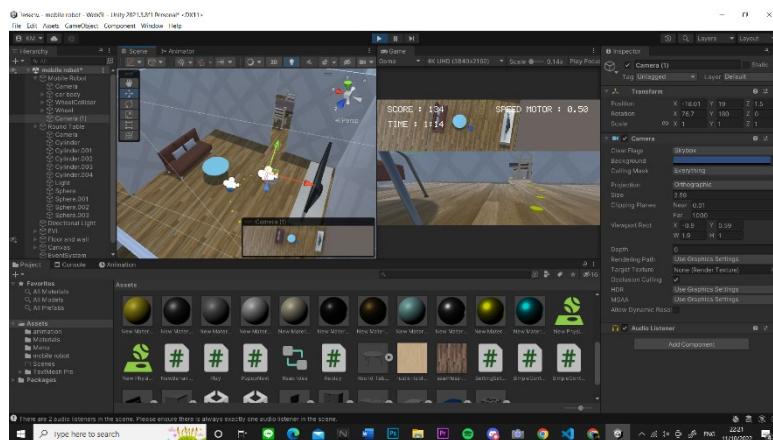
3.1 อุปกรณ์ในการจำลองหุ่นยนต์

3.1.1 คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ค

ใช้ในการออกแบบ ประมวลผล และใช้งาน tutorial

3.1.2 โปรแกรม Unity

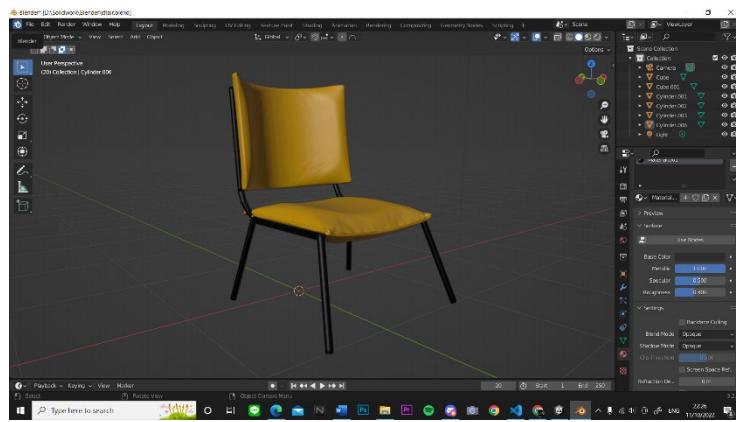
เป็นโปรแกรม Game Engine ที่ใช้ภาษา C# ในการเขียนโปรแกรม ใช้ในการทำ software โดยนิยมนำมาใช้ในการพัฒนาเกมทั้งแบบ 2 มิติหรือ 3 มิติ หรือสร้าง simulation ต่างๆ และสามารถนำไปเผยแพร่ได้หลายช่องทาง เช่น คอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ มือถือ หรือเครื่องเกม แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การใช้โปรแกรม Unity ในการสร้างสื่อการสอนที่ทางผู้จัดทำได้สร้างขึ้น

3.1.3 โปรแกรม Blender

เป็นโปรแกรมที่ใช้ทำโมเดล 3 มิติและอนิเมชั่นซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้ทำโมเดล หุ่นยนต์ และฉากรอบด้านสื่อการเรียนรู้ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโมเดลที่ทางผู้จัดทำได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม Blender

3.1.4 โปรแกรม SolidWorks

โปรแกรม CAD สำหรับใช้ในงานวิศวกรรม เน้นการออกแบบเพื่อนำไปใช้ในงานจริงมากกว่าใช้ในงานศิลป์ อีกทั้งสามารถจำลองสิ่งต่างๆได้ เช่น กลไก, วัสดุ, การรับแรง, ฯลฯ โดยในโครงงานของเราจะใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบโมเดลต่างๆภายในสื่อการเรียนรู้ และดังรูปที่ 3.3

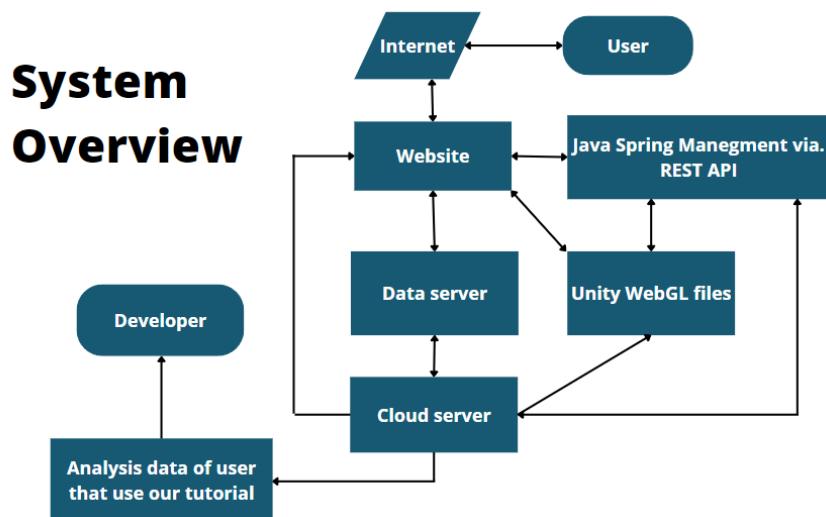


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างโมเดลที่ทางผู้จัดทำได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม SolidWorks

3.2 การวางแผนและระบบ tutorial

3.2.1 ออกแบบระบบรวมของ tutorial

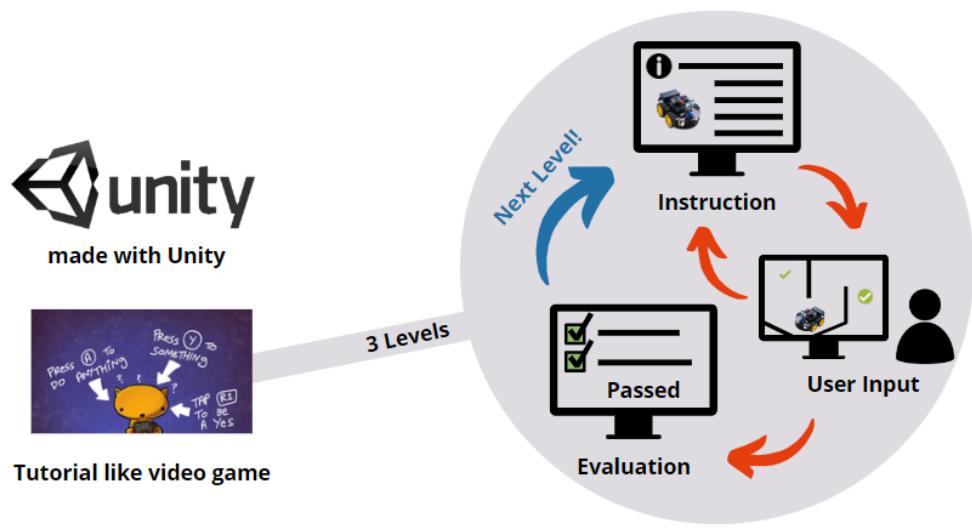
เริ่มจากการออกแบบภาพรวมของระบบเพื่อที่จะได้เห็นสโคปของโครงการที่จะต้องทำ เพื่อที่จะได้วางแผนการทำงานต่อไป โดยจะเริ่มจากผู้เรียนได้เข้าสู่อินเทอร์เน็ตโดยตัวของผู้เล่นจะได้เรียนรู้ผ่านเว็บไซต์ที่ได้ฝังไฟล์ของตัวสื่อซึ่งเป็น Unity WebGL ไว้ โดยผู้จัดทำจะสามารถแก้ไขเว็บไซต์ได้ผ่านทาง Rest API (Java Spring Management) และผู้เล่นจะเล่นผ่านทางเว็บไซต์ โดยรับข้อมูลนำเข้าเพื่อมาประมวลผลใน Data Server และจะผ่าน WebGL และแสดงผลในหน้าเว็บไซต์ และเก็บข้อมูลไว้ใน Cloud Server ทางผู้จัดทำจะนำข้อมูลของผู้เรียนมา เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้จัดทำได้พัฒนาสื่อการสอนต่อไป ซึ่งภาพรวมของโครงการจะเป็นดังภาพ 3.4



รูปที่ 3.4 System Overview

3.3 การสร้าง tutorial ด้วย Unity

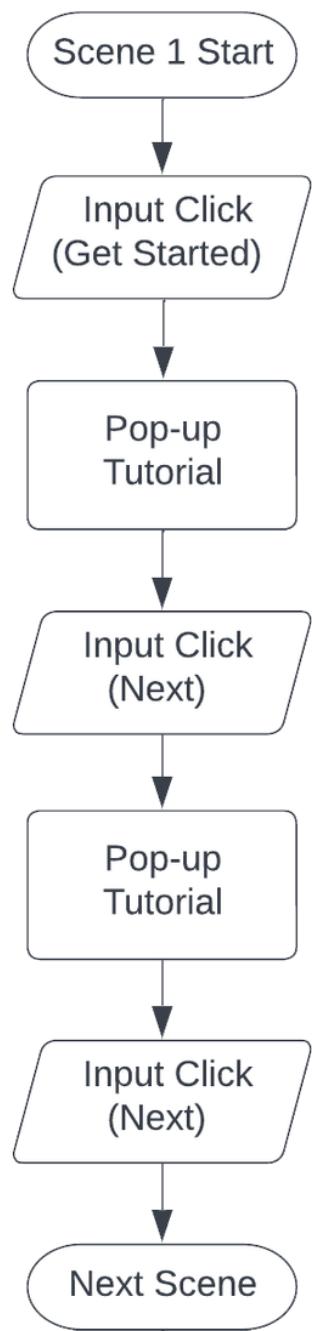
Tutorial มีเป็นลักษณะคล้ายวิดีโอเกม โดยแบ่งเป็น 3 Level โดยแบ่งเป็น Mobile Robot หุ่นยนต์เคลื่อนที่ Arm Robot หุ่นยนต์แขนกล และ Fusion Robot หุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่มีแขนกล ในแต่ละ Level จะมีคู่มือการสอน ซึ่งจะมีลักษณะเป็น pop up ขึ้นมาและให้ผู้เล่นทำตาม และก็จะมีการประเมินผลในแต่ละ Level ก่อนจะไป Level ถัดไปตามภาพ 3.5



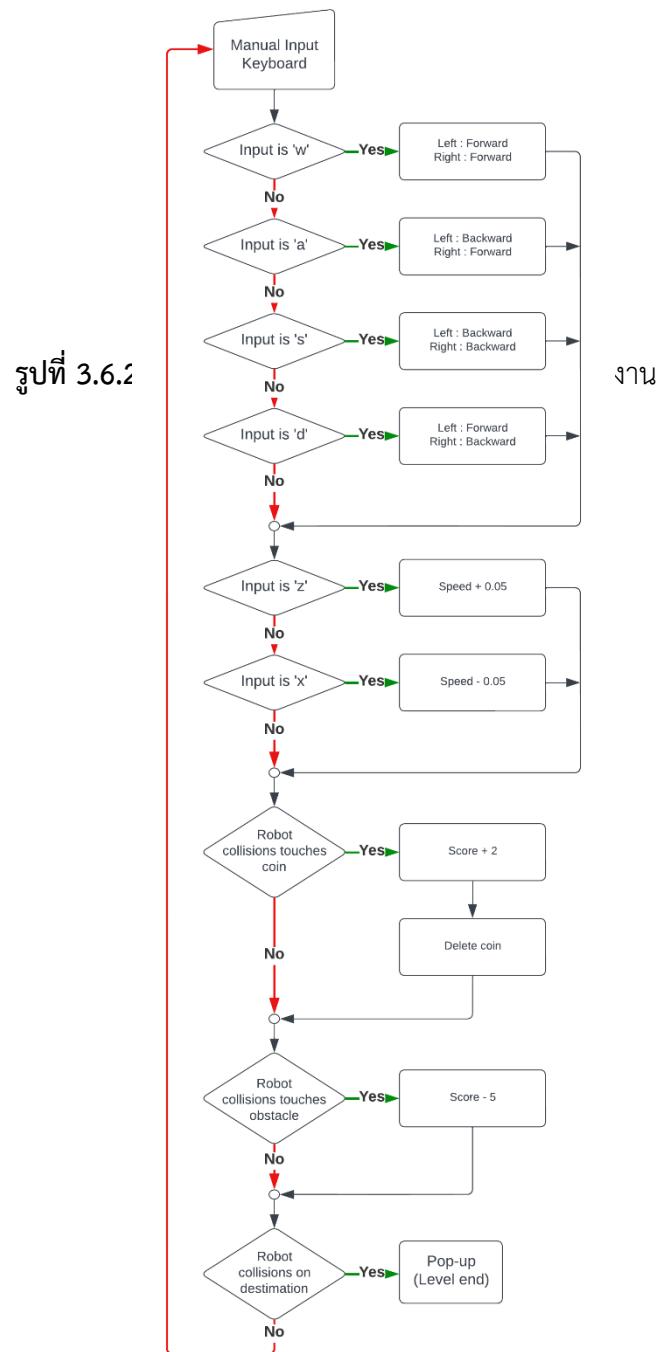
รูปที่ 3.5 โครงสร้างของ Tutorial ในแต่ละ Level

3.3.1 Level 1: Mobile Robot

Mobile Robot หรือหุ่นยนต์เคลื่อนที่ สามารถรับค่าการเคลื่อนที่จากปุ่มคีย์บอร์ด และสามารถปรับค่าความเร็วได้ จะมีองค์ประกอบคือ การจับเวลา การลดความแนนจากการชนสิ่งกีดขวาง และแสดงผลขอความแบบ pop up เมื่อผู้เล่นถึงจุดหมายโดยมีจุดประสงค์ให้ผู้เล่นบังคับหุ่นยนต์ผ่านอุปสรรคไปถึงจุดหมาย โดยใช้เวลาน้อยที่สุด และชนสิ่งกีดขวางให้ได้น้อยที่สุด โดยระบบการทำงานหลักจะอยู่ใน flowchart ในรูปที่ 3.6

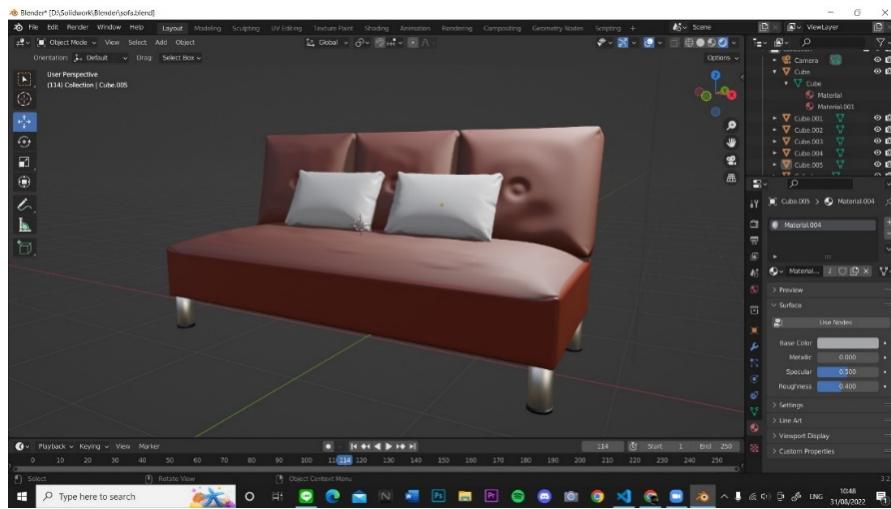


รูปที่ 3.6.1 flowchart ของระบบใน Level 1 ตอนเริ่ม

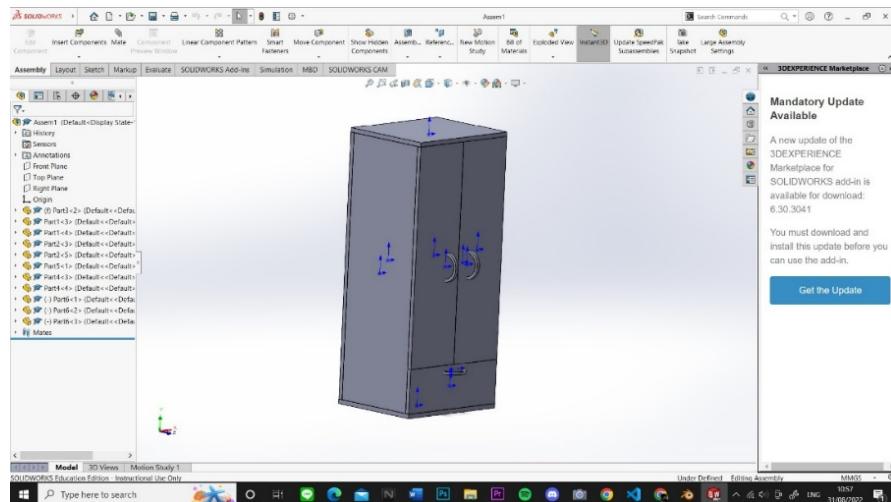


3.3.1.1 การสร้างโมเดลหุ่นยนต์

สร้างโมเดลด้วยโปรแกรม Blender และ SolidWorks และนำมาใช้และออกแบบใน Unity



รูปที่ 3.7 การออกแบบโซฟาในโปรแกรม Blender



รูปที่ 3.8 การออกแบบตู้เสื้อผ้าในโปรแกรม SolidWorks

โปรแกรม Blender จะใช้ในการทำโมเดลที่มีความละเอียดสูง เช่น พื้นผิวที่สมจริง เช่นโซฟาดังรูปที่ 3.7 ส่วน SolidWorks จะใช้ในการทำโมเดลที่เป็นชิ้นส่วนแยกกันและนำมาประกอบซึ่งจะมีความแม่นยำในเรื่องของ scale หรือขนาด ตั้งตู้เสื้อผ้าในภาพ 3.8

3.3.1.2 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยคีย์บอร์ด

รับคำสั่งจากปุ่มคีย์บอร์ด WASD ด้วยฟังก์ชัน GetKey โดยเมื่อรับคีย์แล้วจะเก็บค่าล้อซ้ายและล้อขวาไว้ในตัวแปร แล้วใช้ฟังก์ชัน motorTorque โดยใช้ค่าจากที่รับไว้ทำให้ล้อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ และเมื่อไม่มีคีย์ที่ถูกกดใช้คำสั่ง brakeTorque เพื่อให้ตัวหุ่นยนต์เบรก โดยโค้ดของโปรแกรมจะเป็นดังรูป 3.9

```

25 void FixedUpdate(){}
26     torque = 1000 * motorpower / speedmotor;
27     if(Input.GetKey("w") & Input.GetKey("a")){
28         speed1 = torque * -1;
29         speed2 = torque * 0;
30         currentbreakforce = 0f;
31     }else if(Input.GetKey("w") & Input.GetKey("d")){
32         speed1 = torque * 0;
33         speed2 = torque * -1;
34         currentbreakforce = 0f;
35     }else if(Input.GetKey("s") & Input.GetKey("a")){
36         speed1 = torque * 1;
37         speed2 = torque * 0;
38         currentbreakforce = 0f;
39     }else if(Input.GetKey("s") & Input.GetKey("d")){
40         speed1 = torque * 0;
41         speed2 = torque * 1;
42         currentbreakforce = 0f;
43     }else if(Input.GetKey("w")){
44         speed1 = torque * -1;
45         speed2 = torque * -1;
46         currentbreakforce = 0f;
47     }else if(Input.GetKey("s")){
48         speed1 = torque * 1;
49         speed2 = torque * 1;
50         currentbreakforce = 0f;
51     }else if(Input.GetKey("a")){
52         speed1 = torque * -1;
53         speed2 = torque * 1;
54         currentbreakforce = 0f;
55     }else if(Input.GetKey("d")){
56         speed1 = torque * 1;
57         speed2 = torque * -1;
58         currentbreakforce = 0f;
59     }else{
60         speed1 = 0;
61         speed2 = 0;
62         currentbreakforce = breakforce;
63     }
64     wheels[0].motorTorque = speed1;
65     wheels[1].motorTorque = speed2;
66     wheels[2].motorTorque = speed1;
67     wheels[3].motorTorque = speed2;
68     wheels[0].braketorque = currentbreakforce;
69     wheels[1].braketorque = currentbreakforce;
70     wheels[2].braketorque = currentbreakforce;
71     wheels[3].braketorque = currentbreakforce;
72     for(int i=0; i<4; i++){
73         Updatewheel(wheels[i], wheeltransform[i]);
74     }

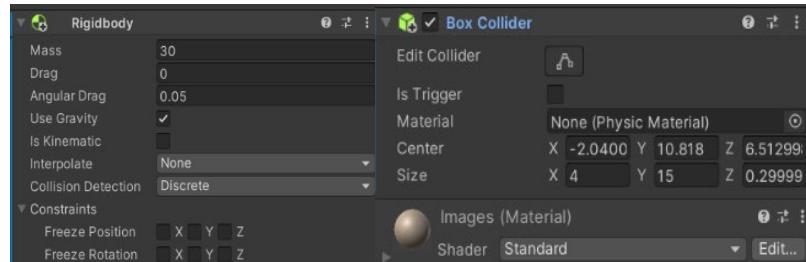
```

รูปที่ 3.9 ศูรุปต์การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยคีย์บอร์ด

3.3.1.3 การสร้างด้าน

Export files โ้มเดลจากโปรแกรม Blender ในสกุล .fbx ถ้าเป็นโ้มเดลจากโปรแกรม Solidwork ให้ Save files เป็นสกุล .stl จากนั้นจึง Import เข้าไปร้ograms Blender และ Export ในสกุล .fbx อีกที

เมื่อได้โมเดลแล้ว เราจะนำเข้าโปรแกรม Unity โดยการ Import assets แล้วนำ Box collider และ Rigidbody ใส่ในตัวโมเดลเพื่อให้มोเดลขึ้นมีแรงโน้มถ่วง และเกิดผิวสัมผัสของโมเดล ตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การตั้งค่า Rigidbody และ Box collider

3.3.1.4 การทำ pop up แสดงผลเมื่อเริ่มและเมื่อทำตามเป้าหมายสำเร็จ

ตอนกดเริ่มเกม จะใช้มีการใช้ UI ในการแสดงผล popz up โดยถ้า Mobile robot โดยสิ่งให้ UI.SetActive เป็น True โดย pop up ตอนเริ่มเกมจะเป็นส่วนของ tutorial ที่จะสอนวิธีการบังคับหุ่นยนต์ และหลักการทำงานแบบคร่าวๆ ดังภาพ 3.11



รูปที่ 3.11 pop up ตอนเริ่มเกม

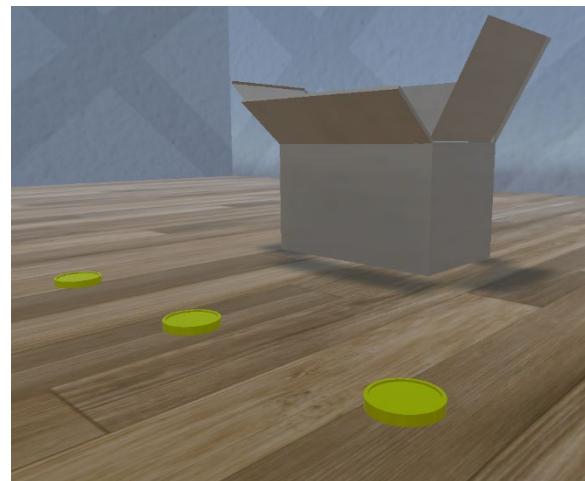
ส่วนของ pop up จุดหมาย จะมีการ Set จุดหมายเป็นพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยถ้า Mobile robot เข้าไปในพื้นที่ที่กำหนดไว้ จะสั่งให้ UI.SetActive เป็น True ถ้าอยู่นอกบริเวณจะมีค่าเป็น False และจะมีปุ่ม replay ให้เริ่มเล่นด่านนั้นใหม่โดยการ reset scene ดังภาพ 3.12



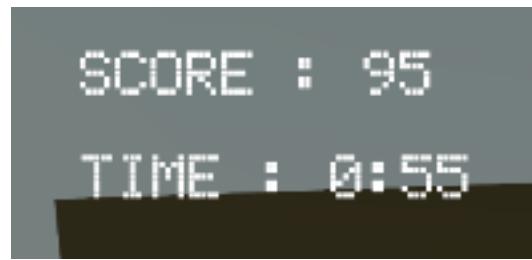
รูปที่ 3.12 pop up ข้อความเมื่อถึงจุดหมาย

3.3.1.5 แสดงผลเวลาและคะแนน

การแสดงผลคะแนนและเวลา (ตัวอย่างรูป 3.14) จะใช้ UI เป็น Text โดยใช้คำสั่ง TMP_Text เพื่อแสดงผล เมื่อหุ่นยนต์ขึ้นไปชนสิ่งกีด เช่น กล่องหรือกำแพงโดยตรวจสอบจาก onCollisionEnter จะลดคะแนน ครั้งละ 5 คะแนน แต่เมื่อชนเหรียญ (ดังภาพ 3.13) และจะเพิ่มคะแนน เหรียญละ 2 คะแนน โดยเมื่อชนแล้วเหรียญก็จะหายไปด้วย



รูปที่ 3.13 กล่องกีดขวางและเหรียญ



รูปที่ 3.14 การแสดงผลคะแนนและเวลาทางหน้าจอ

ในส่วนของเวลาจะแสดงผลด้วยการนำค่าเวลาในแต่ละ frame เป็น deltaTime นำไปบวกและใช้ RoundToInt เพื่อเปลี่ยนค่าเวลาจาก float เป็น int เพื่อแสดงผล โดยโค้ดของการแสดงคะแนนตามรูป 3.15

```

public TMP_Text scoretext;
public int score = 100;
public TMP_Text timer;
public ...

void OnCollisionEnter (Collision collisionInfo){
    if(collisionInfo.collider.name != "Ground"){
        score -= 5;
    }
}

scoretext.text = "Score : " + score.ToString();
timestart += Time.deltaTime;
if(Mathf.RoundToInt(timestart)%60) < 10{
    timer.text = "Time : " + (Mathf.RoundToInt(timestart)/60).ToString() + ":" + (Mathf.RoundToInt(timestart)%60).ToString();
} else{
    timer.text = "Time : " + (Mathf.RoundToInt(timestart)/60).ToString() + ":" + (Mathf.RoundToInt(timestart)%60).ToString();
}

```

รูปที่ 3.15 ศูนย์ปรับการแสดงผลเวลา

3.3.1.6 การปรับความเร็วของเตอร์ล้อด้วยปุ่มคีย์บอร์ด

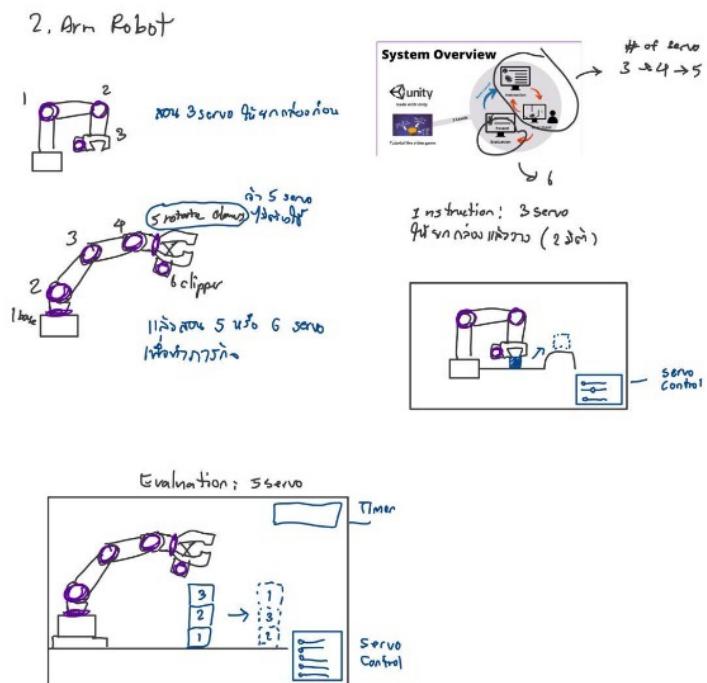
รับค่าคีย์ด้วย GetKey เพื่อเพิ่มหรือลดค่า power ซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มหรือลด Torque และมีผลต่อความเร็วของล้อหุ้นยนต์ โดยใช้ปุ่ม Z ในการลดความเร็วและ X ในการเพิ่มความเร็ว Input ครั้งละ 0.05 โดยมีค่าที่แสดงผลระหว่าง 0-1 ดังรูป 3.16



รูปที่ 3.16 การแสดงผลค่าความเร็วทางหน้าจอ

3.3.2 Level 2: Arm Robot

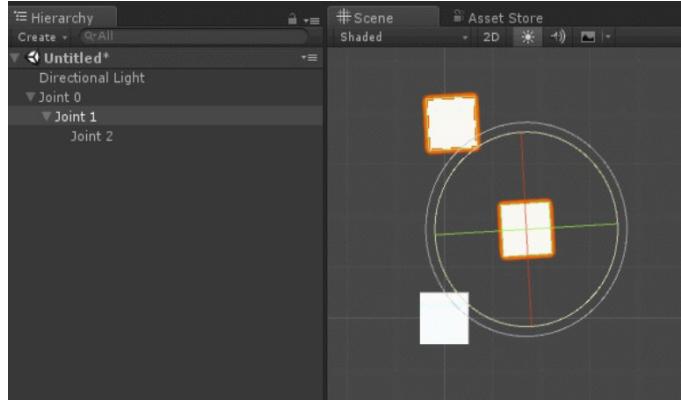
Arm Robot หรือหุ่นยนต์แขนกล จะให้ผู้เล่นได้บังคับ servo ของแขนกลด้วย slider โดยมีเป้าหมายคือการจัดเรียงบล็อกตามที่กำหนด โดยจะเริ่มสอนให้ใช้แขนกลที่มี servo 3 ตัวก่อน แล้วจึงมาใช้เป็นแขนกลที่มี servo 5 ตัวในการประเมินผล โดยรูปที่ 3.17 เป็นการออกแบบคร่าวๆ



รูปที่ 3.17 รูปการวางแผนในการออกแบบ Level 2

3.3.2.1 การทำระบบแบบกลด้วย parent-child object

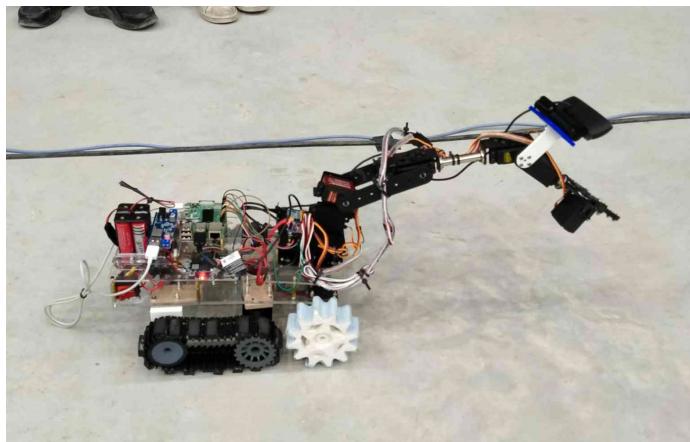
การใช้ parent-child object ทำให้ชิ้นส่วนที่เป็น child จะเปลี่ยนตำแหน่งและการหมุนไปตาม parent ซึ่งจะได้ใช้ในการทำ servo ของแขนกล โดยชิ้นส่วนที่อยู่หลัง servo ตัวหนึ่ง จะหมุนตามทั้งหมด



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างรูปการผังหมุน parent-child object

3.3.3 Level 3: Mobile Robot with Arm

Mobile Robot with Arm คือหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งแขนกล ตัวอย่างดังรูป 3.18 จะให้ผู้เล่นได้ลองสมัผัสประสบการณ์ในการควบคุมหุ่นยนต์เพื่อนำไปทำการกิจกรรมที่กำหนดไว้

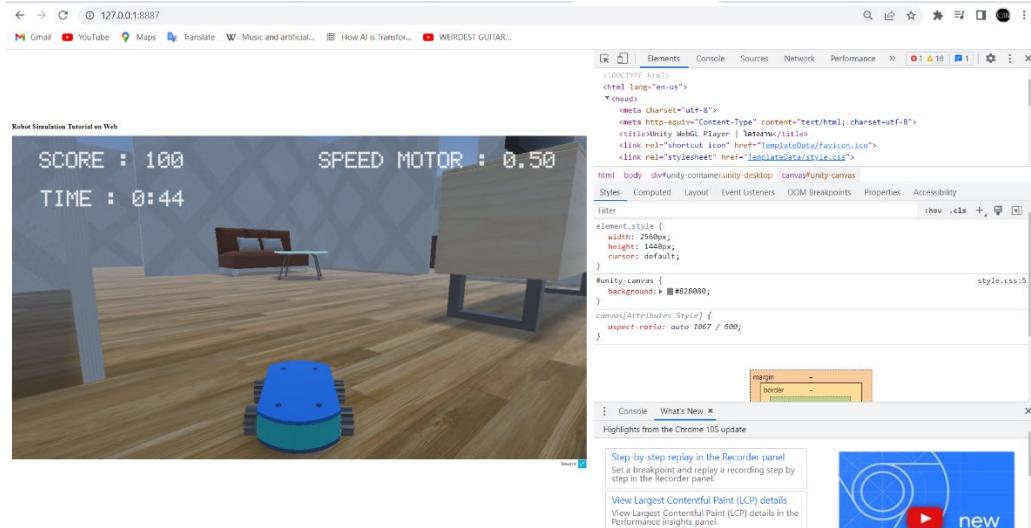


รูปที่ 3.19 ตัวอย่างหุ่นยนต์ Mobile Robot with Arm

3.4. การฝึก tutorial ลงบนเว็บไซต์

3.4.1 การเปิดบนเว็บไซต์

ใช้การ export จาก Unity ด้วย WebGL จะสามารถทำให้เปิด simulation บนเว็บ browser ได้โดยสามารถแก้ไขหน้าได้ด้วยภาษา html



รูปที่ 3.20 การเปิดโปรแกรมบนเว็บไซต์

3.4.2 การ Host บนเว็บไซต์

ใช้ host ด้วย w3space โดยใช้ระบบฟรีและใช้ภาษา html5 ในการออกแบบตัวเว็บ

robotsim

Saved Run

index.html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
    <link rel="stylesheet" href="https://www.w3schools.com/w3css/4/w3.css">
    <link rel="stylesheet" href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Syne">
    <link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/4.7.1/icon-font.min.css" />
    <title>Robot Simulation on Web</title>
  </head>
  <body>
    <div class="container">
      <div class="image-container">
        <img alt="A blue and black robotic arm with a gripper, positioned above a small blue circular platform on a wooden floor." data-bbox="688 167 825 415" />
      </div>
      <div class="links-container">
        <a href="#">Home</a>
        <a href="#">About</a>
        <a href="#">Contact</a>
      </div>
    </div>
  </body>
</html>
```

https://robotsim.w3spaces.com/index.html

Connect Domain

Go Fullstack

Robot Simulation Tutorial on Web.

Available on PC

Start

Recommend

Help

รูปที่ 3.21 เว็บไซต์ Robot Simulation Tutorial on Web

3.5. การประเมินประสิทธิภาพของ tutorial

3.5.1 การสร้างแบบประเมิน

แบบประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานตัวเว็บไซต์ ซึ่งจุดประสงค์หลักคือเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงตัวเว็บไซต์และโปรแกรมโดยวัดจาก

1. ความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอ
2. ความสมจริงของระบบพิสิกส์ในแบบจำลอง
3. ความเข้าใจง่ายของตัวสื่อการสอน
4. แบบจำลองสามารถเชื่อมโยงกับสื่อการสอนได้
5. ความถูกต้องของเนื้อหา
6. ความพึงพอใจโดยรวม

โดยจะเก็บจากผู้ใช้งานที่อยู่ในช่วงมัธยมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน

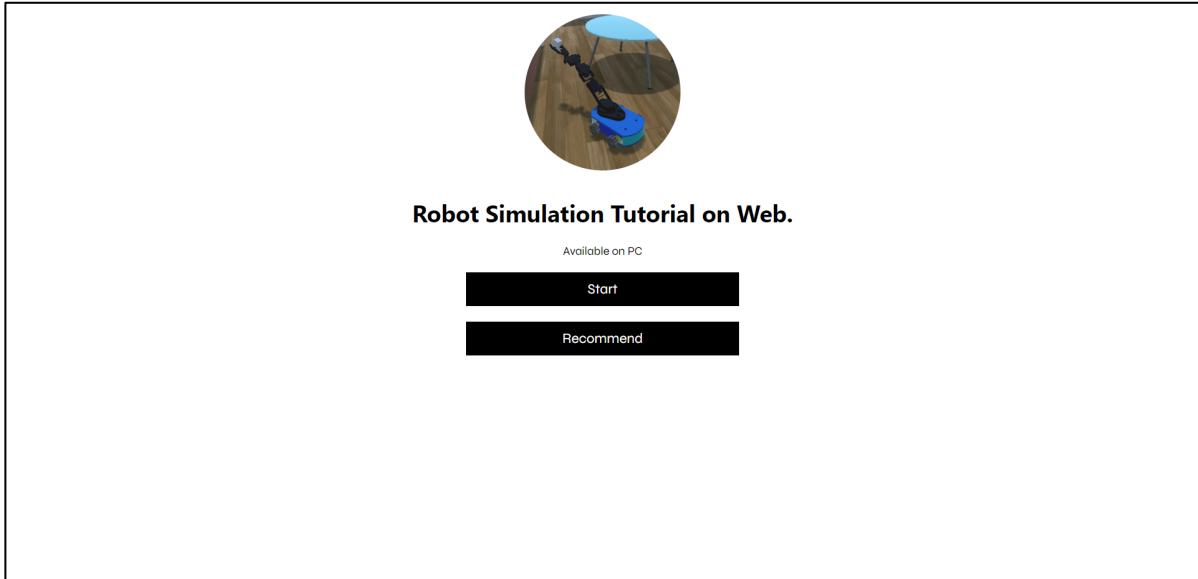
ความพึงพอใจของสื่อการสอน					*
คำอธิบาย :					
5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง/มากที่สุด/ดีที่สุด	4 = ค่อนข้างเห็นด้วย/มาก/ดี	3 = เ讶ฯ/ปานกลาง/พอประมาณ	2 = ไม่ค่อยเห็นด้วย/น้อย/ควรปรับปรุง	1 = ไม่เห็นด้วย/น้อยที่สุด/ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1
สื่อการสอนมีความเหมาะสม					
แบบจำลองมีที่สึกซึ้งที่มีความสมจริง					
สื่อการสอนเข้าใจง่าย					
แบบจำลองสามารถเชื่อมโยงกับสื่อการสอน					
ความพึงพอใจโดยรวม					

รูปที่ 3.22 แบบสอบถามความพึงพอใจของสื่อการสอน

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 Robot Simulation Tutorial on Web

Robot Simulation Tutorial on Web สามารถรับบนเว็บไซต์ได้ผ่านเว็บไซต์ W3School โดยผู้เล่นจะได้เข้าใช้งานสื่อการสอนรวมถึงให้ Feed back ผ่านหน้าเว็บไซต์นี้



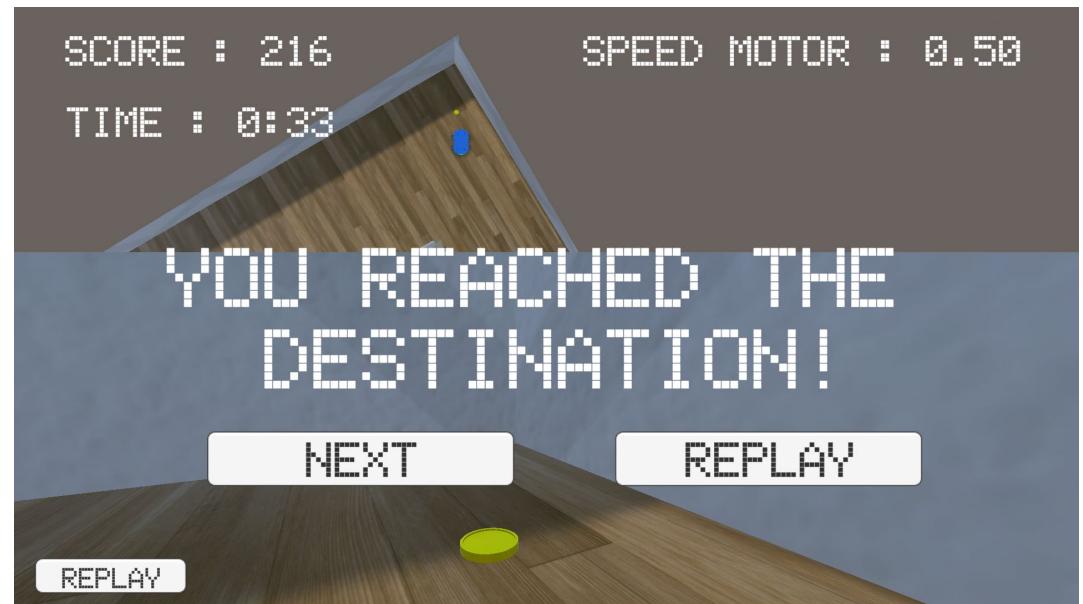
รูปที่ 4.1 หน้าเว็บเพจ Robot Simulation Tutorial on Web

4.1.1 Mobile Robot

โดยในด้านที่ 1 ผู้เล่นจะได้เรียนรู้การทำงานของมอเตอร์ อหิ การบังคับให้ Mobile Robot เลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา เดินหน้า หรือถอยหลัง โดยในแต่การเคลื่อนไหวของ Mobile Robot ผู้เล่นจะได้เห็นถึงทิศทางการทำงานของมอเตอร์ผ่านล้อ โดยภายในด้านนี้นั้นผู้เล่นจะต้องควบคุม Mobile Robot ให้ไปทำการกิจโดยการไล่เก็บเหรียญตามทางจนกระทั่งผ่านด่านต่อไป



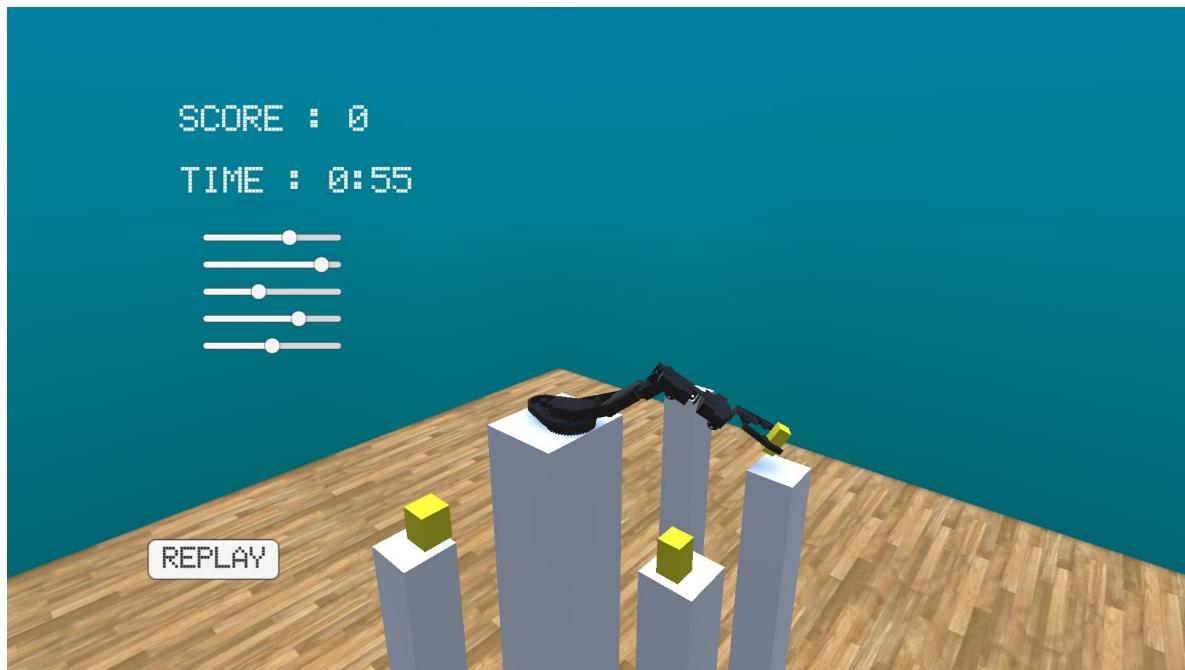
รูปที่ 4.2 ด้านที่ 1 Mobile Robot



รูปที่ 4.3 สิ้นสุดด้านที่ 1 Mobile Robot

4.1.2 Arm Robot

ด่านที่ 2 Arm Robot ผู้เล่นจะได้ควบคุมการทำงานของแขนกลโดยผลที่ผู้เล่นได้รับคือ ผู้เล่นจะได้เข้าใจการทำงานของแขนกล และเรียนรู้การควบคุมแขนกลแบบ Forward Kinematic ผ่านการควบคุมข้อต่อของแขนกลในแต่ละข้อต่อเพื่อให้แขนกลเคลื่อนไหว ในท่าทางต่างๆ สำหรับการหยิบจับสิ่งของ มีเป็นภารกิจ



รูปที่ 4.4 การทำการกิจในด่านที่ 2 Arm Robot

4.1.3 Mobile Robot with Arm

ด่านที่ 3 Mobile Robot with Arm ในด่านนี้จะเป็นการสมมติการควบคุมจาก ด่านที่ 1 Mobile Robot และด่านที่ 2 Arm Robot โดยในด่านนี้ผู้เล่นจะได้เรียนรู้การควบคุม Mobile Robot with Arm ผ่านการได้ควบคุม หุ่นยนต์ตัวนี้ให้ไปหยิบกล่องใบใส่ในพื้นที่ที่กำหนดไว้



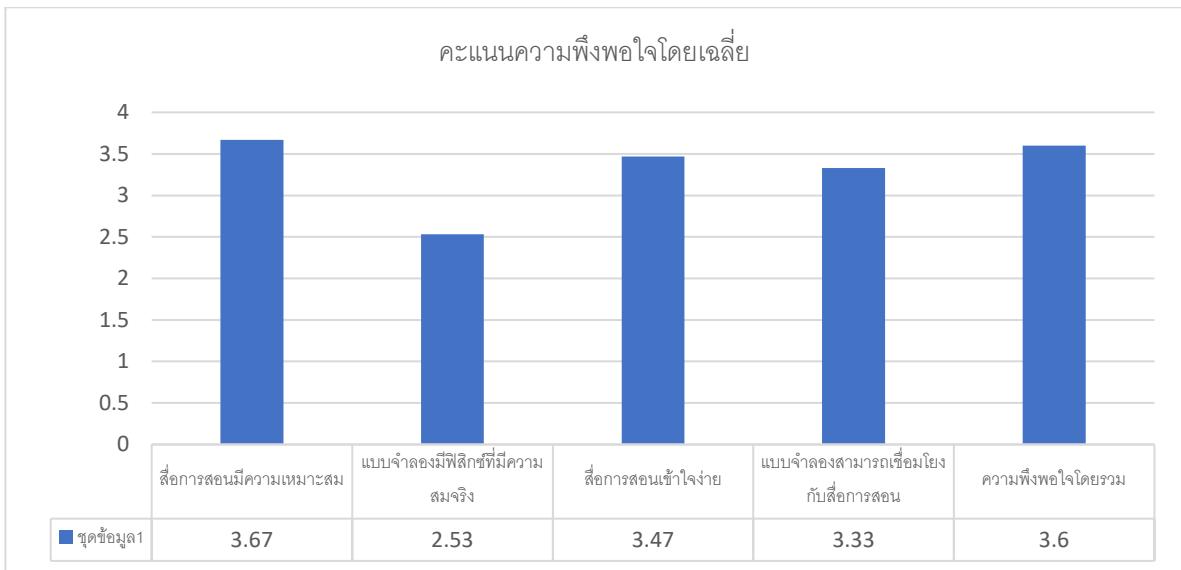
รูปที่ 4.5 การทำการกิจในด่านที่ 3 Mobile Robot with Arm



รูปที่ 4.6 การทำการกิจในด้านที่ 3 Mobile Robot with Arm

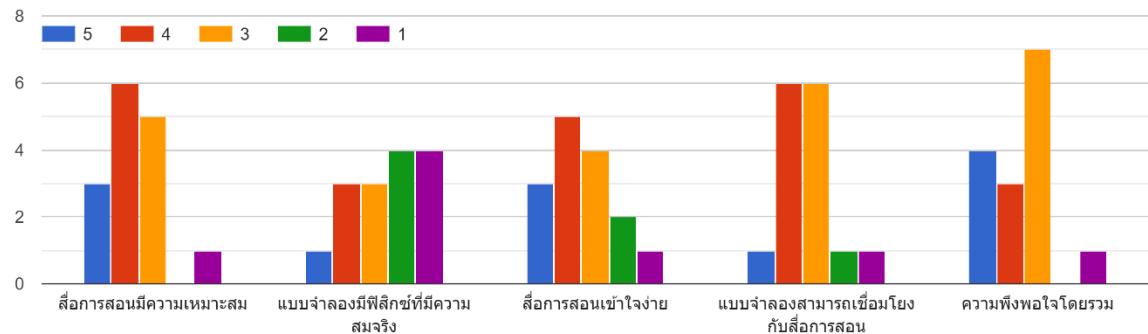
4.2 Feedback ที่ได้รับ

ผลจากการเก็บแบบประเมินจากผู้ใช้งานอายุ 17 ปี จำนวน 15 คนได้ผลดังนี้:



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อ

ความพึงพอใจของสื่อการสอน ค่าอธิบาย : 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง/มากที่สุด/ตีที่สุด 4 = ค่อนข้างเห็นด้วย/มาก/ตี 3 = เฉยๆ/ปานกลาง/พอประมาณ 2 = "ไม่ค่อยเห็นด้วย/น้อย/ควรปรับปรุง 1 = "ไม่เห็นด้วย/น้อยที่สุด/ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงคะแนนความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

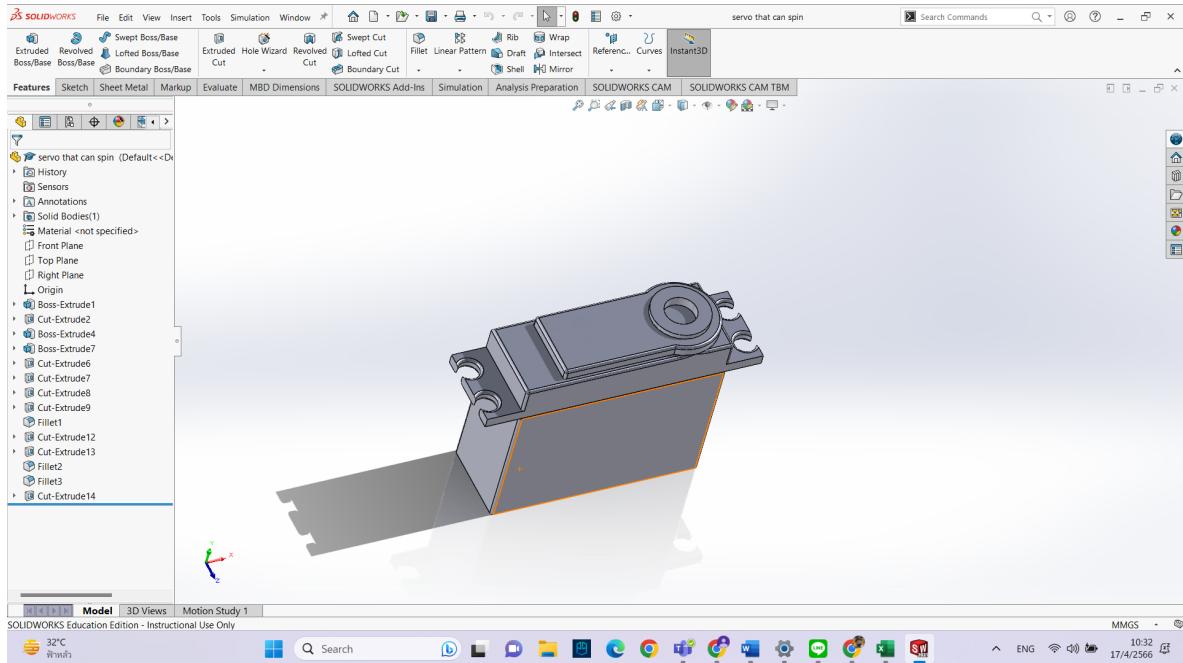
5.1 สรุปผลการทดลอง

สื่อการสอนสามารถรับรู้บนเว็บไซต์ได้ แต่ว่ายังคงต้องมีการปรับแก้ต่อไปเนื่องจากตัวของแบบจำลองยังมีบัคบางส่วนที่ทำให้ตัวเกมนั้น เกิดความไม่สมจริงขึ้นมา เช่น บัคบนกลไกลุกล่อง บัคบนกลิตรูป เป็นต้น ซึ่งทำให้ในหัวการประเมินความสมจริงของระบบพิสิกส์ได้คะแนนโดยเฉลี่ยเพียง 2.53 ทั้งนี้ในหัวข้อความเข้าใจง่ายของสื่อการสอนนั้นสามารถปรับปรุงภาพรวมของสื่อการสอนให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น เช่น การทำให้มีเดลในแบบจำลองมีความสวยงามมากยิ่งขึ้น การปรับเนื้อหาการสอนให้เข้าใจง่ายและน่าเรียนรู้ เพื่อเพิ่มคะแนนเกี่ยวกับความเข้าใจง่ายของสื่อการสอนที่ได้เพียง 3.5 และท้ายที่สุดในหัวข้อของความหมายของสื่อการสอนและการเชื่อมโยงของสื่อการสอนให้เข้ากับเนื้อหานั้นยังคงต้องพัฒนาต่อไป

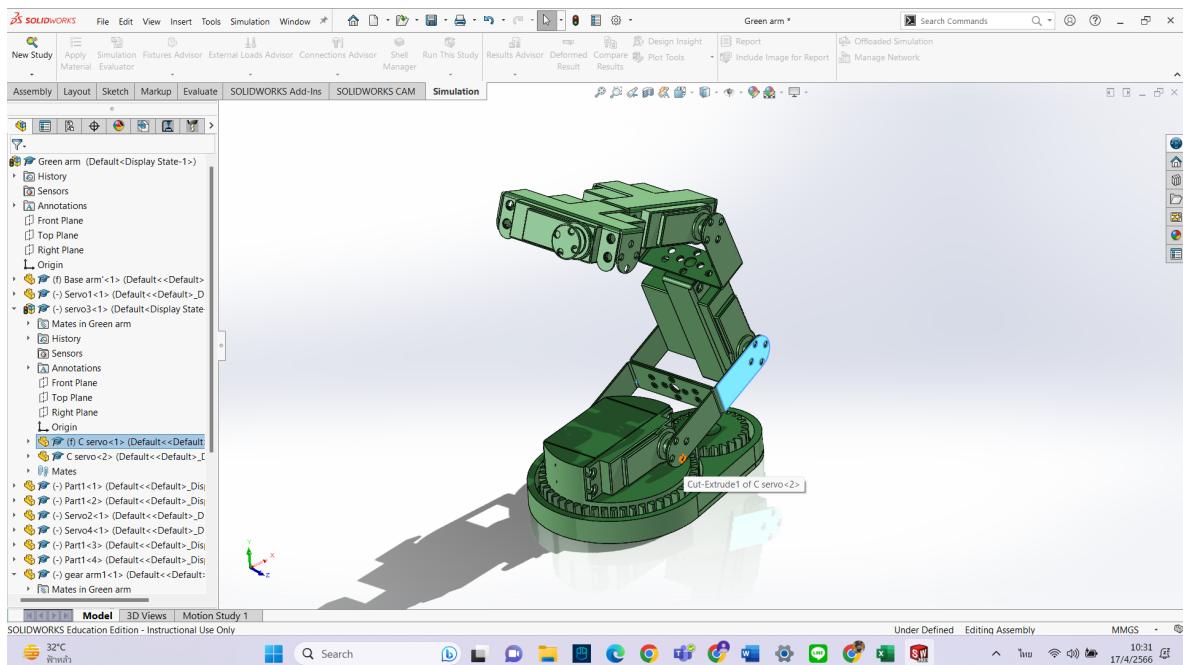
5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

โครงการนี้สามารถพัฒนาต่อไปในแนวทางเกมได้ โดยการเพิ่มเกมใหม่ๆ เพื่อดึงดูดผู้ใช้ใหม่ ความสนใจในตัวเกมมากขึ้น เพิ่มการปรับแต่งหุ่นยนต์ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทดลองกับหุ่นยนต์ในหลายรูปแบบ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มแบบจำลองใหม่ๆ ในอนาคต เพื่อการให้ความรู้เพิ่มเติมในอนาคต

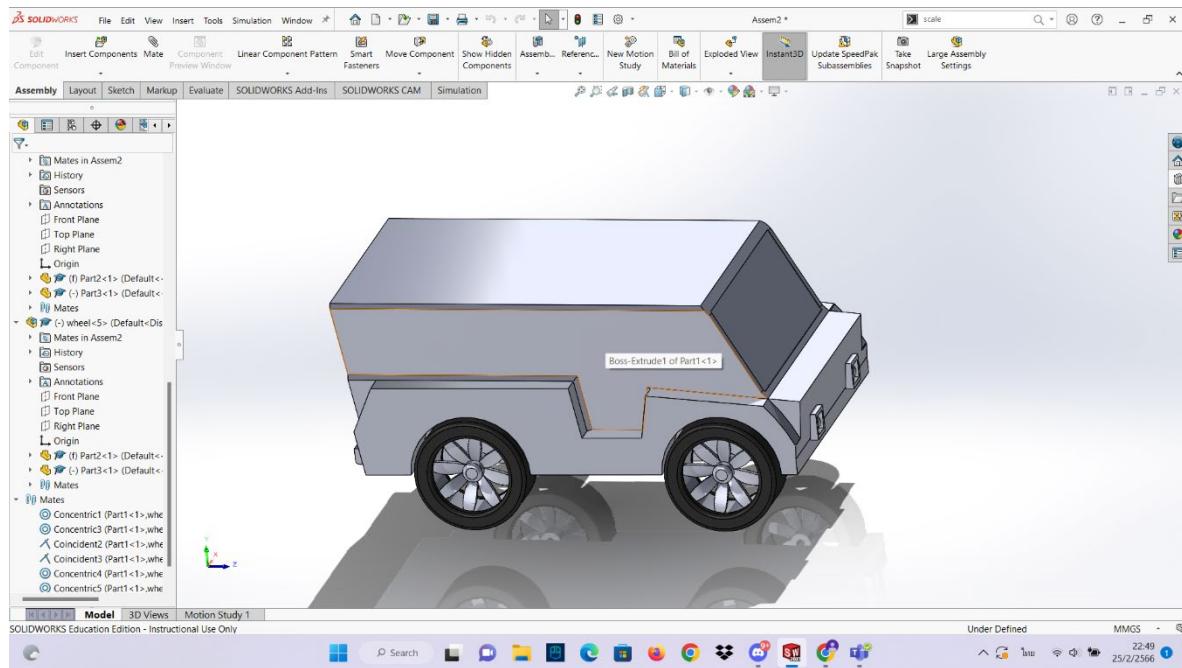
ภาคผนวก ก



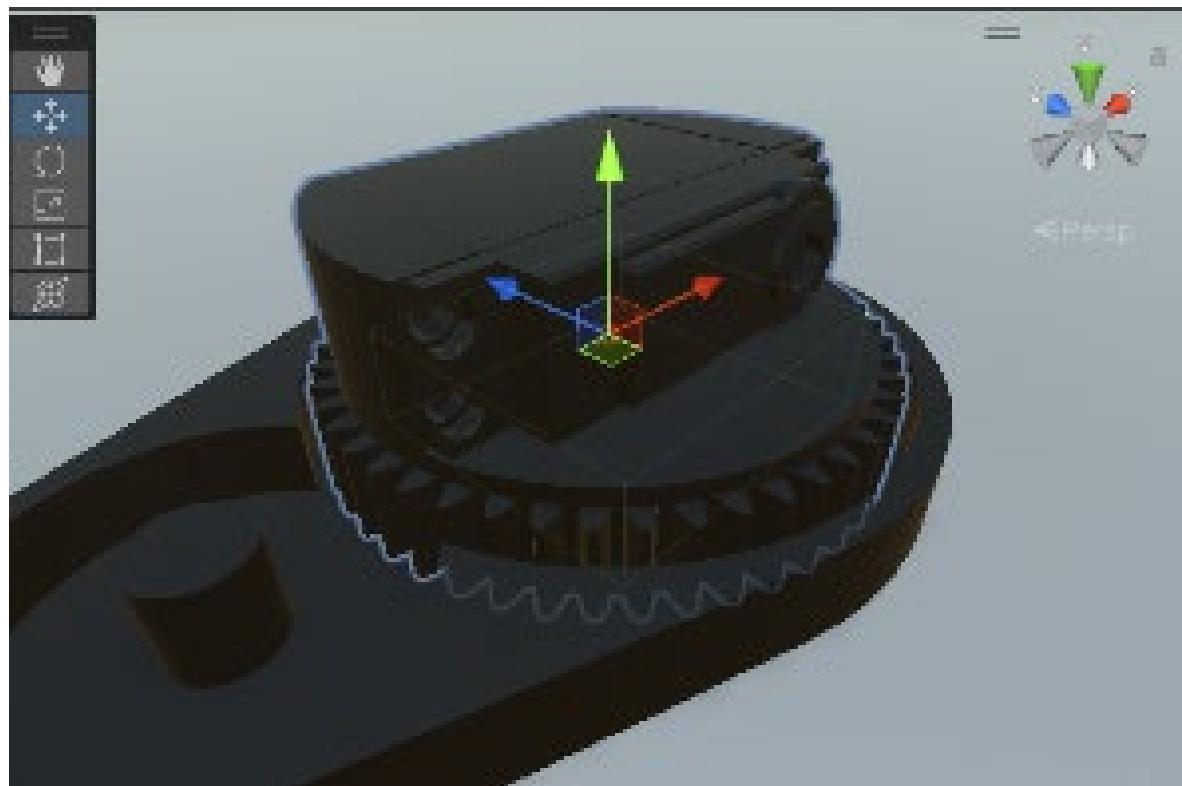
รูปที่ ก.1 โมเดล servo



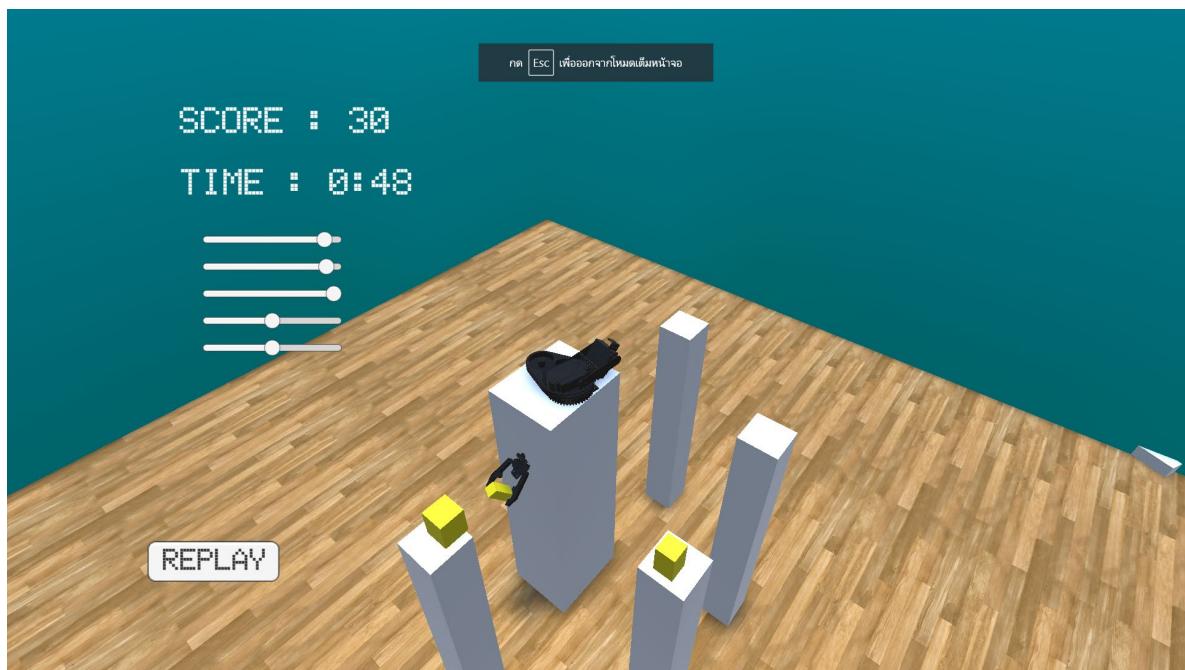
รูปที่ ก.2 โมเดลแขนกล



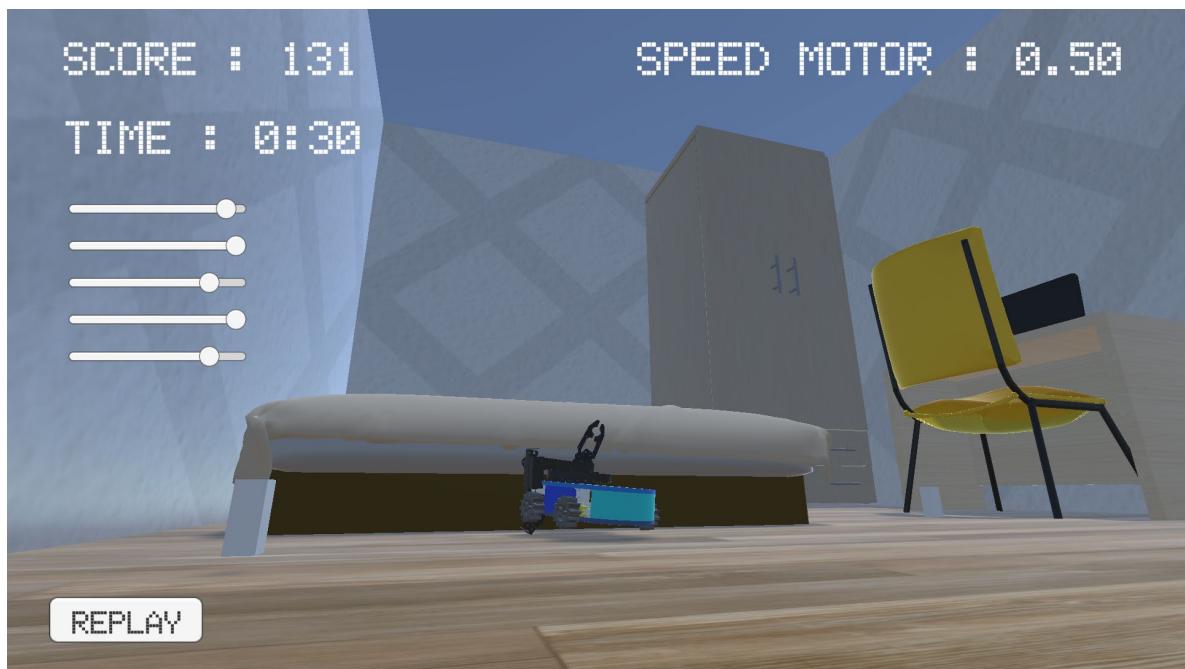
รูปที่ ก.3 โมเดลรถเพิ่มเติม



รูปที่ ก.4 การประกอบข้อต่อแขนกล



รูปที่ ก.5 ตัวอย่างบ็อกของด่านที่ 2



รูปที่ ก.5 ตัวอย่างบ็อกของด่านที่ 3



รูปที่ ก.7 scene ด่านที่ 1

ເອກສາຣ້ອ້າງອີງ

Ben T., David H., Haoyang Z., Bista S. R., Rohan S., Dayoub F., and Sünderhauf N., 2020, “BenchBot: Evaluating Robotics Research in Photorealistic 3D Simulation and on Real Robots”, **the Australian Research Council Centre of Excellence for Robotic Vision** [Online], Available: Ben <https://arxiv.org/abs/2008.00635> [2022, July 6].

Konrad A., 2019, “Simulation of Mobile robots with Unity and ROS”, The department of engineering science in partial fulfilment of the requirements for the requirements for the degree of Master of Science with specialization in robotics and automation at university, pp 1-52.

Olivier M., (2004), “WebotsTM: Professional Mobile Robot Simulation”, **International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol 1 No 1**, [Online], Available: <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/international-journal-of-advanced-robotic-systems/journal202567> [2022, July 6].

Treis K., (2022), ROS – Robot Operating System [Online], Available: <https://www.ros.org/> [2022, October 10]

Tsoi N., Mohamed H., Fugikawa O., J. D. Zhao, and Vazquez M., 2012, “An Approach to Deploy Interactive Robotic Simulators on the Web for HRI Experiments: Results in Social Robot Navigation”, **the National Science Foundation Grant** [Electronic], Available: Yale College [2022, July 6].

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ นามสกุล นายตะวัน จิตรุ่งเรืองนิจ

วัน เดือน ปีเกิด 9 มีนาคม 2549

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนครุณสิกขาลัย (โครงการ วมว.)

ที่อยู่ 310 ถ.ตรีมิตร แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร 10100

E-mail tawan.jitroongruangnij@mail.kmutt.ac.th

ថ្វីជាអាសយដ្ឋាន



ชื่อ นามสกุล	นายปกรณ์ บัวงาม
วัน เดือน ปีเกิด	21 พฤศจิกายน 2548
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค จุฬารณราชวิทยาลัยชลบุรี
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดรุณสิกขลาลัย (โครงการ วมว.)
ที่อยู่	333/88 ม.4 ต.ทับมา อ.เมือง จ.ระยอง 21000
E-mail	pakorn.buangam@mail.kmutt.ac.th

ประวัติผู้จัดทำ(ต่อ)



ชื่อ นามสกุล	นายกัญจน์นวชัย มั่นศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	25 มิถุนายน 2549
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดรุณสิกขาลัย (โครงการ รวมฯ.)
ที่อยู่	35/382 ม.2 บบ.วัสสร 12 ต.คลองสาม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
E-mail	kannawich.munsak@mail.kmutt.ac.th