



สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)
Health Systems Research Institute (HSRI)

รายงานฉบับสมบูรณ์

**โครงการพัฒนาเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้น
ต่างระดับอัตโนมัติสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุ**

โดย

ศ.ดร.มนูกิจ พานิชกุล
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

1. บทคัดย่อ

รถเข็นเป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย สำหรับผู้ที่มีปัญหาในการเดิน การที่จะใช้รถเข็นได้นั้น ผู้ใช้งานจำเป็นต้องใช้กำลังจากมือในการควบคุมการเคลื่อนที่ของล้อซ้ายและขวา เพื่อบังคับการเคลื่อนที่หรือเลี้ยวของรถเข็น ถ้าผู้ใช้งานไม่สามารถออกแรงบังคับ การเคลื่อนที่ของล้อได้เองแล้ว จำเป็นต้องพึ่งพาผู้อื่นให้เป็นผู้เข็นรถเข็นแทนตลอดเวลา รถเข็นไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้รถเข็นมีกำลังความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองเพื่อลดการพึ่งพาผู้อื่น ผู้ใช้งานเพียงแต่บังคับการเคลื่อนที่ ผ่านแป้นควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทาง อย่างไรก็ตามรถเข็นไฟฟ้าก็ยังมีข้อจำกัด ที่สามารถเคลื่อนที่ได้เฉพาะบนพื้นราบ หรือพื้นที่ลาดเอียงที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเท่านั้น รถเข็นไฟฟ้ายังไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นต่างระดับ เช่น บันไดได้นอกจากนี้แล้ว รถเข็นไฟฟ้าที่มีขายตามท้องตลาดในปัจจุบัน ยังไม่สามารถวางแผนการเคลื่อนที่และเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้ด้วยตัวเอง ผู้ใช้งานยังมีความจำเป็นต้องสั่งเก้าอี้ไฟฟ้าในทุก ๆ การเคลื่อนที่

ด้วยเหตุผลดังกล่าว คณะนักวิจัยจึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ที่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นต่างระดับได้แบบอัตโนมัติ สำหรับผู้ที่มีปัญหาในการเดิน เช่น ผู้พิการหรือผู้สูงอายุ ผู้ใช้งานเพียงป้อนพิกัดของตำแหน่งที่จะเคลื่อนที่ไปเท่านั้น เก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จะทำการวางแผนการเคลื่อนที่ แล้วทำการเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่วางแผนไว้ได้ด้วยตัวเอง สามารถและหากเส้นทางจะต้องผ่านพื้นต่างระดับหรือบันได เก้าอี้หุ่นยนต์จะมีความสามารถเคลื่อนที่ผ่านพื้นต่างระดับได้เองโดยอัตโนมัติ

เก้าอี้หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย องค์ความมีอิสระทั้งหมดจำนวน 16 แกนเพื่อสร้างการเคลื่อนที่จำนวน 16 แกนสำหรับทั้ง 4 ขา โดยในแต่ละขาจะมีมอเตอร์สำหรับ การเคลื่อนที่ล้อไปด้านหน้าหรือด้านหลัง มีมอเตอร์สำหรับปรับการเคลื่อนที่ของขาของเก้าอี้ให้สูงขึ้นหรือต่ำลง มีมอเตอร์สำหรับเคลื่อนที่สวิงล้อเพื่อก้าวขึ้นหรือลงบันได และมีมอเตอร์สำหรับปรับทิศทางของแกนล้อ เพื่อให้การเคลื่อนที่ของทุกล้อมีจุดศูนย์กลางการเคลื่อนที่ที่จุดเดียวกัน ในกรณีมีการเลี้ยวเกิดขึ้น

จากการทดสอบเก้าอี้หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งการเคลื่อนที่ตามคำสั่งจากจอยสติค และสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองตามคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ อย่างถูกต้อง

Abstract

Wheelchairs have been widely used for walking disabled people. In order to operate a wheelchair to move straight or turn left/right, the user has to use his hands in order to control the motion of left and right wheels of the wheelchair. If the user cannot provide force to move the wheelchair, a helper is required to push/pull the wheelchair from the back. Electrical wheelchairs were developed in order that the users could operate the wheelchairs through control panel/joy stick. The wheelchairs can be used only on flat surfaces. Mobility between different levels are possible only through slope surfaces. The existing wheelchairs cannot move through steps; for example stairs, etc. Furthermore, the existing wheelchairs cannot plan the paths and cannot move to destination locations by themselves. They still require every single commands from the users.

Based on the above reasons, this research has been conducted in order to research and develop an autonomous mobile wheelchair which has an ability to move through steps for walking disabled people; for example, elderly people. The user is required only to provide the destination location, the mobile wheelchair will plan the paths and navigate itself to go to the destination. On the way to the destination, if there exist steps, the mobile wheelchair will climb the steps automatically.

The developed mobile wheelchair consists of 16 degrees of freedom for all 4 legs. Each leg has a motor to drive 2 wheels in forward/backward direction, a motor to adjust the length of each leg, a motor to swing a link connecting the 2 driving wheels to climb up/down steps, and a motor to turn direction of each leg to have only a point of center of motion during turning.

The results from experiments confirm that the developed mobile wheelchair can move in manual mode to follow commands from control panel/joystick and in automatic mode to follow commands from computer correctly with some small error of distance/angle.

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

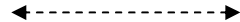
เพื่อที่จะออกแบบและพัฒนาต้นแบบเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ สำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุโดยมีคุณสมบัติพิเศษดังนี้

1. มีความสามารถในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นต่างระดับได้แบบอัตโนมัติ
2. มีความสามารถในการวางแผนการเคลื่อนที่ และทำการเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่วางแผนไว้ได้อย่างอัตโนมัติ

3. ผลการดำเนินงานเมื่อเทียบกับแผน

กิจกรรม/ ขั้นตอนการ ดำเนินงาน	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ ในแต่ละ ช่วงเวลา	ปีที่ 1											
		เดือน											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาถึงงานวิจัยที่มีมาก่อน	ความรู้ด้านการวางแผน การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่	↔											
2. ออกแบบและพัฒนากลไกทางกล	ชิ้นส่วนทางกลของเก้าอี้หุ่นยนต์		←→										
3. ออกแบบและพัฒนาวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ	วงจรไฟฟ้าต่าง ๆ		←→										
4. ออกแบบและโปรแกรมการวางแผน การเคลื่อนที่ และการควบคุมการเคลื่อนที่	โปรแกรมการวางแผน การเคลื่อนที่ และการควบคุมการเคลื่อนที่		←→										
5. รวมระบบทางกล ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน	ต้นแบบเก้าอี้หุ่นยนต์		←→										
6. ทดสอบและประเมินผลระบบ	ประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ												
กิจกรรม/ ขั้นตอนการ ดำเนินงาน	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ ในแต่ละ ช่วงเวลา	ปีที่ 2											
		เดือน											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7. ออกแบบแก้ไขกลไกทางกล	ชิ้นส่วนทางกลของเก้าอี้หุ่นยนต์	←→											

8.ออกแบบแก้ไขวงจรไฟฟ้า	วงจรไฟฟ้าต่าง ๆ				↔							
9. ออกแบบแก้ไขโปรแกรมการวางแผน การเคลื่อน ที่และการควบคุม การเคลื่อน ที่	โปรแกรมการวางแผน การเคลื่อน ที่และการควบคุม การเคลื่อน ที่					↔						
7. สรุปและรายงานผล	รายงาน					↔						

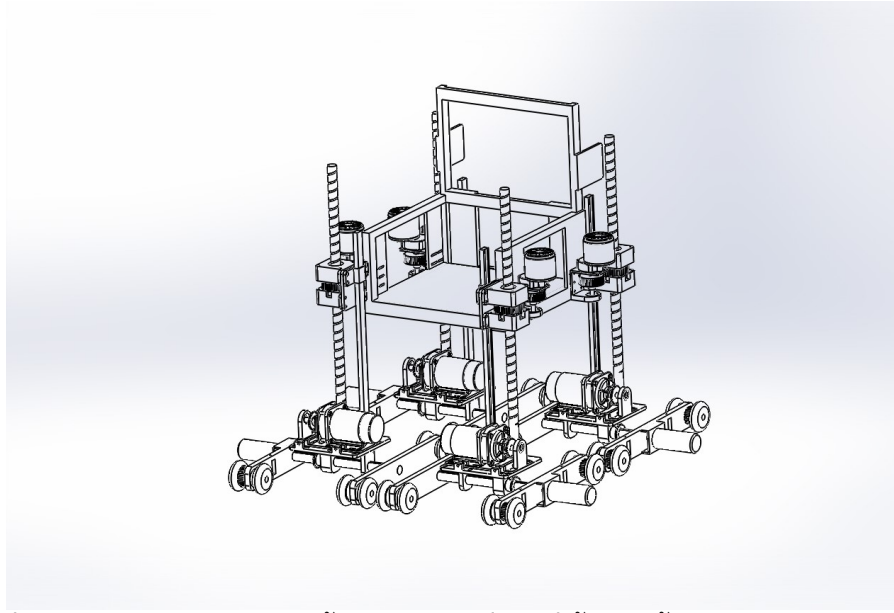
 แผนงาน
 ผลงานจริง

ผลการดำเนินงานล่าช้ากว่าแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกทีวางไว้ 1 ปี เนื่องจากเก้าอี้หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นในตอนแรกที่มีจำนวนองค์ความมีอิสระทั้งหมดแค่ 12 แกน ทำให้เก้าอี้หุ่นยนต์ไม่สามารถเลี้ยวไปตามองศาที่ต้องการได้อันเนื่องมาจาก แรงเสียดทานที่มีค่ามากและไม่สามารถควบคุมได้ นักวิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงการออกแบบ โดยเพิ่มองค์ความมีอิสระอีก 4 แกนเพื่อบังคับให้เกิดจุดศูนย์กลางการเลี้ยวแค่จุดเดียวทำให้ลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น เลยเป็นสาเหตุที่ต้องขยายระยะเวลาการวิจัยเพิ่มไปอีก 6 เดือน

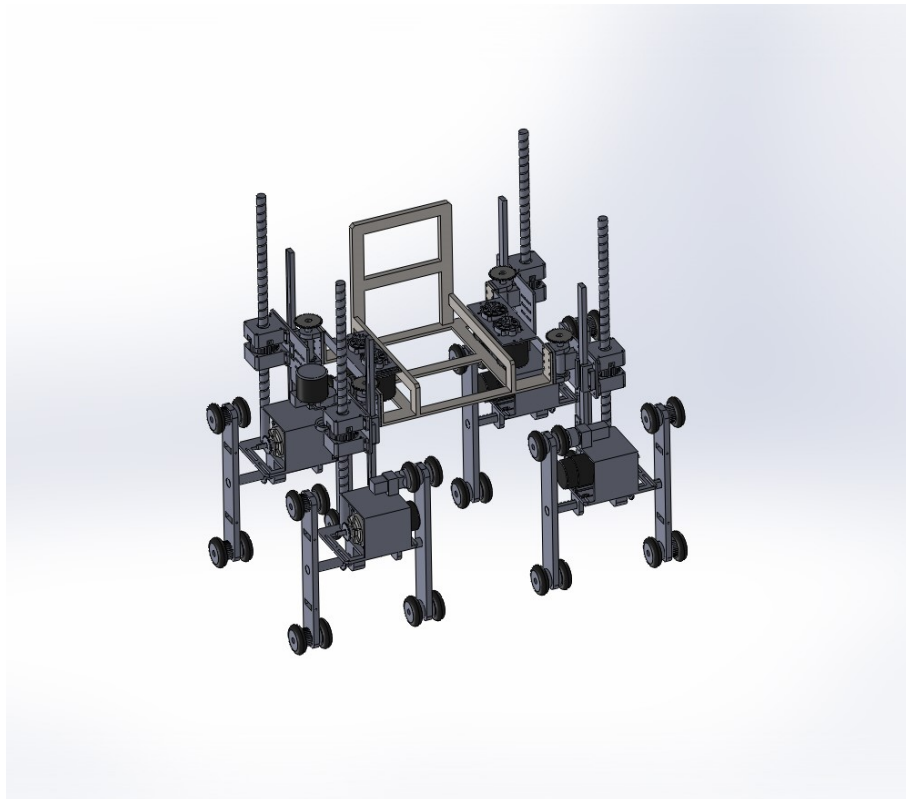
4. รายละเอียดทางกลของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ

เก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ โดยที่ส่วนแรกเป็นตัวโครงเก้าอี้ซึ่งขึ้นรูปจากการเชื่อมแผ่นเหล็กไร้สนิม (สแตนเลสสตีล) และส่วนที่สองเป็นฐานเคลื่อนที่ของเก้าอี้หุ่นยนต์ซึ่งประกอบจากชิ้นส่วนเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์จำนวนทั้งสิ้น 16 ตัว โดยที่มอเตอร์ 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลังและหีดสกรูทำหน้าที่ให้เกิดการเลื่อนเข้าออกของขาทั้ง 4 ขาอย่างอิสระ มอเตอร์อีก 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลังทำหน้าที่ให้เกิดการสวิงล้อขึ้นหรือลงแต่ละชั้นของบันได ของแต่ละขาของเก้าอี้หุ่นยนต์ มอเตอร์อีก 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลัง ทำหน้าที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่แบบล้อเลื่อนบนพื้นระนาบ ของแต่ละขาของเก้าอี้หุ่นยนต์ ในขณะที่มอเตอร์ 4 ตัวสุดท้ายทำหน้าที่ปรับทิศทางของแกนล้อ เพื่อให้การเคลื่อนที่ของทุกล้อมีจุดศูนย์กลางการเคลื่อนที่ที่จุดเดียวกัน ในกรณีมีการเลี้ยวเกิดขึ้น

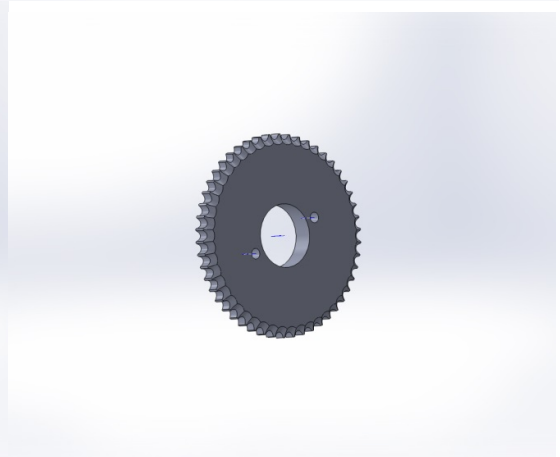
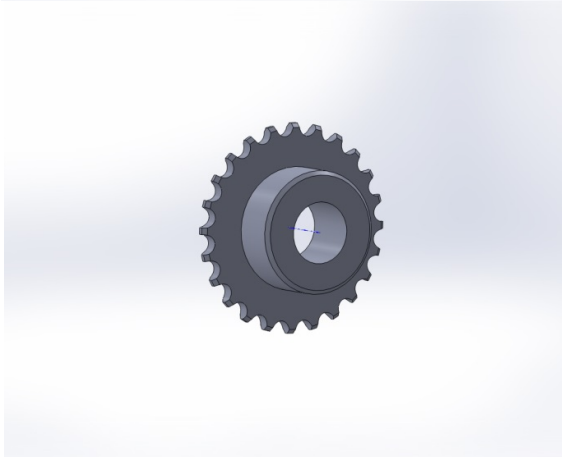
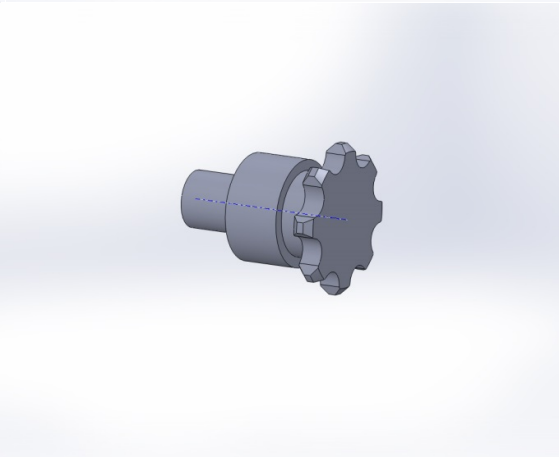
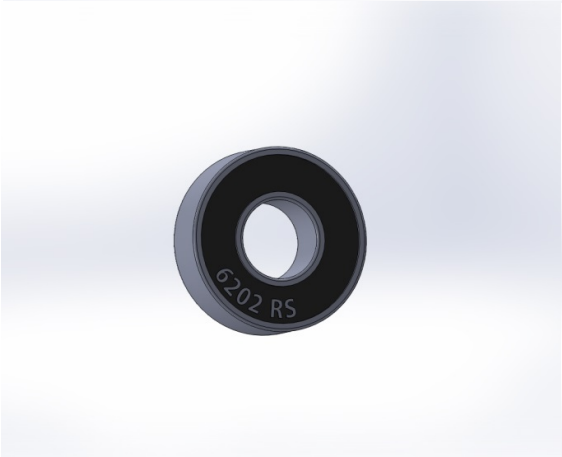
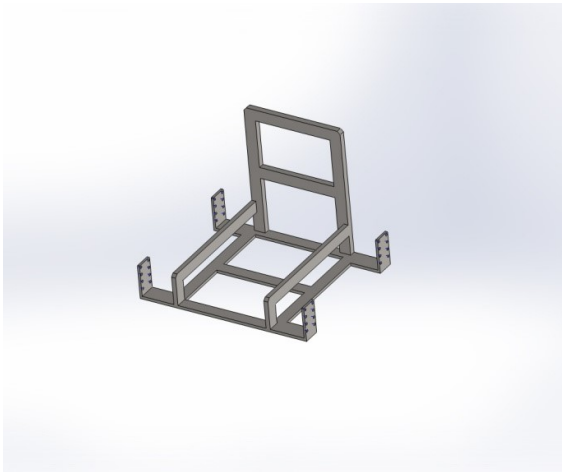
รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงแบบวาดของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติในเวอร์ชันแรกที่มี 12 องศาความมีอิสระ ที่ล้อไม่สามารถปรับทิศทางได้ทำให้ยังมีข้อบกพร่องของการออกแบบ ในเรื่องของแรงเสียดทานทำให้เก้าอี้หุ่นยนต์ไม่สามารถควบคุมการเลี้ยวที่แม่นยำได้ รูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงแบบวาดของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ ในเวอร์ชันสุดท้ายที่มี 16 องศาความมีอิสระ รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงแบบวาดชิ้นส่วนต่าง ๆ ขณะที่รูปที่ 4.4 แสดงถึงภาพถ่ายของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติเวอร์ชันแรก รูปที่ 4.5-4.6 แสดงถึงภาพถ่ายของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติเวอร์ชันสุดท้ายจากมุมต่าง ๆ

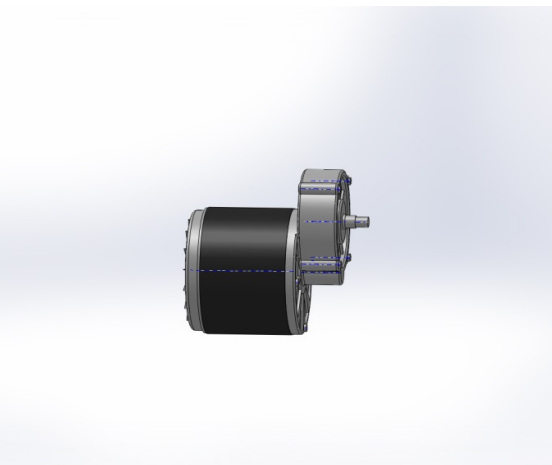
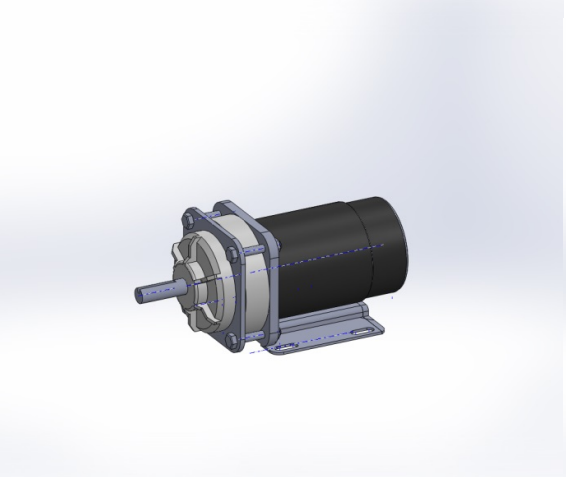
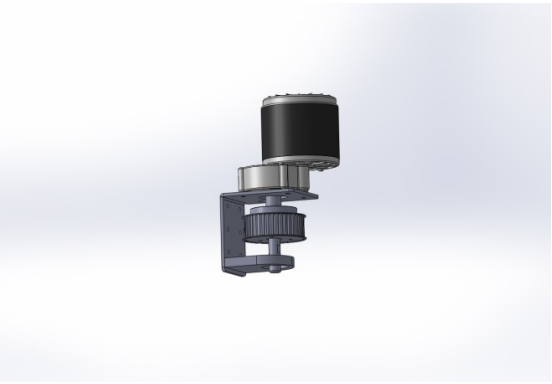
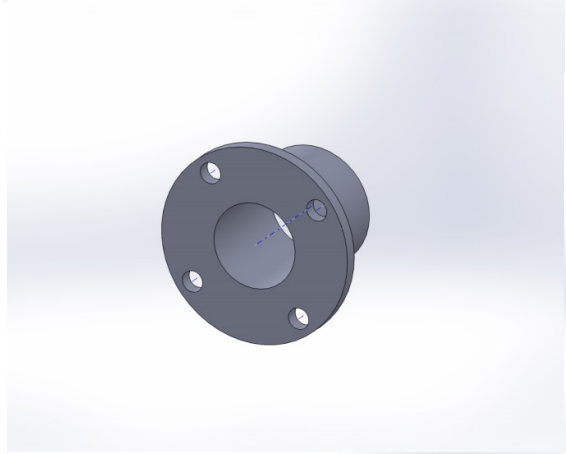
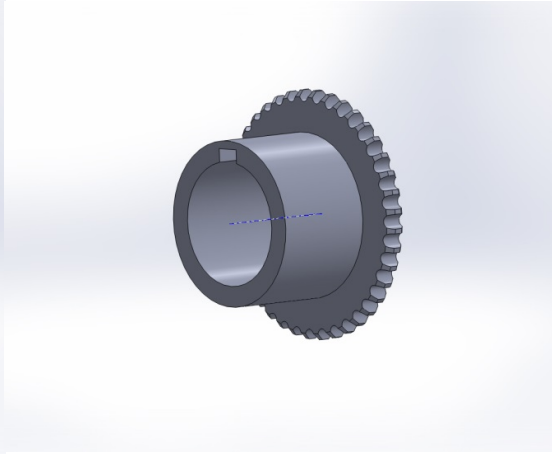
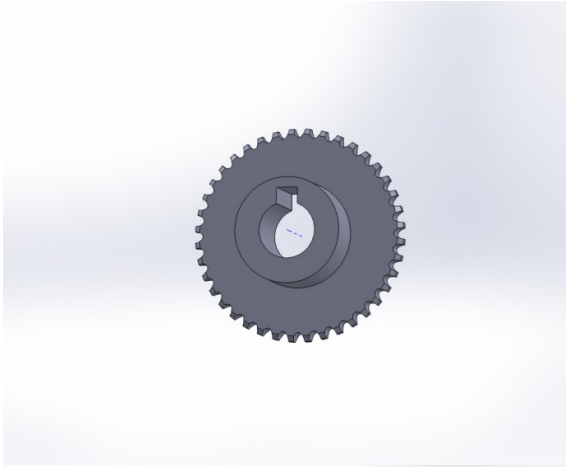


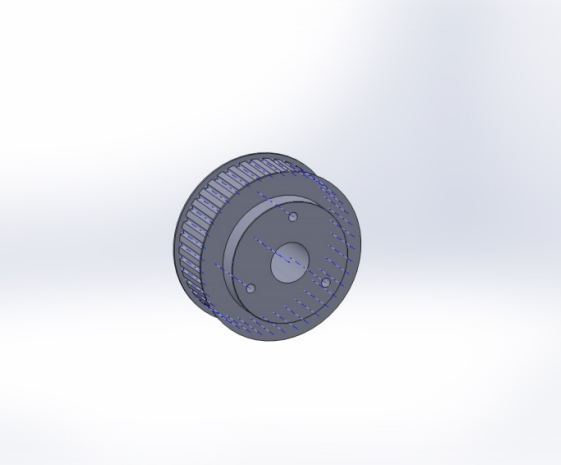
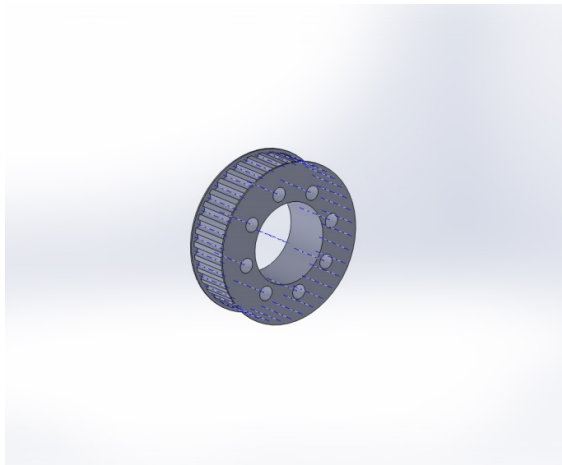
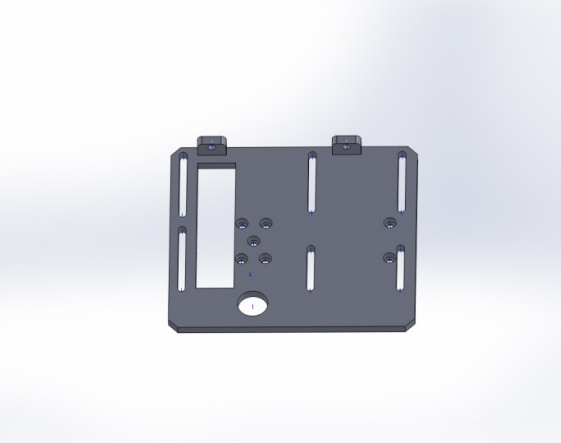
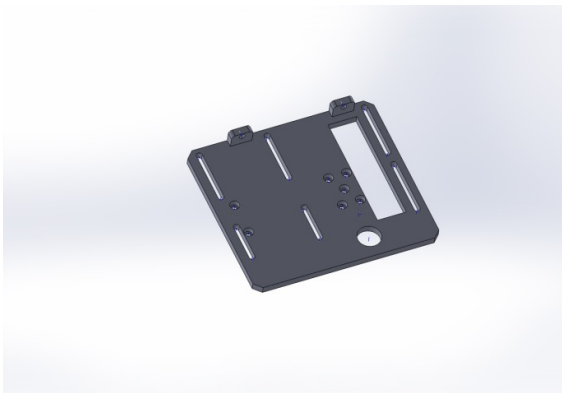
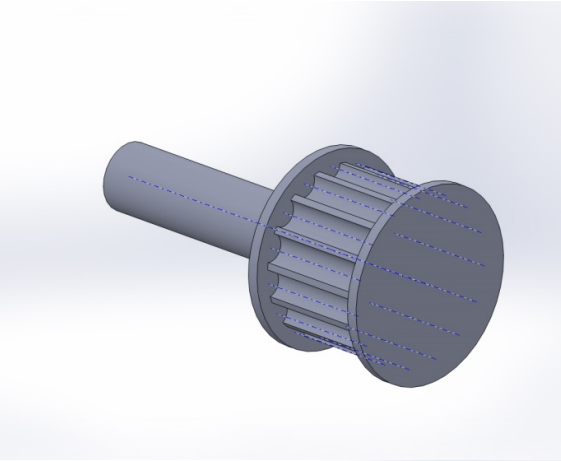
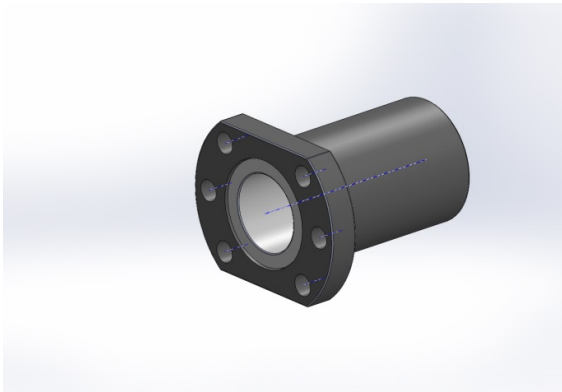
รูปที่ 4.1 แบบวาดของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ
เวอร์ชันแรกที่มี 12 องศาความมีอิสระ

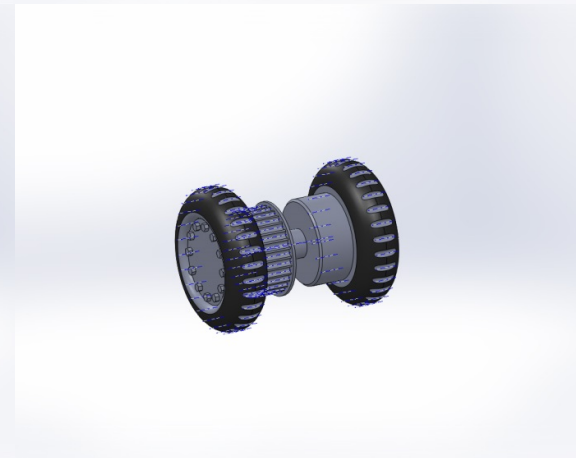
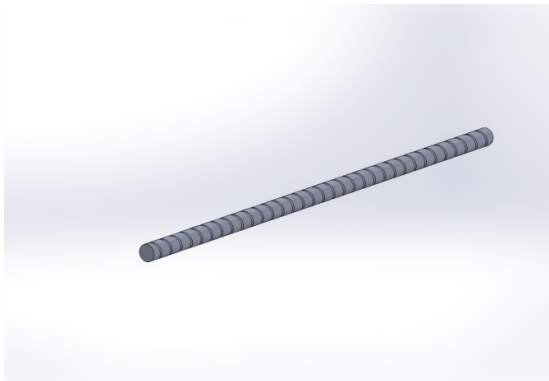


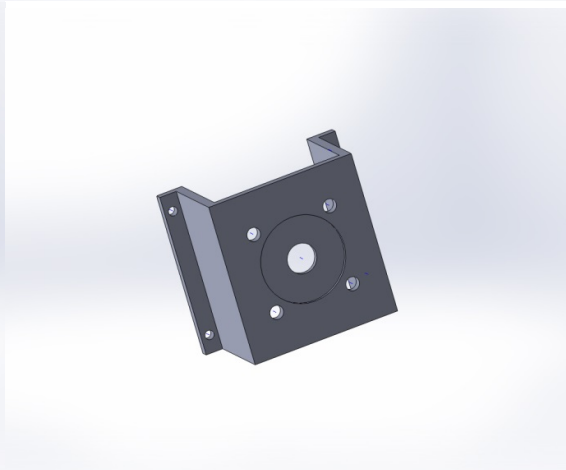
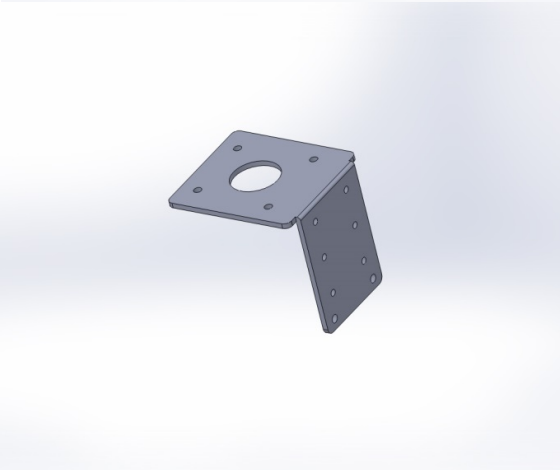
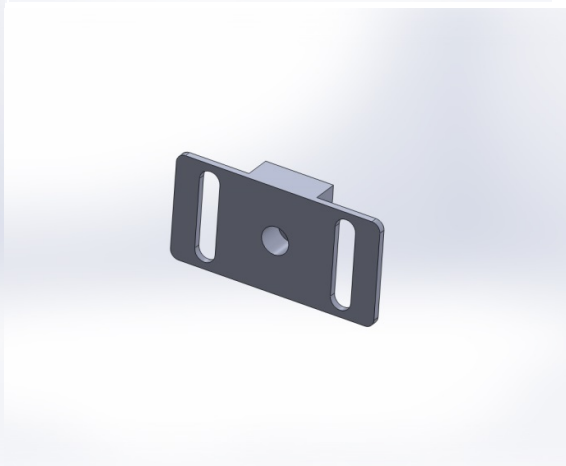
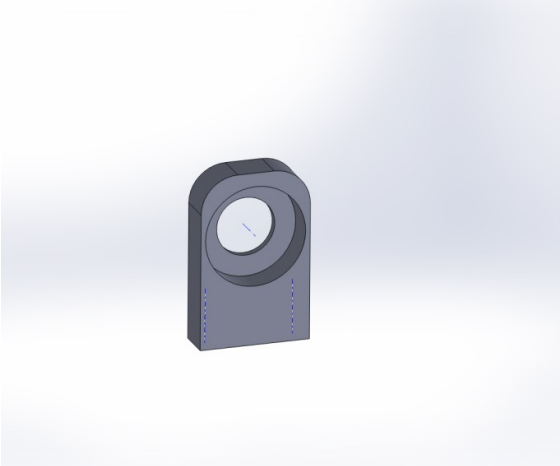
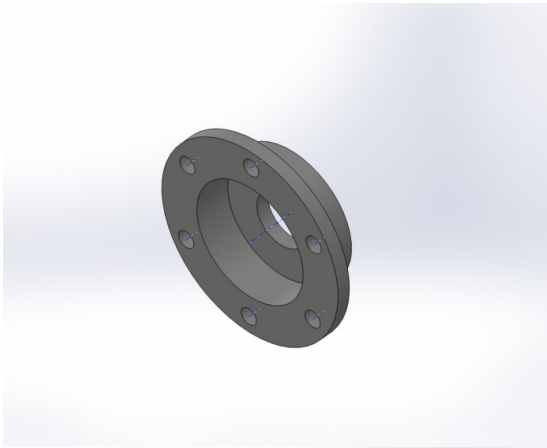
รูปที่ 4.2 แบบวาดของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ
เวอร์ชันสุดท้ายที่มี 16 องศาความมีอิสระ

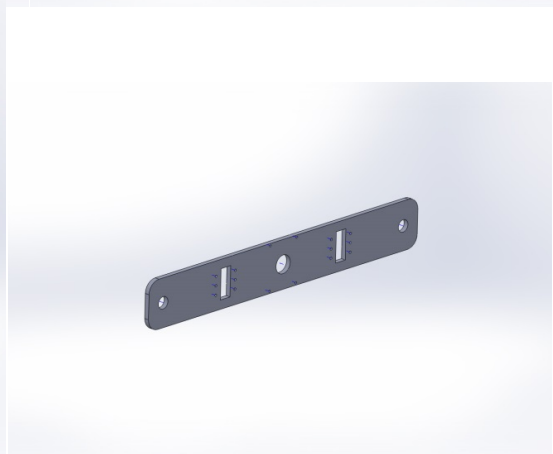
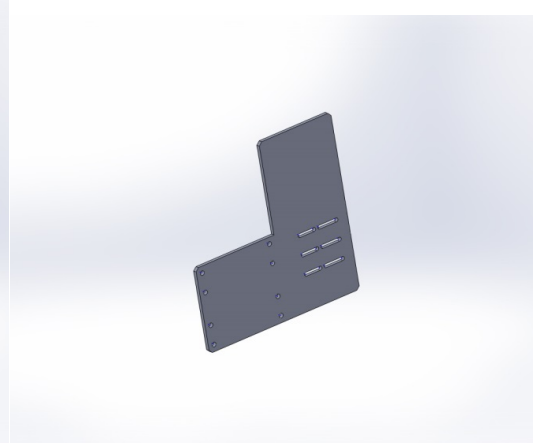
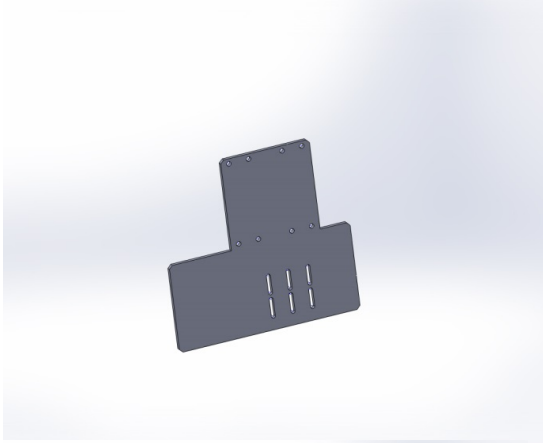
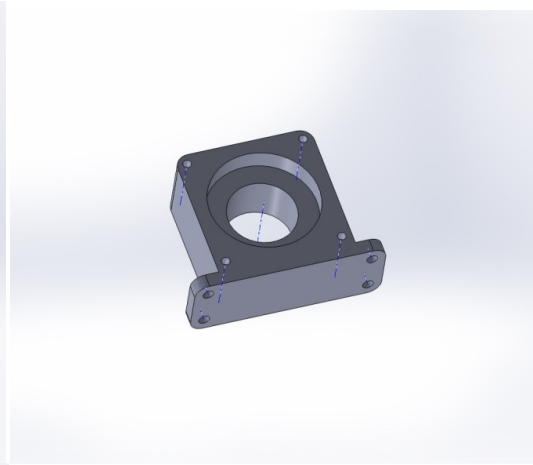
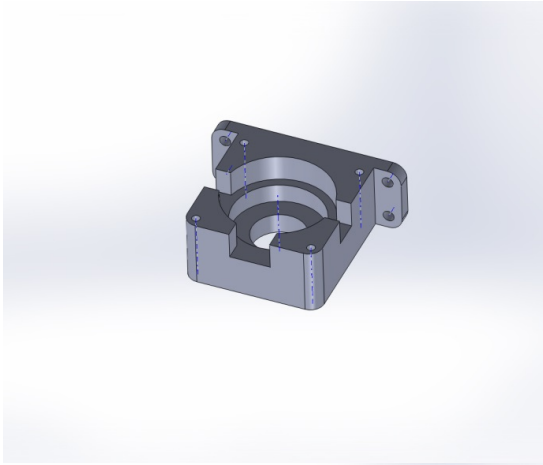


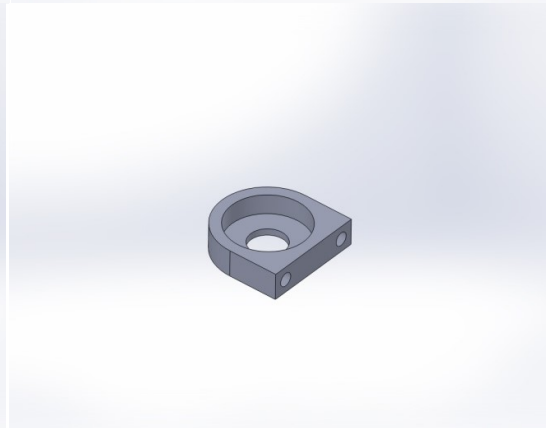
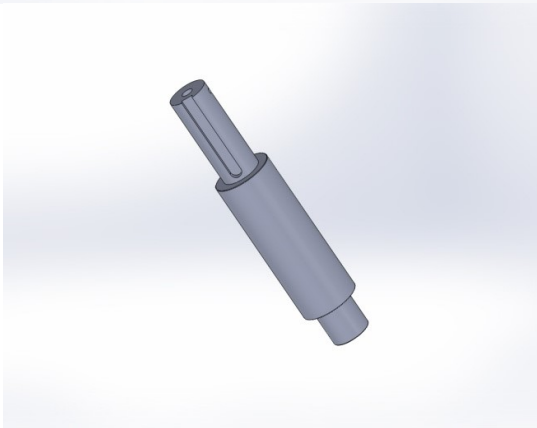
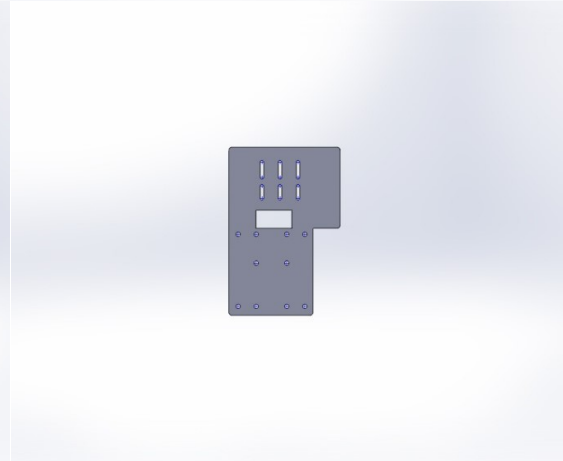
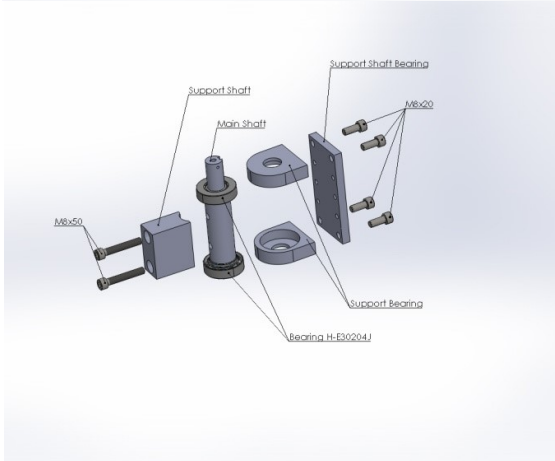
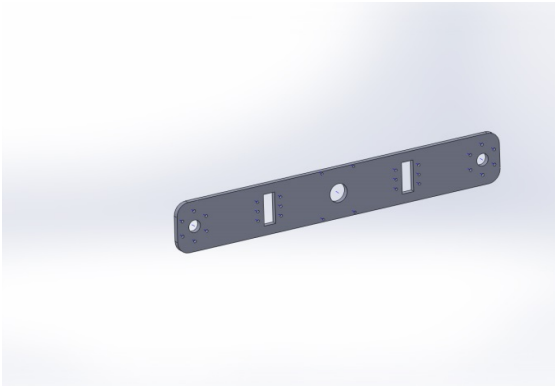


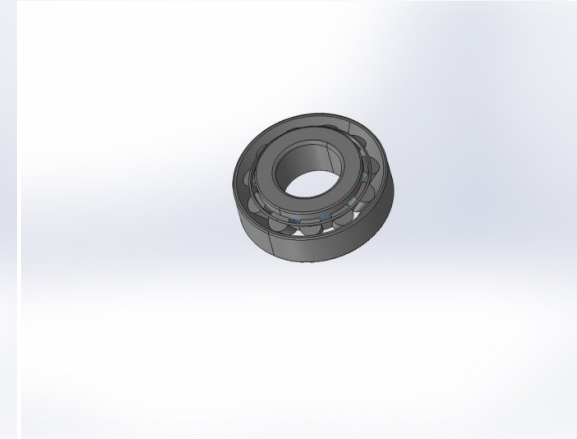
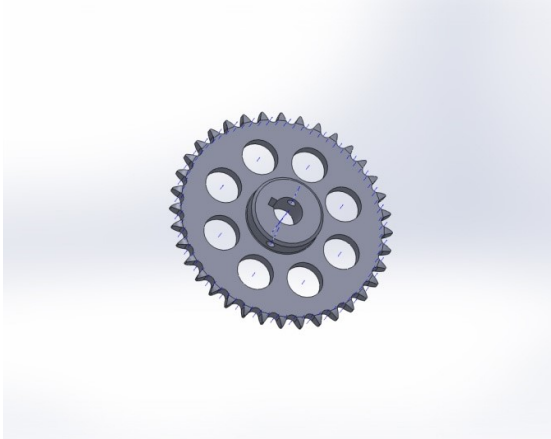
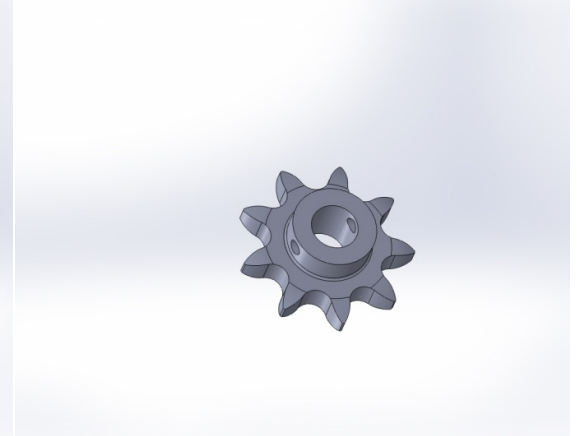
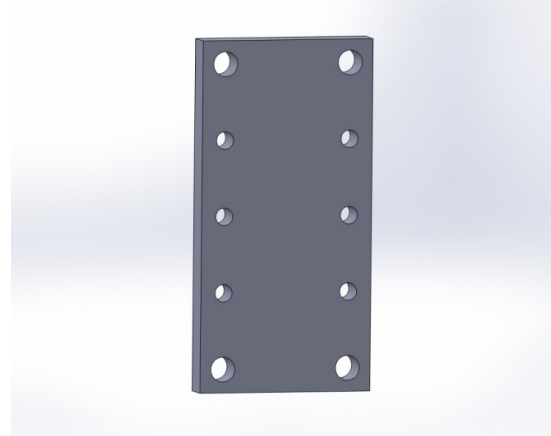
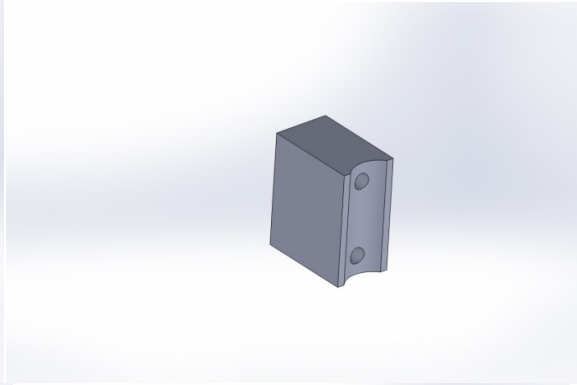
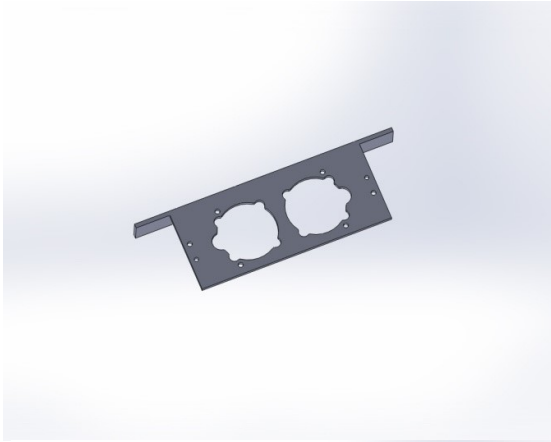


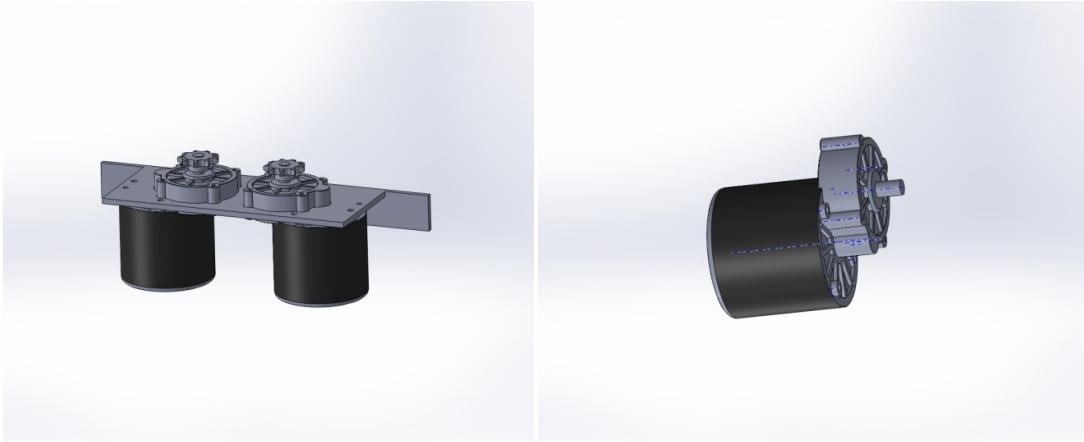












รูปที่ 4.3 แบบวาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ เวอร์ชันแรกที่มี 12 องศาความมีอิสระ



รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ
เวอร์ชันสุดท้ายที่มี 16 องศาความมีอิสระเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง



รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ
เวอร์ชันสุดท้ายที่มี 16 องศาความมีอิสระเคลื่อนที่เลี้ยว

5. รายละเอียดทางไฟฟ้าและการควบคุมของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ

สถาปัตยกรรมของระบบการเชื่อมต่อ ของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติถูกออกแบบ โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเก้าอี้หุ่นยนต์ จะทำการรับคำสั่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคำสั่งตั้งค่า คำสั่งรับค่า คำสั่งการเคลื่อนที่ และคำสั่งอื่น ๆ แล้วทำการแปรคำสั่งนั้นเป็นรหัสคำสั่ง ส่งผ่านไปที่ตัวประมวลผลหลัก โดยการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ก่อนที่ตัวประมวลผลหลักจะส่งต่อไปที่ตัวประมวลผลย่อย ซึ่งมีจำนวน 3 ตัว โดยการสื่อสารเป็นรหัสแอสกีผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม RS-485 ตัวประมวลผลหลักนอกจากจะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์แล้วยังจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ขาเข้า เช่น จอยสติ๊กชุดควบคุมการเคลื่อนที่ ลิ้มิตสวิตช์หรือเซนเซอร์อื่น ๆ และอุปกรณ์ขาออกเช่น สัญญาณไฟ LED ในขณะที่ตัวประมวลผลย่อยจะรับคำสั่งในลักษณะของตำแหน่งและความเร็วของข้อต่อต่าง ๆ แล้วทำการควบคุมให้ได้ตามนั้น ตัวประมวลผลย่อยจะเชื่อมต่อกับเอนโคเดอร์และ วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์ทั้ง 16 ตัว อีกทีหนึ่ง

เอนโคเดอร์ใช้สำหรับตรวจวัดตำแหน่งหรือความเร็วแกนหมุนของมอเตอร์ ถูกติดตั้งที่ท้ายของมอเตอร์ทั้ง 16 ตัว ดังนั้นตำแหน่งข้อต่อของเก้าอี้หุ่นยนต์สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์เชิงกลศาสตร์ของหุ่นยนต์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 4 รุ่นได้ถูกเลือกมาใช้สำหรับเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยที่

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 750 วัตต์พร้อมเฟืองทดโดยมีความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาทีขณะที่ถูกขับโดยไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จำนวน 4 ชุดได้ถูกเลือกให้เป็นต้นกำลังการเคลื่อนที่ของชุดปีนบันไดของทั้ง 4 ขา
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 350 วัตต์พร้อมเฟืองทดโดยมีความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาทีขณะที่ถูกขับโดยไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ และชุดหีสดสกรูเพื่อเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง จำนวน 4 ชุดได้ถูกเลือกให้เป็นต้นกำลังการเคลื่อนที่แบบยึดหดของขาทั้ง 4 ขา
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 80 วัตต์พร้อมเฟืองทดโดยมีความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาทีขณะที่ถูกขับโดยไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จำนวน 4 ชุดได้ถูก

เลือกให้เป็นต้นกำลังการเคลื่อนที่ของล้อเคลื่อนบนพื้นราบทั้ง 8 ล้อ โดยที่ในแต่ละขามีล้อจำนวน 2 ล้อสำหรับสลับการเคลื่อนที่บนบันไดแต่ละขั้น

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 350 วัตต์พร้อมเฟืองทดโดยมีความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาทีขณะที่ถูกขับโดยไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จำนวน 4 ชุดได้ถูกเลือกให้เป็นต้นกำลังการเคลื่อนที่ปรับทิศทางของล้อทั้ง 4 ล้อ



รูปที่ 5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 750 วัตต์



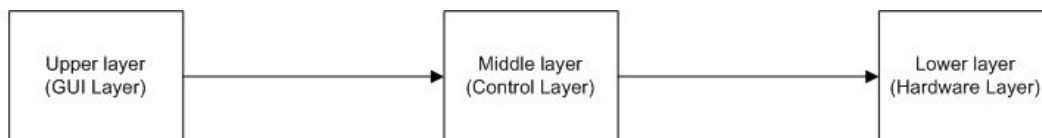
รูปที่ 5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 350 วัตต์



รูปที่ 5.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 80 วัตต์

5.1 โครงสร้างของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ

เพื่อที่จะพัฒนาเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ ให้มีประสิทธิภาพ โครงสร้างของระบบจึงถูกแบ่งออกเป็นสามส่วนดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 โครงสร้างของเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ

5.1.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (Upper layer)

ส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับแสดงปุ่มหรือเมนูคำสั่งต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้ ในส่วนนี้ผู้ควบคุมจะสามารถส่งคำสั่งต่างๆ ไปยังเก้าอี้หุ่นยนต์ ซอฟต์แวร์ควบคุมคำสั่งจะถูกส่งไปยังระบบควบคุม ในลักษณะโปรโตคอลที่ส่วนควบคุมจะเข้าใจได้ สัญญาณต่างๆจะถูกส่งผ่านการเชื่อมต่อแบบ RS-232 ไปยังส่วนควบคุมหลักซึ่งเป็นส่วนที่สอง ส่วนติดต่อผู้ใช้ถูกพัฒนาโดยภาษา C++ บนแพลตฟอร์มของคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Intel รุ่น NUC D54250WYK โดยมีหน้าจอเป็นแบบทัชสกรีน Advantech รุ่น IDS31-070W540DVA1E

5.1.2 ส่วนควบคุมหลัก (Middle layer)

ส่วนควบคุมหลักประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการ รับคำสั่งจากส่วนติดต่อผู้ใช้ (Upper layer) แล้วแปลความหมายของคำสั่งที่ถูกส่งมาแล้วจึงคำนวณค่าที่ควรจะใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ แล้วจึงส่งคำสั่งที่คำนวณได้เหล่านั้นไปยังส่วนควบคุมย่อยเพื่อควบคุมติดต่ออุปกรณ์ต่อไป ส่วนควบคุมหลักถูกพัฒนาโดยภาษาซี บนแพลตฟอร์มของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM STM32F

5.1.3 ส่วนควบคุมย่อย (Lower layer)

ส่วนนี้คือส่วนที่ติดต่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆของ แก้อีหุ้ยนนต์โดยตรง ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการขับมอเตอร์ผ่านวงจรขับและทำการอ่านค่าสัญญาณจากเอนโคเดอร์ โดยที่คำสั่งที่ได้รับมาจากส่วนควบคุมหลักมาที่ส่วนควบคุมย่อย จะเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์เช่นคำสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ระยะทางเท่าใด คำสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใด เป็นต้น ซึ่งคำสั่งเหล่านี้จะใช้ในการขับเคลื่อนแต่ละแกนของแก้อีหุ้ยนนต์ การเคลื่อนที่หลาย ๆ แกนพร้อมกันทำให้แก้อีหุ้ยนนต์ สามารถเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่ซับซ้อน รวมถึงสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงบันไดได้แบบอัตโนมัติ ส่วนควบคุมย่อยถูกพัฒนาโดยภาษาซี บนแพลตฟอร์มของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM STM32F

5.2 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้า

5.2.1 คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมและจอทัชสกรีนสำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้

คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจาก Intel รุ่น NUC D54250WYK ถูกใช้ในการโปรแกรมการติดต่อผู้ใช้ ซึ่งพัฒนาโดยภาษา C++ บน Microsoft Visual Studio รายละเอียดของคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมีดังนี้

Mini PC

- Company name: Intel
- Model Number: NUC D54250WYK
- Peripheral Interfaces: Four USB 3.0 connectors, One SATA port
- One mini DisplayPort*1.2 with audio support

One mini HDMI* port 1.4a with audio support



รูปที่ 5.5 คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจาก Intel รุ่น NUC D54250WYK

ผู้ใช้งานเก้าอี้หุ่นยนต์สามารถป้อนคำสั่งต่าง ๆ โดยการเลือกผ่านจอทัชสกรีนสำหรับทุกคำสั่ง และผ่านชุดบังคับจอยสติคสำหรับคำสั่งการเคลื่อนที่บางคำสั่ง จอทัชสกรีน Advantech รุ่น IDS31-070W540DVA1E ที่ถูกเลือกใช้มีคุณสมบัติดังนี้

Touch screen

- Company name: Advantech
- Model: IDS31-070W540DVA1E
- Viewable size: 7"
- Power Supply: 12Vdc/3.5A
- Response time: 300ms
- VGA,DVI,HDML, DisplayPort



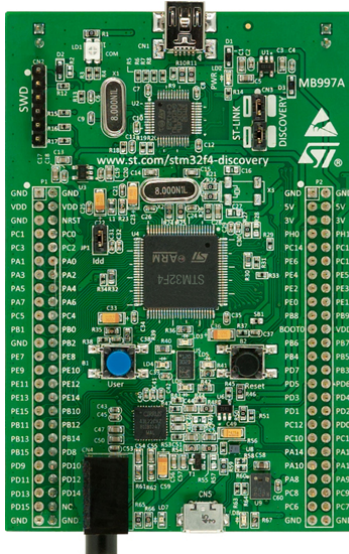
รูปที่ 5.6 จอทัชสกรีน Advantech รุ่น IDS31-070W540DVA1E

5.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมหลัก

ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมหลักคือ ARM STM32F จำนวน 1 บอร์ดซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ARM STM32F

- STM32F407VGT6 microcontroller featuring 32-bit ARM Cortex-M4F core, 1 MB Flash, 192 KB RAM in an LQFP100 package
- On-board ST-LINK/V2 with selection mode switch to use the kit as a standalone ST-LINK/V2 (with SWD connector for programming and debugging)
- Board power supply: through USB bus or from an external 5 V supply voltage
- External application power supply: 3 V and 5 V
- LIS302DL or LIS3DSH ST MEMS 3-axis accelerometer
- MP45DT02, ST MEMS audio sensor, omni-directional digital microphone
- CS43L22, audio DAC with integrated class D speaker driver
- Eight LEDs:
 - LD1 (red/green) for USB communication
 - LD2 (red) for 3.3 V power on
 - Four user LEDs, LD3 (orange), LD4 (green), LD5 (red) and LD6 (blue)
 - 2 USB OTG LEDs LD7 (green) VBus and LD8 (red) over-current
- Two push buttons (user and reset)
- USB OTG FS with micro-AB connector
- Extension header for all LQFP100 I/Os for quick connection to prototyping board and easy probing



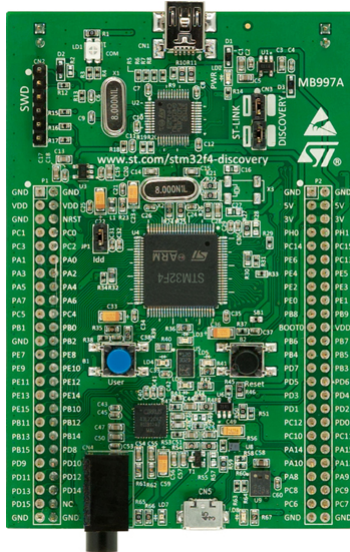
รูปที่ 5.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมหลัก

อุปกรณ์ที่ใช้ในบอร์ดควบคุมหลัก มีดังนี้

1. ชุดสื่อสารอนุกรมแบบ RS232 สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
2. ชุดสื่อสารอนุกรมแบบ RS485/RS422 สำหรับเชื่อมต่อกับตัวควบคุมย่อย
3. เทอร์มินอลสำหรับส่งสัญญาณดิจิตอลภายนอก
4. เทอร์มินอลสำหรับรับสัญญาณดิจิตอลภายนอก

5.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมย่อย

ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมย่อยคือ ARM STM32F เช่นเดียวกับส่วนควบคุมหลัก โดยมีจำนวน 6 บอร์ด โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละบอร์ดจะต้องควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์จำนวน 2 ตัว



รูปที่ 5.8 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับส่วนควบคุมย่อย

อุปกรณ์ที่ใช้ในบอร์ดควบคุมย่อย มีดังนี้

1. เชื่อมต่อกับเซนเซอร์เอนโค้ดเดอร์ (compatible for line driver or TTL type)
2. ชุดสื่อสารอนุกรมแบบ RS485/RS422 สำหรับเชื่อมต่อกับส่วนควบคุมหลัก
3. เทอร์มินอลสำหรับเชื่อมต่อชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบ H-Bridge (สัญญาณ PWM, สัญญาณควบคุมทิศทาง)
4. เทอร์มินอลสำหรับรับสัญญาณดิจิทัลภายนอก เช่น ลิมิตสวิตช์

5.2.4 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ยี่ห้อ Junus รุ่น JSP180-30 ถูกใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้งหมด วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์จะรับคำสั่งของความเร็วในรูปแบบ อนาล็อก ± 10 โวลต์ และขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ PWM โดยสามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ถึง 2.56 กิโลวัตต์ที่กระแสสูงสุด 30 แอมแปร์ รายละเอียดของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์มีดังต่อไปนี้

Junus

Model

JSP-180-30

Output

Peak Current	30	Adc
Peak time	1	s
Continuous current	15	Adc
Peak Output Power	5.12	kW
Continuous Output Power	2.56	kW

Input

HVmin to HVmax	+20 to + 80Vdc	
Peak current	30	Adc
Continuous current	15	Adc



รูปที่ 5.9 วงจรขับมอเตอร์ยี่ห้อ Junus รุ่น JSP180-30

5.2.5 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่แบบจอยสติ๊ก

ชุดควบคุมการเคลื่อนที่แบบจอยสติ๊กจาก Logitech รุ่น Extreme 3D PRO ถูกใช้ในการรับคำสั่งการเคลื่อนที่แบบแมนวล โดยจะเป็นคำสั่งง่าย ๆ เช่น การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ขึ้นบันได ลงบันได เป็นต้น รายละเอียดของชุดควบคุมการเคลื่อนที่แบบจอยสติ๊กมีดังนี้

Company Name: Logitech

Model : Extreme 3D PRO

System requirements : Windows8, Windows7, Windows vista

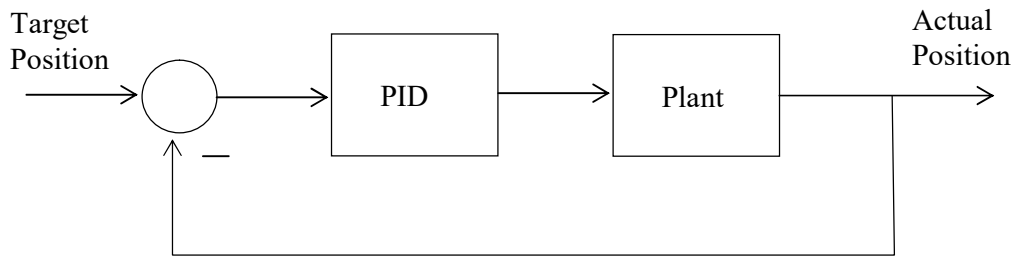
Features: Precision Twist Rudder control , 12 Programmable buttons, 8-Way Hat switch, Rapid Fire trigger



รูปที่ 5.10 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่แบบจอยสติ๊ก Logitech รุ่น Extreme 3D PRO

5.3 อัลกอริธึมที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่ง

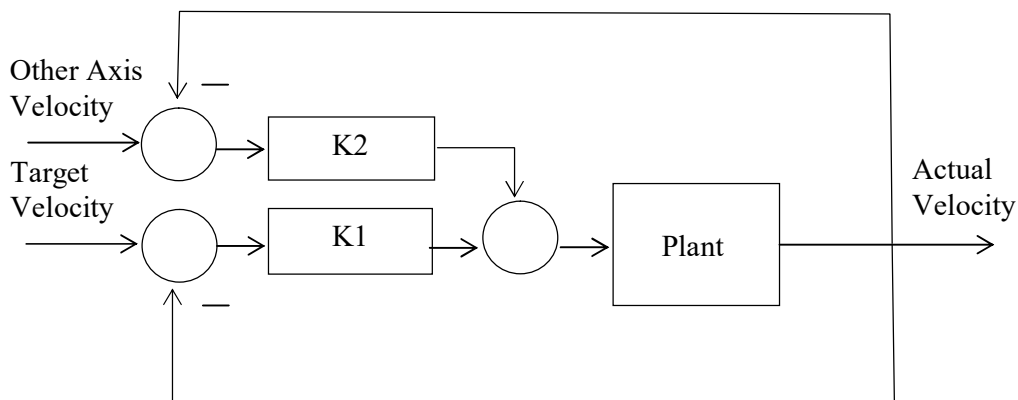
อัลกอริธึมที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนต่าง ๆ ของเก้าอี้หุ่นยนต์คือการควบคุมแบบ PID เนื่องจากความไม่ซับซ้อนของการคำนวณและความแม่นยำของระบบ บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมตำแหน่งแบบ PID เป็นดังที่แสดงรูปต่อไป



รูปที่ 5.11 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมตำแหน่งโดยใช้ PID

5.4 อัลกอริธึมที่ใช้ในการควบคุมความเร็วให้เท่ากัน

อัลกอริธึมที่ใช้ในการควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของแกน 2 แกนใด ๆ ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ของเก๊าท์หุ่นยนต์เป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปด้านหน้าหรือด้านหลัง การควบคุมความเร็วให้เท่ากันจะเป็นการควบคุมแบบ State Space โดยที่สัญญาณควบคุมขึ้นอยู่กับผลรวมของสัญญาณควบคุมจากความแตกต่างของความเร็วจริง เทียบกับความเร็วที่ต้องการของแกนนั้น และสัญญาณควบคุมจากความแตกต่างของความเร็วของ 2 แกนใด ๆ ที่ต้องการให้มีความเร็วเท่ากัน บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมความเร็วให้เท่ากันแบบ State Space เป็นดังที่แสดงรูปต่อไป

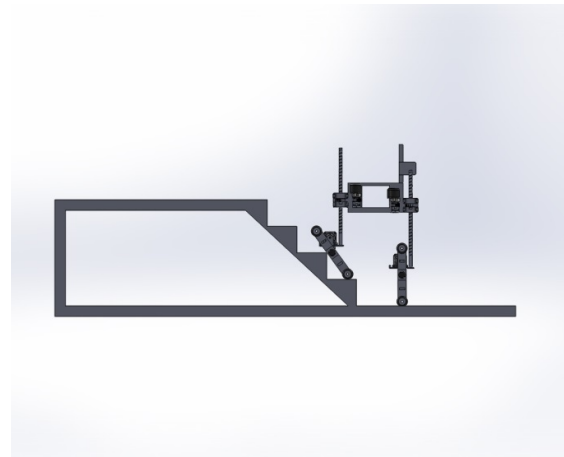
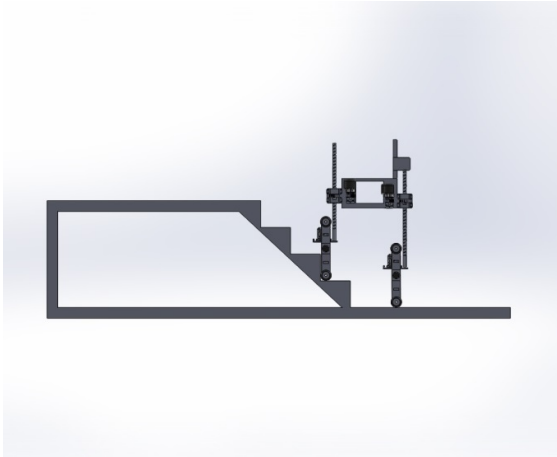
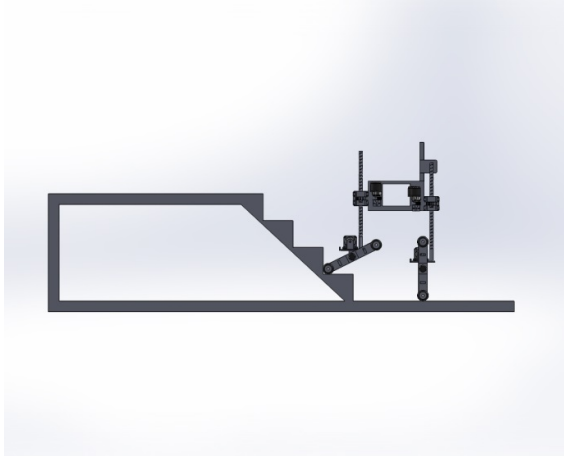
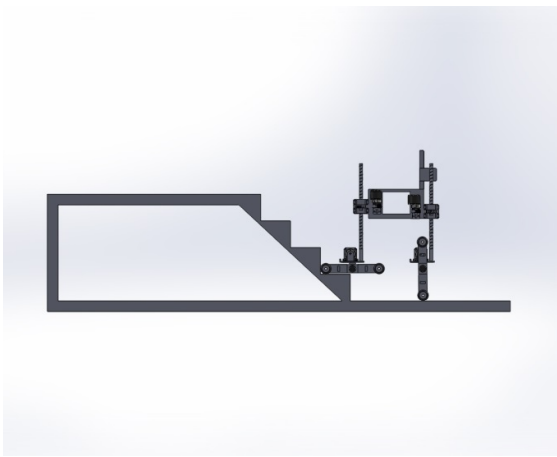
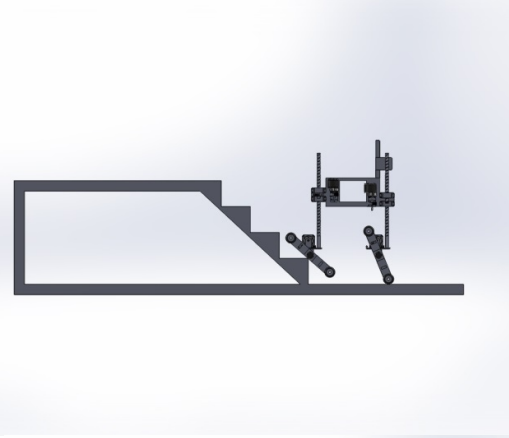
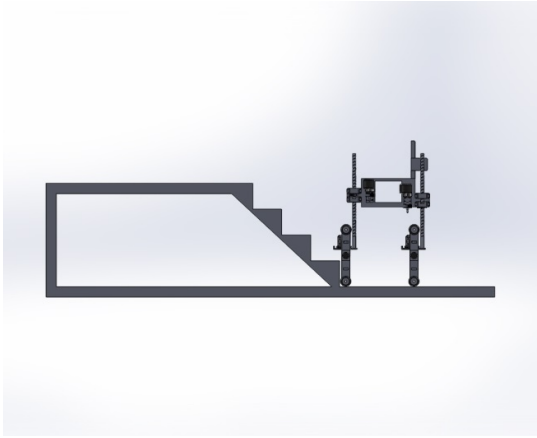


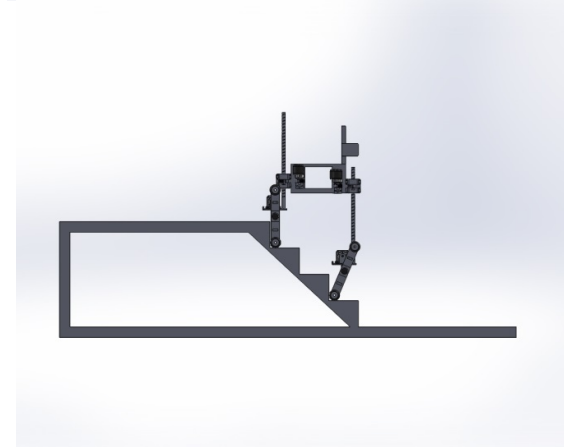
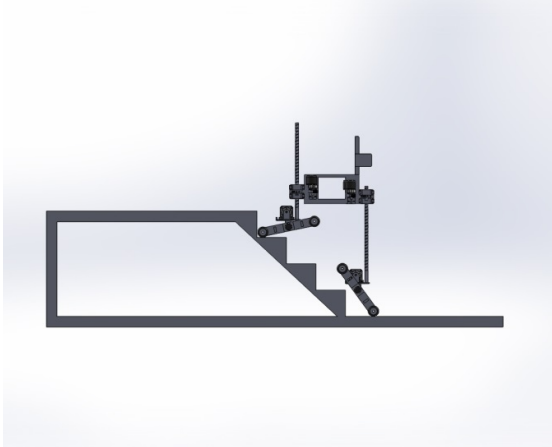
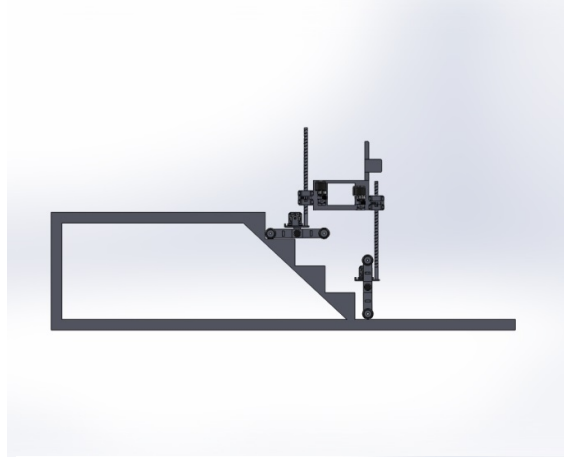
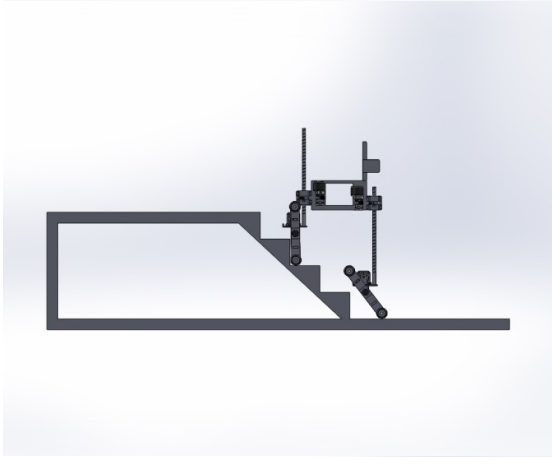
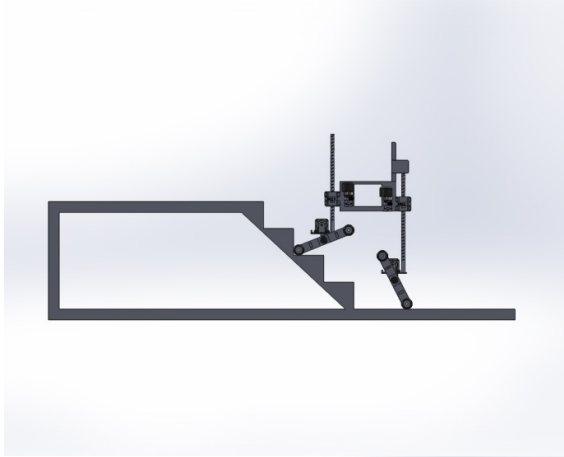
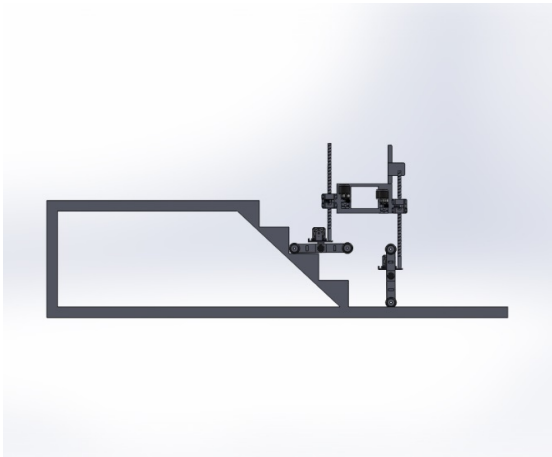
รูปที่ 5.12 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมตำแหน่งโดยใช้ PID

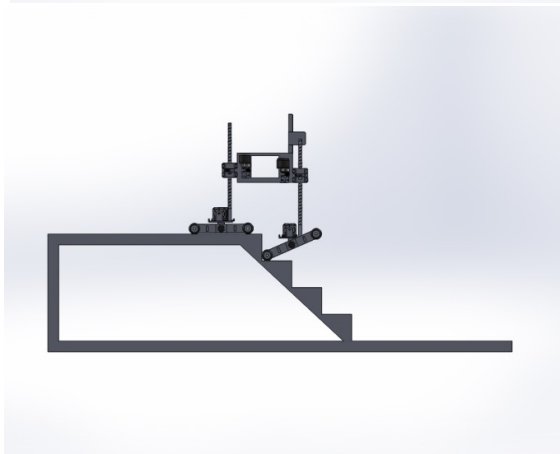
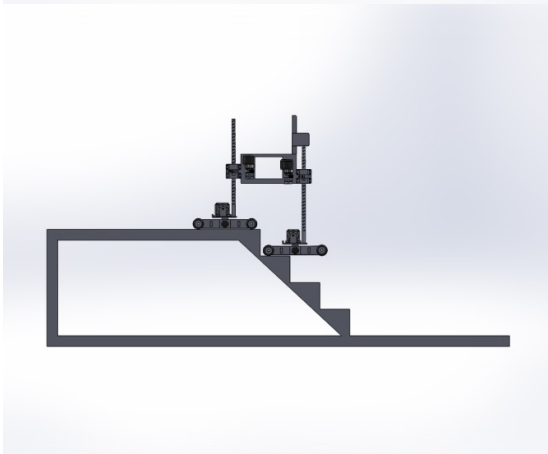
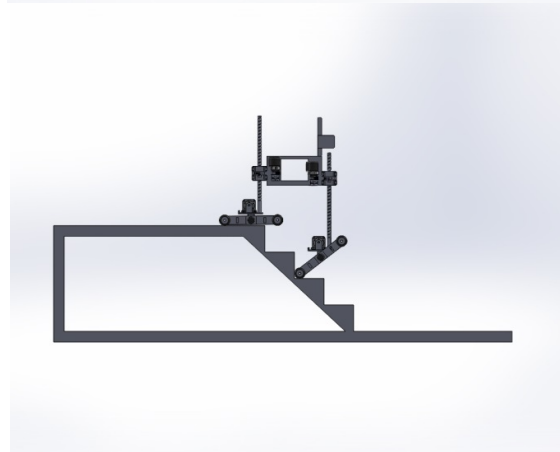
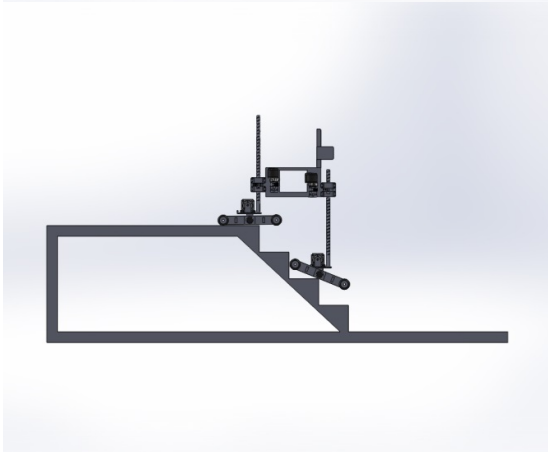
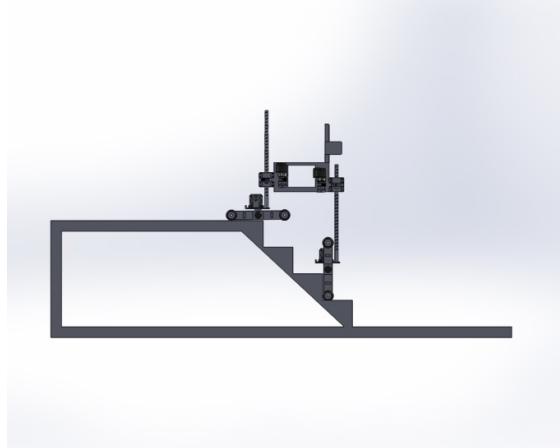
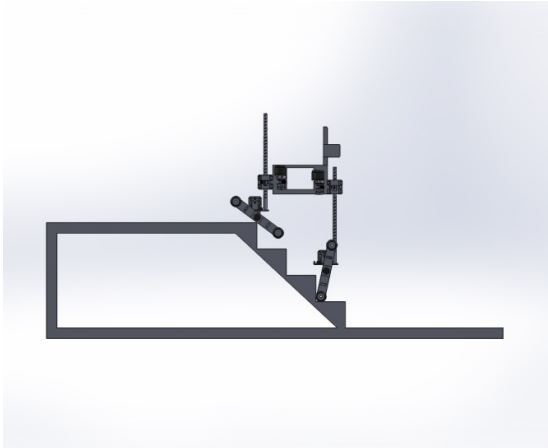
5.5 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ขณะขึ้นลงบันได

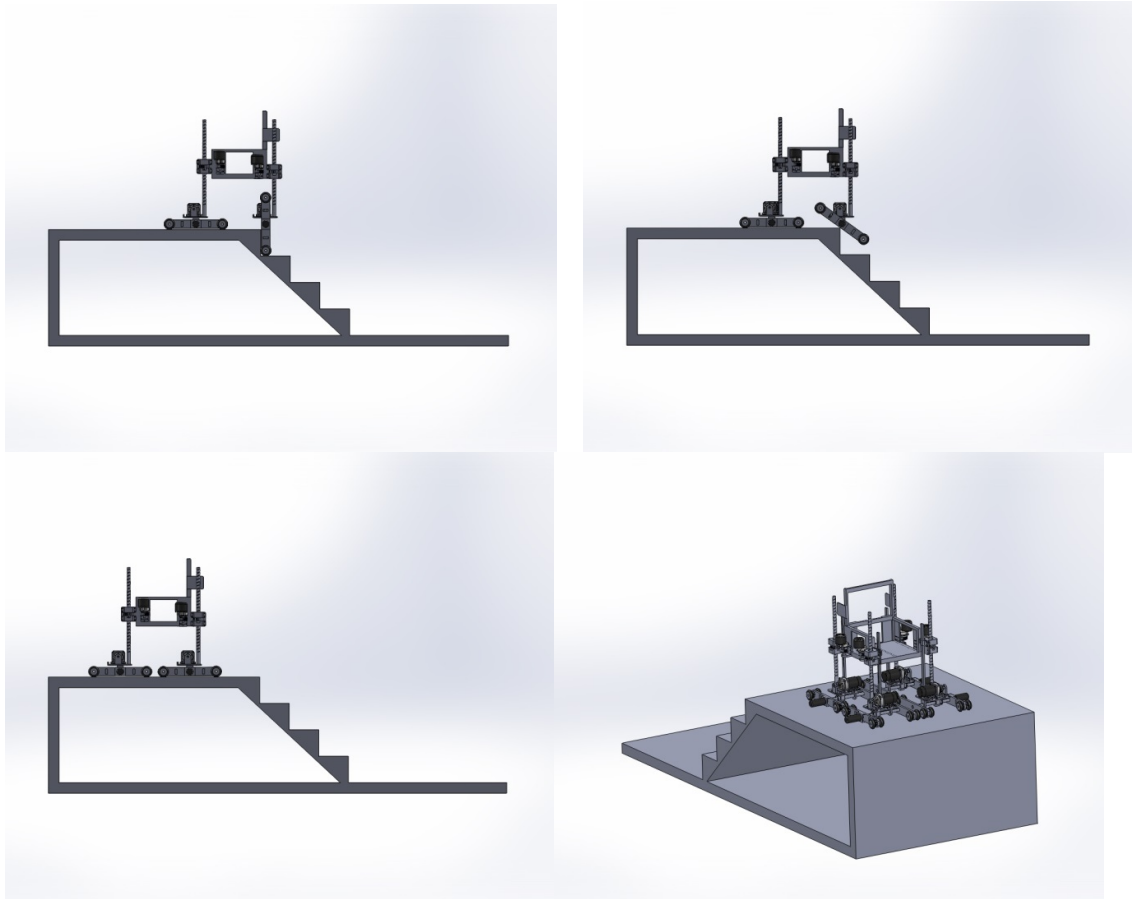
ในการเคลื่อนที่ขึ้นบันไดเก้าอี้หุ่นยนต์จะหันหน้าเข้าหาบันได และจะมีลำดับขั้นตอนการขึ้นบันไดดังนี้

1. เก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนมาจนขาหมุนหน้าชนกับบันได
2. ขาหมุนทำการหมุน 180 องศาขึ้นบันได ในขณะเดียวกันขาหลังจะยืดตัวออกเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้หุ่นยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา
3. ล้อหมุนของขาด้านหน้าและด้านหลังเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจนขาหมุนชนกับบันได ซึ่งการชนอาจเป็นไปได้ทั้งขาหมุนหน้าชนหรือขาหมุนหลังชนหรือทั้งสองขาพร้อมกัน
4. ขาหมุนที่ชนบันได ทำการหมุน 180 องศาขึ้นบันได หากเป็นขาหมุนหน้าชนขาหลังจะยืดตัวออกเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้หุ่นยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา หากเป็นขาหมุนหลังชน ขาหลังจะหดตัวเข้าเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้หุ่นยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา หากเป็นขาหมุนทั้งสองชนพร้อมกันขาหมุนทั้งสองทำการหมุน 180 องศาขึ้นบันได
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3. และ 4. จนเคลื่อนที่ขึ้นบันไดขั้นสุดท้าย
6. ที่บันไดขั้นสุดท้ายล้อหมุนของขาด้านหน้าและด้านหลังเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจนขาหมุนด้านหลังชนกับบันได
7. ขาหมุนด้านหลังที่ชนบันได ทำการหมุน 180 องศาขึ้นบันได ในขณะเดียวกันขาหลังจะหดตัวเข้าเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้หุ่นยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา
8. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 6. และ 7. จนขาหมุนด้านหลังเคลื่อนที่ขึ้นบันไดขั้นสุดท้าย









รูปที่ 5.13 ลำดับขั้นตอนการขึ้นบันได

ในการเคลื่อนที่ลงบันไดแก้อีหุนยนต์จะหันหน้าออกจากบันได การลงบันไดจะมีลำดับขั้นตอนตรงข้ามกับการขึ้นบันไดดังนี้

1. แก้อีหุนยนต์เคลื่อนมาจนเซนเซอร์ตรวจได้ว่าถึงขอบบันได
2. ขาหมุนทำการหมุน 180 องศาลงบันได ในขณะเดียวกันขาหน้าจะยืดตัวออกเพื่อรักษาให้ระนาบของแก้อีหุนยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา
3. ล้อหมุนของขาด้านหน้าและด้านหลังเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจนเซนเซอร์ตรวจได้ว่าถึงขอบบันได ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งขาหมุนหน้าหรือขาหมุนหลังหรือทั้งสองขาหมุนตรวจเจอขอบบันได
4. ขาหมุนที่ตรวจเจอขอบบันได ทำการหมุน 180 องศาลงบันได หากเป็นขาหมุนหน้าเจอขอบบันไดขาหน้าจะยืดตัวออกเพื่อรักษาให้ระนาบของแก้อีหุนยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา แต่หากเป็นขาหมุนหลัง

เจอขอบบันได ขาหน้าจะหัดตัวเข้าเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้หุ้มนยนต์
ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา

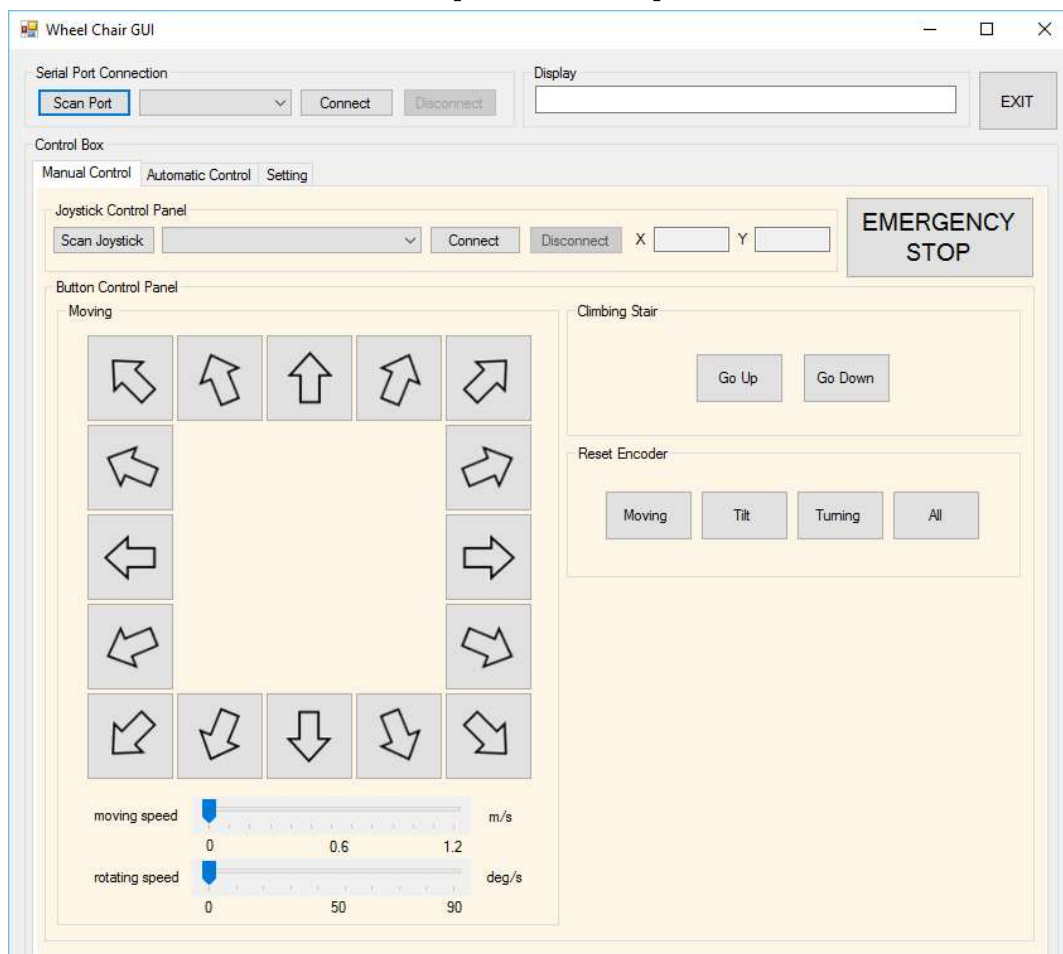
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3. และ 4. จนเคลื่อนที่ลงบันไดขั้นสุดท้าย
6. ที่บันไดขั้นสุดท้ายล่อหมุนของขาด้านหน้าและด้านหลังเคลื่อนที่ไป
ด้านหน้าจนขาหมุนด้านหลังตรวจเจอขอบบันได
7. ขาหมุนด้านหลังที่ตรวจเจอขอบบันได ทำการหมุน 180 องศาขึ้นบันได
ในขณะเดียวกันขาหน้าจะหัดตัวเข้าเพื่อรักษาให้ระนาบของเก้าอี้
หุ้มนยนต์ขนานกับระนาบพื้นโลกตลอดเวลา
8. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 6. และ 7. จนขาหมุนด้านหลังเคลื่อนที่ลงบันไดขั้น
สุดท้าย

6. โปรแกรมการใช้งานเก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติ

เก้าอี้หุ่นยนต์สามารถถูกควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ คำสั่งจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสาร RS-232 ไปยังส่วนควบคุมหลักภายในตู้ระบบควบคุม ส่วนของซอฟต์แวร์ระบบประกอบไปด้วยคำสั่งสามประเภทหลัก ประกอบไปด้วย หนึ่ง คำสั่งประเภทตั้งค่า “Set” ซึ่งใช้ในการตั้งค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเก้าอี้หุ่นยนต์ สองคำสั่งประเภทรับค่า “Get” ใช้ในการรับค่าข้อมูลหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ถูกตั้งผ่านคำสั่ง “Set” หรือค่าที่ถูกตั้งไว้อยู่แล้ว สาม คำสั่งประเภทกระทำ “Action” ใช้สำหรับสั่งการให้เก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่ง

6.1 หน้าจอหลักและหน้าจอบังคับอัตโนมัติ

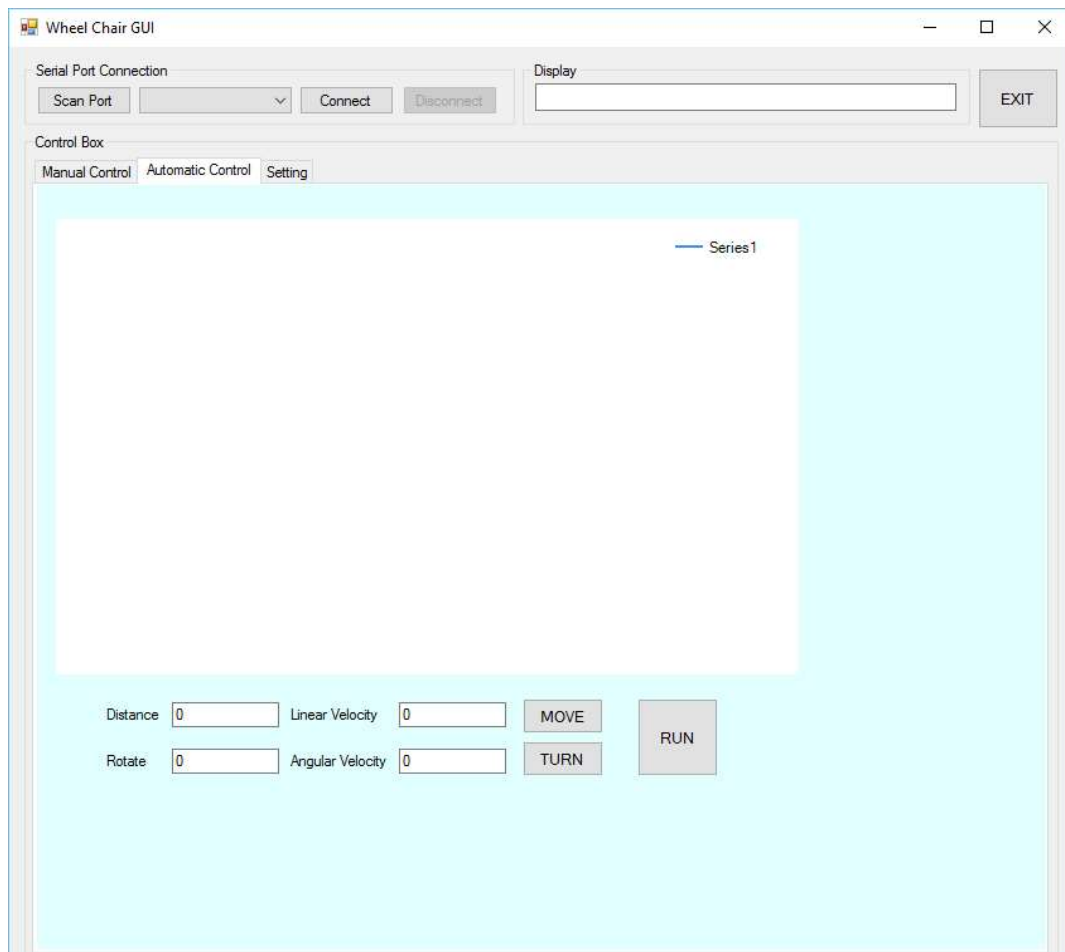
หน้าต่างของหน้าจอหลักถูกออกแบบดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 หน้าต่างหน้าจอหลัก

ผู้ใช้งานเก้าอี้หุ่นยนต์สามารถบังคับการเคลื่อนที่พื้นฐาน โดยการกดลงที่ปุ่มแสดงคำสั่งที่ต้องการ คำสั่งพื้นฐานประกอบด้วย เคลื่อนที่ไปด้านหน้า ด้านหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา รวมทั้งการรวมการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือข้างหลังเข้ากับการเลี้ยวซ้ายหรือขวาพร้อมกันด้วยรัศมีวงเลี้ยวที่แตกต่างกันได้อีกด้วย ผู้ใช้งานสามารถกำหนดความเร็วของการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ได้สำหรับคำสั่งต่าง ๆ อย่างอิสระในการเลี้ยวที่จุดศูนย์กลางการเลี้ยว ถูกออกแบบให้เป็นจุดหมุนเดียวเสมอเพื่อให้ล้อไม่เกิดการลื่นไถลขณะเลี้ยว โดยจุดหมุนนี้จะเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่จุดหมุนอยู่ที่กึ่งกลางเก้าอี้หุ่นยนต์ซึ่งใช้ในกรณีเลี้ยวอยู่กับที่ไปทางซ้ายหรือขวา และจุดหมุนที่อยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวา ที่ระยะห่างจากเก้าอี้หุ่นยนต์มากขึ้นสำหรับการเลี้ยวที่มีรัศมีวงเลี้ยวมากขึ้น จนไปถึงการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงซึ่งมีรัศมีวงเลี้ยวที่ระยะอนันต์ ปุ่มบังคับการเคลื่อนที่ซึ่งประกอบปุ่มบังคับการขึ้นหรือลงบันได นอกจากการบังคับการเคลื่อนที่ผ่านหน้าจอสัมผัสแล้ว ผู้ใช้ยังสามารถบังคับการเคลื่อนที่แบบแมนวลผ่านจอยสติ๊กได้อีกด้วย

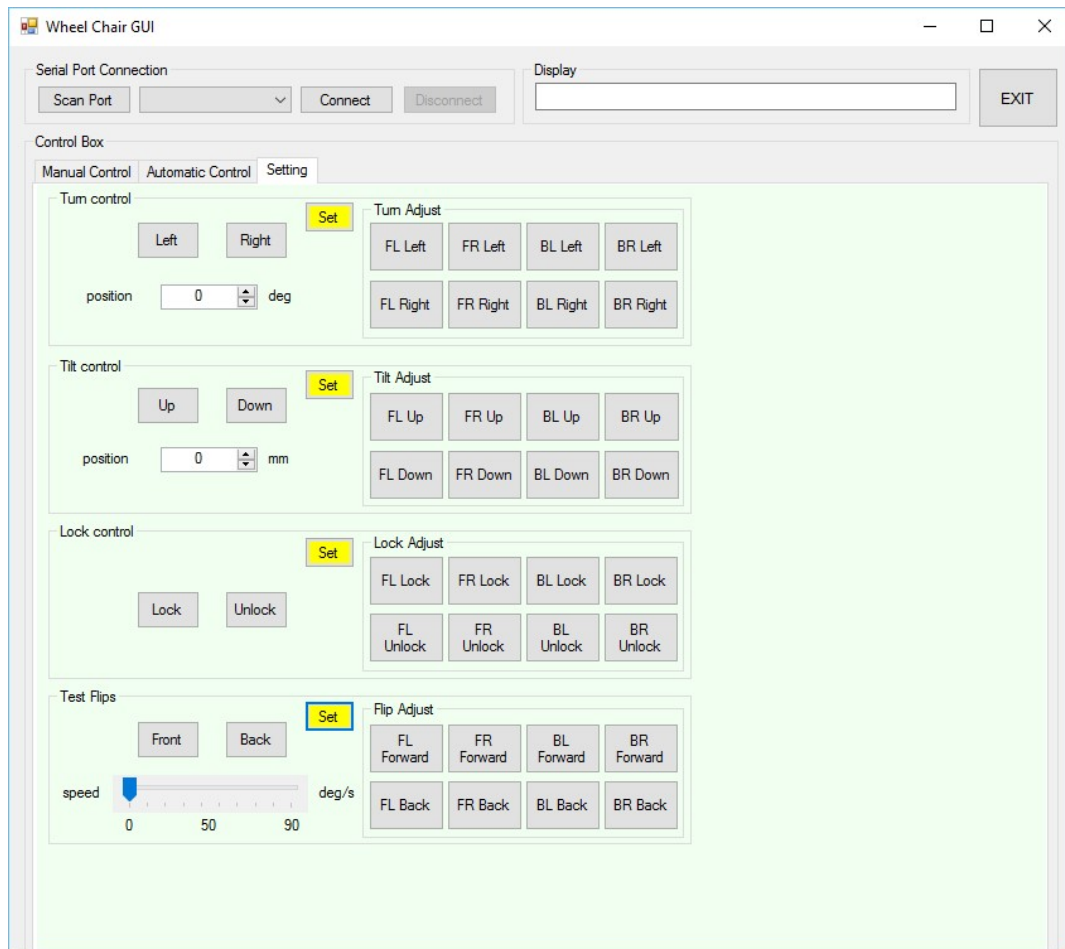
หากผู้ใช้งานต้องการให้เกิดการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ สามารถกระทำได้โดยการกดปุ่มอัตโนมัติ ซึ่งหน้าต่างโปรแกรมการทำงานก็จะถูกเปลี่ยนมาเป็นหน้าต่างแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 หน้าต่างหน้าจอบังคับอัตโนมัติ

ผู้ใช้งานสามารถป้อนคำสั่ง ในหน้าต่างหน้าจอบังคับอัตโนมัติ โดยการเลือกคำสั่ง และพารามิเตอร์ของคำสั่งไปเรื่อย ๆ จนครบทุกคำสั่ง โดยที่คำสั่งจะประกอบด้วยคำสั่งการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยระยะทางที่กำหนด การหมุนด้วยองศาที่กำหนด การเคลื่อนที่ขึ้นบันได หรือลงบันได หลังจากการป้อนแต่ละคำสั่งแผนที่ก็จะถูกแสดงบริเวณหน้าต่างแสดงแผนที่ หลังจากป้อนคำสั่งทั้งหมดเสร็จสิ้น ผู้ใช้งานสามารถสั่งเริ่มการเคลื่อนที่โดยใช้การกดปุ่ม RUN ถ้าอั้นันยนต์ก็จะทำการเคลื่อนที่ตามลำดับคำสั่งที่ได้ป้อนและแสดงไว้ในแผนที่ ชุดคำสั่งที่ป้อนสามารถจัดเก็บได้โดยการ save รวมถึงนำมาใช้ในภายหลังได้โดยการ load ชุดคำสั่ง

นอกจากหน้าต่างบังคับการเคลื่อนที่ทั้งสองแล้วผู้ใช้งานยังสามารถตั้งค่า (set) และอ่านค่า (get) ในหน้าต่างตั้งค่าอ่านค่าได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 หน้าต่างสำหรับตั้งค่าและอ่านค่า

6.2 โปรโตคอลการสื่อสารคำสั่ง

การทำงานเก้าอี้หุ่นยนต์จากส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ไปยังส่วนควบคุมหลักจะใช้โปรโตคอลการสื่อสารคำสั่งดังมีรายละเอียดอธิบายในบทนี้ คำสั่งที่ซับซ้อนต่างๆ จากส่วนติดต่อผู้ใช้งานจะถูกแปลเป็นคำสั่งพื้นฐานย่อย ๆ ก่อนส่งไปยังส่วนควบคุมหลัก ก่อนที่ส่วนควบคุมหลักจะส่งเป็นคำสั่งไปส่วนควบคุมย่อยเพื่อบังคับตำแหน่งและความเร็วอีกทอดหนึ่ง

SET COMMANDS

คำสั่งในการตั้งค่า

Set Current Position

ตั้งค่าตำแหน่งปัจจุบัน

S1, x, y, h: Set Current Position at coordinate x mm, y mm, heading h degree.

Response: OK

Set Destination

ตั้งค่าตำแหน่งที่จะไป

S2, x, y, h: Set Destination at coordinate x mm, y mm, heading h degree.

Response: OK

Set Speed

ตั้งค่าความเร็ว

S3, v: Set Speed at v. (v varies from minimum to maximum speed 0-9)

Response: OK

Set Script

ตั้งค่าชื่อไฟล์ชุดคำสั่ง

S4, file: Set Script to file.

Response: OK

GET COMMANDS

คำสั่งในการอ่านค่า

Get Current Position

อ่านค่าตำแหน่งปัจจุบัน

G1: Get Current Position.

Response: x, y, h: Current Position at coordinate x mm, y mm, heading h degree.

Get Destination

อ่านค่าตำแหน่งที่จะไป

G2: Get Destination.

Response: x, y, h: Destination at coordinate x mm, y mm, heading h degree.

Get Speed

อ่านค่าความเร็ว

G3: Get Speed.

Response: v : Speed at v . (v varies from minimum to maximum speed 0-9)

Get Script อ่านค่าชื่อไฟล์ชุดคำสั่ง

G4: Get Script.

Response: file: Name of Script File is file.

Get Limit Switch Status อ่านค่าสถานะของลิมิตสวิตช์

G5: Get Limit Switch Status.

Response: 1100: Limit Switch No 1 is On, Limit Switch No 2 is On, Limit Switch No 3 is Off, Limit Switch No 4 is Off.

Get Obstacle Position อ่านค่าตำแหน่งสิ่งกีดขวาง

G6: Get Obstacle Position.

Response: h, d: Obstacle is at heading direction h degree and distance d mm.

ACTION COMMANDS คำสั่งการเคลื่อนที่

Stop หยด

A1: Stop any actions.

Response: OK.

Move Forward On เคลื่อนที่ไปด้านหน้าแบบต่อเนื่อง

A2: Move Forward continuously.

Response: OK.

Move Backward On เคลื่อนที่ไปด้านหลังแบบต่อเนื่อง

A3: Move Backward continuously.

Response: OK.

Turn Left On

เลี้ยวซ้ายแบบต่อเนื่อง

A4: Turn Left continuously.

Response: OK.

Turn Right On

เลี้ยวขวาแบบต่อเนื่อง

A5: Turn Right continuously.

Response: OK.

Climb Up Stair On

ขึ้นบันไดแบบต่อเนื่อง

A6: Climb Up Stair continuously.

Response: OK.

Climb Down Stair On

ลงบันไดแบบต่อเนื่อง

A7: Climb Down Stair continuously.

Response: OK.

Move Forward To Position

เคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยระยะทางที่กำหนด

A8, x: Move Forward for distance x mm.

Response: OK.

Move Backward To Position

เคลื่อนที่ไปด้านหลังด้วยระยะทางที่กำหนด

A9, x: Move Backward for distance x mm.

Response: OK.

Turn Left To Position

เลี้ยวซ้ายด้วยองศาที่กำหนด

A10, x: Turn Left for angle x degree.

Response: OK.

Turn Right To Position เลี้ยวขวาด้วยองศาที่กำหนด

A11, x: Turn Right for angle x degree.

Response: OK.

Climb Up Stair To Position ขึ้นบันไดด้วยจำนวนขั้นที่กำหนด

A12, x: Climb Up Stair for x steps.

Response: OK.

Climb Down Stair To Position ลงบันไดด้วยจำนวนขั้นที่กำหนด

A13, x: Climb Down Stair for x steps.

Response: OK.

Turn LED On เปิดไฟ LED ตามรูปแบบที่กำหนด

A14, 01110: Turn LED No 1 Off, Turn LED No 2 On, Turn LED No 3 On,
Turn LED No 4 On, Turn LED No 5 Off.

Response: OK.

Move To Destination เริ่มเคลื่อนที่ไปยังที่ ๆ ต้องการจะไป

A15: Move to Destination set by Set Destination command.

Response: OK.

Execute Script เคลื่อนที่ตามคำสั่งที่กำหนดในไฟล์

A16, file: Execute Script with File Name of file.

Response: OK.

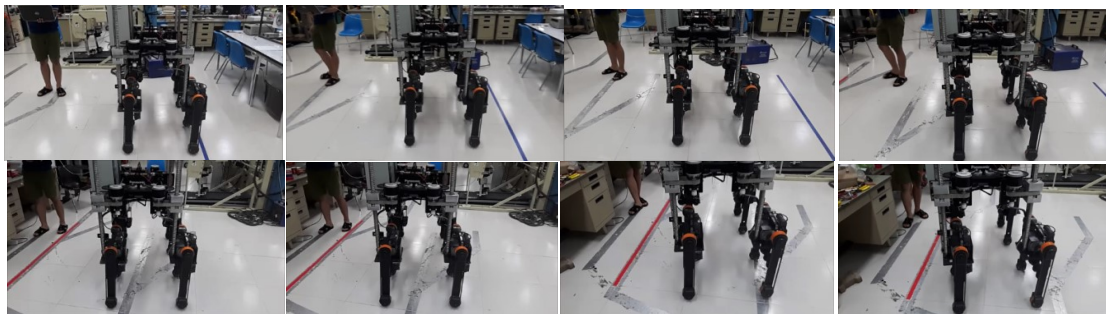
7. ผลการทดสอบ

7.1 การเคลื่อนที่แบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกด

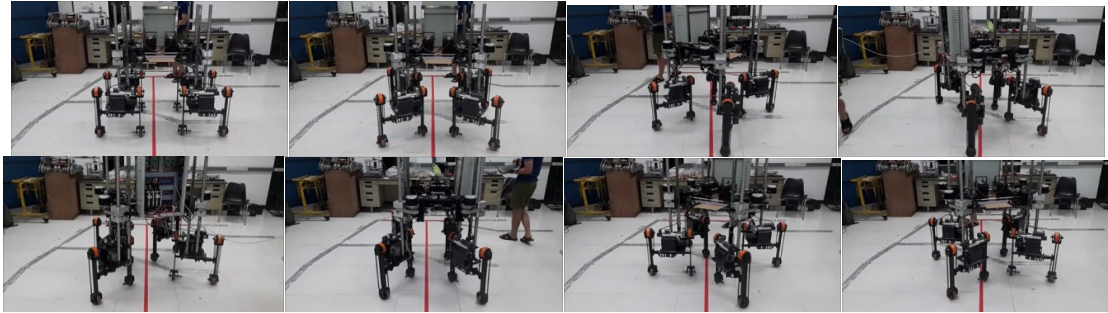
การทดสอบการเคลื่อนที่แบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ตามคำสั่งพื้นฐาน โดยทำการทดสอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายอยู่กับที่ เลี้ยวขวาอยู่กับที่ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลังพร้อมกับเลี้ยวซ้ายหรือขวาร่วมกัน การขึ้นบันได การลงบันได ผลการทดสอบพบว่าเก้าอี้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่แบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกดได้เป็นอย่างดี เกิดการลื่นไถลเพียงเล็กน้อยซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ รูปที่ 7.1 - 7.10 แสดงให้เห็นถึงรูปถ่ายขณะทำการทดสอบแบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกดในการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ



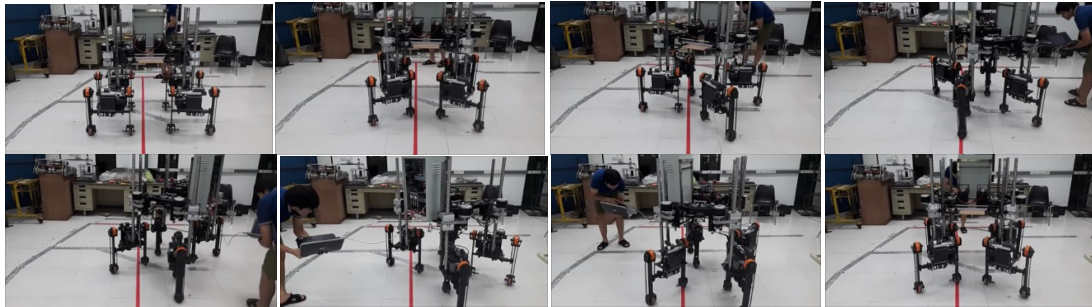
รูปที่ 7.1 การทดสอบแบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกดในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า



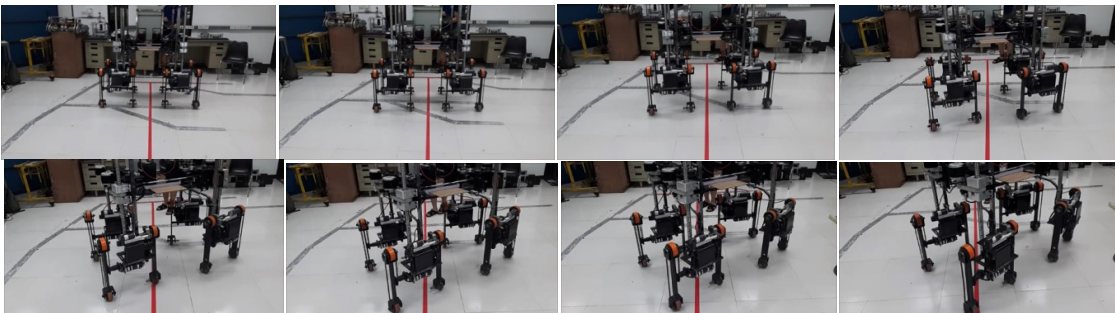
รูปที่ 7.2 การทดสอบแบบแมนวลงานจอยสติ๊กหรือปุ่มกดในการเคลื่อนที่ถอยหลัง



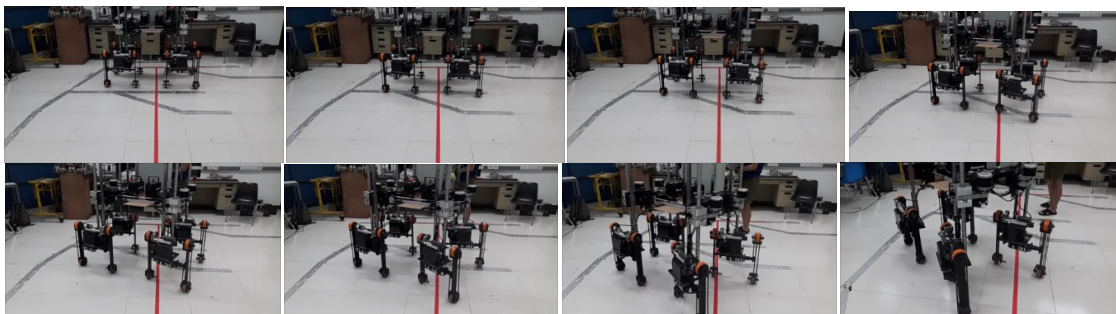
รูปที่ 7.3 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายอยู่กับที่



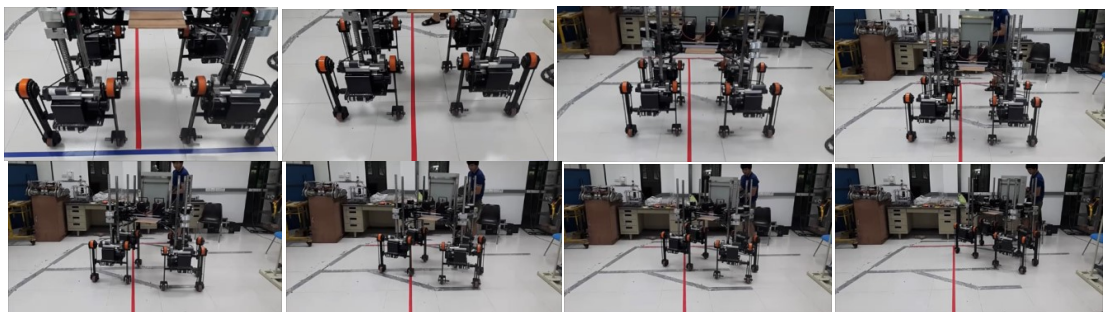
รูปที่ 7.4 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่เลี้ยวขวาอยู่กับที่



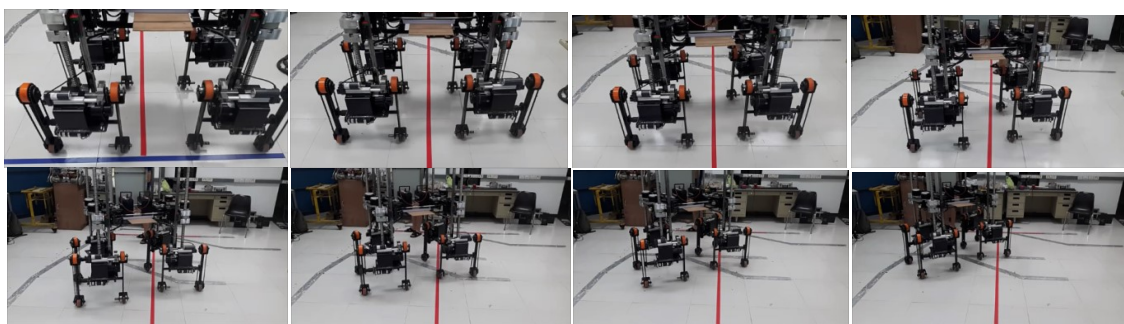
รูปที่ 7.5 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมทั้งเลี้ยวซ้าย



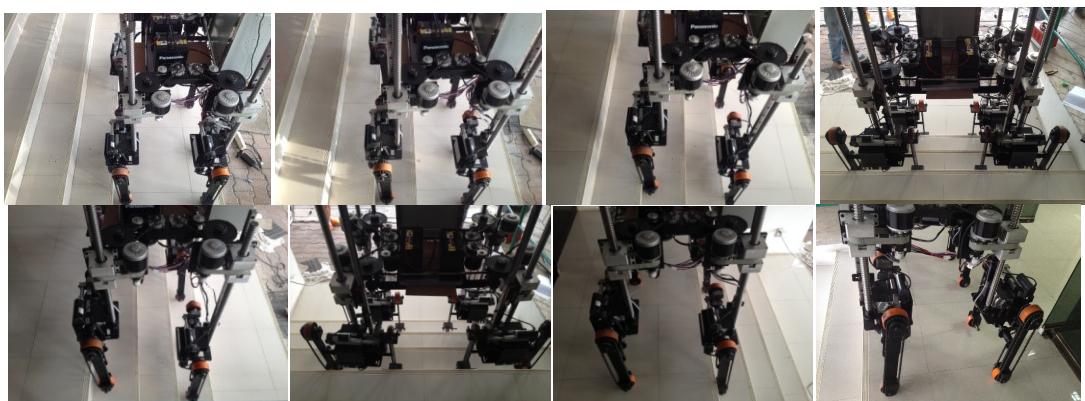
รูปที่ 7.6 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมทั้งเลี้ยวขวา



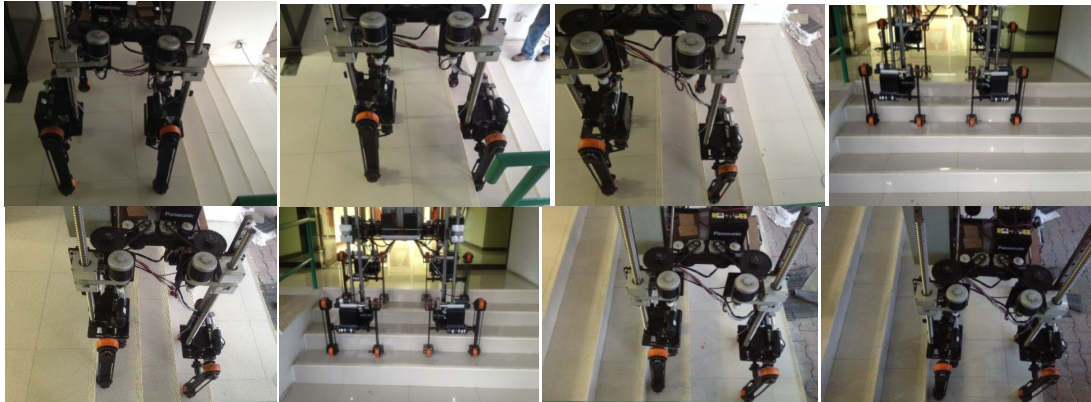
รูปที่ 7.7 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ถอยหลังพร้อมทั้งเลี้ยวซ้าย



รูปที่ 7.8 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ถอยหลังพร้อมทั้งเลี้ยวขวา



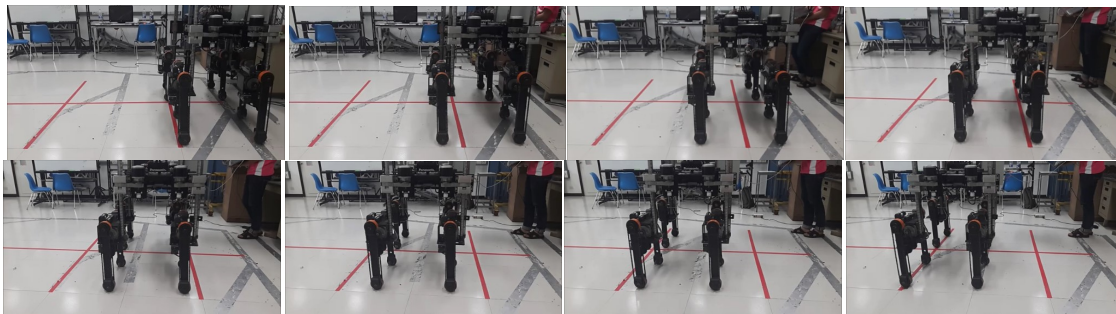
รูปที่ 7.9 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ขึ้นบันได



รูปที่ 7.10 การทดสอบแบบแมนวลในการเคลื่อนที่ลงบันได

7.2 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

การทดสอบการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่เก้าอี้หุ่นยนต์ไปข้างหน้า ด้วยระยะทาง 1200 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 75 มิลลิเมตรต่อวินาที จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7.11 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.1 พบว่าความผิดพลาดของตำแหน่งมีค่าเฉลี่ย 2.34%



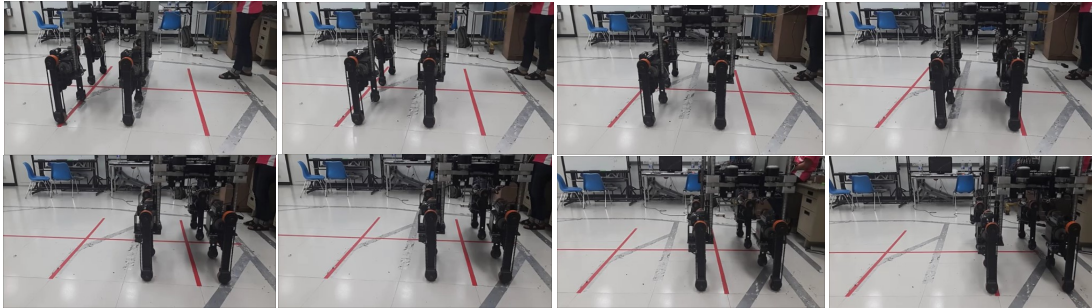
รูปที่ 7.11 การทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าระยะทาง 1200 มม

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Error
Distance	1170	1173	1170	1170	1178	1172	1171	1173	1170	1172	1171.90	2.34%

ตารางที่ 7.1 ผลการทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าระยะทาง 1200 มม

7.3 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติในการเคลื่อนที่ถอยหลัง

การทดสอบการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่เก้าอี้หุ่นยนต์ถอยหลังด้วยระยะทาง 1200 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 75 มิลลิเมตรต่อวินาที จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7.12 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.2 พบว่าความผิดพลาดของตำแหน่งมีค่าเฉลี่ย 3.08%



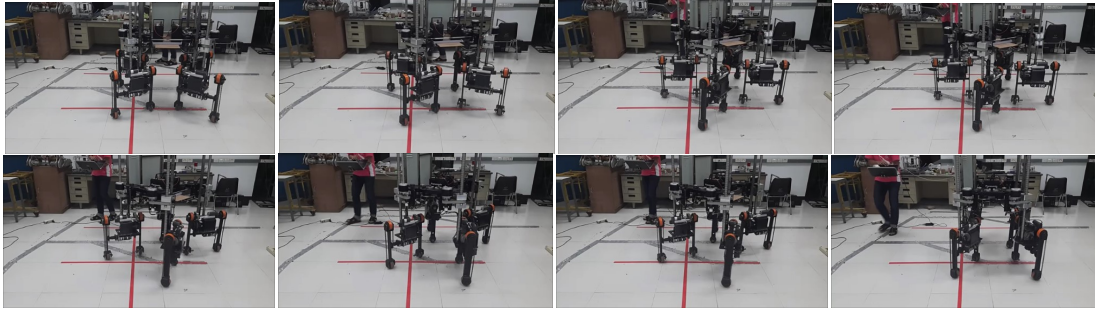
รูปที่ 7.12 การทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเคลื่อนที่ถอยหลังระยะทาง 1200 มม

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Error
Distance	-1160	-1162	-1167	-1161	-1162	-1165	-1167	-1160	-1162	-1164	-1163	3.08%

ตารางที่ 7.2 ผลการทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเคลื่อนที่ถอยหลังระยะทาง 1200 มม

7.4 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติในการเลี้ยวซ้ายอยู่กับที่

การทดสอบการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่เก้าอี้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายอยู่กับที่ด้วยมุม 90 องศา ที่ความเร็ว 18 องศาต่อวินาที จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7.13 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.3 พบว่าความผิดพลาดของมุมมีค่าเฉลี่ย 5.22%



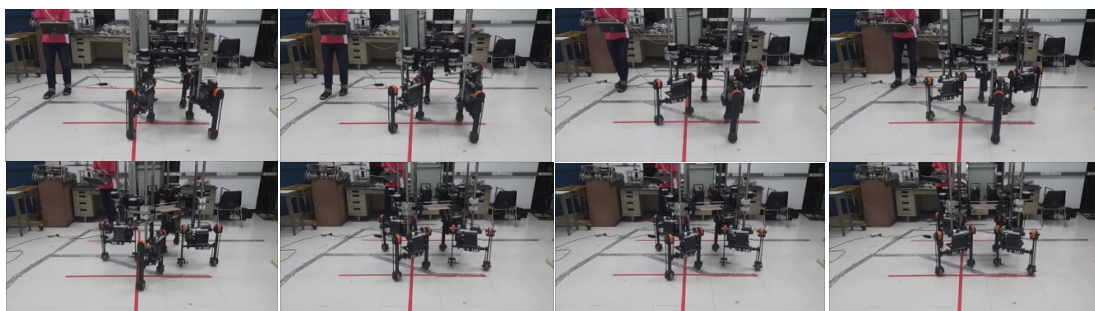
รูปที่ 7.13 การทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเลี้ยวซ้ายอยู่กับที่มุม 90 องศา

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Error
Angle	-85	-88	-84	-85	-88	-83	-86	-85	-83	-86	-85.3	5.22%

ตารางที่ 7.3 ผลการทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเลี้ยวซ้ายอยู่กับที่มุม 90 องศา

7.5 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติในการเลี้ยวขวาอยู่กับที่

การทดสอบการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่เก้าอี้หุ่นยนต์เลี้ยวขวาอยู่กับที่ด้วยมุม 90 องศา ที่ความเร็ว 18 องศาต่อวินาที จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 7.14 ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7.4 พบว่าความผิดพลาดของมุมมีค่าเฉลี่ย 4.78%



รูปที่ 7.14 การทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเลี้ยวขวาอยู่กับที่มุม 90 องศา

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Error
Angle	87	85	88	82	85	88	87	83	85	87	85.7	4.78%

ตารางที่ 7.4 ผลการทดสอบแบบอัตโนมัติ
ในการเลี้ยวขวาอยู่กับที่มุม 90 องศา

8. สรุปการดำเนินงานของโครงการ

เก้าอี้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงพื้นต่างระดับอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ โดยที่ส่วนแรกเป็นตัวโครงเก้าอี้ซึ่งขึ้นรูปจากการเชื่อมแผ่นเหล็กไร้สนิม (สแตนเลสสตีล) และส่วนที่สองเป็นฐานเคลื่อนที่ของเก้าอี้หุ่นยนต์ซึ่งประกอบจากชิ้นส่วนเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์จำนวนทั้งสิ้น 16 ตัว โดยที่มอเตอร์ 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลังและหีดสกรูทำหน้าที่ให้เกิดการเลื่อนเข้าออกของขาทั้ง 4 ขาอย่างอิสระ มอเตอร์อีก 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลังทำหน้าที่ให้เกิดการสวิงล้อขึ้นหรือลงแต่ละชั้นของบันได ของแต่ละขาของเก้าอี้หุ่นยนต์ มอเตอร์อีก 4 ตัวพร้อมระบบเฟืองทดส่งกำลัง ทำหน้าที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่แบบล้อเลื่อนบนพื้นระนาบ ของแต่ละขาของเก้าอี้หุ่นยนต์ ในขณะที่มอเตอร์ 4 ตัวสุดท้ายทำหน้าที่ปรับทิศทางของแกนล้อ เพื่อให้การเคลื่อนที่ของทุกล้อมีจุดศูนย์กลางการเคลื่อนที่ที่จุดเดียวกัน ในกรณีมีการเลี้ยวเกิดขึ้น

การทดสอบการเคลื่อนที่แบบแมนวอลมีขึ้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ตามคำสั่งพื้นฐาน โดยทำการทดสอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายอยู่กับที่ เลี้ยวขวาอยู่กับที่ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลัง พร้อมกับเลี้ยวซ้ายหรือขวาร่วมกัน การขึ้นบันได การลงบันได ผลการทดสอบพบว่าเก้าอี้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่แบบแมนวอลได้เป็นอย่างดี เกิดการสิ้นเปลืองเพียงเล็กน้อยซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การทดสอบการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ในการเคลื่อนที่เก้าอี้หุ่นยนต์ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาอยู่กับที่ พบว่าความผิดพลาดของตำแหน่งและองศาในการหมุนมีค่าอยู่ระหว่าง 2.34% ถึง 5.22% ซึ่งความผิดพลาดนี้ มีสาเหตุมาจากการสิ้นเปลืองของล้อบางขณะ รวมทั้งความผิดพลาดของการคำนวณระยะทางโดยสมมติว่ารัศมีล้อมีค่าเท่ากันและคงที่ตลอดการทดสอบ

ถึงแม้ว่าโครงการจะสิ้นสุดอันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านระยะเวลา แต่นักวิจัยจะยังพัฒนาและปรับปรุงเก้าอี้หุ่นยนต์ต่อไป โดยจะทำกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างโครงไฟเบอร์กลาสเพื่อให้เก้าอี้หุ่นยนต์มีความสวยงามและปลอดภัย โดยที่โครงไฟเบอร์กลาสนี้จะคลุมส่วนที่มีการเคลื่อนที่ทั้งหมด เพื่อให้ผู้ใช้งานจะได้ไม่มีโอกาสสัมผัสกับส่วนเคลื่อนที่โดยตรง
2. จัดทำเบาะนั่งและเบาะพิงหลังโดยใช้ฟองน้ำและหนังเทียม

3. ปรับปรุงการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติให้มีข้อผิดพลาดของตำแหน่งและมุมในการหมุนลดน้อยลงกว่าที่เป็นอยู่
4. ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจชั้นบันไดเพื่อที่เก้าอี้หุ่นยนต์จะได้มีความสามารถในการขึ้นและลงบันไดได้แบบอัตโนมัติ

หลังจากนั้นจึงจะนำไปทดสอบใช้จริง ทำการเผยแพร่สู่สาธารณะ และตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการต่อไป