

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและทดลอง

ในการดำเนินงานของโครงการพัฒนาระบบแผนที่ระบุตำแหน่ง และการค้นหาผู้ประสบภัย ด้วยกล้องดิจิทัลสำหรับหุ่นยนต์กู้ภัย ผู้ทดลองได้ทำการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันโดย ในส่วนที่ 1 คือการออกแบบปรับปรุงส่วนของโครงสร้างหุ่นยนต์ ซึ่งผู้ทดลองได้ทำการออกแบบ โครงสร้างของหุ่นยนต์ขึ้นมาใหม่ทั้งหมด เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและการวางระบบควบคุมภายในตัว ของหุ่นยนต์ และในส่วนที่ 2 คือส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของตัวหุ่นยนต์ส่วนหน้าจอแสดง การทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งประกอบด้วย

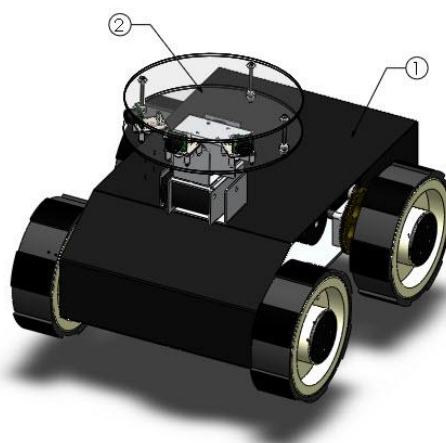
- 4.1 ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์
- 4.2 ผลการทดลองการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์
- 4.3 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิก
- 4.4 ผลการทดลองการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
- 4.5 ผลการทดลองการหาค่าความผิดพลาด ความแม่นยำ และความเที่ยงตรงของหุ่นยนต์
- 4.6 ผลการทดสอบหาค่ามุมของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์
- 4.7 ผลการทดลองการหาความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง
- 4.8 ผลการทดลองการควบคุมจากรักษาสมดุล
- 4.9 ผลการตั้งค่าฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) ของหุ่นยนต์
- 4.10 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกในการสร้างแผนที่ระบุตำแหน่ง
- 4.11 ผลการทดลองโปรแกรมประมวลผลทางภาพ

4.1 ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์

เป็นส่วนประกอบทางระบบกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถขับเคลื่อนไป ได้ในสภาพของพื้นที่ราบเรียบและพื้นที่มีลักษณะขรุขระไม่มากนัก โดยชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเป็น โครงสร้างหุ่นยนต์ส่วนใหญ่จะใช้อลูมิเนียม และใช้ล้อที่เป็นพลาสติกเพื่อทำให้ตัวหุ่นยนต์มีน้ำหนักเบา ทำให้ง่ายต่อการบังคับและควบคุม โดยมีมอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ดังภาพที่ 4-2 ส่วนจากรักษาสมดุลจะใช้อะคริลิกเป็นตัวงานในการยึดติดอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ โดยมี อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัวคือ แกน X และ Y เป็นแกนหมุนทำให้จากรักษาสมดุลขนานกับพื้นผิวโลก

ตลอดเวลาทำให้การวาดแผนที่ 2 มิติได้ค่าออกมาใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อม ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มากที่สุด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้กับค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยอาจจะเกิดจากสภาพของโครงสร้างหุ่นยนต์ที่มี การใช้งานหนักมากจนเกิดการเสื่อมสภาพลงในส่วน หรือ อาจจะเกิดจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดเซนเซอร์ต่างๆ ที่ไม่สามารถทำงานได้ในทุกๆพื้นที่ซึ่งปัจจัยต่างๆ สามารถควบคุมได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับราคาวัสดุอุปกรณ์และปัจจัยอื่นๆตามไปด้วย

4.1.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์เมื่อประกอบรวมกันทั้งหมด

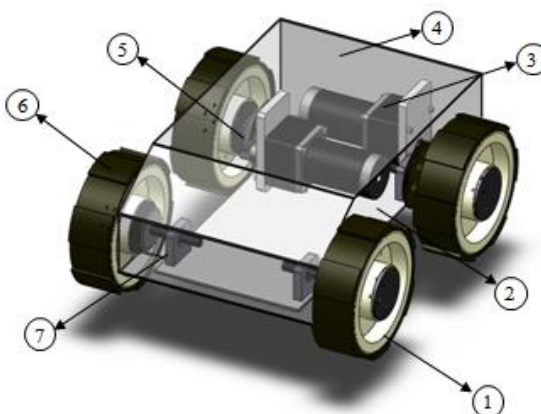


ภาพที่ 4-1 โครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ทั้งหมด

ส่วนประกอบต่างๆของโครงสร้างของหุ่นยนต์เมื่อประกอบรวมกันทั้งหมด

1. โครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนล่าง
2. โครงสร้างของงานรักษาสมดุล (ส่วนบน)

4.1.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์แสดงให้เห็นส่วนขับเคลื่อน

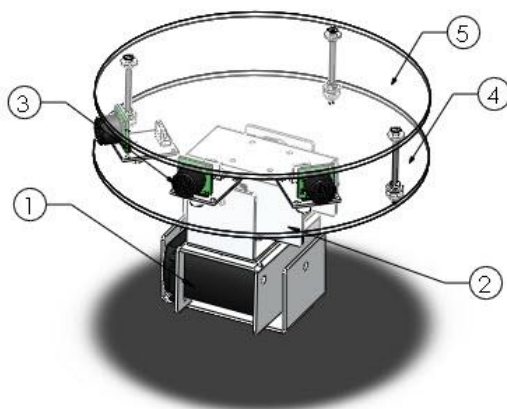


ภาพที่ 4-2 โครงสร้างของหุ่นยนต์ที่แสดงส่วนขับเคลื่อน

ส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์

1. ล้อของหุ่นยนต์
2. แผ่นเพลตสำหรับวางอุปกรณ์
3. มอเตอร์กระแสตรง
4. ฝาปิดตัวหุ่นยนต์
5. ชุดเฟืองเกียร์
6. ยางหุ้มล้อ
7. ตั๊กตาจับยึดเพลาล้อ

4.1.3 โครงสร้างของจากรักษาสมดุล (ส่วนบน)



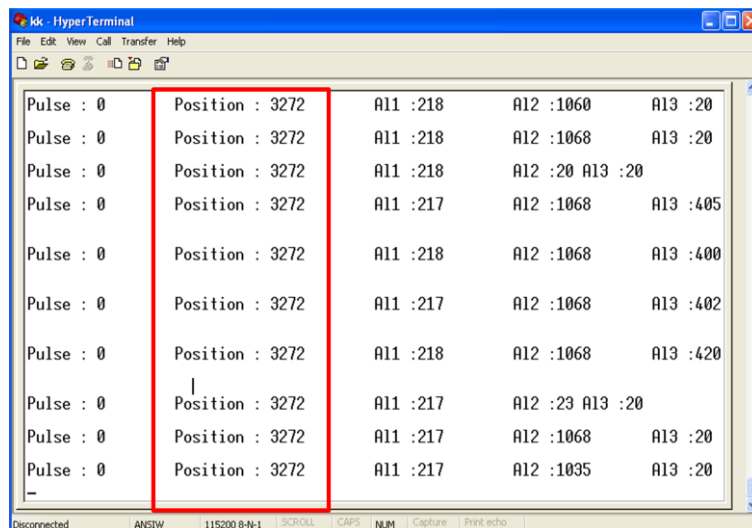
ภาพที่ 4-3 โครงสร้างของจากรักษาสมดุล(ส่วนบน)

ส่วนประกอบต่างๆของจากรักษาสมดุล

1. อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์แกน Y
2. อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์แกน X
3. อุลตราโซนิก
4. จานรองด้านล่าง
5. จานรองด้านบน

4.2 ผลการทดลองการทำงานของเอ็นโค้ดเดอร์

สำหรับผลการทดลองในส่วนนี้เป็นการทดสอบอ่านค่าค่าพัลส์ (Pulse) ของเอ็นโค้ดเดอร์โดยกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 1 เมตร แล้วนำค่าที่อ่านได้จากเอ็นโค้ดเดอร์แสดงยังหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Hyperterminal

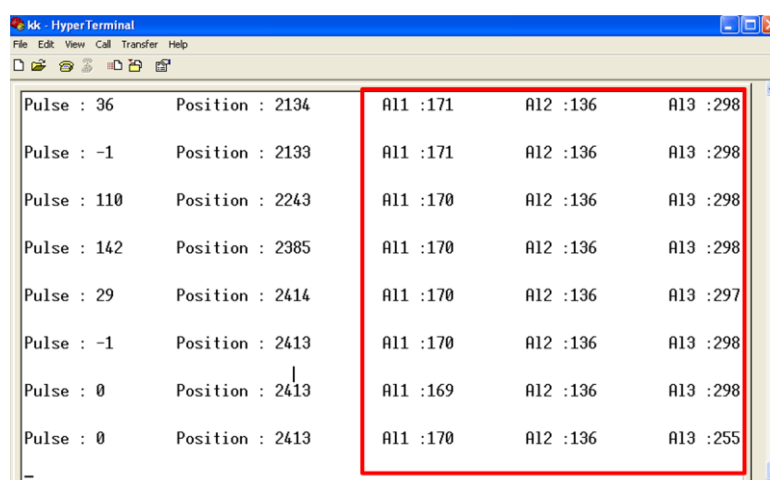


Pulse	Position	A11	A12	A13
0	3272	218	1060	20
0	3272	218	1068	20
0	3272	218	20	20
0	3272	217	1068	405
0	3272	218	1068	400
0	3272	217	1068	402
0	3272	218	1068	420
0	3272	217	23	20
0	3272	217	1068	20
0	3272	217	1035	20

ภาพที่ 4-4 ผลการทดลองอ่านค่าพัลส์ (Pulse) ของเอ็นโค้ดเดอร์ที่ระยะทาง 1 เมตร

4.3 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิก

การทดลองนี้เป็นการเขียนโปรแกรม ให้นำค่าจากอัลตราโซนิกทั้ง 3 ตัว มาสร้างเป็นแผนที่ระบุตำแหน่ง โดยตั้งอัลตราโซนิกทั้ง 3 ตัว อยู่ที่ตำแหน่งเดิมแล้วนำสิ่งกีดขวางมาตั้งขวางที่ระยะต่างๆ แล้วอ่านค่าคอมพิวเตอร์ผ่านทางหน้าจอของ Hyperterminal



Pulse	Position	A11	A12	A13
36	2134	171	136	298
-1	2133	171	136	298
110	2243	170	136	298
142	2385	170	136	298
29	2414	170	136	297
-1	2413	170	136	298
0	2413	169	136	298
0	2413	170	136	255

ภาพที่ 4-5 ผลทดสอบการทำงานของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว

4.4 ผลการทดลองการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ทำการบังคับหุ่นยนต์ด้วยมือโดยที่หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าบนพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งในการทดลองมีตั้งระยะทางไว้ที่ 1 เมตร โดยเริ่มทำการจับเวลาตั้งแต่หุ่นยนต์เกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จนถึงจุดเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าของ PWM สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง ในตัวหุ่นยนต์ ที่ 10 เปอร์เซ็นต์, 20 เปอร์เซ็นต์, 30 เปอร์เซ็นต์, 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะได้ค่าเวลาในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ในระดับช่วงความเร็วที่แตกต่างกันจากน้อยไปหามาก ตามการเปลี่ยนแปลงค่าของ PWM แล้วนำค่าเวลาที่ได้ไปคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยการแทนค่าในสมการที่ 4-1 นำค่าความเร็ว และเวลาที่ได้มาแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 4-3 และ 4-4 ด้านล่างนี้ตามลำดับ

สมการในการคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ คือ

$$V = \frac{s}{t} \quad (4-1)$$

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

s คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ หน่วย เมตร (m)

t คือ เวลาในการเคลื่อนที่ หน่วย วินาที (s)

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองการหาความเร็วโดยการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 10 เปอร์เซ็นต์

การทดลองครั้งที่	เวลา(s)	ความเร็ว(m/s)
1	7.27	0.137
2	7.45	0.134
3	7.46	0.134
4	7.22	0.138
5	7.12	0.140
6	7.36	0.135
7	7.18	0.139
8	7.44	0.134
9	7.14	0.140
10	7.16	0.140
ค่าเฉลี่ย	7.28	0.137

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองการหาความเร็วโดยการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 20 เปอร์เซ็นต์

การทดลองครั้งที่	เวลา(s)	ความเร็ว(m/s)
1	2.22	0.450
2	2.04	0.490
3	2.17	0.460
4	2.07	0.483
5	2.10	0.476
6	2.13	0.469
7	2.00	0.500
8	2.11	0.474
9	2.01	0.497
10	2.02	0.495
ค่าเฉลี่ย	2.08	0.479

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองการหาความเร็วโดยการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 30 เปอร์เซ็นต์

การทดลองครั้งที่	เวลา(s)	ความเร็ว(m/s)
1	1.51	0.662
2	1.35	0.740
3	1.49	0.671
4	1.42	0.704
5	1.44	0.694
6	1.43	0.699
7	1.39	0.719
8	1.32	0.757
9	1.35	0.740
10	1.37	0.729
ค่าเฉลี่ย	1.40	0.711

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองการหาความเร็วโดยการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 40 เปอร์เซนต์

การทดลองครั้งที่	เวลา(s)	ความเร็ว(m/s)
1	0.80	1.250
2	0.89	1.123
3	0.90	1.111
4	0.87	1.149
5	0.85	1.176
6	0.88	1.136
7	0.99	1.010
8	0.96	1.041
9	0.95	1.052
10	0.80	1.250
ค่าเฉลี่ย	0.89	1.129

4.5 ผลการทดลองการหาค่าความผิดพลาด ความแม่นยำ และความเที่ยงตรงของหุ่นยนต์

การวาดแผนที่ใน 2 มิติ เพื่อระบุตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีปัจจัยส่วนหนึ่งที่สำคัญคือค่าความถูกต้องและความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการหาค่าโดยทำการบังคับหุ่นยนต์ด้วยมือ ซึ่งหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าบนพื้นที่ลักษณะราบเรียบ จากนั้นได้ทดลองเก็บระยะทางในการเคลื่อนที่ 1 เมตร แล้วทำการอ่านค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์ที่ได้ทำการติดตั้งอยู่ที่ล้อของหุ่นยนต์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นส่งข้อมูลพล็อตออกทางคอมพิวเตอร์แล้วใช้โปรแกรม Microsoft Visual C# แปลงค่าข้อมูลพล็อตที่ได้เป็นระยะทางในหน่วยเมตรจากนั้นทำการนำค่าข้อมูลที่ได้ทำการแปลงแล้วมาแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 10 เปอร์เซนต์, 20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาด ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง แล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ด้านล่างต่อไปนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ PWM ที่ 10 เปอร์เซ็นต์

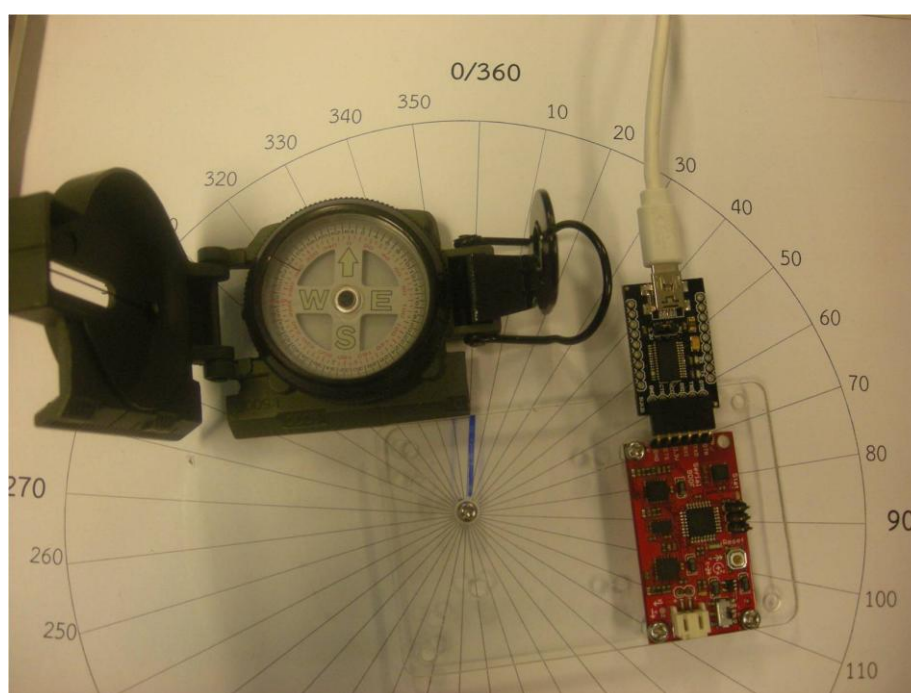
ครั้งที่	ระยะทางที่วัดได้	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	เปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	1.004	99.6	99.5	0.4
2	1.010	99.9	99.9	1.0
3	1.009	99.1	100.0	0.9
4	1.011	98.9	99.8	1.1
5	1.011	98.9	99.8	1.1
6	1.004	99.6	99.5	0.4
7	1.010	99.9	99.9	1.0
8	1.020	98.0	98.9	2.0
9	1.004	99.6	99.5	0.4
10	1.010	99.0	99.9	1.0
ค่าเฉลี่ย	1.009	99.2	99.6	0.93

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองการหาความเร็วโดยการเปลี่ยนค่า PWM ที่ 20 เปอร์เซ็นต์

ครั้งที่	ระยะทางที่วัดได้	เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ	เปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	1.013	98.7	100.0	1.3
2	1.003	99.7	99.0	0.3
3	1.016	98.4	99.7	1.6
4	1.017	98.3	99.6	1.7
5	1.015	98.5	99.8	1.5
6	1.018	98.2	99.5	1.8
7	1.027	97.3	98.6	2.7
8	1.002	99.8	98.9	0.2
9	1.018	98.2	99.5	1.8
10	1.005	99.5	99.2	0.5
ค่าเฉลี่ย	1.013	98.6	99.3	1.34

4.6 ผลการทดสอบหาค่ามุมของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์

โดยในตัวเซนเซอร์บนจานรักษาสมดุลมีเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์รวมอยู่ด้วย ซึ่งในการใช้งานนั้นเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์จะส่งข้อมูลออกมาเป็นตัวอักษรที่ละตัวอักษรออกมาทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้หลายช่วงความเร็วด้วยกัน โดยในโครงการนี้ผู้ใช้งานได้กำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลไว้ที่ความเร็ว 115200 บิตต่อวินาทีโดยเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์จะแสดงค่ามุมออกมาอยู่ในช่วง 0-360 องศา ยกตัวอย่างเช่น ค่า 0 องศาและ 360 องศา คือค่าทางทิศเหนือและค่า 90 องศา คือทิศตะวันออกโดยค่าของทิศต่อไปจะวนตามเข็มนาฬิกาไปจนครบ 360 องศา ตามลำดับ ซึ่งค่ามุมที่ได้จากเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าผิดพลาดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น การติดตั้งอยู่ใกล้กับวัตถุที่ส่งผลกระทบหลักเช่น วัสดุที่เป็นเหล็ก หรือ อลูมิเนียมทำให้ส่งผลกระทบกับเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ค่าที่วัดออกมาได้มีความผิดพลาด หรือเกิดการเบี่ยงเบนค่าของมุมที่แท้จริงออกไปส่งผลทำให้ค่าในแผนที่ของหุ่นยนต์ เกิดความผิดพลาดในการระบุตำแหน่งที่ถูกต้องตามไปด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 4-6 ชุดการทดสอบการหาค่ามุมของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4-7 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์

ครั้งที่	มุม 0 องศา	มุม 10 องศา	มุม 20 องศา	มุม 30 องศา	มุม 40 องศา
1	0.87	10.91	20.99	30.09	40.40
2	0.87	10.99	20.03	30.64	40.40
3	0.38	10.65	20.03	30.64	40.54
4	0.38	10.65	20.03	30.64	40.54
5	0.38	10.52	20.44	30.66	40.54
6	0.53	10.52	20.44	30.66	40.60
7	0.53	10.72	20.07	30.66	40.60
8	0.57	10.72	20.07	30.69	40.85
9	0.17	10.44	20.45	30.69	40.85
10	0.28	10.44	20.41	30.28	40.48
ค่าเฉลี่ย	0.54	10.65	20.99	30.56	40.58

ตารางที่ 4-8 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 50 องศา	มุม 60 องศา	มุม 70 องศา	มุม 80 องศา	มุม 90 องศา
1	50.72	60.24	70.52	80.54	90.24
2	50.72	60.24	70.52	80.54	90.24
3	50.72	60.24	70.84	80.16	90.18
4	50.61	60.24	70.84	80.16	90.18
5	50.61	60.33	70.84	80.16	90.47
6	50.61	60.33	70.62	80.16	90.47
7	50.31	60.22	70.62	80.62	90.47
8	50.31	60.22	70.80	80.62	90.50
9	50.31	60.82	70.80	80.54	90.50
10	50.28	60.44	70.49	80.54	90.01
ค่าเฉลี่ย	50.52	60.33	70.69	80.43	90.33

ตารางที่ 4-9 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 100 องศา	มุม 110 องศา	มุม 120 องศา	มุม 130 องศา	มุม 140 องศา
1	100.44	110.79	120.79	130.50	140.81
2	100.44	110.79	120.79	130.50	140.81
3	100.55	110.33	120.83	130.58	140.16
4	100.55	110.33	120.83	130.58	140.16
5	100.41	110.44	120.68	130.45	140.18
6	100.41	110.44	120.68	130.45	140.18
7	100.61	110.40	120.69	130.11	140.50
8	100.61	110.40	120.69	130.11	140.50
9	100.07	110.16	120.43	130.83	140.03
10	100.07	110.16	120.43	130.64	140.03
ค่าเฉลี่ย	100.41	110.42	120.68	130.47	140.34

ตารางที่ 4-10 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 150 องศา	มุม 160 องศา	มุม 170 องศา	มุม 180 องศา	มุม 190 องศา
1	150.47	160.42	170.11	180.90	190.78
2	150.47	160.42	170.11	180.90	190.78
3	150.97	160.22	170.41	180.90	190.89
4	150.97	160.22	170.41	180.12	190.89
5	150.64	160.53	170.17	180.12	190.88
6	150.64	160.53	170.17	180.12	190.88
7	150.31	160.29	170.04	180.20	190.73
8	150.31	160.29	170.04	180.20	190.73
9	150.53	160.16	170.14	180.20	190.33
10	150.53	160.16	170.14	180.90	190.33
ค่าเฉลี่ย	150.59	160.32	170.17	180.46	190.72

ตารางที่ 4-11 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 200 องศา	มุม 210 องศา	มุม 220 องศา	มุม 230 องศา	มุม 240 องศา
1	200.46	210.43	220.88	230.05	240.58
2	200.46	210.43	220.88	230.05	240.58
3	200.36	210.47	220.37	230.29	240.47
4	200.36	210.47	220.37	230.29	240.47
5	200.75	210.37	220.38	230.36	240.21
6	200.75	210.37	220.38	230.36	240.21
7	200.63	210.79	220.94	230.91	240.07
8	200.63	210.79	220.97	230.91	240.07
9	200.09	210.52	220.52	230.47	240.35
10	200.09	210.57	220.52	230.47	240.35
ค่าเฉลี่ย	200.46	210.52	220.62	230.42	240.34

ตารางที่ 4-12 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

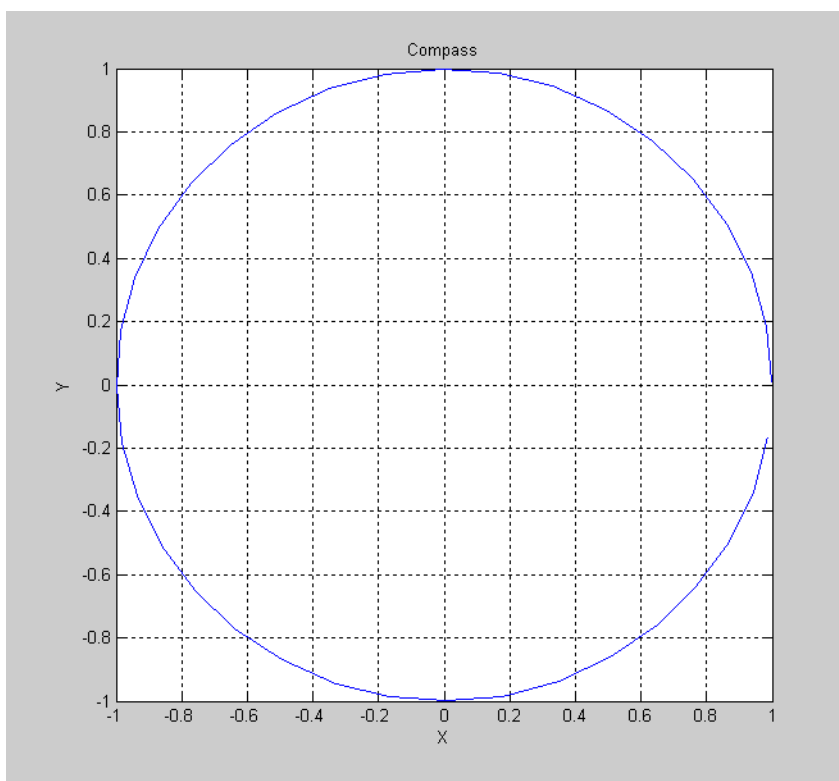
ครั้งที่	มุม 250 องศา	มุม 260 องศา	มุม 270 องศา	มุม 280 องศา	มุม 290 องศา
1	250.61	260.20	270.27	280.03	290.97
2	250.61	260.20	270.28	280.03	290.97
3	250.75	260.51	270.54	280.74	290.50
4	250.75	260.51	270.42	280.74	290.50
5	250.68	260.43	270.42	280.15	290.14
6	250.68	260.43	270.53	280.62	290.14
7	250.32	260.19	270.93	280.64	290.63
8	250.32	260.94	270.54	280.06	290.10
9	250.79	260.68	270.01	280.06	290.50
10	250.79	260.80	270.01	280.14	290.50
ค่าเฉลี่ย	250.63	260.49	270.40	280.32	290.50

ตารางที่ 4-13 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 300 องศา	มุม 310 องศา	มุม 320 องศา	มุม 330 องศา	มุม 340 องศา
1	300.28	310.72	320.17	330.11	340.13
2	300.28	310.71	320.17	330.11	340.13
3	300.49	310.39	320.12	330.05	340.06
4	300.62	310.12	320.54	330.34	340.06
5	300.88	310.55	320.12	330.83	340.86
6	300.94	310.72	320.53	330.68	340.91
7	300.45	310.45	320.92	330.64	340.30
8	300.16	310.46	320.12	330.36	340.53
9	300.19	310.14	320.08	330.36	340.16
10	300.80	310.71	320.08	330.55	340.40
ค่าเฉลี่ย	300.45	310.50	320.29	330.40	340.35

ตารางที่ 4-14 ผลการหาค่าความถูกต้องในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ครั้งที่	มุม 350 องศา	มุม 360 องศา
1	350.67	0.87
2	350.67	0.87
3	350.63	0.38
4	350.11	0.38
5	350.55	0.38
6	350.10	0.53
7	350.30	0.53
8	350.38	0.57
9	350.77	0.17
10	350.55	0.28
ค่าเฉลี่ย	350.47	0.54



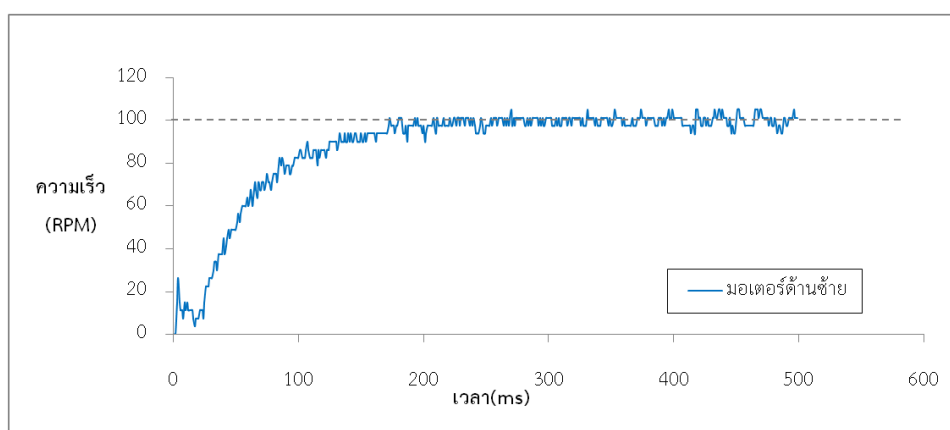
ภาพที่ 4-7 ผลการทดสอบเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โปรแกรมแมทแลบ(MATLAB)

ในส่วนโครงการนี้ผู้ทดลองได้ทำการหาค่าความถูกต้อง ในการทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำชุดทดสอบขึ้น เพื่อใช้ในการเก็บผลค่าของมุมในช่วง 0-360 องศา ซึ่งเก็บค่าระยะห่างต่างกัน ช่วงละ 10 องศา โดยทำการเก็บค่าข้อมูลของมุมเข็มทิศจำนวน 10 ค่าของในแต่ละช่วงที่ทำการวัด แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ยของมุมโดยผลที่ได้จากการทดลองสามารถดูได้จากตารางที่ 4-7 ถึงตารางที่ 4-13 ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้จะนำไปวาดจุดด้วยโปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) เพื่อดูค่าความถูกต้อง การทำงานของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการทำงานในส่วนของการเขียนโปรแกรมสามารถดูได้เพิ่มเติมในส่วนของภาคผนวก ง

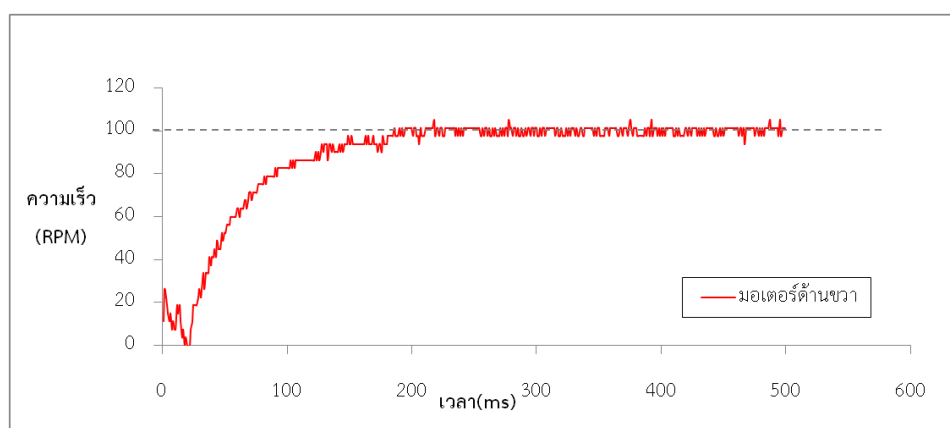
4.7 ผลการทดลองการหาความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

4.7.1 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย และด้านขวา โดยการควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller) เนื่องจากในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้องการความแม่นยำในการเคลื่อนที่และความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ที่เกิดความผิดพลาดจากค่าที่กำหนด เช่น กำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ในแนวเส้นตรงแต่หุ่นยนต์ไม่ได้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้ หรือเกิดการวิ่งเอียงออกไปจากแนวเส้นตรงที่ได้กำหนดไว้ นั่นเพราะค่า

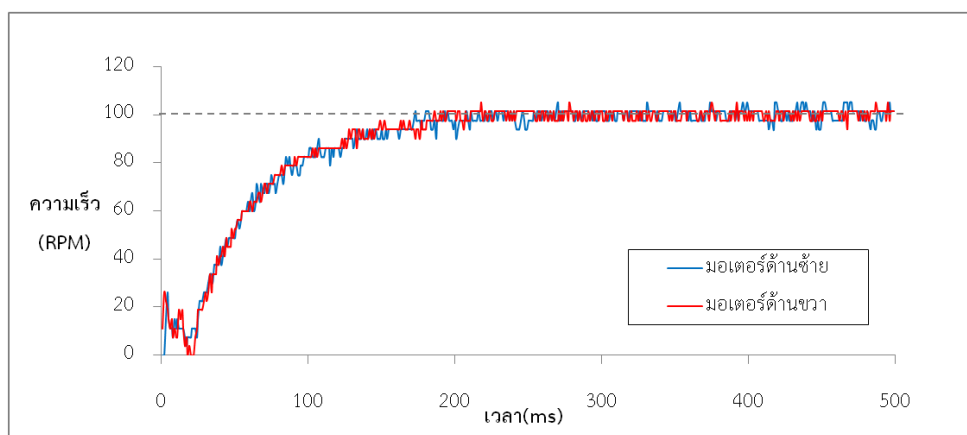
ความเร็วรอบของมอเตอร์ทั้ง 2 ข้างมีความเร็วที่แตกต่างกันหรือมีความเร็วไม่เท่ากัน ดังนั้นวิธีแก้ไขระบบการควบคุมของหุ่นยนต์เบื้องต้นก็คือต้องมีการควบคุมความเร็วรอบล้อของหุ่นยนต์ทั้งสองข้างให้มีระดับความเร็วรอบที่เท่ากันเสียก่อน โดยโครงการนี้จะใช้การควบคุมแบบพีไอดี ในการทดสอบระบบการควบคุมความเร็วของล้อหุ่นยนต์สาเหตุที่ทำการเลือกระบบควบคุมแบบพีไอดี เนื่องจากเป็นระบบควบคุมที่ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมแล้วใช้เวลาในการคำนวณสมการการพีไอดี ในการทำงานไม่มากนัก ซึ่งเหมาะสมกับโครงการนี้ที่ใช้ตัวประมวลผลเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต ที่ต้องการความเร็วในการทำงานที่ไม่สูงมากนัก และเหมาะกับระบบควบคุมที่มีความซับซ้อนในการทำงานและการคำนวณที่น้อย



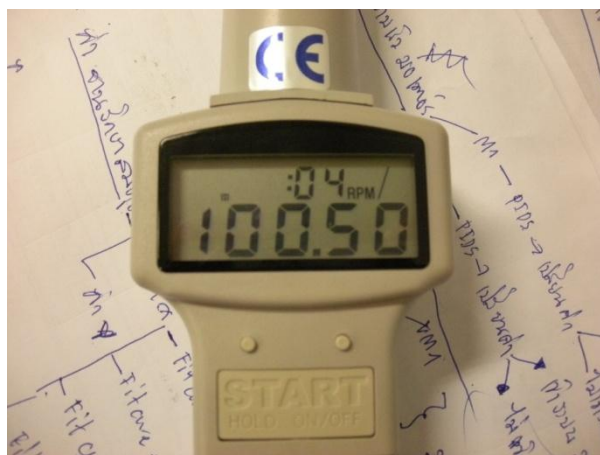
ภาพที่ 4-8 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยการควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-9 การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยการควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-10 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยการควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-11 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายที่ได้จากเครื่องมือวัด



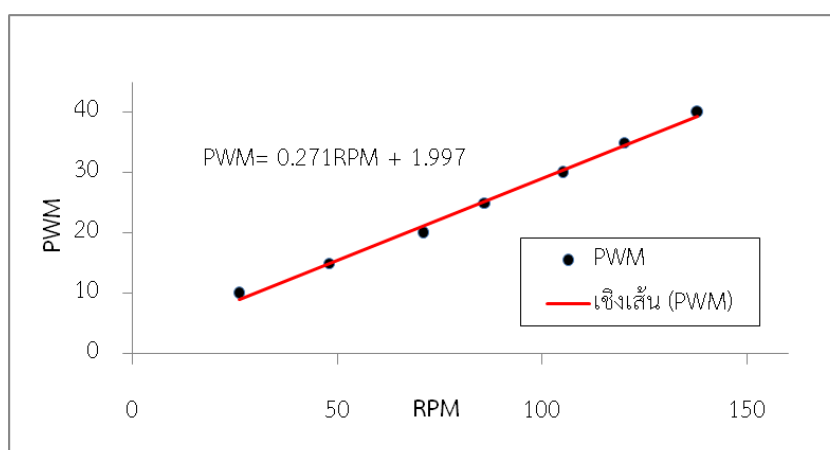
ภาพที่ 4-12 การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาที่ได้จากเครื่องมือวัด

ผลการทดลองการกำหนดค่า Gain ของการควบคุมแบบพีไอดี โดยกำหนดให้ค่า K_p1 , K_i1 , K_d1 คือค่า Gain ของมอเตอร์ด้านซ้ายของหุ่นยนต์ และ K_p2 , K_i2 , K_d2 คือค่า Gain ของมอเตอร์ด้านขวาของหุ่นยนต์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดให้ค่า $K_p1=0.1$, $K_i1=5.0$, $K_d1= 0.001$ และ $K_p2=0.1$, $K_i2=5.0$, $K_d2= 0.001$ ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้คือความเร็วรอบของมอเตอร์ในแต่ละด้านยังคงแกว่งเล็กน้อยซึ่งเกิดจากโครงสร้างส่วนล้อของหุ่นยนต์ส่วนหนึ่งและเกิดจากระบบควบคุมในส่วนของการเขียนโปรแกรมอีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นจึงได้ทำการแก้ไขโดยวิธีการใช้ Curve fitting เพิ่มเติมเข้าไปในโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไขและเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมในภายหลัง

4.7.2 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านซ้าย

ตารางที่ 4-15 ผลการเก็บค่า PWM และ ความเร็ว (รอบต่อนาที) ของมอเตอร์ด้านซ้าย

PWM (มากที่สุด 100 เปอร์เซนต์)	ความเร็ว (มากที่สุด 800รอบต่อนาที)
10	26
15	48
20	71
25	86
30	105
35	120
40	138

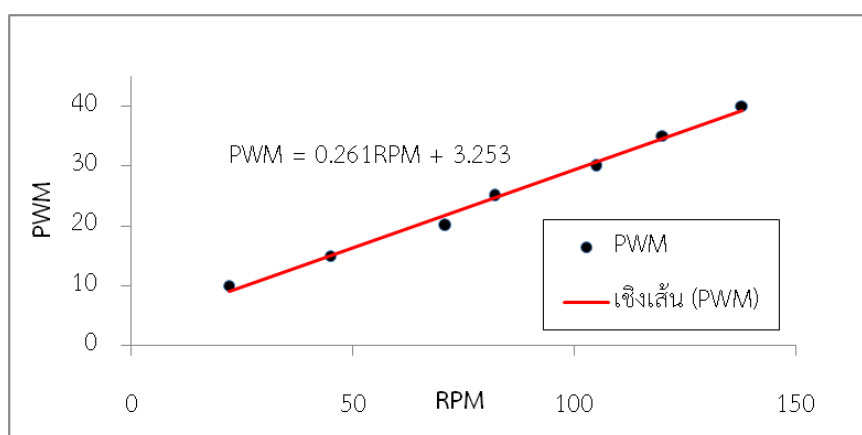


ภาพที่ 4-13 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านซ้าย

4.7.3 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านขวา

ตารางที่ 4-16 ผลการเก็บค่า PWM และ ความเร็ว (รอบต่อนาที) ของมอเตอร์ด้านขวา

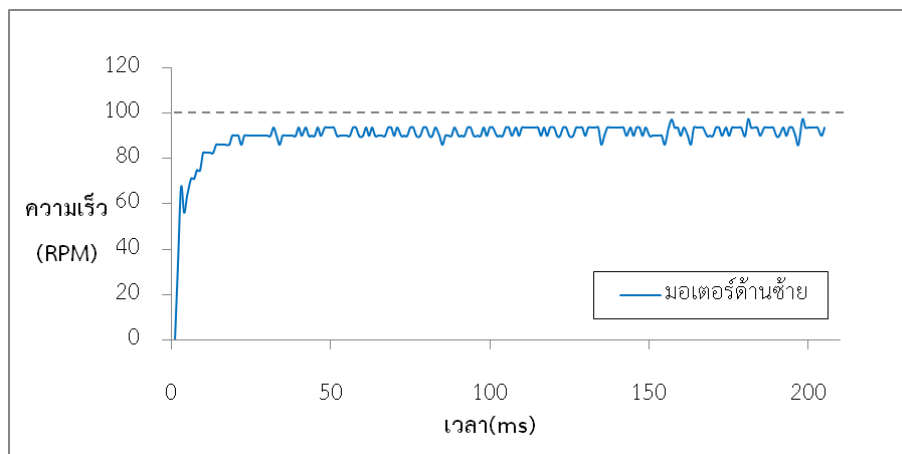
PWM (มากที่สุด 100 เปอร์เซนต์)	ความเร็ว (มากที่สุด 800รอบต่อนาที)
10	22
15	45
20	71
25	82
30	105
35	120
40	138



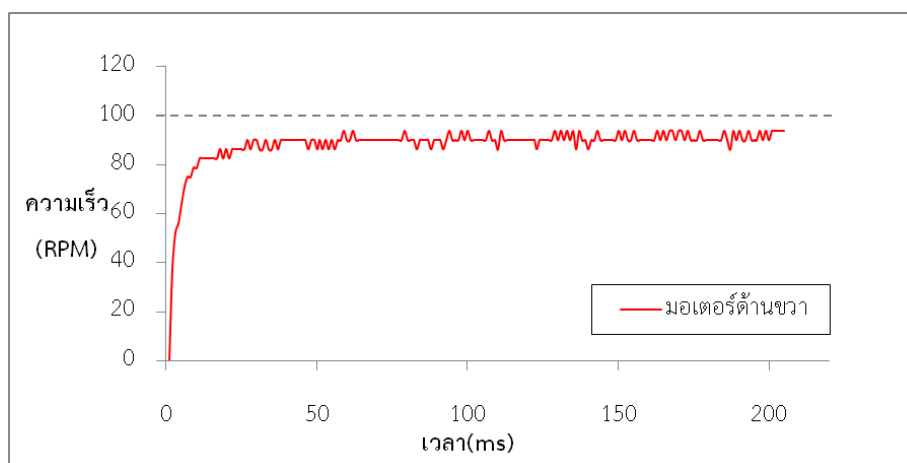
ภาพที่ 4-14 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์ด้านขวา

4.7.4 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยวิธี Curve fitting

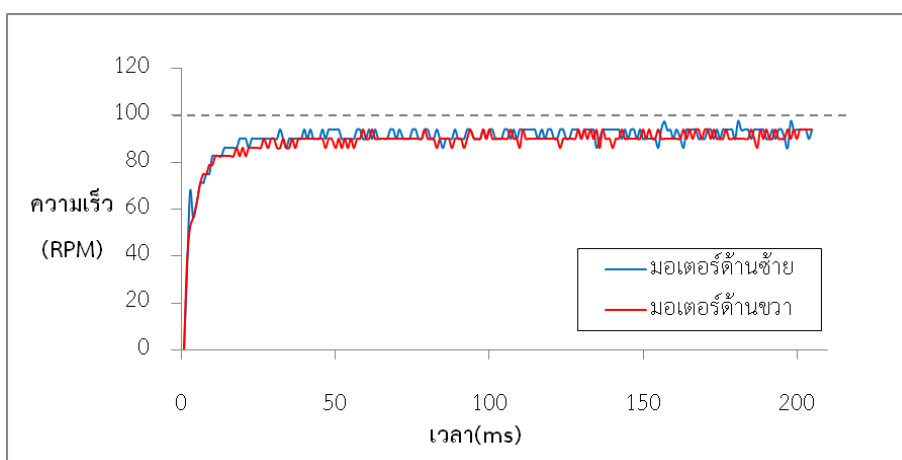
เนื่องจากค่าความเร็วในการควบคุมแบบพีไอดี มีการแกว่งเล็กน้อยแต่ต้องการให้ค่าของความเร็วมอเตอร์มีความเสถียรมากขึ้น จึงใช้ วิธี Curve fitting เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้วิธี Curve fitting เพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ทำการรวมการควบคุมแบบพีไอดีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เพื่อต้องการเก็บค่าและดูผลการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยวิธี Curve fitting เท่านั้นว่ามีการตอบสนองต่อการทำงานเร็วหรือช้า มีการเข้าสู่ระบบตามค่าที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ มากน้อยเพียงใดซึ่งการตอบสนองดังกล่าวส่งผลต่อการทำงานอย่างต่อเนื่องของมอเตอร์



ภาพที่ 4-15 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยวิธี Curve fitting



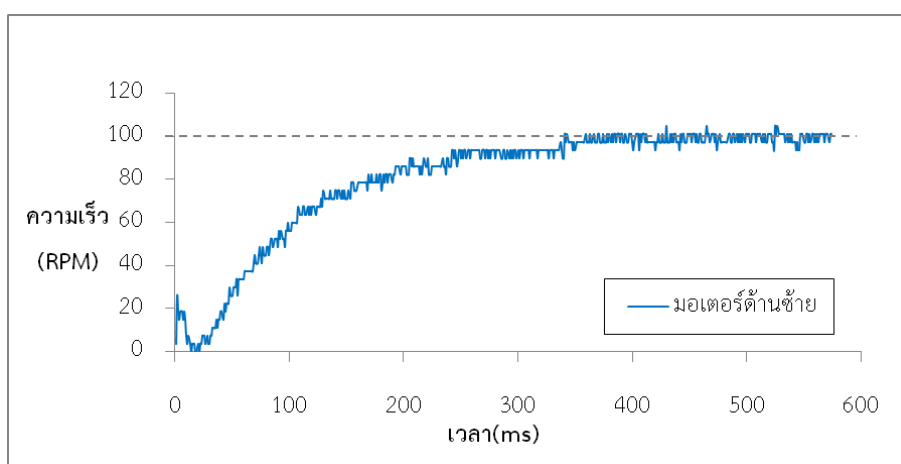
ภาพที่ 4-16 การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยวิธี Curve fitting



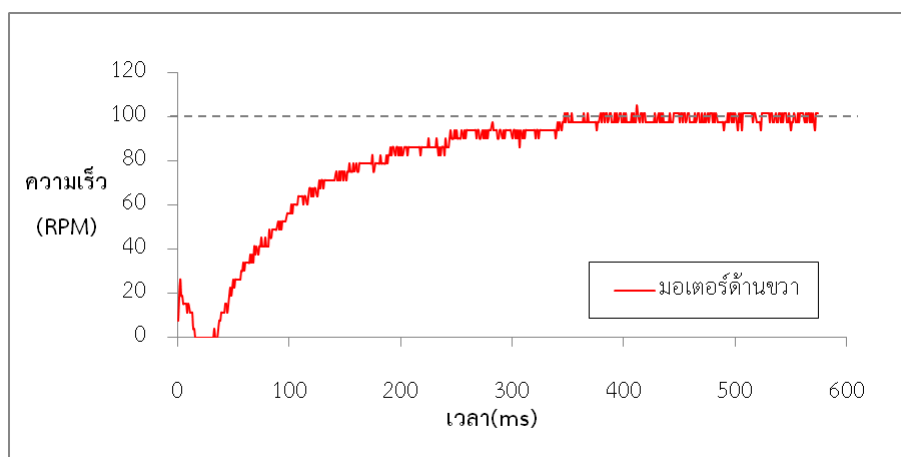
ภาพที่ 4-17 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยวิธี Curve fitting

จากผลการทดลองการควบคุมแบบวิธี Curve fitting เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ความเร็วของมอเตอร์เข้าใกล้ค่าที่ได้กำหนดไว้ได้ แต่มีส่วนช่วยให้ทำการปรับจูนหาค่า Gain ที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมแบบพีไอดีง่ายขึ้น เนื่องจากการควบคุมแบบวิธี Curve fitting ได้ทำการปรับค่าความเร็วของมอเตอร์ทั้งสองข้างให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นในโครงการนี้ผู้ทำการทดลองจึงได้รวมการควบคุมแบบวิธี Curve fitting กับการควบคุมแบบพีไอดีเข้าด้วยกัน เพื่อให้ระบบควบคุมมีความเสถียรมากยิ่งขึ้นและง่ายต่อการควบคุม

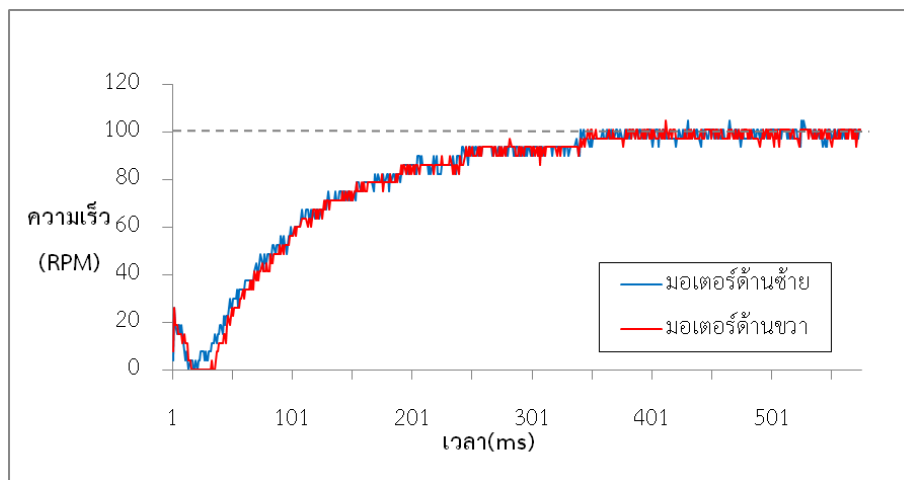
4.7.5 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-18 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-19 การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-20 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวา
โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-21 การควบคุมมอเตอร์ด้านซ้ายที่ได้จากเครื่องมือวัด



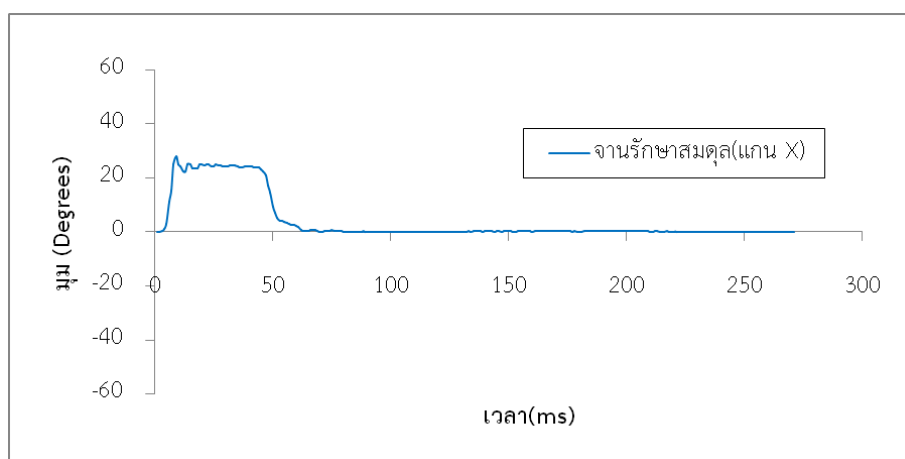
ภาพที่ 4-22 การควบคุมมอเตอร์ด้านขวาที่ได้จากเครื่องมือวัด

ผลการทดลองการกำหนดค่า Gain ของการควบคุมแบบวิธี Curve fitting รวมกับการควบคุมแบบพีไอดี โดยกำหนดให้ค่า K_p1 , K_i1 , K_d1 คือค่า Gain ของมอเตอร์ด้านซ้ายของหุ่นยนต์ และ K_p2 , K_i2 , K_d2 คือค่า Gain ของมอเตอร์ด้านขวาของหุ่นยนต์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดให้ค่า $K_p1=0.1$, $K_i1=5.0$, $K_d1=0.001$ และ $K_p2=0.1$, $K_i2=5.0$, $K_d2=0.001$ ตามลำดับซึ่งผลที่ได้คือความเร็วรอบของมอเตอร์ในแต่ละด้านมีแกว่งเล็กน้อยลง เป็นผลมาจากการเพิ่มการควบคุมด้วยวิธี Curve fitting เข้าไปทำให้การควบคุมความเร็วของมอเตอร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแต่ก็ทำให้การเขียนโปรแกรมในส่วนของการควบคุมทำได้ยากขึ้นด้วยเช่นกัน

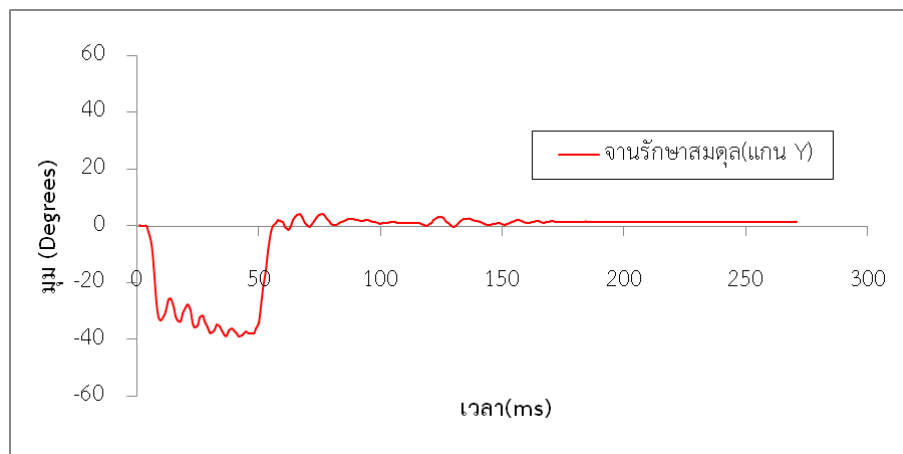
4.8 ผลการทดลองการควบคุมจากรักษาสมดุล

4.8.1 การควบคุมจากรักษาสมดุลโดยการควบคุมแบบพีไอดี

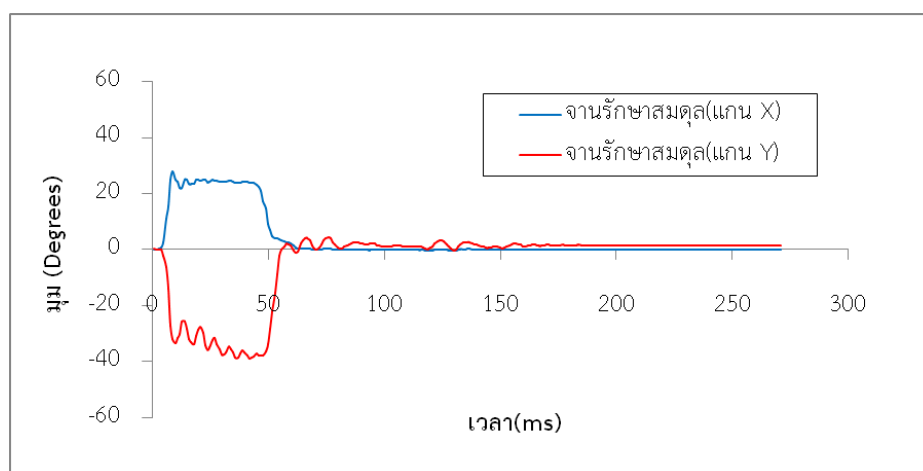
ในการระบุตำแหน่งลงในแผนที่ของหุ่นยนต์มีเหตุปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือการระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งจะทำงานผิดพลาดเมื่อหุ่นยนต์วิ่งขึ้นบนพื้นเอียง หรือวิ่งไปในบริเวณพื้นที่ขรุขระไม่มีความราบเรียบส่งผลทำให้การทำงานของโมดูลเข็มทิศดิจิทัลมีการทำงานที่ผิดพลาดไปจากข้อมูลความเป็นจริงที่ต้องอ่านได้ ดังนั้นในโครงงานนี้ผู้ทดลองจึงได้ทำการสร้างจากรักษาสมดุลขึ้นมาช่วยในการรักษาสมดุลของโมดูลเข็มทิศ ให้ทำงานขนานกับพื้นโลกทำให้ช่วยลดการทำงานที่ผิดพลาดในการระบุทิศทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แต่ก็ส่งผลทำให้การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ยังเพิ่มความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งต้องทำการควบคุมอาร์ชีเซอร์โวมอเตอร์ทั้งในแนวแกนตั้ง และในแนวแกนนอน โดยต้องทำเขียนโปรแกรมการจัดสรรเวลาในการทำงานของระบบควบคุมให้มีประสิทธิภาพและทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้อัปเดตโปรแกรมไว้



ภาพที่ 4-23 การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน X โดยควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-24 การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยควบคุมแบบพีไอดี



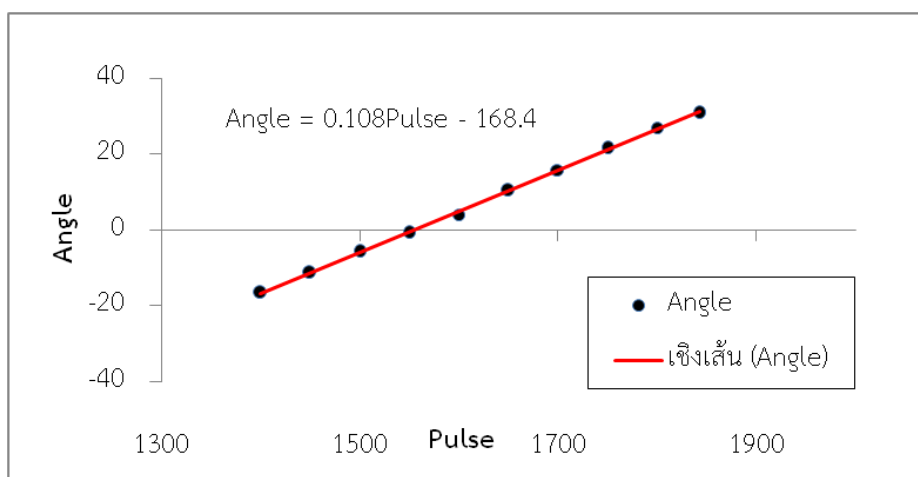
ภาพที่ 4-25 การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน XY โดยควบคุมแบบพีไอดี

ผลการทดลองการควบคุมจากรักษาสมดุล โดยใช้ระบบควบคุมแบบพีไอดีกำหนดให้ค่า K_p1 , K_i1 , K_d1 คือค่า Gain ของมอเตอร์แกน X และกำหนดให้ K_p2 , K_i2 , K_d2 คือค่า Gain ของมอเตอร์แกน Y ตามลำดับ การทดลองนี้ได้กำหนดให้ค่า $K_p1=0.2$, $K_i1=20.2$, $K_d1= 0.001$ และ $K_p2=0.1$, $K_i2=25.0$, $K_d2= 0.001$ โดยก่อนการปรับจูนค่าพีไอดีต้องทำการหาค่าพลต์มากที่สุด และค่าพลต์น้อยสุดของอาร์ซีเซอโรโมเตอร์ แล้วทำการหาค่ามุมมองศาที่มากที่สุด และน้อยสุดโดยการอ่านค่าจากเซนเซอร์บนจากรักษาสมดุลแล้วนำค่าองศา และค่าพลต์ค่าทั้งสองค่ามาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่ากึ่งกลางของระบบสมดุลของงานนั้นคือที่จุดมูมมีค่าเท่ากับศูนย์องศา ซึ่งก็ต้องทำการแปลงข้อมูลจากมุมมองศาไปเป็นค่าของพลต์จากอาร์ซีเซอโรโมเตอร์แล้วนำค่าที่ได้ไปเข้าสมการพีไอดีเพื่อควบคุมการทำงานของจากรักษาสมดุล

4.8.2 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน X

ตารางที่ 4-17 ผลการเก็บค่าพัลส์ และมุม ของมอเตอร์แกน X

พัลส์ (มากที่สุด 2500)	มุม (มากที่สุด 180 องศา)
1843	30.92
1800	27.03
1750	21.68
1700	15.92
1650	10.43
1600	4.18
1550	-0.69
1500	-5.66
1450	-11.23
1400	-16.51

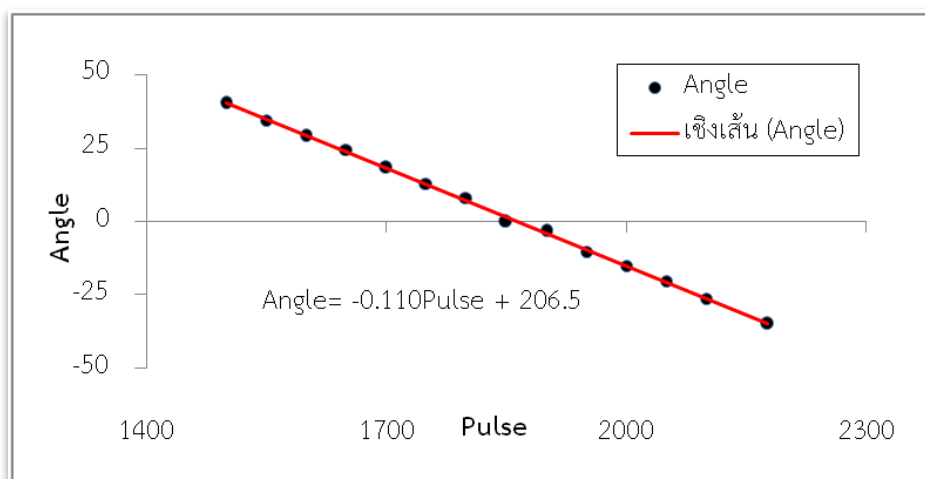


ภาพที่ 4-26 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน X

4.8.3 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน Y

ตารางที่ 4-18 ผลการเก็บค่าพัลส์ และมุม ของมอเตอร์แกน Y

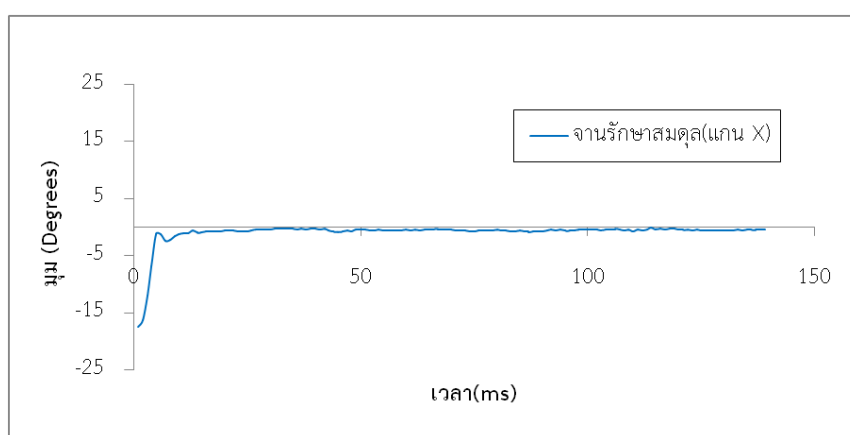
พัลส์ (มากที่สุด 2500)	มุม (มากที่สุด 180 องศา)
2177	-34.89
2100	-26.24
2050	-20.24
1950	-15.06
1900	-10.28
1850	-3.25
1800	-0.11
1750	8.14
1700	12.73
1650	18.19
1600	24.46
1550	34.35
1500	40.11



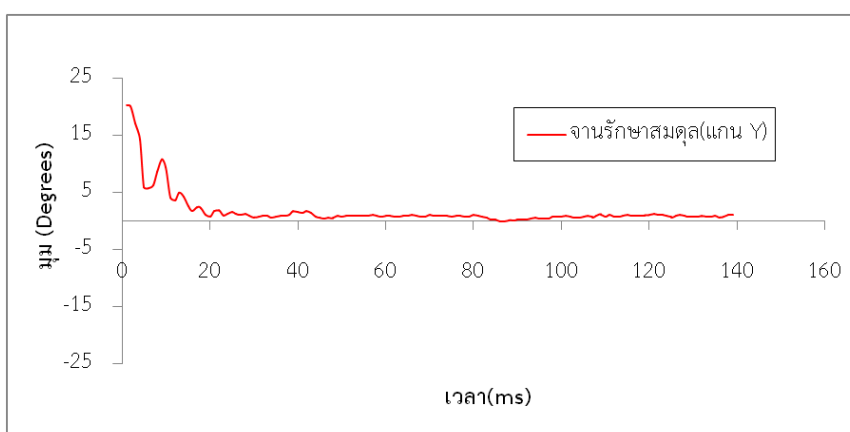
ภาพที่ 4-27 การหาค่า Curve fitting ของมอเตอร์แกน Y

4.8.4 การควบคุมจากรักษาสมดุลโดยวิธี Curve fitting

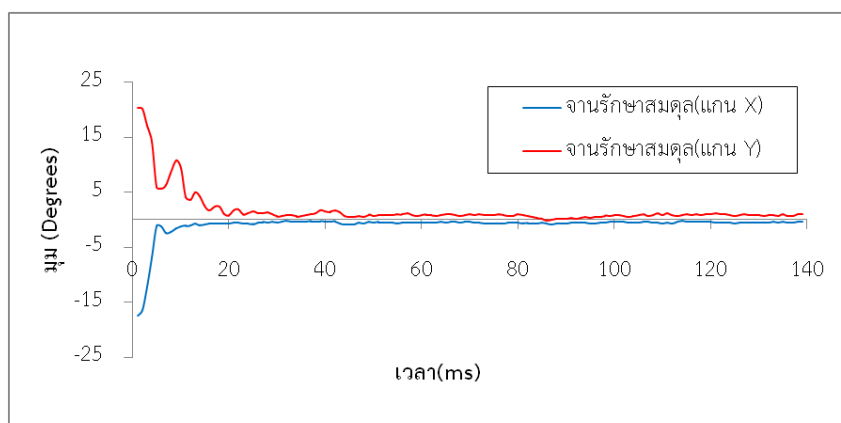
เนื่องจากผลการทดลองในการควบคุมตำแหน่งของอาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์แบบพีไอดี ผลที่ได้คือ มีการแกว่งออกจากค่าตำแหน่งที่ตั้งไว้เพียงเล็กน้อย โดยการทดลองดังนั้นโดยในช่วงเริ่มต้นผู้ทดลอง ต้องทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลแต่ละค่าเสียก่อนนำไปเข้าสมการพีไอดี เป็นเหตุทำให้ค่าที่ได้มีความ ผิดพลาดไปจากค่าที่ต้องการควบคุมอันเนื่องมาจากการเปรียบเทียบค่าที่ไม่เท่ากันของข้อมูล ดังนั้นจึง แก้ไขโดยเพิ่มวิธี Curve fitting เพื่อการประมาณค่าข้อมูลให้เข้าใกล้เคียงค่าข้อมูลที่ถูกต้องเสียก่อน แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปเข้าสมการพีไอดี ทำให้อาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์เข้าตำแหน่งได้ถูกต้อง และมีความ แม่นยำยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4-28 การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน X โดยวิธี Curve fitting



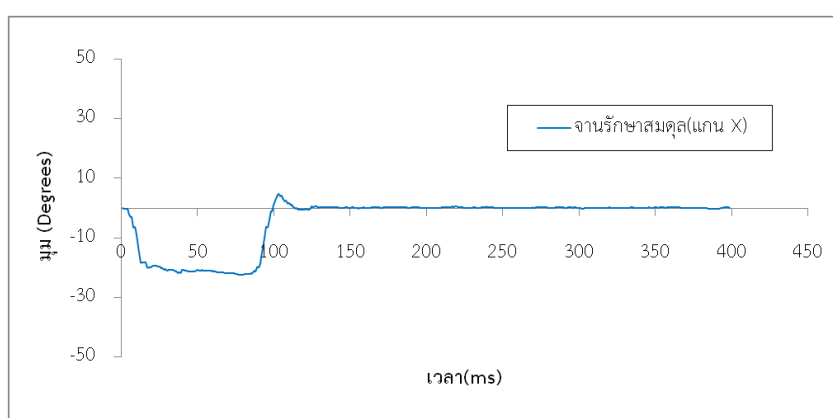
ภาพที่ 4-29 การควบคุมจากรักษาสมดุลแกน Y โดยวิธี Curve fitting



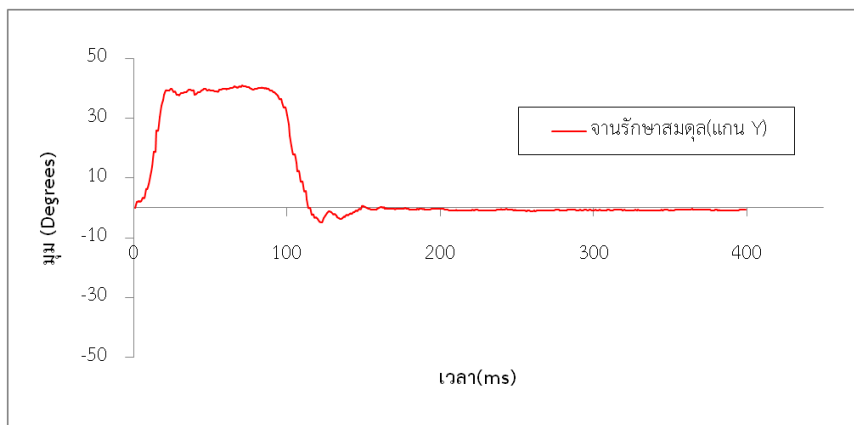
ภาพที่ 4-30 การควบคุมงานรักษาสมดุลแกน XY โดยวิธี Curve fitting

4.8.5 การควบคุมงานรักษาสมดุลโดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบฟีดไอดี

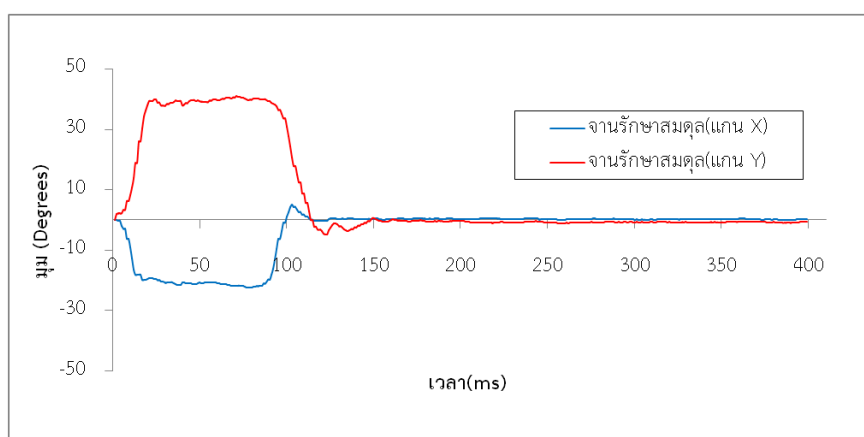
เริ่มต้นในการทดสอบระบบควบคุมของงานรักษาสมดุล ซึ่งในเบื้องต้นได้ทำการประมาณค่าของข้อมูลโดยใช้วิธี Curve fitting ไว้แล้ว จากนั้นจึงได้ที่ได้เพิ่มการควบคุมแบบฟีดไอดีเข้าไปเพื่อให้มีการรักษาสมดุลของงาน ซึ่งผลที่ได้คือมีการตอบสนองต่อการควบคุมเป็นไปตามที่ผู้ทดลองต้องการ โดยที่ระบบการทรงตัวของงานมีการตอบสนองต่อควบคุมไม่เร็วหรือช้าจนเกินไป ซึ่งในการตอบสนองเร็วหรือช้าขึ้นขึ้นอยู่กับการปรับจูนค่า Gain ของสมการฟีดไอดี โดยขึ้นอยู่กับความราบเรียบของพื้นที่ในการวิ่งของหุ่นยนต์ด้วย เช่นถ้าหุ่นยนต์วิ่งในพื้นที่ขรุขระอาจจะต้องทำการปรับค่างานรักษาสมดุลให้มีตอบสนองที่เร็วกว่าพื้นที่ราบเรียบนิดหน่อยซึ่งค่าในการปรับจูนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ในการวิ่งของหุ่นยนต์



ภาพที่ 4-31 การควบคุมงานรักษาสมดุลแกน X โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบฟีดไอดี



ภาพที่ 4-32 การควบคุมงานรักษาสมดุลแกน Y โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี

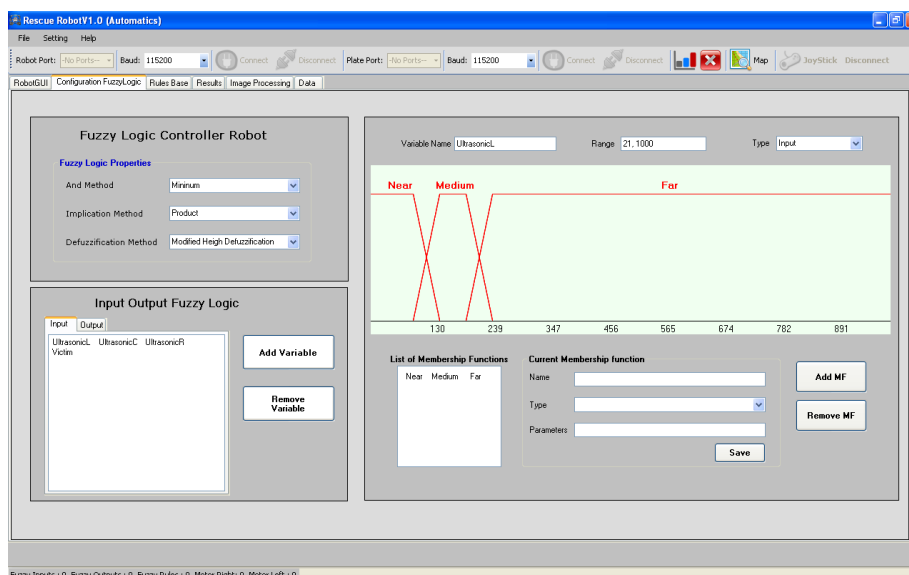


ภาพที่ 4-33 การควบคุมงานรักษาสมดุลแกน XY โดยวิธี Curve fitting + การควบคุมแบบพีไอดี

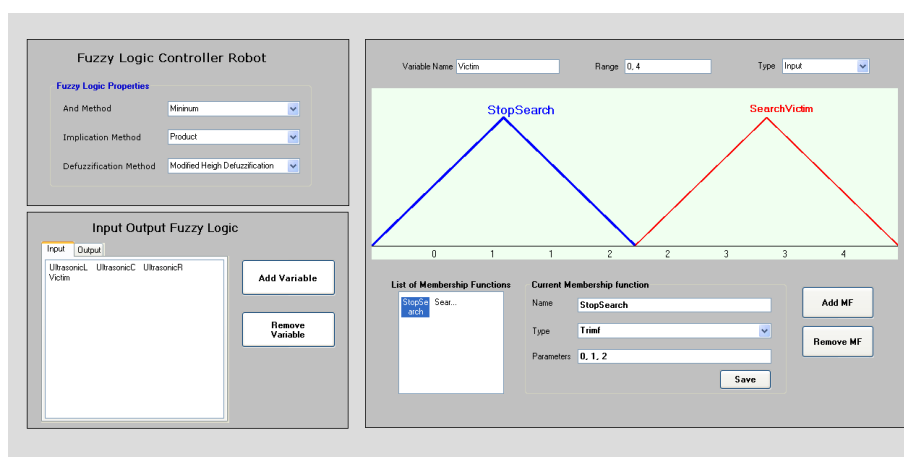
ในการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดค่าตัวแปร K_p1 , K_i1 , K_d1 คือค่า Gain ของมอเตอร์แกน X และ K_p2 , K_i2 , K_d2 คือค่า Gain ของมอเตอร์แกน Y ตามลำดับ โดยกำหนดให้ค่า $K_p1=0.2$, $K_i1=15.2$, $K_d1=0.01$ และ $K_p2=0.1$, $K_i2=25.0$, $K_d2=0.002$ ซึ่งในการควบคุมการทำงานมีการสั่งงานให้งานรักษาสมดุลตอบสนองในการทำงานที่ไม่เร็วมากจนเกินไป เนื่องจากหุ่นยนต์มีการวิ่งในพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งผลการทดสอบกับสภาพพื้นที่จริงลักษณะของตัวงานสามารถทรงตัวอยู่ได้ขนานกับพื้นโลกโดยมีการสั่นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากโครงสร้างภายในของอาร์ชีเซอร์โวมอเตอร์ที่เกิดการชำรุดของเฟืองภายในเนื่องจากการใช้งานที่ยาวนาน และเนื่องด้วยโครงสร้างภายในให้เฟืองที่เป็นพลาสติกจึงขาดความแข็งแรงทนทานจนทำให้เกิดการสั่น ซึ่งได้ทำการแก้ไขในภาพหลังโดยทำการซื้อชุดเฟืองใหม่มาทำการเปลี่ยนแทน เนื่องจากมีขายเป็นชุดสำเร็จรูปแต่ถ้าต้องการความแข็งแรงที่มากกว่านี้ควรเปลี่ยนไปใช้เฟืองที่เป็นโลหะซึ่งจะให้ผลออกมาที่ดีกว่า

4.9 ผลการตั้งค่าฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic) ของหุ่นยนต์

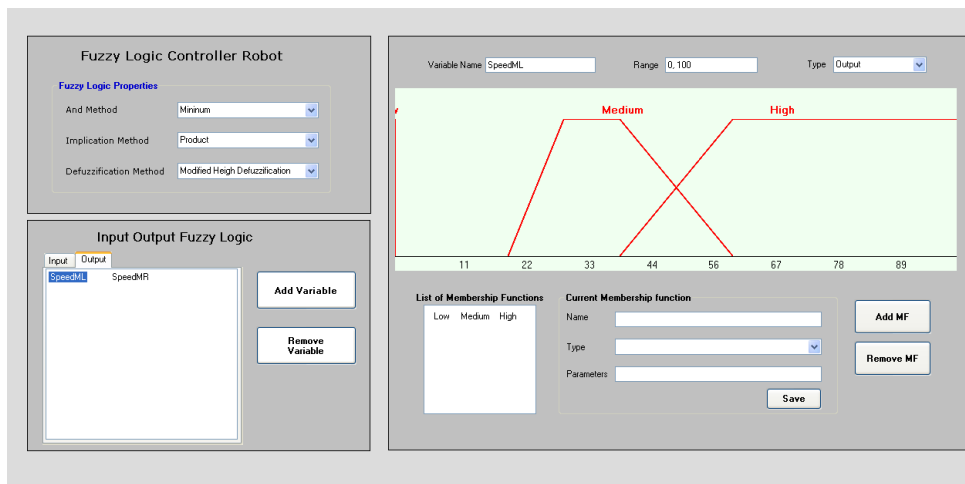
ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติการทำงานของหุ่นยนต์ ต้องมีความฉลาดสามารถตัดสินใจในเรื่องต่างๆตามที่ผู้ควบคุมกำหนดไว้ได้หรือสามารถตัดสินใจการทำงานส่วนอื่นได้เอง โดยผู้ควบคุมได้ทำการโปรแกรมคำสั่งให้หุ่นยนต์สามารถทำงานรวมทั้งเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยในโครงงานนี้จะใช้ระบบฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมการตัดสินใจการทำงานของหุ่นยนต์ สาเหตุที่เลือกระบบนี้ขึ้นเนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายและมีความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมไม่มากนักสามารถรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้หลายอินพุท เช่น การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การค้นหาสัญญาณหรือลักษณะต่างๆ ตามที่ผู้ใช้งานได้กำหนดไว้ เป็นต้น



ภาพที่ 4-34 ผลการตั้งค่าอินพุทฟัซซี่ลอจิกของอัลตราโซนิกเซนเซอร์



ภาพที่ 4-35 ผลการตั้งค่าอินพุทฟัซซี่ลอจิกของการค้นหาสัญญาณ



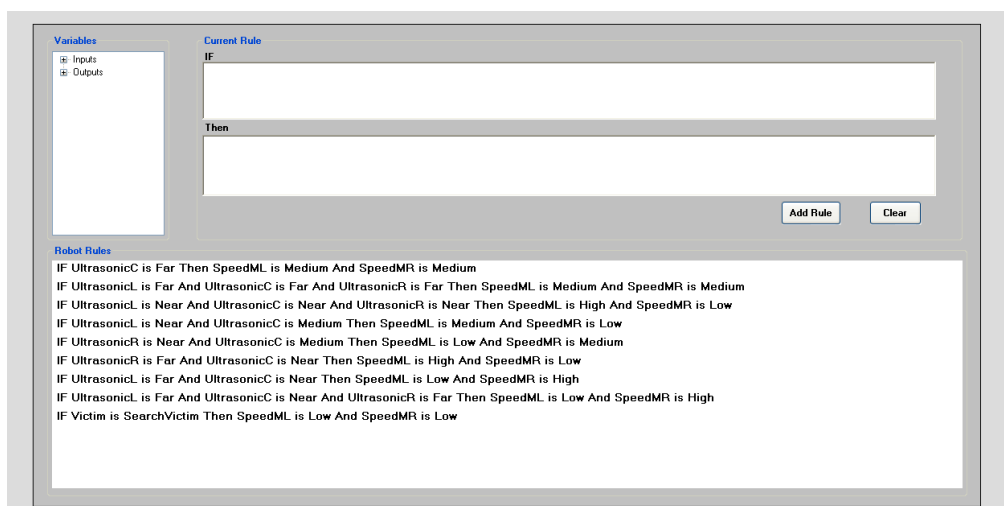
ภาพที่ 4-36 ผลการตั้งค่าเอาต์พุตฟัซซี่ลอจิกความเร็วของหุ่นยนต์

4.9.1 ตัวอย่างการกำหนดค่ากฎฟัซซี่ลอจิก

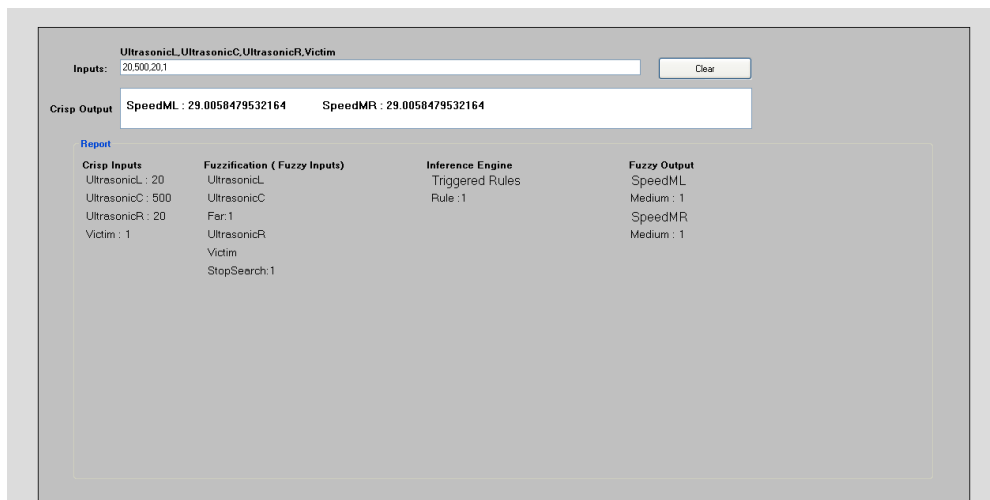
4.9.1.1 ถ้าค่าอัลตราโซนิกตรงด้านซ้ายและด้านขวามีค่ามากๆ ดังนั้นให้มอเตอร์ด้านซ้ายและมอเตอร์ด้านขวามีความเร็วเท่ากับค่ามากๆ (หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยความเร็วสูงสุด)

4.9.1.1 ถ้าค่าอัลตราโซนิกตรง ด้านซ้ายมีค่าน้อยๆ และด้านขวา มีค่ามากๆ ดังนั้นให้มอเตอร์ด้านซ้ายมีความเร็วเท่ากับค่ามากๆ และมอเตอร์ด้านขวามีความเร็วเท่ากับน้อย (หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าขวาหรือเลี้ยวขวา)

4.9.1.2 ถ้าหุ่นยนต์ค่าระยะทางเท่ากับ 2 เมตร ดังนั้นให้ มอเตอร์ด้านซ้ายและมอเตอร์ด้านขวามีค่าเท่ากับศูนย์ (หุ่นยนต์จะหยุดการเคลื่อนที่เพื่อค้นหาสัญลักษณ์)



ภาพที่ 4-37 ผลการตั้งค่ากฎของฟัซซี่ลอจิกสำหรับการวิ่งอัตโนมัติและการค้นหา

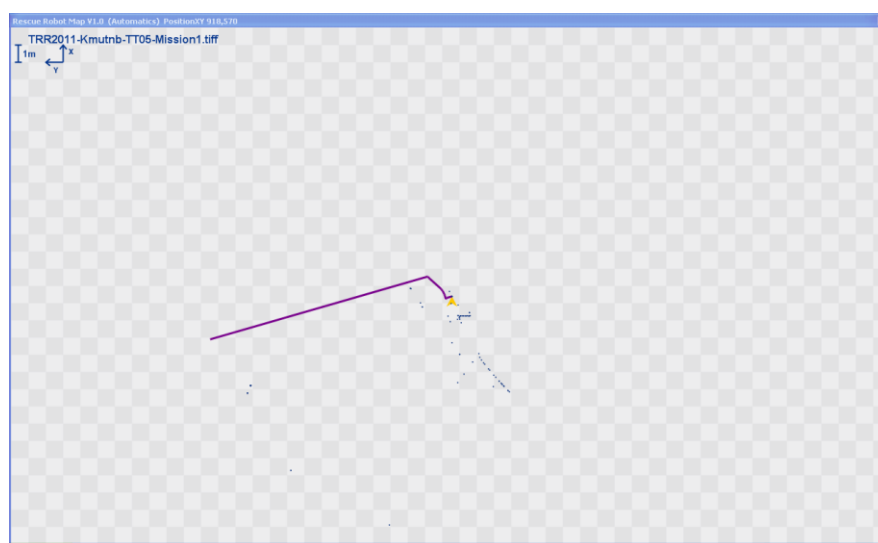


ภาพที่ 4-38 ผลการแปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification)

4.10 ผลการทดลองการทำงานของอัลตราโซนิกในการสร้างแผนที่ระบุตำแหน่ง

ในการทำงานของหุ่นยนต์มีระบบการทำงาน 2 โหมด คือโหมดการทำงานแบบบังคับด้วยมือ และโหมดการวิ่งแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์รวมไปถึงการสร้างแผนที่ พร้อมทั้งระบุตำแหน่งจุดที่เจอสัญลักษณ์ลงในแผนที่ด้วย โดยในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบด้วยโหมดการบังคับด้วยมือเพื่อทดสอบความถูกต้องของการวาดแผนที่ ซึ่งในโหมดนี้ไม่ได้ทำการระบุตำแหน่งการค้นหาสัญลักษณ์ลงไปในพื้นที่แต่จะระบุในโหมดการวิ่งแบบอัตโนมัติเท่านั้น

4.10.1 ผลการทดลองการวาดแผนที่ด้วยการบังคับด้วยจอยสติ๊ก (Joy Sticks)



ภาพที่ 4-39 ผลการทดลองการวาดแผนที่ด้วยการบังคับด้วยจอยสติ๊ก

ตัวอย่างการทดลองโหมดการบังคับด้วยมือ เพื่อทดสอบการวาดแผนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งผลที่ได้คือการวาดแผนเส้นทางการวิ่งของหุ่นยนต์ สามารถระบุตำแหน่งของการวิ่งไปในทิศทางที่ถูกต้องตรงตามทิศทางของมุมเข็มทิศดิจิทัล ซึ่งในการทดสอบการวิ่งในโหมดนี้ไม่ได้สั่งให้ระบบของจากรักษาสมดุลทำงาน เนื่องจากหุ่นยนต์วิ่งในพื้นที่ราบเรียบจึงไม่มีความจำเป็นซึ่งจากรักษาสมดุลจะทำงานเฉพาะในโหมดการวิ่งแบบอัตโนมัติเท่านั้น ซึ่งได้ทำการตั้งโปรแกรมไว้โดยในโหมดนี้ใช้สำหรับทดสอบการวิ่งของหุ่นยนต์ในสภาพพื้นที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เอียง หรือแม้จะเป็นพื้นที่ขรุขระไม่มีความราบเรียบสม่ำเสมอ เพื่อดูสมรรถนะความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ว่าทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ ก่อนที่จะนำไปใช้กับระบบจริง คือโหมดการวิ่งแบบอัตโนมัติ เพื่อป้องกันความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาดซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายกับตัวของหุ่นยนต์ขึ้นได้

4.10.2 ผลการทดลองการวาดแผนที่ขณะวิ่งอัตโนมัติ



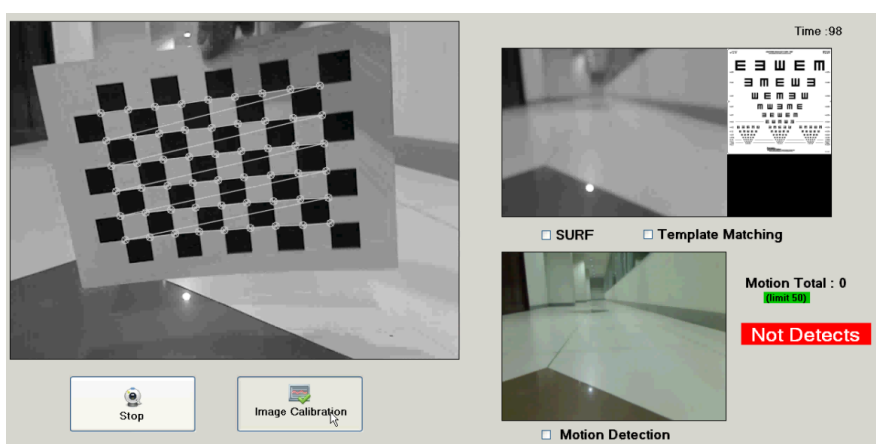
ภาพที่ 4-40 ผลการทดลองการวาดแผนที่ขณะวิ่งอัตโนมัติ

ตัวอย่างนี้เป็นผลการทดลองในโหมดการวิ่งแบบอัตโนมัติซึ่งผลที่ได้คือการระบุตำแหน่งมีความถูกต้องมีการวาดลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้อย่างถูกต้อง โดยในโหมดนี้ได้เปิดการทำงานของระบบจากรักษาสมดุล เพื่อปรับการทรงตัวของเข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์บนจากรักษาสมดุลรวมไปทั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้วย โดยถ้าไม่ทำการเปิดการรักษาสถิตหุ่นยนต์จะไม่สามารถวิ่งในโหมดอัตโนมัติได้เพื่อป้องกันการดำเนินงานที่ผิดพลาดอันเนื่องมาจากการวิ่งของหุ่นยนต์ซึ่งในการวิ่งนั้นหุ่นยนต์จะหยุดทุกๆ 2 เมตร เพื่อทำการค้นหาสัญลักษณ์เมื่อเจอสัญลักษณ์จะมีการระบุค่าตัวเลขตำแหน่งที่เจอในแผนที่แล้วหุ่นยนต์จะเข้าสู่โหมดการวิ่งอัตโนมัติอีกครั้ง โดยจะวนการทำงานอย่างนี้ต่อเนื่องจนกว่าผู้ควบคุมจะสั่งหยุดการทำงาน

4.11 ผลการทดลองโปรแกรมประมวลผลทางภาพ

4.11.1 ผลการทดลองการสอบเทียบกล้องเว็บแคม

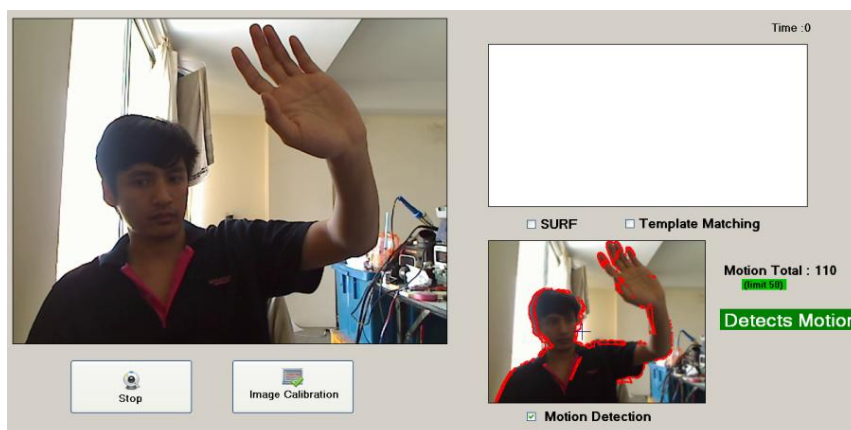
เริ่มต้นด้วยการสอบเทียบกล้องเว็บแคม เพื่อทำการทดสอบว่ากล้องตรวจจับค่าจุด ณ ค่าความเข้มของแสงสว่างขณะนั้นได้หรือไม่ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกว่ากล้องสามารถตรวจจับวัตถุและทำการเปรียบเทียบภาพได้ในสภาวะแสงขณะนั้น ซึ่งเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่สำคัญของการตรวจสอบวิเคราะห์ภาพด้วยกล้องดิจิทัล ซึ่งผลการทดสอบกล้องสามารถจับจุดภายในภาพได้นั้นคือกล้องสามารถทำการเปรียบเทียบภาพได้ในสภาพแวดล้อมของสภาพพื้นที่จริง



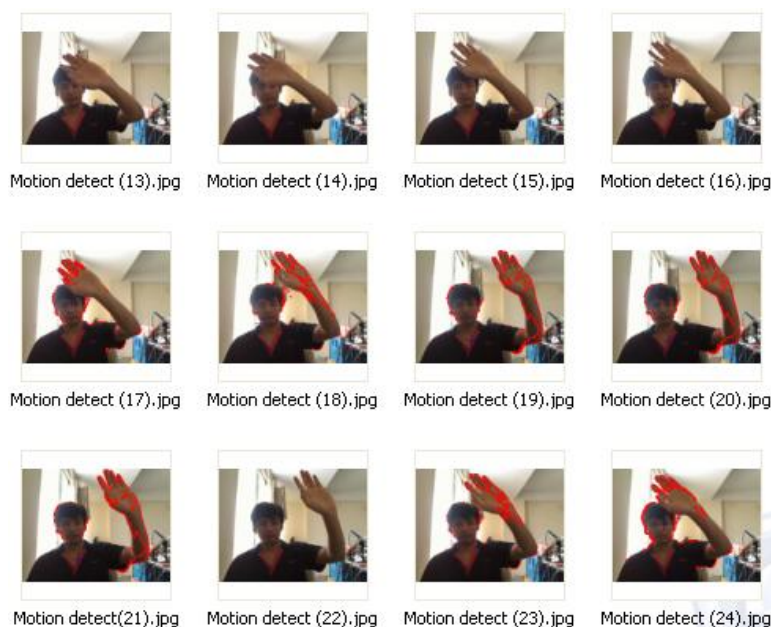
ภาพที่ 4-41 ผลการทดลองการสอบเทียบกล้องเว็บแคม

4.11.2 ผลการทดลองการตรวจจับความเคลื่อนไหว (Motion Detection)

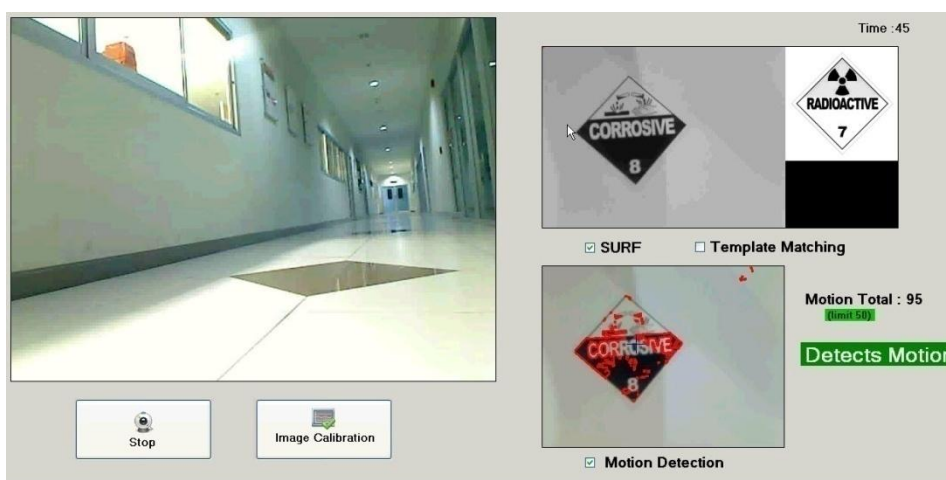
ในการตรวจจับค่าความเคลื่อนไหวจะมีการตั้งค่าลิมิตไว้ เพื่อใช้ในการควบคุมและตรวจจับความเคลื่อนไหวให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมตามความต้องการใช้งานโดยให้การจับความเคลื่อนไหวนั้นความสว่างของแสงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการตรวจจับความเคลื่อนไหว



ภาพที่ 4-42 ผลการทดลองเมื่อตรวจจับความเคลื่อนไหว



ภาพที่ 4-43 ผลการทดลองบันทึกค่าเมื่อมีการเคลื่อนไหว

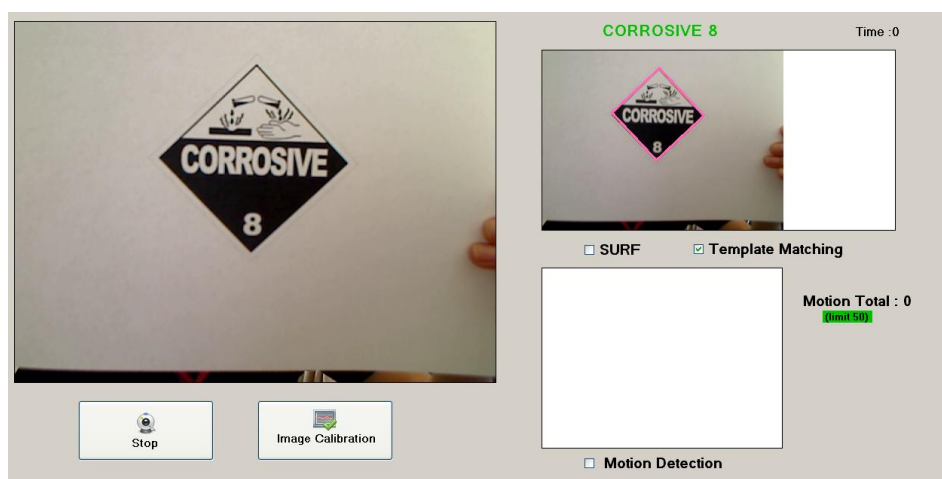


ภาพที่ 4-44 ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

สรุปผลการทดสอบการตรวจจับความเคลื่อนไหวในสภาพพื้นที่ในอาคารซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณที่มีแสงสว่างที่เพียงพอทำให้ตรวจจับความเคลื่อนไหวได้โดยจะทำการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุในขณะที่ยุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่ในทุกๆ 2 เมตร ซึ่งจะทำงานพร้อมกับโปรแกรมค้นหาภาพสัญลักษณ์เมื่อโปรแกรม เมื่อตรวจพบการเคลื่อนไหวก็นจะมีการระบุตำแหน่งที่พบการเคลื่อนไหวลงในแผนที่และทำการเก็บภาพจุดที่มีการเคลื่อนไหวลงในคอมพิวเตอร์ด้วย เพื่อให้สามารถเปิดมาดูภาพในตำแหน่งที่มีการเคลื่อนไหวกได้ในภายหลังต่อไป

4.11.3 ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธีการเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching)

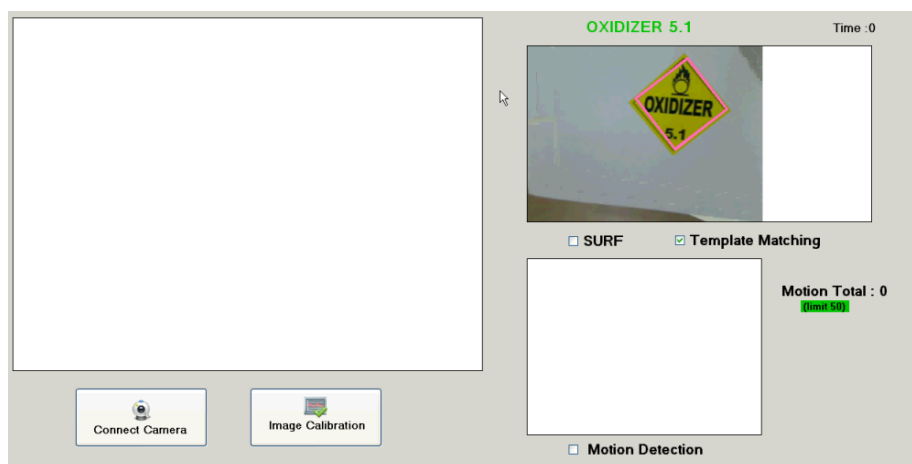
ในการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างภาพ สามารถทำได้หลายวิธีแล้วแต่ความเหมาะสมของความต้องการในนำไปใช้งานโดยในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีการเข้าคู่รูปแบบ ซึ่งจะนำภาพที่ได้จากกล้องมาทำการเปรียบเทียบกับภาพรูปแบบต้นฉบับที่ได้ทำการเก็บไว้ในโปรแกรม แล้วนำภาพที่ได้มาทำการเปรียบเทียบทีละภาพ เพื่อหาค่าความเหมือนกันของภาพซึ่งค่าความเหมือนของภาพ(Ratio) จะมีค่าอยู่ในช่วงค่าข้อมูล 0 ถึง 1 โดยมีค่าเท่ากับ 1 หรือเข้าใกล้กับ 1 มากที่สุดจะให้ค่าความเหมือนเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับมากที่สุดตามไปด้วย โดยค่าที่น้อยกว่า 1 ลงมาจะให้ค่าในการเปรียบเทียบความเหมือนน้อยลงไปตามไปด้วย ดังนั้นผู้ทดสอบต้องตั้งค่าให้อยู่ในช่วงที่รับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมค่าแสงสว่างขณะนั้นด้วยซึ่งส่งผลต่อการเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4-45 ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธีการเข้าคู่รูปแบบ



ภาพที่ 4-46 ผลการทดลองบันทึกค่าตรวจจับภาพด้วยวิธีการเข้าคู่รูปแบบ



ภาพที่ 4-47 ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

4.11.4 ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธี SURF (Speeded Up Robust Features)

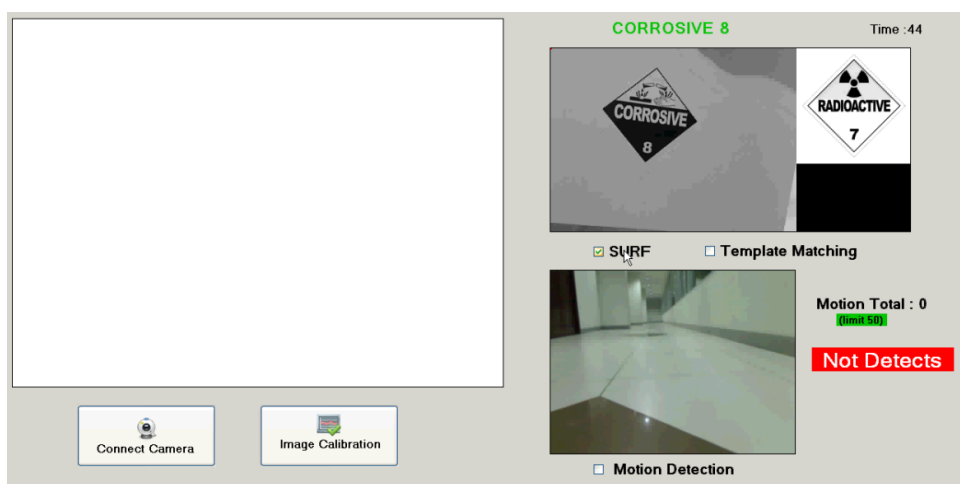
ในการเปรียบเทียบภาพด้วยวิธี SURF มีข้อดีกว่าวิธีทางการเข้ารูปแบบ คือ สามารถทำงานในช่วงที่มีความแตกต่างของแสงได้ดีกว่า และไม่ต้องคำนึงถึงภาพที่นำมาเปรียบเทียบมากนัก โดยวิธี SURF จะทำการหาลักษณะเด่นของภาพ ซึ่งเป็นจุดสำคัญภายในภาพแล้วนำมาทำการเปรียบเทียบกับจุดสำคัญของภาพต้นฉบับซึ่งจะได้จำนวนจุดสำคัญออกมา จากนั้นต้องตั้งค่าจำนวนของจุดสำคัญยอมรับได้ เช่น ทำการเปรียบเทียบกับภาพแล้วได้ความเหมือนที่ 20 จุด โดยถ้าได้ค่าน้อยกว่านี้คือได้ภาพที่ไม่เหมือนกัน เป็นต้น ซึ่งค่าของจำนวนจุดสำคัญที่ได้เกิดจากการทดลองในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงหรือได้ทำการทดสอบ โดยใช้กล้องตรวจจับจุดในสภาพแวดล้อมนั้นแล้วจะสามารถจับจุดภาพในภาพได้ครบทุกจุด



ภาพที่ 4-48 ผลการทดลองการตรวจจับภาพด้วยวิธี SURF



ภาพที่ 4-49 ผลการทดลองบันทึกค่าตรวจจับภาพด้วยวิธี SURF



ภาพที่ 4-50 ผลการทดลองสภาพแวดล้อมภายในอาคาร

จากการทดลองในการตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยใช้เทคนิคพื้นหลังด้วยวิธี Running Average Method มีข้อดีว่าการจับความเคลื่อนไหวแบบการหาค่าความแตกต่างระหว่างแสงที่เกิดขึ้นในรูปภาพ คือสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวในช่วงที่มีความสว่างของแสงที่แตกต่างกันได้ดีกว่าและสามารถทำงานได้ดีในสถานที่ทดสอบจริงซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างไม่มากหรือน้อยจนเกินไปจนไม่สามารถตรวจจับได้หรือมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นมากเกินไป

ในส่วนของการเปรียบเทียบภาพสัญลักษณ์การเปรียบเทียบภาพด้วย วิธี SURF สามารถทำงานได้ถูกต้องและแม่นยำกว่าวิธีการเข้ารูปแบบ ซึ่งมักจะทำงานได้ไม่ดีในช่วงแสงมีความสว่างน้อยเกินไป หรือมากเกินไปหรืออาจทำงานไม่ได้เลย โดยทั่วไปแล้วมักจะเกิดจากภาพที่นำมาเปรียบเทียบมีค่าความแตกต่างของแสงกับสถานที่จริงไม่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ไม่สามารถตรวจจับภาพหรือทำการเปรียบเทียบภาพออกมาแล้วได้ค่าผลลัพธ์ของข้อมูลผิดพลาดการแสดงผลของโปรแกรมก็จะผิดพลาดตามไปด้วย