

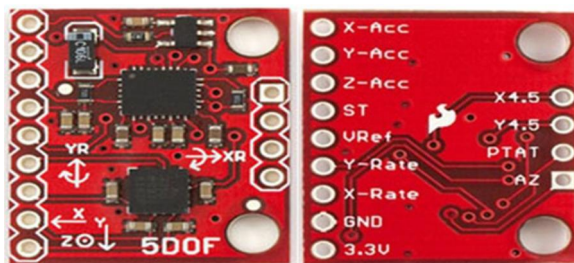
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานในที่นี้ได้แบ่งเป็น 4 ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลจากการหาค่ามุมที่ได้มาจากเซนเซอร์

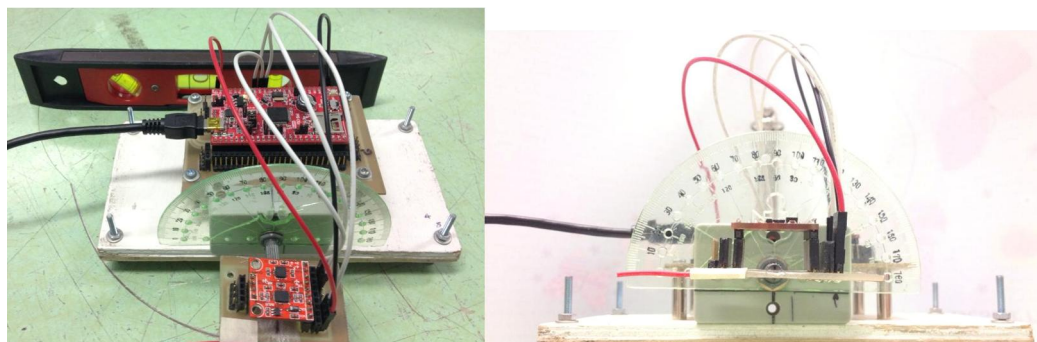
เซนเซอร์ที่ใช้จะใช้เซนเซอร์สองชนิดในการหาค่ามุม โดยเซนเซอร์ชนิดแรกคือเซนเซอร์วัดความเร่ง โดยจะหาค่ามุมได้จากความเร่งลัพธ์ในสองแนวแกนของความเร่งที่ได้จากค่าเซนเซอร์และเซนเซอร์อีกชนิดคือเซนเซอร์วัดความเอียง โดยจะหาค่ามุมได้จากการอินทิเกรต(Integrate) ค่าความเร็วของการเอียงเซนเซอร์ แต่เมื่อทดลองเซนเซอร์ทั้งสองแล้วผลปรากฏว่าเซนเซอร์ทั้งสองมีผลตอบสนองค่ามุมที่ทำให้เกิดความผิดพลาดสูง เนื่องจากเซนเซอร์วัดความเร่งเป็นการแปลงค่าจากความเร่งให้มาอยู่ในรูปของมุม ผลคือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของเซนเซอร์แบบฉับพลัน ผลคือทำให้ของค่ามุมเกิดการผิดพลาดสูงและเซนเซอร์วัดความเอียง เมื่อทำการอินทิเกรตจะเกิดการสะสมความผิดพลาดเกิดขึ้นจึงทำให้ต้องมีสมการKalman Filter เพื่อให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด โดยผลของเซนเซอร์ได้แบ่งการบันทึกและเก็บผลเทียบกับการตอบสนองไว้เป็น 3 ลักษณะดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 เซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเร็ว

4.1.1 ค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่ง

ค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่ง สามารถหาค่ามุมจากการคำนวณหาค่ามุมของความเร่งลัพธ์ระหว่างความเร่งในแนวแกน Y กับความเร่งในแนวแกน Z เมื่อนำค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพธ์มาทำการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบค่ามุมระหว่างค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพธ์กับไม้ครึ่งวงกลมที่มีสเกลมุมร่วมกับระดับน้ำ ดังภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพธ์กับไม้ครึ่งวงกลมที่มีสเกลมุมร่วมกับระดับน้ำ

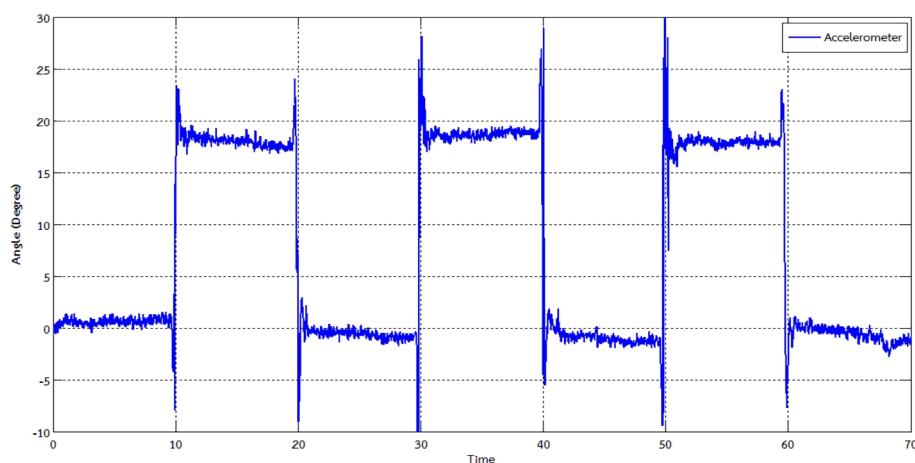


ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพท์กับไม้ครึ่งวงกลมที่มีสเกลมุมร่วมกับระดับน้ำ
ผลการเปลี่ยนแปลงค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพท์เปรียบเทียบกับไม้ครึ่งวงกลมที่มีสเกลมุม
ร่วมกับระดับน้ำ โดยผลของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดหาได้จาก $\frac{\text{มุมมองศาที่เอียง} - \text{มุมมองศาที่ได้}}{\text{มุมมองศาที่เอียง}} \times 100$
ผลการเปลี่ยนแปลงสามารถแสดงดังตารางที่ 4-1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการเปลี่ยนแปลงค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งกับมุมมองศาที่เอียง

การทดลองครั้งที่	มุมมองศาที่เอียง	มุมมองศาที่ได้	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	-90	-86.5	3.88888889
2	-60	-62	3.33333333
3	-45	-49	8.88888889
4	-30	-32	6.66666667
5	-15	-18	20
6	0	0	0
7	15	18	20
8	30	32	6.66666667
9	45	49	8.88888889
10	90	86.5	3.33333333

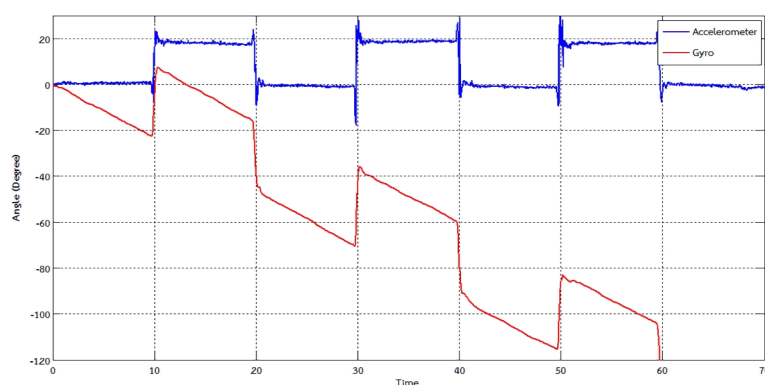
แต่อันเนื่องจากค่ามุมของเซนเซอร์วัดความเร่งในแกนแนวตั้งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน (Time) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงค่ามุมด้วยความถี่ผลตอบสนองที่เกิดทำให้ค่ามุมเกิดความผิดพลาดสูง อันเนื่องมาจากความถี่ของการเปลี่ยนแปลง ทำให้ผลของความถี่ส่งผลกระทบต่อเซนเซอร์วัดความเร่ง ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.3 ความถี่ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของเซนเซอร์วัดความเร่งในแกนแนวตั้งเปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน



ภาพที่ 4.3 ความถี่ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของเซนเซอร์วัดความเร่งในแกนแนวตั้ง
เปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน

4.1.2 ค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเอียง

ค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเอียง เพื่อหาค่ามุมแล้วจะต้องอินทิเกรตความเร็ว ผลคือจะทำให้เกิดค่าสะสมของค่าความผิดพลาด อันเนื่องมาจากการอินทิเกรตจะทำให้เกิดค่าความสะสมของความผิดพลาด โดยค่าความผิดพลาดจะถูกสะสมไปเรื่อยๆ ทำให้ไม่สามารถนำค่ามุมที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามุมที่เอียงได้ จึงนำผลของค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเอียงไปเปรียบเทียบกับค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งที่ได้ ผลปรากฏดังภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างเซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเอียง



ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างเซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเอียง

4.1.3 ค่ามุมที่ได้จากสมการกรองสัญญาณด้วยสมการKalman Filter

เมื่อได้มุมที่ได้จากเซนเซอร์ทั้งสองแล้วนั้นผลคือเซนเซอร์วัดความเร่งจะเกิดค่าความผิดพลาดสูงเมื่อเกิดการความถี่เปลี่ยนแปลงและค่าที่ได้จะไม่น่ามีความแม่นยำ และผลของเซนเซอร์วัดความเอียงคือค่าที่ได้จะแม่นยำแต่เกิดการสะสมของความผิดพลาด ดังนั้นจึงต้องใช้สมการKalman Filter โดยใช้ค่ามุมที่ได้จากเซนเซอร์ทั้งสองเข้าสมการKalman Filter เพื่อให้ได้ค่า

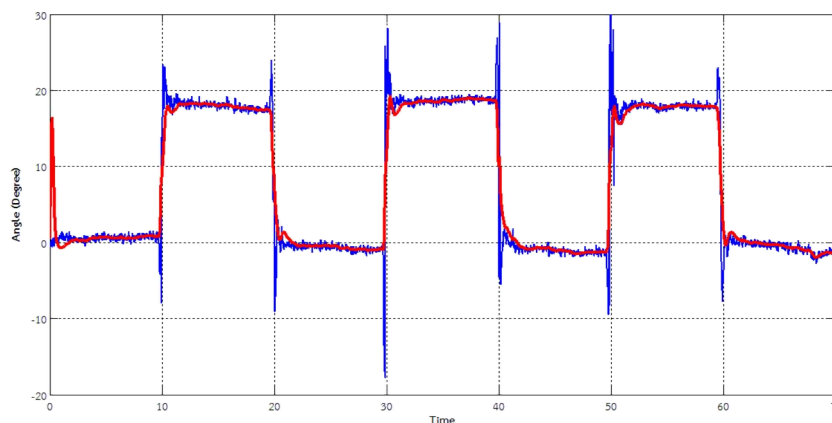
มุมที่ดีที่สุดเพียงมุมเดียว โดยผลที่ได้จะนำค่าไปเปรียบเทียบกับการใช้ไม้ครึ่งวงกลมร่วมกับระดับน้ำวัดองศาตังภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่ามุมที่ได้จากความเร่งลัพท์กับไม้ครึ่งวงกลม ที่มีสเกลมุมร่วมกับระดับน้ำ โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2 ผลการเปลี่ยนแปลงค่ามุมที่ได้จากสมการKalman Filterกับมุมมองศาที่เอียง

การทดลองครั้งที่	มุมมองศาที่เอียง	มุมที่ได้	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	-90	-86.5	3.888888889
2	-60	-62	3.333333333
3	-45	-49	8.888888889
4	-30	-32	6.666666667
5	-15	-18	20
6	0	0	0
7	15	18	20
8	30	32	6.666666667
9	45	49	8.888888889
10	60	62	3.333333333
11	90	86.5	3.888888889

ซึ่งได้ค่าที่ได้จากสมการKalman Filter มีความใกล้เคียงกับเซนเซอร์วัดความเร่งเพียงแต่ค่ามุมที่ผ่านสมการKalman Filter จะมีการคิดที่ช้ากว่าเพียงไม่กี่มิลลิวินาทีแต่ค่าสุดท้ายจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าที่ได้จากสมการKalman Filter จะมีค่าความผิดพลาดที่น้อยกว่าการใช้เซนเซอร์วัดความเร่งเพียงอย่างเดียว

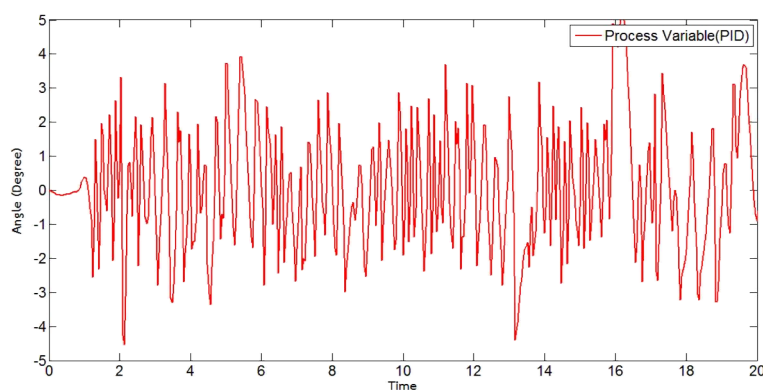
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งและค่ามุมที่ผ่านสมการสมการKalman Filterในแกนแนวดิ่งเปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน ผลที่ได้จากค่ามุมที่ผ่านสมการKalman Filter จะให้ค่าที่ความแม่นยำสูงกว่าและให้สัญญาณที่มีความถูกต้องมากกว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งเพียงอย่างเดียว ผลที่ได้แสดงภาพที่ 4.5 ผลค่ามุมที่ได้จากสมการKalman Filter กับมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งเปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน



ภาพที่ 4.5 ผลค่ามุมที่ได้จากสมการKalman Filter กับมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็ว
เปรียบเทียบกับเวลาการทำงาน

4.2 ผลการทดสอบการใช้ตัวควบคุมด้วยPID Controlในการรักษาสมดุล

ระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสมดุล สามารถรักษาสมดุลไม่ล้มไปทิศทางด้านหน้าและด้านหลัง ด้วยขอบเขตค่ามุมที่มีองศาไม่น้อยกว่า ± 5 องศาในแนวดิ่ง แต่ระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสมดุลมีการเคลื่อนหน้าและเคลื่อนหลังอยู่เนื่องจากผลอันเนื่องมาจากเกียร์ทดของมอเตอร์ซึ่งมีจำนวนรอบมาก ทำให้ผลของความห่างของเกียร์ทดไปส่งผลต่อความนิ่งของระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสมดุล โดยผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.6 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบPID Control

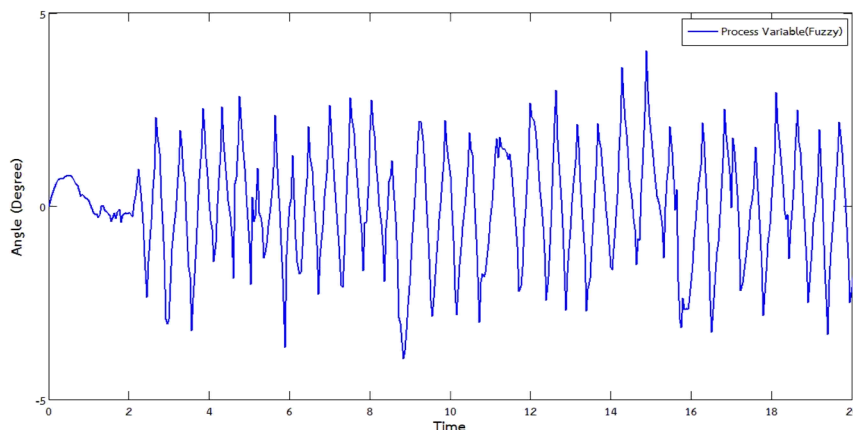


ภาพที่ 4.6 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบPID Control

4.3 ผลการทดสอบการใช้ตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Controlในการรักษาสมดุล

ผลการทดลองใช้ตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control รักษาสมดุลระบบขับเคลื่อนล้อเดียวสามารถรักษาสมดุลไม่ล้มไปทิศทางด้านหน้าและด้านหลัง ด้วยขอบเขตของค่ามุมที่มีองศาไม่น้อยกว่า ± 5 องศาในแนวดิ่ง แต่ระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสมดุล มีการเคลื่อนหน้าและเคลื่อนหลังอยู่เนื่องจากผลอันเนื่องมาจากเกียร์ทดของมอเตอร์ซึ่งมีจำนวนรอบมากทำให้ผลของความห่างของเกียร์ทดไปส่งผลต่อความนิ่งของระบบขับเคลื่อนล้อเดียวรักษาสมดุล แต่ตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control มีค่าความผิดพลาดที่ต่ำกว่าตัวควบคุมแบบPID Control แต่การคำนวณของ

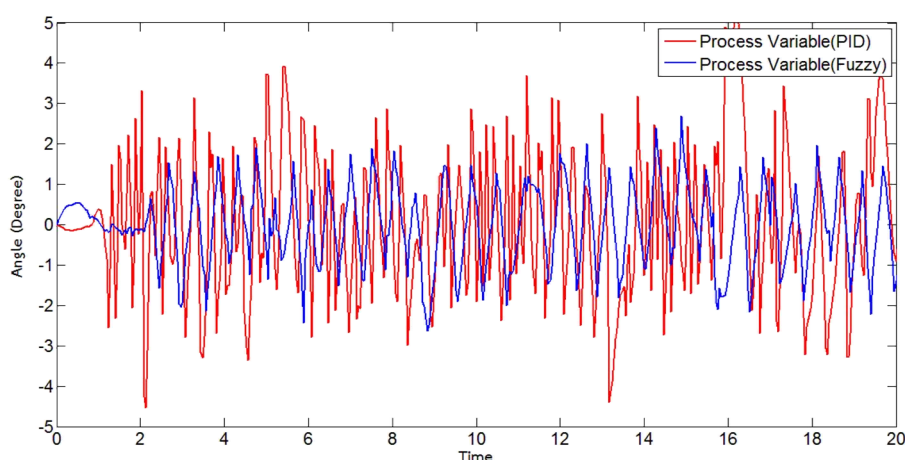
ตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานช้าลง โดยผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.7 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control



ภาพที่ 4.7 ผลจากการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control

4.4 ผลการเปรียบเทียบตัวควบคุมแบบPID ControlและตัวควบคุมFuzzy Logic Control

โดยเมื่อนำผลทั้งสองมาเปรียบเทียบกันแล้วสังเกตเห็นได้ว่าการทำงานตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control มีผลการตอบสนองที่ช้ากว่าตัวควบคุมแบบPID Control เนื่องจากตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Controlต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำในไมโครคอนโทรลเลอร์ค่อนข้างมาก และตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control ยังมีสมการทางคณิตศาสตร์ภายในจำนวนค่อนข้างมากทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลได้ค่อนข้างช้าลง เนื่องจากพื้นที่ความจำน้อยลง แต่ผลที่ได้ตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control สามารถมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าตัวควบคุมแบบPID Controlและค่าเวลาคงที่ตลอดคาบเวลาที่เปลี่ยนแปลง ผลที่ได้แสดงการเปรียบเทียบแสดงดังภาพที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบตัวควบคุมแบบPID ControlและตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control



ภาพที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบตัวควบคุมแบบPID ControlและตัวควบคุมแบบFuzzy Logic Control