

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิกสำหรับการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยว ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่

Application of Fuzzy Logic Algorithm for Steering Assist Control of Mobile Robots

ชนม์รัตน์ ตติยะวรรณนท์

สาขาวิศวกรรมควบคุมอุตสาหกรรมและเครื่องมือวัด (วิศวกรรมไฟฟ้า)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

E-mail: chonrat@mut.ac.th

Manuscript Received September 9, 2024

Revised October 5, 2024

Accepted October 24, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิกสำหรับการควบคุมการช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรมคอปเปเลียซิม อิติยู และการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน โดยที่โปรแกรมคอปเปเลียซิม อิติยูเป็นซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองที่สามารถจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยการทดสอบใช้แบบจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่มีระบบขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อและเซ็นเซอร์เรดาร์สำหรับวัดมุมและระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง ซึ่งใช้เป็นข้อมูลอินพุตสำหรับขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิก โดยขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิกใช้วิธีทีเอสเค (ทากากิ-ซุกะโน-คัง) ขั้นตอนวิธีนี้ประมวลผลข้อมูลเพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นมุมการช่วยบังคับเลี้ยวสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ซึ่งจะใช้ร่วมกับการควบคุมด้วยมือ ในการทดสอบครั้งนี้ มีเงื่อนไขคือผู้ควบคุมไม่ทำการบังคับการเลี้ยวด้วยตนเอง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางได้

คำสำคัญ: ขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิก การควบคุมช่วยบังคับเลี้ยว หุ่นยนต์เคลื่อนที่

ABSTRACT

This paper presents the application of a fuzzy logic algorithm for steering assist control of mobile robots using CoppeliaSim EDU and Python programming. CoppeliaSim EDU is a simulation software capable of modeling the operation of mobile robots. The experiment used a model of a mobile robot with a four-wheel drive system and radar sensors for measuring angles and distances to obstacles, which serve as inputs to the fuzzy logic algorithm. The fuzzy logic algorithm utilizes the TSK (Takagi-Sugeno-Kang) method. The algorithm processes these inputs to generate outputs as steering assist angles for the mobile robot, to be used in conjunction with manual control. In this experiment, the condition was that the human operator did not manually control the steering. The experimental results showed that the mobile robot's ability to steer around.

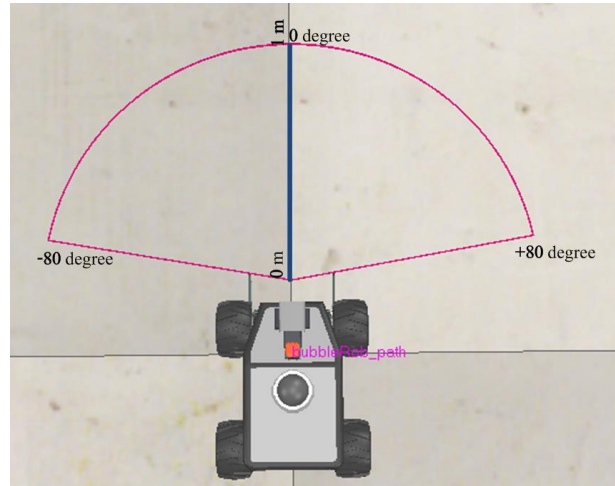
Keywords: fuzzy logic algorithm, steering assist control, mobile robots.

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟuzzyลอจิกกับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้มีการนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องของหลากหลายด้านอาทิเช่น งานวิจัยที่

นำเสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกกับหุ่นยนต์นำทาง กิ่งอัตโนมัติ โดยมีอินพุตของขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกเป็นระยะห่างจาก สิ่งกีดขวางด้วยเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ซึ่งเอาต์พุตของขั้นตอนวิธีฟัซซี ลอจิกเป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทั้งด้านซ้าย และด้านขวา สำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ [1] หรืองานวิจัยที่เกี่ยวกับการ ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยอาร์ดูอิ โน (Arduino) และไอโอที (IoT) โดยขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกใช้สำหรับ การประเมินและการประมวลผลคำสั่งเสียงของผู้ใช้งานหุ่นยนต์ได้ สามารถสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับผู้ใช้งานด้วยไอโอทีผ่านทาง โทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเฝ้าติดตามพฤติกรรมของ หุ่นยนต์เคลื่อนที่จากระยะไกลได้ [2] หรืองานวิจัยที่นำเสนอการ ประยุกต์ใช้งานขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เก็บลูกเทนนิส โดยหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสหน้าทีในการเก็บลูก เทนนิสที่อยู่บนสนามเทนนิสหลังจากไม่ได้ใช้งานในการแข่งขันแล้ว โดยใช้กล้องเป็นเซ็นเซอร์ซึ่งหุ่นยนต์จะติดตามตำแหน่งของลูก เทนนิส โดยอินพุตของขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกคือตำแหน่งพิกัด x และ y ของลูกเทนนิส และเอาต์พุตของขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกคือความเร็ว ของมอเตอร์สำหรับล้อหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง ที่ตรวจจับลูกเทนนิสได้ [3] หรืองานวิจัยที่นำเสนอการใช้งานขั้นตอน วิธีฟัซซีลอจิกสำหรับหุ่นยนต์ดับเพลิงเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้เซ็นเซอร์ ตรวจจับไฟและติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงเพื่อตรวจจับไฟและสามารถ ดับไฟได้ และนอกจากเซ็นเซอร์ตรวจจับไฟแล้ว การเพิ่ม ความสามารถของหุ่นยนต์จึงใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกโดยมีอินพุตคือ ค่าความผิดพลาดและผลต่างของค่าความผิดพลาดจากการ ประมวลผลของเซ็นเซอร์วัดมุม และเอาต์พุตคือความเร็วของล้อ ด้านขวาและด้านซ้ายเพื่อให้หุ่นยนต์ไปยังจุดที่เกิดไฟได้ [4] และ งานวิจัยที่นำเสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกกับหุ่นยนต์ เคลื่อนที่บนบันได โดยหุ่นยนต์เคลื่อนที่มีลักษณะเป็นหุ่นยนต์สี่ขาใน การเคลื่อนที่บนบันไดจึงจำเป็นต้องรักษาการทรงตัวให้ได้ จึงใช้ ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกเพื่อหาค่าตำแหน่งของจุดศูนย์กลางทำให้ หุ่นยนต์รักษาการทรงตัวคือตำแหน่งการทรงตัวแนวแกน x , y และ z ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนบันได โดยใช้เซ็นเซอร์ไอเอ็มยู (IMU : Inertia Measurement Unit) วัดมุมหันเห มุมก้มเงย มุมหมุน (yaw, pitch, roll) เป็นอินพุตของขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิก [5] เป็นต้น งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกสำหรับการ ควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ 4 ล้อ โดยมี

เซ็นเซอร์เรดาร์สำหรับวัดมุมถึงสิ่งกีดขวางมีมุมมองการตรวจจับวัตถุ คือ -80 ถึง 80 องศา และวัดระยะทางถึงสิ่งกีดขวางมีระยะตรวจจับ วัตถุตั้งแต่ 0 ถึง 1 เมตรดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่

2. การออกแบบขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุม ช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่

การออกแบบขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก [6] – [7] ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทำฟัซซีฟิเคชัน (fuzzification) คือการแปลง ข้อมูล 2 อินพุตและ 1 เอาต์พุต โดยที่อินพุตได้จากเซ็นเซอร์เรดาร์ (radar sensor) ได้แก่ อินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง (angle to objects) และอินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง (distance to objects) ให้กลายเป็นค่าระดับฟัซซีที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยใช้ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวแฉด (z-shaped membership function) ดังสมการที่ 1 สำหรับข้อมูล “small” ฟังก์ชันความเป็น สมาชิกแบบสามเหลี่ยม (triangular membership function) ดัง สมการที่ 2 สำหรับข้อมูล “medium” และฟังก์ชันความเป็นสมาชิก แบบรูปตัวเอส (s-shaped membership function) ดังสมการที่ 3 สำหรับข้อมูล “large”

$$f(\theta_1 : A_1, B_1) = \begin{cases} 1 & \theta_1 \leq A_1 \\ 1 - 2 \left(\frac{\theta_1 - A_1}{B_1 - A_1} \right)^2 & A_1 < \theta_1 \leq \frac{A_1 + B_1}{2} \\ 2 \left(\frac{\theta_1 - B_1}{B_1 - A_1} \right)^2 & \frac{A_1 + B_1}{2} < \theta_1 \leq B_1 \\ 0 & B_1 < \theta_1 \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $f(\theta_1 : A_1, B_1)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวแคต θ_1 คือค่าอินพุตของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวแคต A_1 คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของความชันฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวแคตและ B_1 คือพารามิเตอร์จุดปลายของความชันฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวแคต

$$f(\theta_2 : A_2, B_2, C_2) = \begin{cases} 0 & \theta_2 \leq A_2 \\ \frac{\theta_2 - A_2}{B_2 - C_2} & A_2 < \theta_2 \leq B_2 \\ \frac{\theta_2 - A_2}{C_2 - B_2} & B_2 < \theta_2 \leq C_2 \\ 0 & C_2 < \theta_2 \end{cases} \quad (2)$$

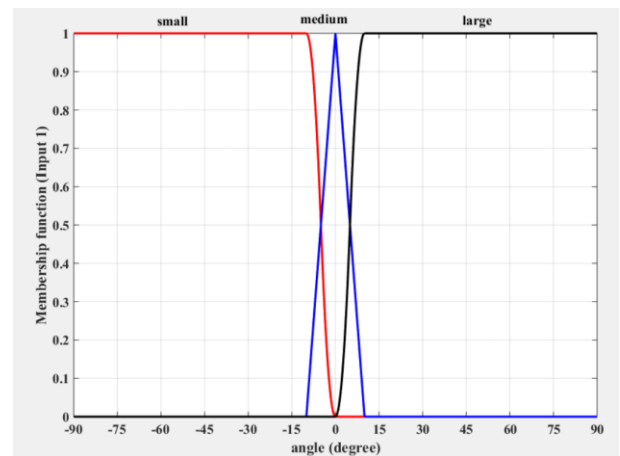
เมื่อ $f(\theta_2 : A_2, B_2, C_2)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม θ_2 คือค่าอินพุตของฟังก์ชันสามเหลี่ยม A_2 คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของฟังก์ชันสามเหลี่ยม B_2 คือพารามิเตอร์จุดยอดสูงสุดของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และ C_2 คือพารามิเตอร์จุดสุดท้ายของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

$$f(\theta_3 : A_3, B_3) = \begin{cases} 0 & \theta_3 \leq A_3 \\ 2 \left(\frac{\theta_3 - A_3}{B_3 - A_3} \right)^2 & A_3 < \theta_3 \leq \frac{A_3 + B_3}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{\theta_3 - B_3}{B_3 - A_3} \right)^2 & \frac{A_3 + B_3}{2} < \theta_3 \leq B_3 \\ 0 & B_3 < \theta_3 \end{cases} \quad (3)$$

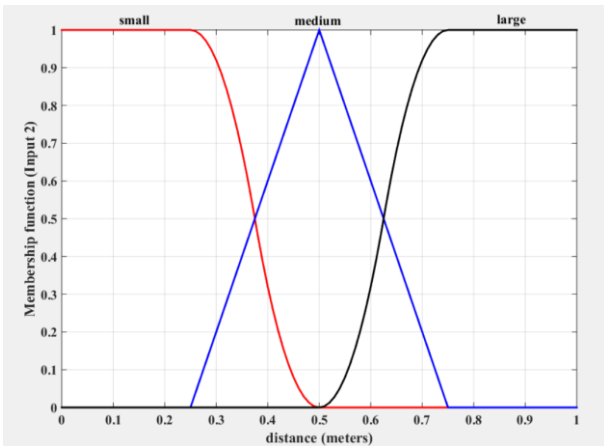
เมื่อ $f(\theta_3 : A_3, B_3)$ คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวเอส θ_3 คือค่าอินพุตของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวเอส A_3

คือพารามิเตอร์จุดเริ่มต้นของความชันฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวเอสและ B_3 คือพารามิเตอร์จุดปลายของความชันฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบรูปตัวเอส

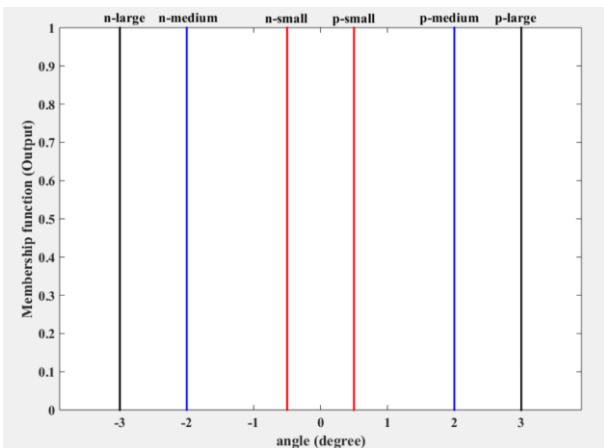
โดยการออกแบบพารามิเตอร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ 2 อินพุต กำหนดให้พารามิเตอร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตมุมถึงสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 2 เมื่อกำหนดให้ข้อมูล “small” มีค่า θ_1 ตั้งแต่ -90 ถึง 0 องศา A_1 เท่ากับ -10 องศา และ B_1 เท่ากับ 0 องศา ส่วนข้อมูล “medium” มีค่า θ_2 ตั้งแต่ -10 ถึง 10 องศา A_2 เท่ากับ -10 องศา B_2 เท่ากับ 0 องศา และ C_2 เท่ากับ 10 องศา ส่วนข้อมูล “large” มีค่า θ_3 ตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา A_3 เท่ากับ 0 องศา และ B_3 เท่ากับ 10 องศา สำหรับพารามิเตอร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกอินพุตระยะทางถึงสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 3 เมื่อกำหนดให้ข้อมูล “small” มีค่า θ_1 ตั้งแต่ 0 ถึง 0.5 เมตร A_1 เท่ากับ 0.25 เมตร และ B_1 เท่ากับ 0.5 เมตร ส่วนข้อมูล “medium” มีค่า θ_2 ตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.75 เมตร A_2 เท่ากับ 0.25 เมตร B_2 เท่ากับ 0.5 เมตร และ C_2 เท่ากับ 0.75 เมตร ส่วนข้อมูล “large” มีค่า θ_3 ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 เมตร A_3 เท่ากับ 0.5 เมตร และ B_3 เท่ากับ 0.75 เมตร ส่วนการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตฟuzzyลอจิกเป็นมุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ดังรูปที่ 4 มีการกำหนดให้ข้อมูล “n-large” เท่ากับ -3 องศา “n-medium” เท่ากับ -2 องศา “n-small” เท่ากับ -0.5 องศา “p-small” เท่ากับ 0.5 องศา “p-medium” เท่ากับ 2 องศา และ “p-large” เท่ากับ 3 องศา



รูปที่ 2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 3 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกอินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินกฎและการอนุมาน (rule evaluation and inference) เป็นการนำข้อมูล “small” “medium” และ “large” ทั้ง 2 อินพุตและ 1 เอาต์พุตจากขั้นตอนที่ 1 มาดำเนินการทางตรรกะ (logic) โดยใช้ตัวดำเนินการแบบและ (AND operator) โดยการอนุมานกฎอยู่ในรูปแบบ “ถ้า {อินพุต 1 และ อินพุต 2 เงื่อนไขเป็นจริง} แล้ว {ดำเนินการผลลัพธ์ที่กำหนดไว้}” ซึ่งสามารถออกแบบกฎฟัซซีลอจิกได้จำนวน 9 กฎตามตารางที่ 1 ดังนี้

- กฎที่ 1 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “small” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “small” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “p-large”
- กฎที่ 2 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “small” และ

อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “medium” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “p-medium”

- กฎที่ 3 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “small” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “large” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “p-small”
- กฎที่ 4 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “medium” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “small” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “p-small”
- กฎที่ 5 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “medium” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “medium” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “n-small”
- กฎที่ 6 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “medium” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “large” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “n-small”
- กฎที่ 7 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “large” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “small” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “n-large”
- กฎที่ 8 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “large” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “medium” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “n-medium”
- กฎที่ 9 ถ้าอินพุตของมุมถึงสิ่งกีดขวาง “large” และ อินพุตของระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง “large” แล้วเอาต์พุตมุมช่วยบังคับเลี้ยวเป็น “n-small”

ขั้นตอนที่ 3 การรวบรวม (aggregation) คือกระบวนการรวมค่าข้อมูลความจริงที่ได้จากจากเงื่อนไขหลายๆ เงื่อนไขที่ถูกประมวลผลในระบบกฎฟัซซีจำนวน 9 กฎดังตารางที่ 1 โดยตัวดำเนินการตรรกะแบบและซึ่งเป็นฟังก์ชันการหาค่าต่ำสุด (minimum function)

ตารางที่ 1 กฎฟัซซีลอจิก

angle	small	medium	large
distance			
small	p-large	p-small	n-large
medium	p-medium	n-small	n-medium
large	p-small	n-small	n-small

ขั้นตอนที่ 4 การทำดีฟัซซิฟิเคชัน (defuzzification) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำการแปลงค่าระดับฟัซซีกลับมาเป็นค่าใช้งานจริงคือค่ามุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยใช้รูปแบบการคำนวณระบบฟัซซี ลอกจิกแบบวิธีทีเอสเค (TSK : Takagi-Sugeno-Kang) ด้วยใช้วิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weighted average method) ดังสมการที่ 4

$$\phi^* = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \beta_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \quad (4)$$

เมื่อ ϕ^* คือค่าเอาต์พุตที่ได้จากการแปลงค่าระดับฟัซซีเป็นเอาต์พุตค่ามุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ N คือค่าจำนวนทั้งหมดที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก i คือค่าลำดับจำนวนที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก α_i คือค่าระดับฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i และ β_i คือค่าน้ำหนักของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตตำแหน่งที่ i

3. การทดสอบ และผลการทดสอบ

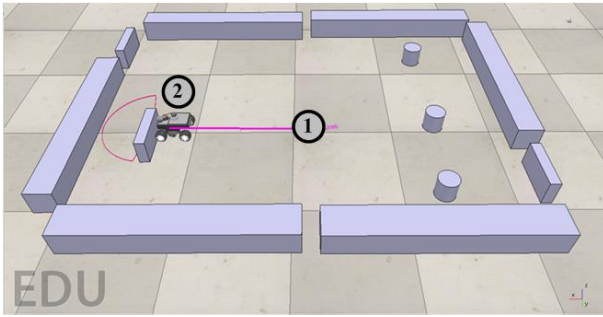
การทดสอบสำหรับการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกได้ใช้โปรแกรมคอปเปเลียซิม อีดียู (CoppeliaSim EDU) โดยใช้การเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) ซึ่งโปรแกรมคอปเปเลียซิม อีดียู [8] – [9] เป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ โดยการทดสอบนี้ใช้คำสั่ง `from coppeliasim_zmqremoteapi_client import RemoteAPIClient` ในภาษาไพทอนเพื่อสร้างการเชื่อมต่อและควบคุมโปรแกรมแบบจำลองคอปเปเลียซิม อีดียู โดยคำสั่งดังกล่าวเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอนเพื่อควบคุมแบบจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่ของโปรแกรม คอปเปเลียซิม อีดียู ซึ่งคำสั่งนี้ช่วยให้สามารถสร้างการเชื่อมต่อและส่งคำสั่งต่างๆ ไปยังแบบจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ การทดสอบครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือโรบอทนิค ซัมมิท เอ็กซ์แอล 14 (Robotnik Summit XL14) มีระบบขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อ จากรูปที่ 1 มีฟังก์ชันเซนเซอร์เรดาร์สำหรับวัดมุมถึงสิ่งกีดขวางได้ตั้งแต่ -80 ถึง 80 องศา และวัดระยะทางถึงสิ่งกีดขวางได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 เมตรสำหรับเป็น

อินพุตให้กับขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิก เมื่อขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกประมวลผลได้เอาต์พุตเป็นมุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อใช้งานร่วมกับการควบคุมด้วยมนุษย์โดยการทดสอบครั้งนี้มีเงื่อนไขคือมนุษย์ไม่ทำการบังคับการเลี้ยวด้วยตนเอง

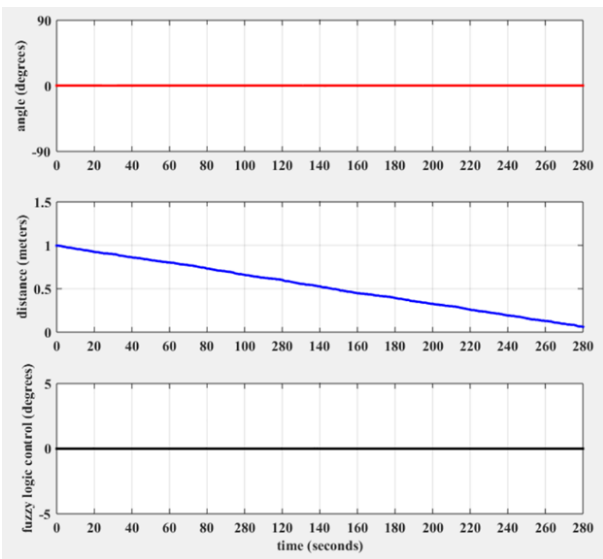
กรณีแรกผลการทดสอบสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยไม่ใช้การควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกจากจุดเริ่มต้นหมายเลขที่ 1 ไปยังจุดสิ่งกีดขวางหมายเลขที่ 2 หุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่ชนสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 5 โดยมีมุมเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “angle (degree)” และมุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “fuzzy logic control (degree)” มีค่าเป็น 0 องศาที่ โดยมีค่าระยะทางถึงสิ่งกีดขวางคือ “distance (meter)” ลดลงจาก 1 ถึง 0 เมตรใช้ระยะเวลา 280 วินาทีดังรูปที่ 6

ส่วนกรณีที่สองผลการทดสอบสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยมีการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกจากจุดเริ่มต้นหมายเลขที่ 1 ไปยังจุดสิ่งกีดขวางเอียงด้านขวาหมายเลขที่ 2 หุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายหลบสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 7 โดยมีเวลาตั้งแต่ 38 ถึง 240 วินาที มุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “fuzzy logic control (degree)” เริ่มเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 0.9 องศา ทำให้มุมเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “angle (degree)” มีการเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง -62 องศา และค่าระยะทางถึงสิ่งกีดขวางคือ “distance (meter)” มีค่าระหว่าง 1 ถึง 0.6 เมตรดังรูปที่ 8

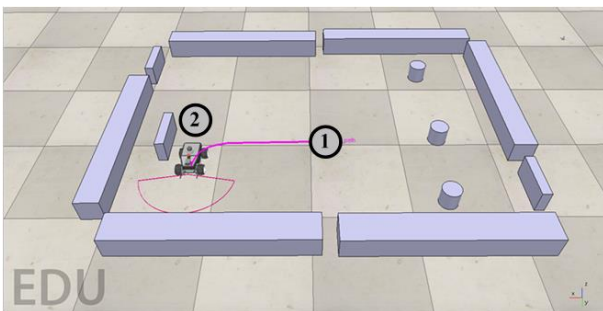
ส่วนกรณีสุดท้ายผลการทดสอบสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยมีการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซีลอจิกจากจุดเริ่มต้นหมายเลขที่ 1 ไปยังจุดสิ่งกีดขวางเอียงด้านซ้ายหมายเลขที่ 2 หุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่เลี้ยวขวาหลบสิ่งกีดขวางดังรูปที่ 9 โดยมีเวลาตั้งแต่ 44 ถึง 240 วินาที มุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “fuzzy logic control (degree)” เริ่มเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น -1.2 องศา ทำให้มุมเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คือ “angle (degree)” มีการเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 72 องศา และค่าระยะทางถึงสิ่งกีดขวางคือ “distance (meter)” มีค่าระหว่าง 1 ถึง 0.55 เมตรดังรูปที่ 10



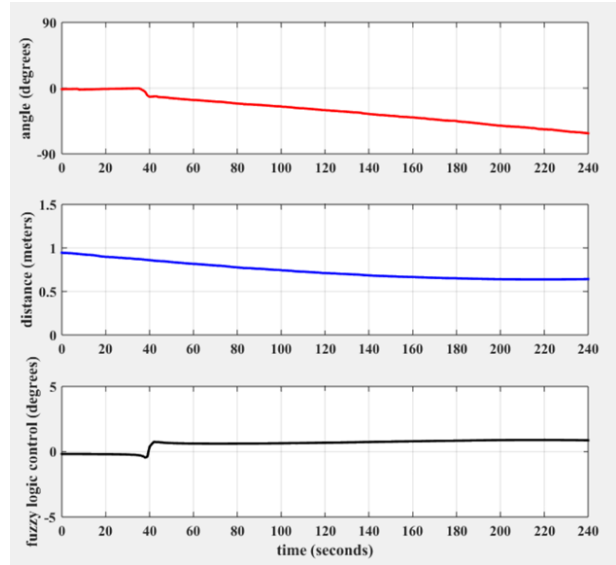
รูปที่ 5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยไม่มีการควบคุมช่วยบังคับ เลี้ยวด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก



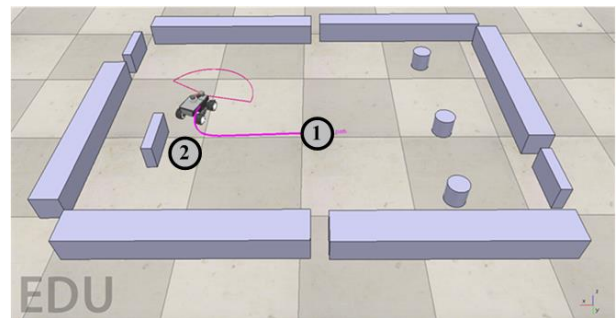
รูปที่ 6 สัญญาณการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยไม่มีขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก



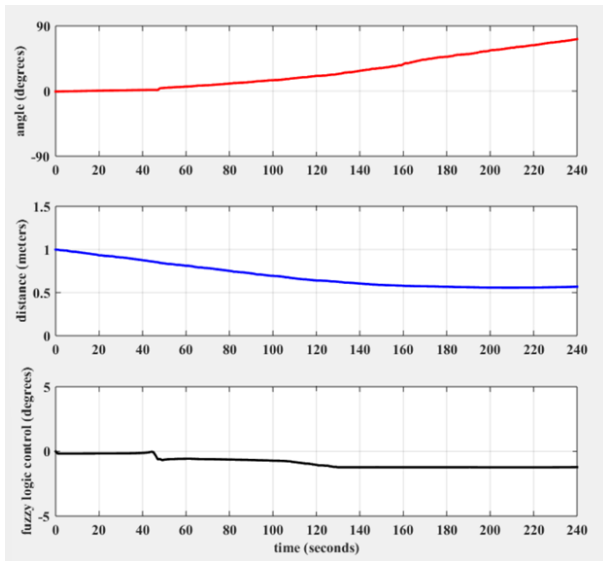
รูปที่ 7 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยมีการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 8 สัญญาณการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวซ้ายของหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยมีขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 9 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าโดยมีการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวขวาด้วยขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก



รูปที่ 10 สัญญาณการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยมีขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก

4. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมช่วยบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ยิม อิติยู และการเขียนโปรแกรมภาษาไพทอน โดยการทดสอบใช้หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ 4 ล้อ และฟังก์ชันเซนเซอร์เรดาร์สำหรับวัดมุมถึงสิ่งกีดขวาง และวัดระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง โดยข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์เรดาร์จะถูกประมวลผลผ่านขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก โดยใช้วิธีของทากากิ-ซุเกโน-คัง (TSK) เพื่อสร้างมุมบังคับเลี้ยวให้กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้โดยไม่ต้องใช้การควบคุมด้วยมือ โดยงานวิจัยนี้ใช้เพียงขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก และการใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์เรดาร์ ทำให้มีความแม่นยำในการตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าการใช้เซนเซอร์อินฟราเรด และการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของพีไอดี เพื่อให้มีความแม่นยำในการควบคุมนั้นมีความซับซ้อนกว่าขั้นตอนวิธีฟัซซี่ลอจิก เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยระบบควบคุมพีไอดี และระบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด 9 ตัว แบ่งการใช้งานเป็นเซนเซอร์อินฟราเรด 7 ตัวสำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางและเซนเซอร์อินฟราเรดอีก 2 ตัวสำหรับตรวจจับขอบเขตของสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ [10]

เอกสารอ้างอิง

- [1] F. Wildani, R. Mardiaty, E. Mulyana, A. E. Setiawan, R. R. Nurmalasari and N. Sartika, "Fuzzy Logic Control for Semi-Autonomous Navigation Robot Using Integrated Remote Control," 2022 8th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), Yogyakarta, Indonesia, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICWT55831.2022.9935458.
- [2] A. Syamim, M. Aliff, M. Ismail, S. Izwan, N. Samsiah and M. Usaury Syafiq, "Application of Fuzzy Logic in Mobile Robots with Arduino and IoT," 2022 7th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE), Xi'an, China, 2022, pp. 82-86, doi: 10.1109/CACRE54574.2022.9834170.
- [3] F. Faizah, A. Triwiyatno and R. R. Isnanto, "Fuzzy Logic Implementation on Motion of Tennis Ball Picker Robot," 2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), Purwokerto, Indonesia, 2021, pp. 57-63, doi: 10.1109/COMNETSAT53002.2021.9530815.
- [4] B. Kustamtomo, A. Triwiyatno and M. A. Riyadi, "Implementation of Fuzzy Logic on Fire Fighting Robots," 2021 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), Surabaya, Indonesia, 2021, pp. 243-249, doi: 10.1109/ISITIA52817.2021.9502242.
- [5] A. T. B. Antok et al., "Quadruped Robot Balance Control for Stair Climbing Based on Fuzzy Logic," 2021 International Electronics Symposium (IES), Surabaya, Indonesia, 2021, pp. 552-557, doi: 10.1109/IES53407.2021.9594046.
- [6] C. Tatiyaworanun, "Application of Fuzzy Logic for Banana Size Classification based on Image Processing," Engineering Transactions: A Research Publication of Mahanakorn University of Technology, vol. 25, no. 1, January-June, 2022, pp. 39-47 (in Thai).
- [7] C. Tatiyaworanun, "Application of Fuzzy Logic Algorithm with Image Processing for PVC Socket Inspection," Engineering Transactions: A Research Publication of Mahanakorn University of Technology, vol. 26, no. 2, July-December, 2023, pp. 69-78 (in Thai).
- [8] H. Zhang and T. Yang, "A Simulation System for Testing Robotic Navigation Based on CoppeliaSim and ROS," 2021 6th International Conference on Control, Robotics and Cybernetics (CRC), Shanghai, China, 2021, pp. 96-100, doi: 10.1109/CRC52766.2021.9620146.
- [9] Z. Xiaogang, F. Yang, X. Kailong, C. Wei and L. Yuanyuan, "Research and Design of Automatic Parking System Based on STM32 and CoppeliaSim Edu," 2023 IEEE 3rd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information (ICETCI), Changchun, China, 2023, pp. 1737-1741, doi: 10.1109/ICETCI57876.2023.10176517.
- [10] D. M. Solano, R. E. Grande and M. N. I. Bonilla, "PID Control and Fuzzy Logic System to the Obstacle Avoidance in an Autonomous Robot," 2021 18th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), Mexico City, Mexico, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/CCE53527.2021.9633079.



ชนมรัตน์ ตติยะวรรณท์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรม
ศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรม
ระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2544 วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรม
ระบบวัดคุม) ในปี พ.ศ. 2549 และวิศวกรรม
ศาสตรดุษฎีบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรม
คอมพิวเตอร์) ในปี พ.ศ. 2558 จากมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และได้รับตำแหน่งผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด