การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับการเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์
Application of Fuzzy Logic for the Avoidance of a Mobile Robot

กันตภณ พริ้วไธสง[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับการเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ ซึ่งใช้การเรียนรู้กฎฟัซซีการวิเคราะห์การเรียน รู้เส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยการเรียนรู้ของหุ่นยนต์ต้องนำข้อมูลเข้าโดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์ที่เป็นอินฟราเรด (Infrared) มาตรวจจับวัตถุและอ่านค่าระยะของวัตถุซึ่งใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งในการเคลื่อนที่ ในส่วนฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F877 เป็นตัวควบคุมหลักและกฎฟัซซีจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นทางและตัดสินใจด้วยตัวเองได้ปราศจากการควบคุมจากมนุษย์ การออกแบบและพัฒนาที่ได้นี้สามารถนำเอาไปใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบหุ่นยนต์ประเภทอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับหุ่นยนต์พบว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับวัตถุมาสร้างกฎฟัซซีแล้วนำมาใช้ในการควบคุมให้หุ่นยนต์ เคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : การเคลื่อนที่หุ่นยนต์, ฟัซซีลอจิกและหุ่นยนต์, การเรียนรู้กฎฟัซซี, การควบคุมหุ่นยนต์

Abstract

This paper presents an application of fuzzy logic for the avoidance of a mobile robot. The learning fuzzy rules are used to analyze the traveling learning. The learning of the robot by providing input to the detection of infrared sensors is used to detect the environment for reference. We use PIC16 F877 as the main controller hardware part. The decision movement is done by fuzzy logic without human interface. Design and development of this experiment can be used as basic in developing other kinds of robots effectively. The results of applying fuzzy logic to the robot, the mobile robot use information from the detected objects to create fuzzy rules and control the robot moves correctly.

Keywords : mobile robot, fuzzy logic and robot, learning fuzzy rule, robot control

1. บทนำ

ฟัซซีลอจิกเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ในการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ มากมายเช่น ด้านการแพทย์ การทหาร ธุรกิจและอุตสาหกรรม เป็นต้น ทฤษฎีฟัซซีเซตเป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ในแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ โดยใช้เกณฑ์หรือเงื่อนไขแบบฟัซซีแทนฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนไม่เป็นเชิงเส้น การสร้างจากฐานความรู้โดยกำหนดตัวแปรในรูปแบบภาษา เช่น มาก น้อย

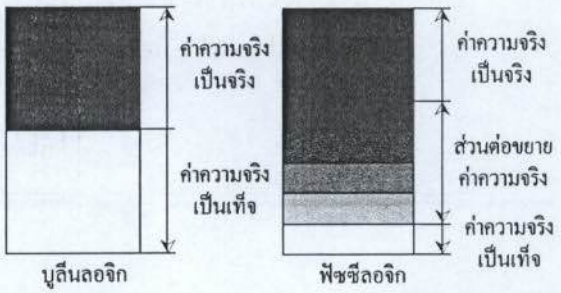
[1]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา

ปานกลาง ซึ่งต้องทำความเข้าใจศาสตร์ฟัซซีลอจิกให้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ซึ่งนับวันจะยิ่งมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป โดยมีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่ไม่เคยพบโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดทำการทดลองเพื่อนำเอาฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ เนื่องจากพฤติกรรมทางด้านพลศาสตร์ของหุ่นยนต์มีความซับซ้อนและไม่แน่นอนของตัวแปรเกิดขึ้นขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยส่วนใหญ่การทำงานของมอเตอร์มีการทำงาน 2 สถานะ คือสถานะ "ปิด" เป็นการทำให้มอเตอร์ทำงานและสถานะ "เปิด" เป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งวิธีนี้ทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายและอาจทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางที่กำหนดได้ง่ายเพราะไม่มีระบบชะลอความเร็วของมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นบทความนี้จึงได้มีการนำเสนอหลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยฟัซซีลอจิก ซึ่งระบบจะควบคุมความเร็วในการเพิ่มหรือลดแบบเป็นลำดับตามตัวแปรของระยะทางที่ต้องการได้

2. ฟัซซีลอจิกหรือตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้โดยใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซีลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าบูลีนลอจิก (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial True) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จ (Completely False) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น [1] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก)

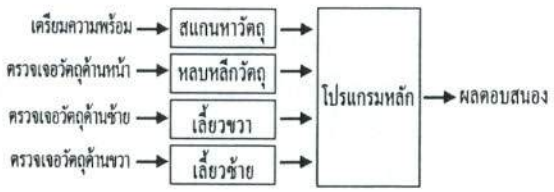
ความเป็นฟัซซี (Fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (Multi valence) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่าแต่ไบวาลานซ์ (Bivalence) มีความเป็นสมาชิก เพียง 2 ค่า [5,7] ฟัซซีเซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง "ความไม่แน่นอน (Uncertainty)" สามารถที่จะสร้างและกำหนดรูปแบบของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือความไม่ตายตัว รวมถึงการขาดข้อมูลบางส่วนโดยทฤษฎีฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (Linguistic) มากกว่าปริมาณ (Quanti tative) ของตัวแปร

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งานโดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจนไม่แน่นอนและคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

3. พฤติกรรมของหุ่นยนต์

การออกแบบระบบหุ่นยนต์สิ่งที่สำคัญคือการกำหนดพฤติกรรมให้กับหุ่นยนต์เช่น การเคลื่อนที่ การหยุด การหลบและหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งพฤติกรรมพื้นฐานเหล่า นี้จะต้องมีสำหรับหุ่นยนต์[3] ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจรูปแบบพฤติกรรมของหุ่นยนต์ เราสามารถเขียนรูปแบบ

แสดงพฤติกรรมได้ดังรูปที่ 2 ประกอบด้วยส่วนนำเข้า (input) จะคอยตรวจสอบสภาวะแวดล้อมของหุ่นยนต์ตามที่ กำหนดไว้ในส่วนการตัดสินใจ (Decision) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากส่วนแรกมาวิเคราะห์ข้อมูลแล้วตัดสินใจเลือกเส้นทางที่กำหนดไว้และส่วนการตอบสนอง (Response) เมื่อนำเอาต์พุตของแต่ละพฤติกรรมมารวมกันจะได้ผลตอบสนองรวมสำหรับหุ่นยนต์ขณะช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามที่ต้องการได้และการแสดงพฤติกรรมต่างๆ ของหุ่นยนต์แผนภาพ SR (Stimulus-Response Diagram) แผนภาพแบบง่ายที่แสดงพฤติกรรม ดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมผลตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นของพฤติกรรมหนึ่งๆ [4]



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงพฤติกรรมของหุ่นยนต์เพื่อทำการตัดสินใจ

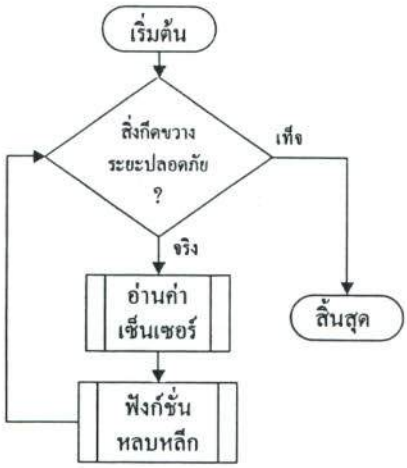
รูปที่ 3 แผนภาพ SR ของพฤติกรรม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

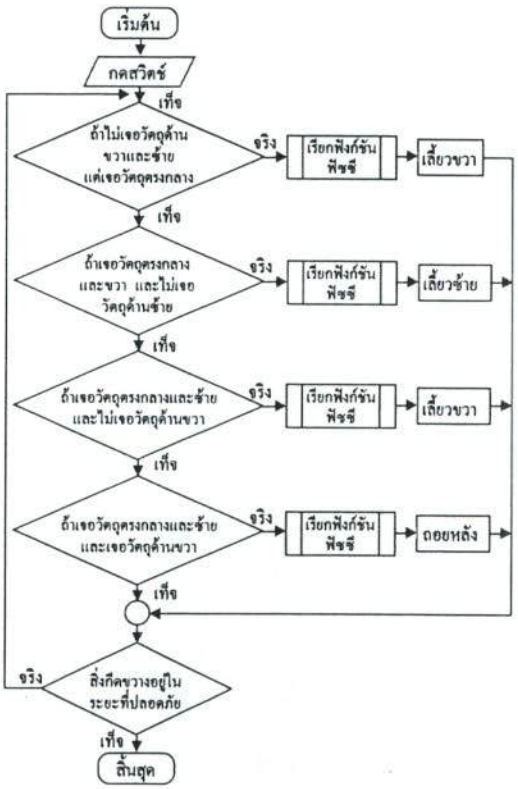
4.1 การออกแบบพฤติกรรมพื้นฐาน

พฤติกรรมการหลบสิ่งกีดขวาง (Avoidance Obstacle Behavior) เป็นพฤติกรรมที่ใช้ข้อมูลตัวตรวจวัดกำเนิดฟัซซีเซต ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างและทิศทางของหุ่นยนต์กับวัตถุมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้คือ ตรวจค่าระยะห่างจากวัตถุด้านหน้า หลบหลีกสิ่งกีด ขวางถ้าวัตถุใกล้กว่าระยะหลบ เลี้ยวขวาถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้าซ้าย เลี้ยวซ้ายถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้าขวาและถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ใกล้กว่าค่าระยะฉุกเฉินให้ยกเลิกพฤติกรรมนี้

พฤติกรรมการหยุดฉุกเฉิน (Emergency Behavior) เป็นพฤติกรรมที่ขึ้นกับค่าระยะปลอดภัยคือหยุดเคลื่อนที่ถ้าสิ่งกีดขวางใกล้กว่าระยะปลอดภัยและสามารถถอยหลังได้



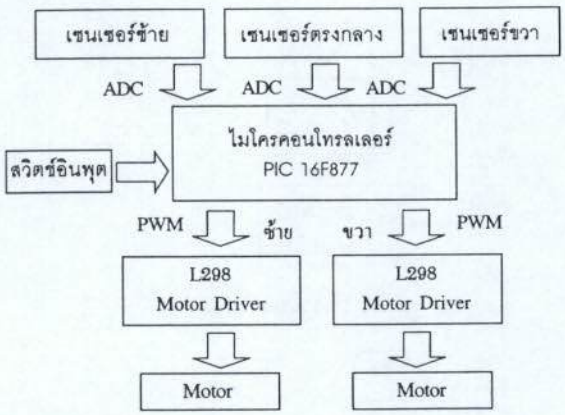
รูปที่ 4 ผังงานของโปรแกรมหลัก



รูปที่ 5 ผังงานฟังก์ชันหลบหลีก

4.2 โครงสร้างของระบบ

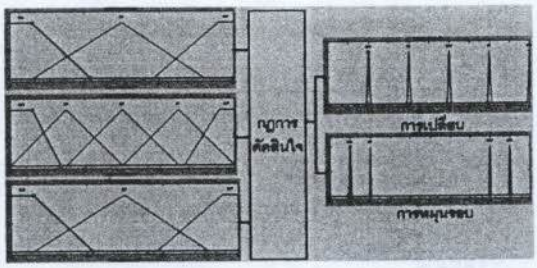
โครงสร้างการทำงานของงานวิจัยนี้ได้ออกแบบไว้โดยอาศัยการอ่านค่าจากตัวตรวจจับสิ่งกีดขวางแล้วนำสัญญาณที่ได้ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ [2] เพื่อแปลงจากสัญญาณอะนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (ADC) ขนาด 8 บิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณพัลส์ให้กับไดร์ฟเวอร์มอเตอร์คือไอซี L298 เพื่อที่จะไปควบคุมมอเตอร์ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผังงานการทำงานฟังก์ชันหลบหลีก

4.3 การออกแบบลักษณะโปรแกรม

หุ่นยนต์จะถูกควบคุมการหลบหลีกด้วยการจับระยะสิ่งกีดขวางข้างหน้าด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ด้านซ้าย (Sensor1) อินฟราเรดเซนเซอร์ด้านหน้า (Sensor2) และอินฟราเรดเซนเซอร์ด้านขวา (Sensor3) การควบคุมการเคลื่อนที่แบบฟัซซี การจับด้านหน้าและด้านข้างโดยกำหนดที่ระยะ 30 เซนติเมตร



รูปที่ 7 ผังงานการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยฟัซซี

แต่จะเลี้ยวในระยะ 15 เซนติเมตร เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าไปน้อยกว่า 15 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลังตามระยะควบคุมแบบฟัซซี

การควบคุมทางด้านเอาต์พุตของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะได้เอาต์พุต 5 ตัวแปร คือ Move Very Fast: MVF, Move Fast: MF, Move Forward: MFW, Move Slow: MS, Move Very Slow: MVS และการควบคุมทาง ด้านเอาต์พุตของการเลี้ยวซ้าย การเลี้ยวขวา และถอยหลังได้ตัวแปรอีก 6 ตัว คือ Move fast and turn to the left: MFL, Move slow and turn to the left: MSL, Move forward and not turning: MFW, Move slow and turn to the right: MSR, Move backwards, Move fast and turn to the right: MFR

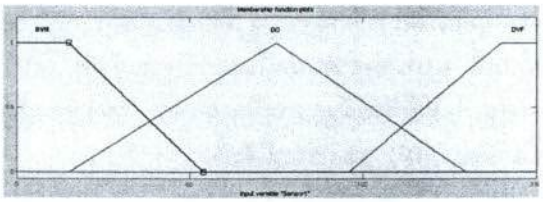
4.4 ขั้นตอนการออกแบบด้วยระบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 1 การฟัซซีฟิเคชั่น (Fuzzification) เป็นการนำเอาปริมาณอินพุตที่รับมาซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณคริสป์มาตีค่าให้เป็นค่าฟัซซี (Fuzzy Values) ซึ่งประกอบด้วยชื่อของฟัซซีเซตและค่าความเป็นสมาชิก (Membership grades) โดยนำระยะทางของเซนเซอร์แต่ละตัวที่เป็นปริมาณอินพุต มาทำการกำหนดเป็นฟัซซีเซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (Linguistic Variable) มีดังต่อไปนี้

ระยะ Sensor ไกลมาก (Distance Very Far: DVF)
ระยะ Sensor ไกล (Distance Far: DF)
ระยะ Sensor พอดี (Distance is Okay: DO)
ระยะ Sensor ใกล้ (Distance Near: DN)
ระยะ Sensor ใกล้มาก (Distance Very Near: DVN)

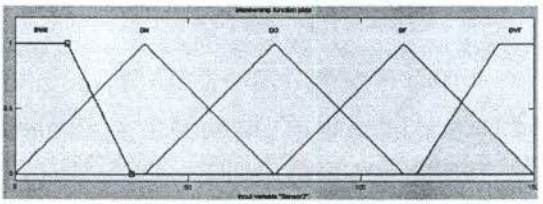
ในที่นี้จะกำหนดให้อินพุตของระบบ 3 ตัว คือ

1) เซนเซอร์ทางด้านซ้าย (Sensor1) สำหรับปริมาณอินพุตระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น DVN, DO และ DVF ดังรูปที่ 8



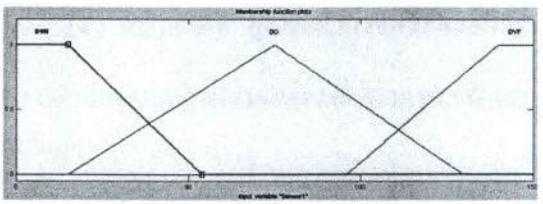
รูปที่ 8 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตเซนเซอร์ด้านซ้าย

2) เซนเซอร์ด้านหน้า (Sensor2) สำหรับปริมาณอินพุต ระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตเป็น DVN, DN, DO, DF และ DVF ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตเซนเซอร์ด้านหน้า

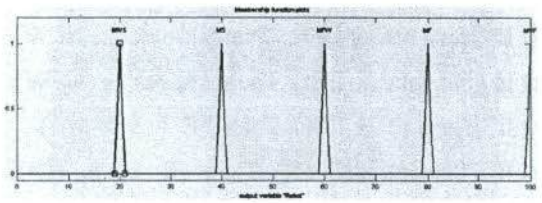
3) เซนเซอร์ด้านขวา (Sensor3) สำหรับปริมาณอินพุต ระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น DVN, DO และ DVF ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตเซนเซอร์ด้านขวา

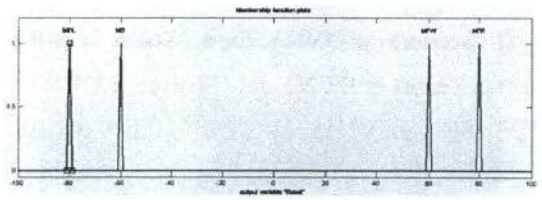
การกำหนดตัวแปรเอาต์พุตฟัซซี เพื่อสร้างระดับการเป็นสมาชิกที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงจะกำหนดตัวแปรอินพุตฟัซซี 1 ตัว เพื่อที่จะนำค่าของการเปลี่ยนแปลงระยะทางเพื่อเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle Change: Dch) ได้เป็นไฟกระแสตรงเพื่อไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงให้มีความเร็วคงที่ตามค่าของระยะทางที่อ้างอิงและมีการกำหนดค่าจุดศูนย์ (Assigned Value) ของเอาต์พุตฟัซซีเพื่อให้สามารถทำการดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification) โดยมีเอาต์พุตของระบบ 2 ค่าคือ

1) การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปข้างหน้า สำหรับปริมาณเอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิลซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น MVS, MS, MFW, MF และ MVF รูปที่ 11



รูปที่ 11 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตฟัซซีเซตกรณีของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

2) การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ให้เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาและถอยหลัง สำหรับปริมาณเอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิลซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออก เป็น MFL, MB, MFW และ MFR ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตฟัซซีเซตของหุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาและถอยหลัง

ขั้นตอนที่ 2 ฐานกฎฟัซซี (Fuzzy Rule Base) ประกอบด้วยชุดของกฎฟัซซี (Rules) ได้จากการหาเหตุผลแบบฟัซซีลอจิกนั้นเมื่อทราบปริมาณอินพุตแล้ว ต้อง

มีกฎฟัซซีเพื่อที่จะสามารถเชื่อมโยงจากปริมาณอินพุตที่ทราบไปยังปริมาณเอาต์พุตได้ เขียนอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ (Relation) ดังนี้

"IF x is A THEN y is B"

ก. กฎของการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า)

(1) If (Sensor1 is DVF) and (Sensor2 is DVF) and (Sensor3 is DVF) Then (Robot is MVF)
(2) If (Sensor2 is DF) Then (Robot is MF)
(3) If (Sensor1 is DO) and (Sensor2 is DO) and (Sensor3 is DO) Then (Robot is MFW)
(4) If (Sensor1 is DO) Then (Robot is MFW)
(5) If (Sensor2 is DO) Then (Robot is MFW)
(6) If (Sensor3 is DO) Then (Robot is MFW)
(7) If (Sensor2 is DN) Then (Robot is MS)
(8) If (Sensor2 is DVN) Then (Robot is MVS)

ข. กฎของการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย ขวา และถอยหลัง)

(1) If (Sensor2 is DVN) and (Sensor3 is DVN) Then (Robot is MFL)
(2) If (Sensor3 is DVN) Then (Robot is MFL)
(3) If (Sensor1 is DO) and (Sensor2 is DO) and (Sensor3 is DO) Then (Robot is MFW)
(4) If (Sensor1 is DVN) and (Sensor2 is DVN) Then (Robot is MFR)
(5) If (Sensor1 is DVN) Then (Robot is MFR)
(6) If (Sensor1 is DVN) and (Sensor2 is DVN) and (Sensor3 is DVN) Then (Robot is MB)

ขั้นตอนที่ 3 การหากฎเกณฑ์และเงื่อนไขที่สามารถนำค่าจากอินพุตประมวลผลออกไปได้ เมื่อได้ทำขั้นตอนที่ 1 และ 2 แล้วสร้างเงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการควบคุมของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเพื่อสามารถควบคุมความเร็วหุ่นยนต์ได้ตามจุดประสงค์

1) การคำนวณค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันฟัซซี (Fuzzy Membership Function) การหาข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง ทิศทาง และความเร็วการเคลื่อนที่ การหาค่าค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซี โดยวิธีจัดกลุ่ม โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function: MF) ของระบบมีดังนี้

1.1) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function) ประกอบด้วย 4 พารามิเตอร์ ค่าคือ {a,b,c,d} ดังสมการที่ (1)

$$trapezoidal_{(x:a,b,c,d)} = \begin{cases} 0, x < a \\ \frac{(x-a)}{b-a}, a \le x < b \\ 1, b \le x < c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}, c \le x < d \\ 0, x \ge d \end{cases} \quad (1)$$

1.2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function) ประกอบด้วย 3 พารามิเตอร์ ค่าคือ {a,b,c} ดังสมการที่ (2)

$$triangular_{(x:a,b,c)} = \begin{cases} 0, x < a \\ \frac{(x-a)}{b-a}, a \le x < b \\ \frac{(c-x)}{c-b}, b \le x \le c \\ 0, x \ge c \end{cases} \quad (2)$$

นำผลรวมของเอาต์พุตฟัซซีทั้งหมดหาได้จากการยูเนียนผลลัพธ์จากแต่ละกฎ ดังสมการที่ (3)

$$C(w) = (\alpha_1 \wedge C_1(w)) \vee (\alpha_2 \wedge C_2(w)) \vee (\alpha_n \wedge C_n(w)) \quad (3)$$

$C(w)$ แทนค่าผลรวมเอาต์พุตแต่ละกฎ

α_n แทนค่าเอาต์พุตของกฎแต่ละข้อ

วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่ได้จากการประมาณค่า ดังสมการที่ (4)

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i} \quad (4$$

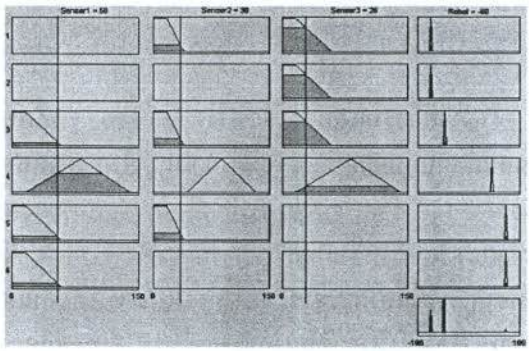
COG แทนค่าของจุดศูนย์ถ่วง

N แทนค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทนค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

w_i แทนพื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

เมื่อนำข้อมูลค่าระยะตรวจจับเซนเซอร์ที่ 50 เซนติเมตร 30 เซนติเมตรและ26 เซนติเมตรมาวิเคราะห์และทำการคำนวณของกฎของการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า) และกฎการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลัง) จะได้ดังรูป 13



รูปที่ 13 การคำนวณค่าเอาต์พุตด้วยวิธี Mamdani[1] เมื่ออินพุตเป็น [50 30 26]

สรุปผลการพยากรณ์ข้อมูล Operating Data เบื้องต้น ดังนี้

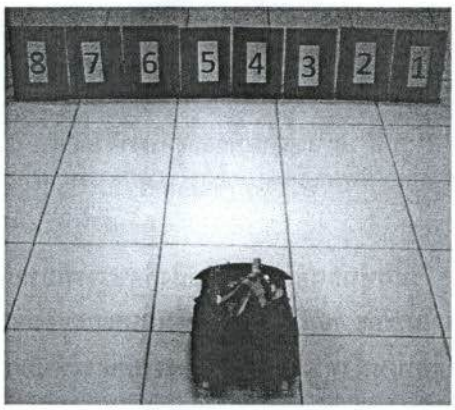
ตารางที่ 1 ค่าพยากรณ์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิกเบื้องต้น

เซนเซอร์ 1	เซนเซอร์ 2	เซนเซอร์ 3	หุ่นยนต์
50	30	26	-60
30	35	32	44.9
45	50	51	50.4
75	75	75	60
52	37	130	80
75	74	14	-80
13	75	74	80

5. ผลการทดลอง

5.1 กำหนดให้วางสิ่งกีดขวาง

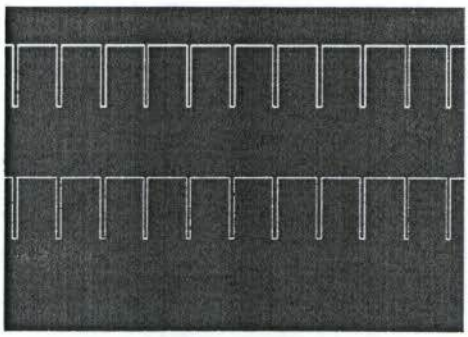
โดยมีการวางสิ่งกีดขวางเป็นจำนวน 8 ชิ้นซึ่งลักษณะการวางจะเป็นแนวตรงมีการกำหนดเป็นตัวเลข 1–8 ตามรูปที่ 14 โดยวางสิ่งกีดขวางเป็นแนวตรงเพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ว่าหุ่นยนต์สามารถเพิ่มระดับความเร็วได้ขณะเริ่มทำงานและลดระดับความเร็วได้ตอนเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางที่อยู่ภายในระยะทดลอง 5 เมตรได้



รูปที่ 14 แสดงการวางสิ่งกีดขวางตามระยะทาง

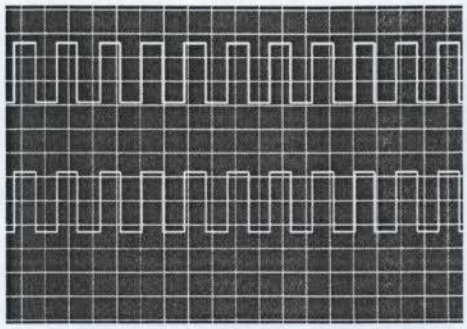
5.2 เปิดสวิตช์เพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

กำหนดให้หุ่นยนต์วิ่งไปยังสิ่งกีดขวางที่จัดเตรียมในระยะ 5 เมตรแล้วบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 15 สัญญาณพัลส์อยู่ห่างจากวัตถุเกิน 75 เซนติเมตร

รูปที่ 15 สัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าดิวตี้ไซเคิลมากจึงทำให้การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ได้เร็ว และรูปที่ 16 มีค่าดิวตี้ไซเคิลน้อยจึงทำให้การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ช้าลง



รูปที่ 16 สัญญาณพัลส์อยู่ห่างจากวัตถุต่ำกว่า 50 เซนติเมตร

เมื่อหุ่นยนต์วิ่งเข้าใกล้สิ่งกีดขวางหมายเลข 5 และ 4 ในระยะ 75 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะของเซนเซอร์ที่ติดอยู่ด้านหน้าทำงานหุ่นยนต์จะเริ่มลดระดับความเร็วลงและเมื่อหุ่นยนต์วิ่งเข้าใกล้ระยะประมาณ 15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะเซนเซอร์ใกล้มาก (Distance Very Near: DVN) หุ่นยนต์จะหยุดและถอยหลังออกทางซ้ายไม่มาก จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางออก ไปทางขวา ดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 หุ่นยนต์หยุดและถอยหลังแล้วเคลื่อนที่ออกทางขวา

โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่ค่าดิวตี้ไซเคิลต่างๆ หาได้ดังนี้

แรงดันไฟฟ้า = เปอร์เซ็นต์ของดิวตี้ไซเคิลที่ต้องการ * แรงดันที่แหล่งจ่าย (5)

จากการคำนวณหาค่าดิวตี้ไซเคิลการเคลื่อนที่ทางตรง สามารถหาแรงดันไฟฟ้าได้จากสูตร

แรงดันไฟฟ้า = 30% * 9 = 2.7 V

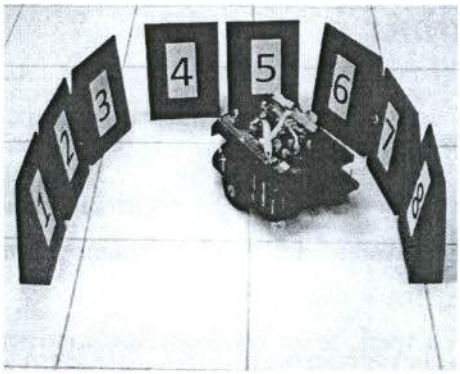
ตารางที่ 2 ผลการทดลองระยะทางตรง

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เปอร์เซ็น
การเลี้ยวหลบวัตถุด้านหน้า	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	90%

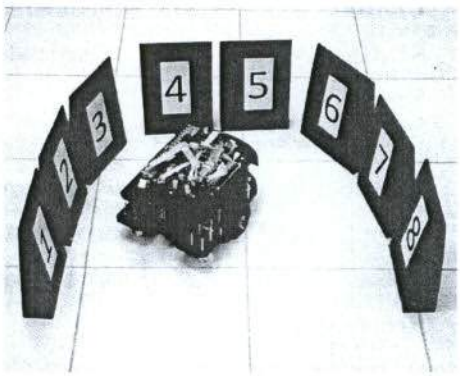
ผลการทดลองระยะทางตรง ซึ่งการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิกปรากฏว่าในการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางที่กำหนด 9 ครั้ง ซึ่งเกิดความผิดพลาดเพียง 1 ครั้ง โดยเกิดจากวัตถุที่แสงกระทบมีความทึบมากจึงทำให้กลืนแสง หุ่นยนต์ต้องเข้าใกล้วัตถุมากจึงจะทำงานได้และเกิดจากแบตเตอรี่อ่อนจึงทำงานไม่ได้ตามปกติ ซึ่งหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่วางไว้ 90 เปอร์เซ็นต์

5.3 กรณีมีสิ่งกีดขวางทางตรง ด้านซ้ายและด้านขวา

หุ่นยนต์วิ่งชะลอเข้าใกล้สิ่งกีดขวางในระยะ 15 เซนติเมตรในทางตรง ระยะ 20 เซนติเมตรในทางด้านซ้าย และระยะ 20 เซนติเมตรในทางด้านขวา เป็นระยะที่หุ่นยนต์ต้องทำการเลี้ยวซ้ายหรือขวาทันทีเพื่อกลับมายังเส้นทางเดิม ถ้าเลี้ยวซ้ายกลับมาเส้นทางเดิมแสดงว่าเซนเซอร์ทางด้านขวาอยู่ในช่วงวิกฤต ในทางตรงกันข้ามหุ่นยนต์เลี้ยวขวากลับมาเส้นทางเดิมแสดงว่าเซนเซอร์ทางด้านซ้ายอยู่ในช่วงวิกฤต ซึ่งช่วงวิกฤตได้กำหนดไว้ที่ระยะทางต่ำกว่า 15 เซนติเมตร

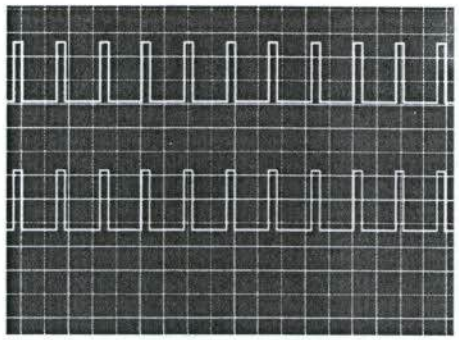


รูปที่ 18 การวิ่งเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ไปทางซ้ายกลับมาเส้นทางเดิม ด้านขวาอยู่ในช่วงวิกฤต



รูปที่ 19 การวิ่งเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ไปทางขวากลับมาเส้นทางเดิม ด้านซ้ายอยู่ในช่วงวิกฤต

รูปที่ 18 เป็นการวิ่งเลี้ยวหลบหลีกสิ่งกีดขวางหมายเลข 1 ถึง 8 โดยที่เซนเซอร์ด้านขวาอยู่ในช่วงระยะวิกฤตและรูปที่ 19 เป็นการวิ่งเลี้ยวหลบหลีกสิ่งกีดขวางหมายเลข 1 ถึง 8 โดยที่เซ็นเซอร์ด้านซ้ายอยู่ในช่วงระยะหุ่นยนต์ก็จะลดระดับความเร็วลงจนถึงระยะ 15 เซนติเมตร หุ่นยนต์จึงเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางไปตามที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 20 หุ่นยนต์อยู่ห่างจากวัตถุต่ำกว่า 20 เซนติเมตร ในระยะทางโค้ง

ถ้าต้องการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ค่าดิวตี้ไซเคิลจากการคำนวณหาค่าดิวตี้ไซเคิลการเคลื่อนที่ทางโค้ง สามารถหาแรงดันไฟฟ้าได้คือ

แรงดันไฟฟ้า = 20% * 9 = 1.8 V

ตารางที่ 3 ผลการทดลองระยะตอนเลี้ยว

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เปอร์เซ็น
การเลี้ยวหลบวัตถุด้านซ้าย กลางและขวา	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้	90%

ผลการทดลองการวิ่งของหุ่นยนต์ซึ่งการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิกระยะตอนเลี้ยวปรากฏว่าในการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางที่กำหนด 9 ครั้ง ดังตารางที่ 3 และห่างจากระยะที่ต้องการจำนวน 1 ครั้ง ซึ่งเกิดความผิดพลาดคือวัตถุที่แสงกระทบมีความทึบมากจึงทำให้กลืนแสง หุ่นยนต์ต้องเข้าใกล้วัตถุมากจึงจะทำงานไม่ได้ตามปกติ หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่วางไว้ 90 เปอร์เซ็นต์

6. สรุป

การเรียนรู้ของหุ่นยนต์โดยการนำข้อมูล ซึ่งใช้อุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรดการทดลองการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับหุ่นยนต์ใช้กฎฟัซซีจำนวน 14 กฎมาใช้ควบคุมการการหลบหลีกและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยจำนวนกฎการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จะอธิบายพฤติกรรมของหุ่นยนต์ทางตรงประกอบด้วย การเคลื่อน ที่เร็วมาก เร็ว พอดี ช้า ช้ามาก และการเคลื่อนที่ของหุ่น ยนต์ที่มีเลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลังประกอบ ด้วยการเคลื่อนเลี้ยวซ้ายด้วยความเร็วมาก เลี้ยวซ้ายด้วยความเร็วน้อย เคลื่อนที่พอดีไม่เลี้ยว เลี้ยวขวาด้วยความเร็วมากและเลี้ยวขวาด้วยความเร็วน้อย ซึ่งเรียงลำดับความสำคัญมากไปหาน้อยตามลำดับ

จากการทดลองการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับหุ่นยนต์นี้ ผลสรุปว่าฟัซซีลอจิกนี้สามารถเพิ่ม-ลดความเร็วได้ตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือ เมื่อหุ่นยนต์เริ่มเคลื่อนที่จะค่อยๆ เพิ่มความเร็วแล้วชะลอความเร็วก่อนถึงสิ่งกีดขวางแล้วเลี้ยวหลบอย่างช้าๆ ออกไปยังด้านที่ไม่มีสิ่งกีดขวางทันที

7. กิตติกรรมประกาศ

การทดลองครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจากหลายท่าน โดยมิได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่าน จากใจจริงที่ให้ความช่วยเหลือทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ทำให้งานทดลองนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงพ่อและแม่ที่คอยเป็นกำลังใจกระผมด้วยดีเสมอมาและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุลที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานเพื่อทำการวิจัยครั้งนี้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ขออุทิศประโยชน์คุณค่าทั้งหลายที่เกิดจากการวิจัยครั้งนี้ให้ทั่วถ้วนกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] พยุง มีสัจ, 2554. **ฟัซซีลอจิก**. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] วัชรินทร์ เภารพ, 2545. **เรียนรู้และเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษาเบสิก**. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด.

[3] สุชิน มุขศรี, 2550. **เทคนิคการเรียนรู้การนำทางของหุ่นยนต์**. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] Bruce P. Lester, 1997. **Model Based Fuzzy Control: Fuzzy Gain Schedulers and Sliding Mode Fuzzy Controllers**. Springer-Verlag Berlin, USA.

[5] D.Fox, H.Hexmoor, and M.Mataric, 1988. **A Probabilistic Approach to Concurrent Mapping and Localization for Mobile Robots**. Machine Learning and Autonomous Robots, p.29.

[6] Satean Tunyasrirut, Santi Wangnipparnto, 2006. **Position Control of Linear Pneumatics Actuator by Fuzzy Logic Controller**. The 2nd Regional Conference on Artificial Life and Robotics, July 14-15, Songkhla Thailand.

[7] Zdenko Kovaccic and Stjepan Bogdan, 2002. **Fuzzy Controller design Theory and Applications**. Taylor & Francis Group International.