การพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิก

The Mobile Robot System Development with Fuzzy Logic

กันตภณ พริ้วไธสง

Kataphon Prewthaisong

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จ.นครราชสีมา 30000

โทร. 044-203778 ต่อ 240 โทรสาร 044-203785

E-mail: therobot44@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิก กฎฟัซซีที่ได้จากการออกแบบถูกนำมา ใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้เส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก การเรียนรู้ของหุ่นยนต์จะใช้ตัวตรวจจับแบบอินฟราเรดเซนเซอร์มาตรวจจับวัตถุและอ่านค่าระยะของวัตถุซึ่งใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งในการเคลื่อนที่และในส่วนฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F877 เป็นตัวควบคุมหลักและกฎฟัซซีจะใช้ในการควบคุมการตัดสินใจเดินตามเส้นทางด้วยตัวเองได้โดยปราศจากการควบคุมจากมนุษย์ จากผลการวิจัยและพัฒนาระบบการเคลื่อน ที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิกพบว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับวัตถุมาประยุกต์ใช้กับกฎฟัซซีแล้วนำไปควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง

Abstract

This research is to study and develop the mobile robot system with fuzzy logic. The fuzzy rules from the custom design are need for analyzing the directional mobility. The learning process of the robot is done by data from the infrared sensors through fuzzy logic. The direction and distance of the obstacle will be detected as the reference for the mobile. On the hardware, PIC 16F877 micro-controller is usual as the premise controller. The decision to make the move is done by fuzzy logic without human interface. The result of this research and development shows that the robot can be able to use data from sensors to fuzzy logic. The mobility of the robot is controllable correctly.

1. บทนำ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยสามารถนำเอาหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ ฟัซซีลอจิกเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ทฤษฎีฟัซซีเซตเป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ในแบบจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้กฎเกณฑ์หรือเงื่อนไขแบบฟัซซีแทนฟังก์ชั่นที่มีความซับซ้อนไม่เป็นเชิงเส้น การสร้างฐานความรู้โดยกำหนดตัวแปรในรูปแบบภาษา เช่น มาก น้อย ปานกลาง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะทำการวิจัยเพื่อปรับ ปรุงประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิก เนื่องจากพฤติกรรมทางด้านพลศาสตร์ของหุ่นยนต์มีความซับซ้อนและไม่แน่นอนของตัวแปรเกิดขึ้นขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยส่วนใหญ่การทำงานของมอเตอร์จะเป็นแบบเปิด-ปิดธรรมดาไม่มีระบบชะลอความเร็วของมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาควบคุมความ เร็วมอเตอร์ด้วยฟัซซีลอจิก ซึ่งระบบจะควบคุมความเร็วในการเพิ่มหรือลดแบบเป็นลำดับตามตัวแปรของระยะทางที่ต้องการและหุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายหรือขวาได้อย่างนุ่ม นวลและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

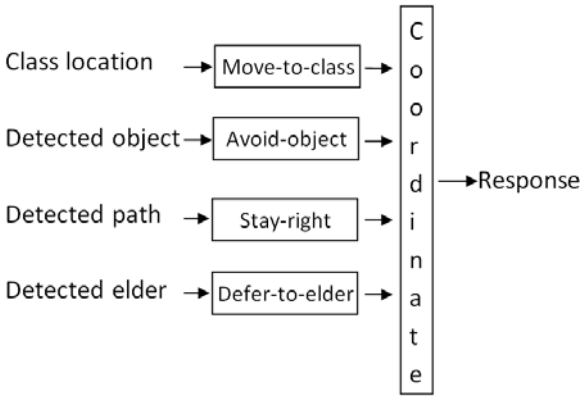
RECEIVED 20 February, 2013

ACCEPTED 15 March, 2013

2. ทฤษฎีและความรู้พื้นฐาน

2.1 พฤติกรรมของหุ่นยนต์

ในการออกแบบระบบหุ่นยนต์สิ่งที่สำคัญคือการใส่พฤติกรรมให้กับหุ่นยนต์ เช่น การเคลื่อนที่ การหยุด การหลบและหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งพฤติกรรมพื้นฐานเหล่านี้ จะต้องมีสำหรับหุ่นยนต์ (สุชิน มุขศรี, 2550) ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจรูปแบบพฤติกรรมของหุ่นยนต์ เราสามารถเขียนรูปแบบแสดงพฤติกรรมได้ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยส่วนนำเข้า (input) จะคอยตรวจสอบสภาวะแวด ล้อม ของหุ่นยนต์ตามที่กำหนดไว้ ส่วนการตัดสินใจ (Decision) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากส่วนแรกมาวิเคราะห์ข้อมูลแล้วตัด สินใจเลือกเส้นทางตาม ที่กำหนดไว้ และส่วนการตอบสนอง (Response) เมื่อนำเอาต์พุตของแต่ละพฤติกรรมมารวมกันจะได้ผลตอบสนองรวมสำหรับหุ่นยนต์ขณะช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามที่ต้องการได้ (Bruce, P.L., 1997)



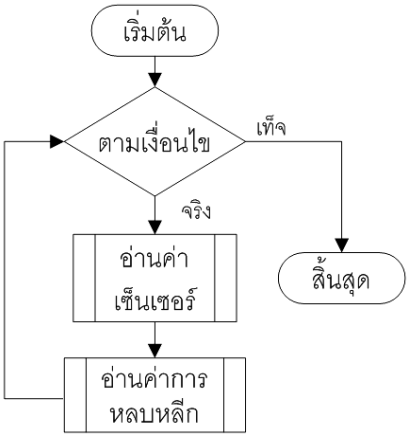
รูปที่ 1 พฤติกรรมของหุ่นยนต์เพื่อทำการตัดสินใจ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

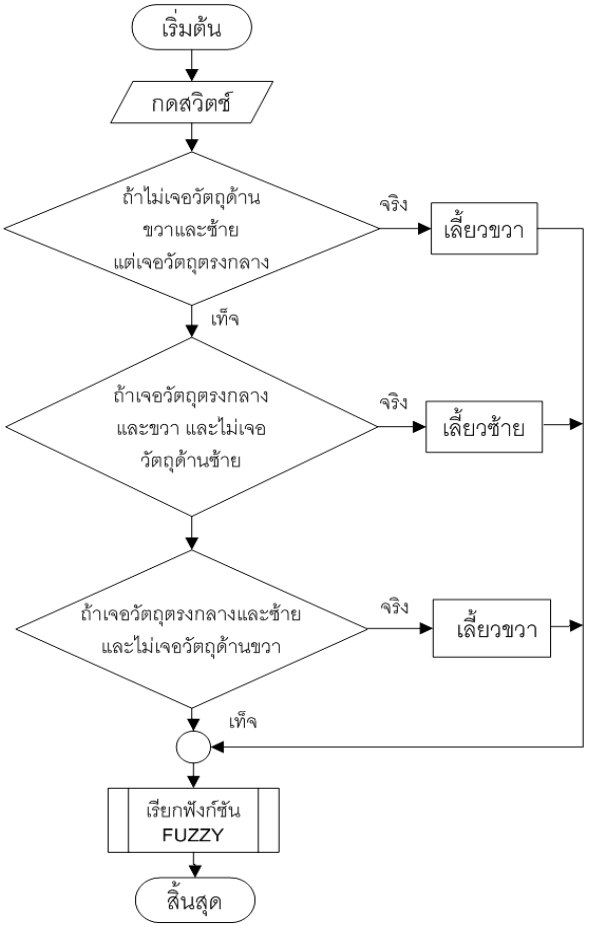
3.1 การออกแบบพฤติกรรมพื้นฐาน

3.1.1 พฤติกรรมการหลบสิ่งกีดขวาง (Avoidance Obstacle Behavior) เป็นพฤติกรรมที่ใช้ข้อมูลตัวตรวจวัดกำเนิดฟัซซีเซต มีขั้นตอนการทำงานดังนี้คือตรวจค่าระยะห่างจากวัตถุด้านหน้า, หลบหลีกสิ่งกีดขวางถ้าวัตถุใกล้กว่าระยะหลบ, เลี้ยวขวาถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้าซ้ายและเลี้ยวซ้ายถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้าขวาและถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ใกล้กว่าค่าระยะฉุกเฉินให้ยกเลิกพฤติกรรมนี้ ตามที่ได้ออกแบบผังงานการทำงาน ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

3.1.2 พฤติกรรมการหยุดฉุกเฉิน (Emergency Behavior) เป็นพฤติกรรมที่ขึ้นกับค่าระยะปลอดภัยคือ หยุดเคลื่อนที่ถ้าสิ่งกีดขวางใกล้กว่าระยะปลอดภัยและสามารถถอยหลังได้



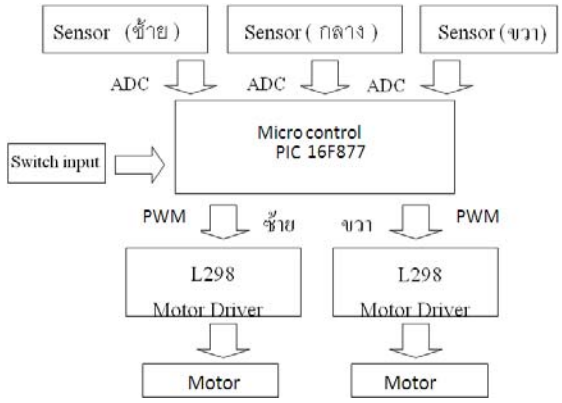
รูปที่ 2 ผังงานของโปรแกรมหลัก



รูปที่ 3 ผังงานการทำงานฟังก์ชั่นหลบหลีก

3.2 โครงสร้างของระบบ

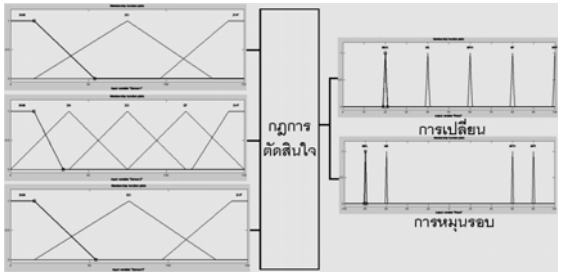
โครงสร้างการทำงานของโครงงานนี้ ได้ออกแบบไว้โดยอาศัยการการอ่านค่าจากตรวจจับสิ่งกีดขวางของเซนเซอร์แล้วส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (วัชรินทร์, 2545) เพื่อที่จะทำการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณพัลส์ให้กับไดร์ฟเวอร์มอเตอร์ เพื่อที่จะไปควบคุมมอเตอร์ตามบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.3 การออกแบบลักษณะโปรแกรมฟัซซี

หุ่นยนต์จะถูกควบคุมการหลบหลีกด้วยการจับระยะสิ่งกีดขวางข้างหน้าโดยอินฟราเรดเซนเซอร์ด้านซ้าย (Sensor1) อินฟราเรดเซนเซอร์ด้านหน้า (Sensor2) และอินฟราเรดเซนเซอร์ด้านขวา (Sensor3) การควบคุมการเคลื่อนที่โดยระบบควบคุมแบบฟัซซีการจับด้านหน้าและด้าน ข้างตั้งไว้ 30 เซนติเมตร แต่จะเลี้ยวในระยะ 15 เซนติ เมตร เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าน้อยกว่า 15 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ถอยหลังตามระยะควบคุมแบบฟัซซีดังรูปที่ 5



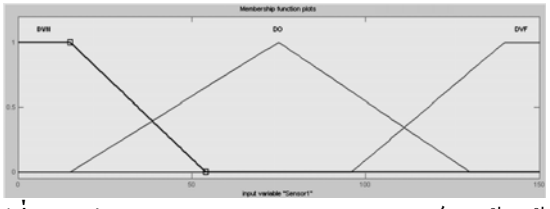
รูปที่ 5 ผังงานการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบฟัซซี

การควบคุมทางด้านเอาต์พุตของการเคลื่อนที่ไปข้าง หน้าจะได้เอาต์พุต 5 ตัวแปร คือ Move Very Fast, Move Fast, Move Forward, Move Slow, Move Very Slow และการควบคุมทางด้านเอาต์พุตของการเลี้ยวซ้าย การเลี้ยวขวาและถอยหลังได้ตัวแปรอีก 6 ตัว คือ Move fast and turn to the left, Move slow and turn to the left, Move forward and not turning, Move slow and turn to the right, Move fast and turn to the right, Move backwards

3.4 ขั้นตอนการออกแบบด้วยระบบฟัซซีลอจิก

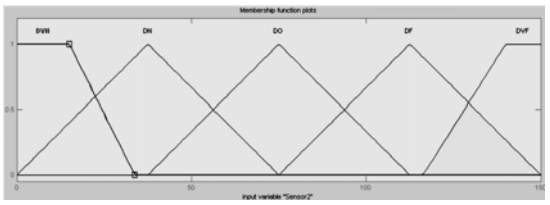
ขั้นตอนที่ 1 การฟัซซีฟิเคชั่น (Fuzzification) เป็นการนำเอาปริมาณอินพุตที่รับมาซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณคริสป์มาตีค่าให้เป็นค่าฟัซซี (Fuzzy Values) ซึ่งประกอบด้วย ชื่อของฟัซซีเซตที่ปริมาณอินพุตนั้นเป็นสมาชิกและค่าความเป็นสมาชิก (Member ship grades) ที่แสดงระดับความเป็นสมาชิก (พยุง มีสัจ, 2554) ในที่นี้จะกำหนดให้มีอินพุตของระบบ 3 ตัว คือ

1) เซนเซอร์ทางด้านซ้าย (Sensor1) สำหรับปริมาณอินพุตระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น DVN, DO และ DVF ดังรูปที่ 6



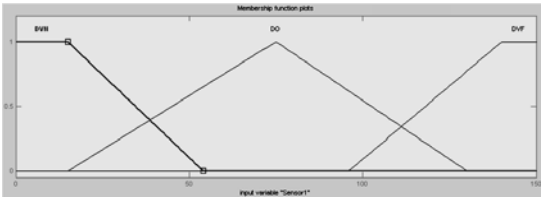
รูปที่ 6 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตเซนเซอร์ทางด้านซ้าย

2) เซนเซอร์ทางด้านหน้า (Sensor2) สำหรับปริมาณอินพุต ระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น DVN, DN, DO, DF และ DVF ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตทางด้านหน้า

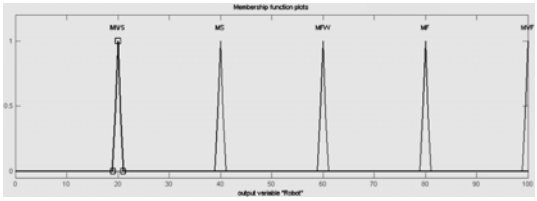
3) เซนเซอร์ทางด้านขวา (Sensor3) สำหรับปริมาณอินพุต ระยะวัตถุ (Distance Detection) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น DVN, DO และ DVF ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ฟัซซีเซตสำหรับปริมาณอินพุตเซนเซอร์ทางด้านขวา

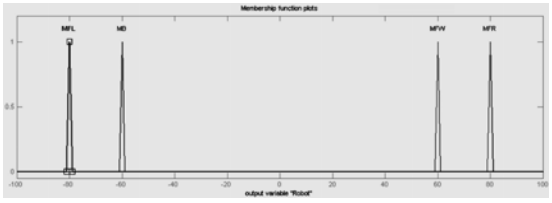
การกำหนดตัวแปรเอาต์พุตฟัซซี การสร้างระดับการเป็นสมาชิกที่เป็นไปได้ในแต่ละช่วงจะกำหนดตัวแปรอินพุตฟัซซี 1 ตัว เพื่อที่จะนำค่าของการเปลี่ยนแปลงระยะทางเพื่อเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle Change, Dch) ได้เป็นไฟกระแสตรงเพื่อไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแส ตรงให้มีความเร็วคงที่ตามค่าของระยะทางที่อ้างอิง และมีการกำหนดค่าจุดศูนย์ (Assigned Value) ของเอาต์พุตฟัซซีเพื่อให้สามารถทำการดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification) ได้ ซึ่งแบ่งเอาต์พุตของระบบเป็น 2 ตัว คือ

1) การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปข้างหน้า สำหรับปริมาณเอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle Change, Dch) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น MVS, MS, MFW, MF และ MVF ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตฟัซซีเซตสำหรับปริมาณเอาต์พุตของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

2) การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ให้เลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลัง สำหรับปริมาณเอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle Change, Dch) ซึ่งแบ่งฟัซซีเซตออกเป็น MFL, MB, MFW และ MFR ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุตฟัซซีเซตสำหรับเอาต์พุตหุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาและถอยหลัง

ขั้นตอนที่ 2 ฐานกฎฟัซซี (Fuzzy Rule Base) ประกอบด้วยชุดของกฎฟัซซี (Rules) ได้จากการหาเหตุผลแบบฟัซซีลอจิกนั้นเมื่อทราบปริมาณอินพุตแล้ว ก็จะต้องมีกฎฟัซซี เพื่อ ที่จะสามารถโยงจากค่าปริมาณอินพุตที่ทราบไปยังค่าปริมาณเอาต์พุตได้เขียนอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ (Relation) ของประโยค “IF x is A THEN y is B”

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)

กฎของการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลัง)

(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 แล้วก็จะเป็นการสร้างเงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการควบคุมของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกเพื่อสามารถควบคุมความเร็วหุ่นยนต์ ได้ตามจุดประสงค์

1) การคำนวณค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันฟัซซี (Fuzzy Membership) การหาข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดระยะทาง ทิศทาง และความเร็วการเคลื่อนที่ การหาค่าค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซี วิธีจัดกลุ่ม (Mapping) โดยใช้ฟังก์ชั่นสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function) และฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function) โดยการหาค่าความเป็นสมาชิกแบบ Maxterm มาเป็นตัวดำเนินการ เมื่อหุ่นยนต์อ่านระยะด้วยตัวตรวจวัดด้วยเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัว คือ Sensor1 Sensor2 และ Sensor3 ได้ค่าระยะ 45 เซนติเมตร 54 เซนติเมตรและ 40 เซนติเมตรตามลำดับ จากระยะดังกล่าวสามารถสร้างระบบฟัซซีโดยผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์จากข้อมูลซึ่งชนิดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) ของระบบมีดังนี้

1.1) ฟังก์ชั่นสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function) ประกอบด้วย 4 พารามิเตอร์ คือ {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 พารามิเตอร์คือ {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)

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

วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่ได้จากการประมาณค่าดังสมการที่ (4)

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

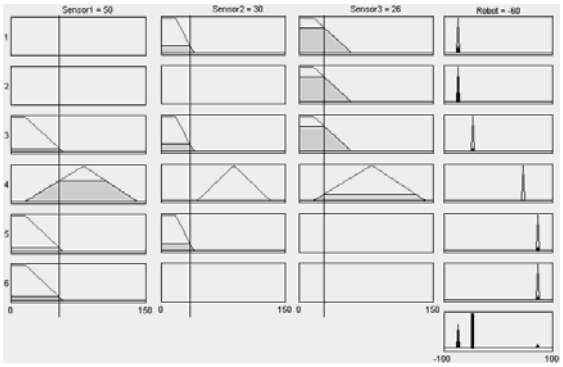
COG แทน ค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

N แทน ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทน ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

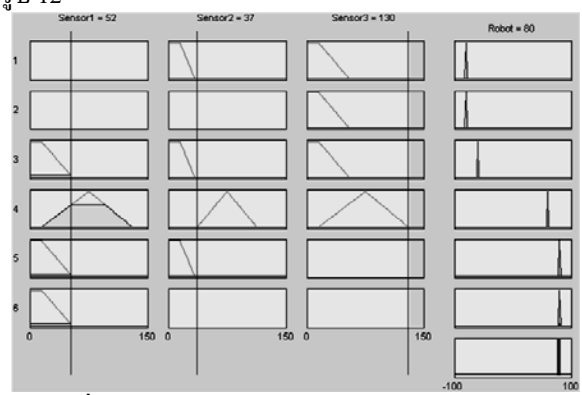
w_i แทน พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

เมื่อนำข้อมูลค่าระยะตรวจจับเซ็นเซอร์ที่ 45 เซนติเมตร 54 เซนติเมตรและ40 เซนติเมตรมาวิเคราะห์และทำการคำนวณ (Membership Function: MF) ของกฎการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า) จะได้ดังรูป 11



รูปที่ 11 กราฟิกแสดงการคำนวณค่าเอาต์พุตด้วยวิธี Mamdani เมื่ออินพุตเป็น [40, 45, 54]

และนำข้อมูลค่าระยะตรวจจับเซ็นเซอร์ที่ 52 เซนติเมตร 37 เซนติเมตรและ 130 เซนติเมตรมาวิเคราะห์และทำการคำนวณ (Membership Function: MF) ของกฎการควบคุม (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลัง) จะได้ดังรูป 12



รูปที่ 12 กราฟิกแสดงการคำนวณค่าเอาต์พุตด้วยวิธี Mamdani เมื่ออินพุตเป็น [37, 52, 130]

สรุปผลการพยากรณ์ข้อมูล Operating Data เบื้องต้น ดังนี้

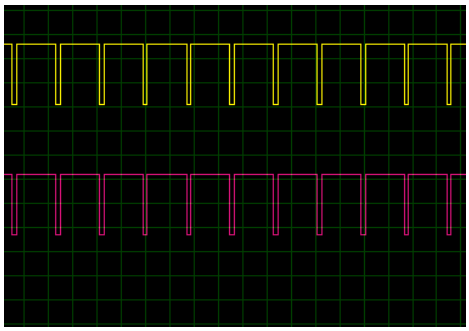
ตารางที่ 1 สรุปค่าพยากรณ์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีลอจิกเบื้องต้น

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

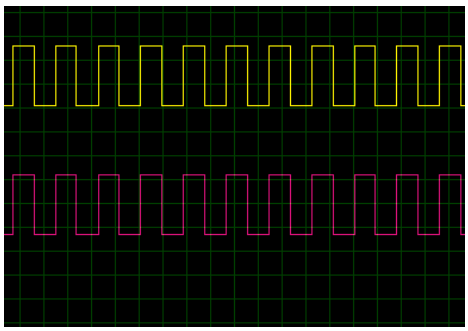
4. ผลการวิจัยทดลอง

ทำการวางสิ่งกีดขวาง โดยมีการวางสิ่งกีดขวางจำนวน 8 ชิ้น ซึ่งลักษณะการวางจะเป็นแนวตรงมีการกำหนดเป็นตัวเลข 1-8 ตามรูปที่ 13 จุดประสงค์ในการวางเป็นลักษณะเป็นแนวตรงเพื่อที่จะทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ว่าหุ่นยนต์สามารถเพิ่มระดับความเร็วได้ขณะเริ่มทำงานและลดระดับความเร็วได้ตอนเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางที่อยู่ภายในระยะทดลอง 5 เมตรได้

รูปที่ 13 หุ่นยนต์หยุดและถอยหลังแล้วเคลื่อนที่ออกทางขวา



รูปที่ 14 สัญญาณพัลส์อยู่ห่างจากวัตถุเกิน 75 เซนติเมตร



รูปที่ 15 สัญญาณพัลส์อยู่ห่างวัตถุต่ำกว่า 50 เซนติเมตร

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 ซึ่งการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิกปรากฏว่าในการทดสอบทั้ง หมด 10 ครั้ง หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางที่กำหนด 9 ครั้ง ซึ่งเกิดความผิดพลาดเพียง 1 ครั้ง โดยเกิดจากวัตถุที่แสงกระทบมีความทึบมากจึงทำให้กลืนแสงหุ่นยนต์ต้องเข้าใกล้วัตถุมากจึงจะทำงานได้และเกิดจากแบตเตอรี่อ่อนจึงทำงาน

ไม่ได้ตามปกติ ซึ่งหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่วางไว้ 90 เปอร์เซ็นต์

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่มีการเรียนรู้แบบฟัซซีลอจิก (Fuzzy Learning) ผลจากการวิจัยการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใช้กฎฟัซซีจำนวน 14 กฎมาใช้ควบคุมการการหลบหลีกและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยจำนวนกฎการเรียนรู้ (Learning Fuzzy Rule) ที่สร้างขึ้นจะบ่งบอกพฤติกรรมของหุ่นยนต์ทางตรงประกอบด้วยการเคลื่อนที่เร็วมาก เร็ว พอดี ช้าและช้ามาก และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่มีเลี้ยวซ้าย ขวาและถอยหลังประกอบ ด้วยการเคลื่อนเลี้ยวซ้ายด้วยความเร็วมาก เลี้ยวซ้ายด้วยความเร็วน้อย เคลื่อนที่พอดีไม่เลี้ยว เลี้ยวขวาด้วยความเร็วมากและเลี้ยวขวาด้วยความเร็วน้อย ซึ่งเรียงลำดับความสำคัญมากไปหาน้อยตามลำดับ

จากการทดลองงานวิจัยการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยฟัซซีนี้สรุปได้ว่า ฟัซซีลอจิกนี้สามารถเพิ่ม - ลด ความเร็วได้ตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือ เมื่อหุ่นยนต์เริ่มเคลื่อนที่จะค่อยๆ เพิ่มความเร็วแล้วชะลอความเร็วก่อนถึงสิ่งกีดขวางแล้วเลี้ยวหลบอย่างช้าๆ ออกไปยังด้านที่ไม่มีสิ่งกีดขวางทันที

เอกสารอ้างอิง

[1] พยุง มีสัจ, “ฟัซซีลอจิก” กรุงเทพฯ: ม.ป.ส., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[2] วัชรินทร์ เคารพ, “เรียนรู้และเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษาเบสิก” กรุงเทพฯ: บริษัท อีทีที จำกัด, 2545.

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

[4] Bruce, P.L., “Model Based Fuzzy Control: Fuzzy Gain Schedulers and Sliding Mode Fuzzy Controllers” Springer Verlag Berlin, USA, 1997.

[6] Kovaccic, Z. and Bogdan, S., “Fuzzy Controller design Theory and Applications” Taylor & Francis Group International, 2002.