

## ỨNG DỤNG LOGIC MỜ TRONG BÀI TOÁN TRÁNH VẬT CẢN CHO ROBOT TỰ HÀNH BẮM THEO MỤC TIÊU DI ĐỘNG

Lê Hoài Quốc, Trần Văn Tùng

Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc gia TP.HCM

(Bài nhận ngày 19 tháng 12 năm 2002)

**TÓM TẮT:** Sau giai đoạn phát triển các ứng dụng của robot trong tự động hóa sản xuất công nghiệp, ngày nay hướng nghiên cứu ứng dụng các robot trong sinh hoạt và giải trí đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Hầu hết các dạng robot phục vụ trong lĩnh vực sinh hoạt và giải trí là những robot tự hành được trang bị những khả năng nhận biết môi trường hoạt động và thực thi các đáp ứng tương thích (trí tuệ nhân tạo) nhằm đạt được nhiệm vụ công việc đặt ra cho chúng.

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu bước đầu trong việc thiết kế một bộ điều khiển sử dụng logic mờ cho mô hình robot tự hành với hai bánh trước chủ động được trang bị camera nhận dạng đối tượng mục tiêu và các cảm biến siêu âm, hồng ngoại để tránh vật cản trong nhiệm vụ bám theo mục tiêu di động cho trước đang được triển khai ở Phòng thí nghiệm Robot, Bộ môn Kỹ thuật Điều khiển tự động – Khoa Cơ khí, trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia TP.HCM.

### GIỚI THIỆU

#### Đặt vấn đề:

Robot tự hành đã và đang được rất nhiều các nhà khoa học quan tâm chính vì khả năng ứng dụng đa dạng của chúng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như công nghiệp, quân sự, khảo sát, thám hiểm... Hiện nay, tại những nước công nghiệp phát triển, robot tự hành còn được ứng dụng trong sinh hoạt và giải trí.

Để có thể thực hiện những nhiệm vụ phức tạp trong những ứng dụng nêu trên, robot tự hành phải có khả năng ứng xử linh hoạt, thông minh, uyển chuyển tùy thuộc vào môi trường hoạt động. Môi trường này có thể có các yếu tố thay đổi như bề mặt di chuyển không bằng phẳng (gờ, rãnh...), vật cản có thể xuất hiện ngẫu nhiên, sự thay đổi của hệ số ma sát, hiện tượng trượt trên các bánh dẫn động, ...[1]. Do đó, robot phải có khả năng cảm nhận sự thay đổi của môi trường.

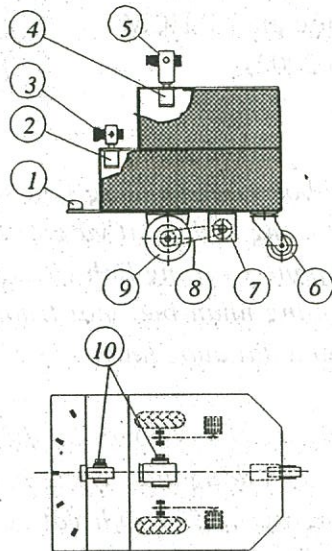
Cơ quan cảm nhận trên robot được các nhà thiết kế sử dụng là các cảm biến giác quan. Khả năng ứng xử thông minh, uyển chuyển của robot có được tùy thuộc vào việc lựa chọn phương pháp điều khiển. Fuzzy logic là một giải pháp phù hợp để điều khiển robot tự hành.

Trong bài báo này, chúng tôi đề nghị giải pháp sử dụng bộ điều khiển mờ cho robot tránh vật cản và bám theo mục tiêu di động cho trước. Với các giả thiết ban đầu như sau:

- Địa hình hoạt động tương đối bằng phẳng.
- Vật cản có thể cố định hoặc xuất hiện ngẫu nhiên
- Mục tiêu di động với vận tốc nhỏ và không bị che khuất bởi các vật cản.

**Mô hình nghiên cứu**

Để mô phỏng kết quả nghiên cứu, chúng tôi đã chế tạo một mô hình robot tự hành như hình 1 với hai bánh dẫn động độc lập phía trước, một bánh tùy động phía sau với kích thước hình học 500 x 700mm



1. Các bộ thu phát hồng ngoại
2. Motor quay cảm biến siêu âm trong mặt phẳng nằm ngang
3. Cảm biến siêu âm
4. Motor quay camera trong mặt phẳng nằm ngang
5. Camera bám mục tiêu cho trước
6. Bánh tự lùa phía sau
7. Motor bước dẫn động hai bánh
8. Bộ truyền xích
9. Hai bánh chủ động độc lập phía trước
10. Các bộ truyền đai quay camera và cảm biến siêu âm trong mặt phẳng thẳng đứng

Hình 1: Sơ đồ bố trí thiết bị trên mô hình robot tự hành

Bộ phận cảm nhận trên robot bao gồm:

1. 01 camera kỹ thuật số JVC được đặt trên khung hai bậc tự do để bám theo mục tiêu di động cho trước.
2. 01 cảm biến siêu âm E4PA-LS400-M1 với tầm phát hiện từ 0,5m ÷ 4m cũng được đặt trên khung hai bậc tự do để nhận biết vật cản ở khoảng cách xa.
3. 05 bộ thu phát hồng ngoại BX700 với tầm phát hiện 0,7 m được bố trí phía trước để nhận biết vật cản ở khoảng cách gần và giúp tránh va chạm trong quá trình di động của robot.

**ỨNG DỤNG LOGIC MỜ TRONG BÀI TOÁN TRÁNH VẬT CẢN**

Cảm biến siêu âm sẽ thực hiện nhiệm vụ phát hiện vật cản từ xa. Dữ liệu thu nhận được từ cảm biến này có thể cho biết được kích thước của vật cản, góc của vật cản so với phương chính của robot... Các dữ liệu này sẽ là biến đầu vào cho bộ điều khiển mờ. Ngoài ra, robot phải bám theo mục tiêu cho trước bằng camera, nên góc quay của camera cũng là một biến đầu vào cho bộ điều khiển cần phải xét đến. Như vậy, các biến số đầu vào cho bộ điều khiển bao gồm: Góc hợp bởi vector chính của robot và camera  $\psi$ , khoảng cách từ robot đến vật cản  $L_{OB}[j]$ , góc hợp vector chính của robot và vật cản  $\theta_{OB}[j]$ , khoảng cách từ điểm gần nhất của vật cản đến phương chính của robot  $\Delta[j]$ . Trong đó  $j$  là biến chỉ thứ tự vật cản. Các góc  $\psi$ ,  $\theta_{OB}[j]$  quy ước là  $> 0$  khi nằm bên phải so với phương chính của robot và ngược lại.

Biến đầu vào được mô tả dưới dạng biến ngôn ngữ và số lượng tập giá trị ngôn ngữ được chọn như sau:

- Góc camera  $\psi$ :

Camera { *LeftBig, Left, ZeroLeft, ZeroRight, Right, RightBig* }. Khoảng giá trị vật lý từ  $-135^\circ$  đến  $+135^\circ$ .

- Khoảng cách từ robot đến vật cản  $L_{OB}[j]$ :

Distance { *Near, Medium, Far* }. Khoảng giá trị vật lý từ 700 mm đến 4000 mm theo đặc tính của cảm biến siêu âm trang bị trên robot

- Góc hợp vector chính của robot và vật cản  $\theta_{OB}[j]$ :

Obstacle\_Angle { *Left, LeftFront, Front, RightFront, Right* }. Khoảng giá trị vật lý từ  $-90^\circ$  đến  $90^\circ$  (hình 2)

- Khoảng cách từ điểm gần nhất của vật cản đến phương chính của robot  $\Delta[j]$ :

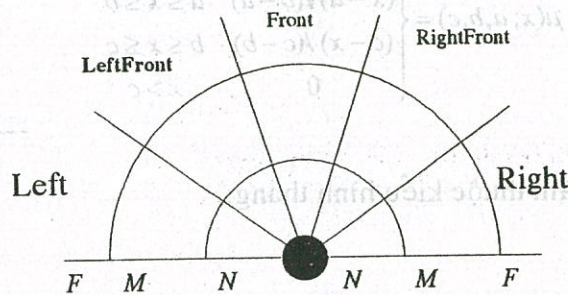
Slit { *Small, Large* }. Khoảng giá trị vật lý từ 0 đến 500mm

Để tránh vật cản trên đường di chuyển đến mục tiêu, robot sẽ thực hiện hai chuyển động: xoay quanh tâm một góc  $\alpha$  và sau đó tịnh tiến một đoạn  $t$ .

Do đó, đầu ra của bộ điều khiển là góc lái  $\alpha$  và đoạn tịnh tiến  $t$ , hai biến này được mô tả bằng biến ngôn ngữ sau:

Steering\_Angle { *LeftBig, Left, Straight, Right, RightBig* }. Khoảng giá trị vật lý từ  $-90^\circ$  đến  $90^\circ$

Trans { *Short, Average, Long* }. Khoảng giá trị vật lý từ 0 đến 4000mm.



Hình 2: Khoảng giá trị vật lý của góc thể hiện vật cản

Việc phân bố các khoảng giá trị vật lý cho các giá trị ngôn ngữ thể hiện trên bảng sau:

(a) Biến ngôn ngữ Camera:

GT ngôn ngữ	<i>Left Big</i>	<b>Left</b>	<i>Zero Left</i>	<i>Zero Right</i>	<b>Right</b>	<b>Right Big</b>
Giá trị vật lý	$-135^\circ \div -58^\circ$	$-96^\circ \div -19^\circ$	$--58^\circ \div 19^\circ$	$-19^\circ \div 58^\circ$	$19^\circ \div 96^\circ$	$58^\circ \div 135^\circ$

(b). Biến ngôn ngữ Distance:

Giá trị ngôn ngữ	<b>Near</b>	<i>Medium</i>	<i>Far</i>
Khoảng vật lý	$700 \div 2350$ mm	$1525 \div 3175$ mm	$2350 \div 4000$ mm

(c). Biến ngôn ngữ: ObstacleAngle

Giá trị ngôn ngữ	<i>Left</i>	<i>LeftFront</i>	<i>Front</i>	<i>RightFront</i>	<i>Right</i>
Khoảng vật lý	$-90^\circ \div -54^\circ$	$-54^\circ \div -18^\circ$	$-18^\circ \div +18^\circ$	$+18^\circ \div +54^\circ$	$+54^\circ \div +90^\circ$

(d). Biến ngôn ngữ: Slit

Giá trị ngôn ngữ	<b>Small</b>	<i>Large</i>
Khoảng vật lý	$0 \div 375$	$125 \div 500$

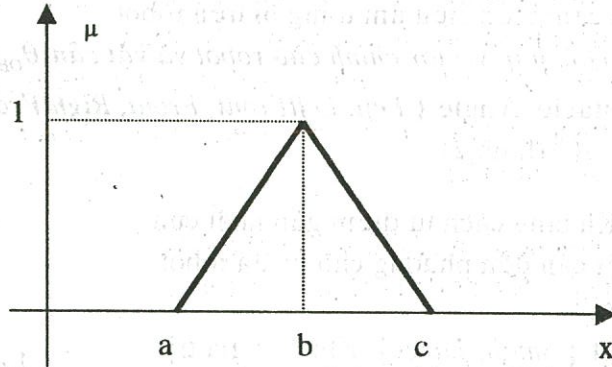
(e) Biến ngôn ngữ Steering\_Angle

Giá trị ngôn ngữ	<i>Left Big</i>	<i>Left</i>	<i>Straight</i>	<i>Right</i>	<i>Right Big</i>
Khoảng vật lý	$-90^\circ \div -30^\circ$	$-60^\circ \div 0^\circ$	$-15^\circ \div 15^\circ$	$0^\circ \div 60^\circ$	$30^\circ \div 90^\circ$

Một bước rất quan trọng trong việc xây dựng bộ điều khiển mờ là việc chọn dạng hàm thuộc. Có khá nhiều dạng hàm, thế nhưng không có một lời khuyên nào về việc chọn dạng hàm liên thuộc. Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi chọn hàm thuộc có mức chuyển đổi tuyến tính là kiểu tam giác và kiểu hình thang với các hàm toán học mô tả như sau:

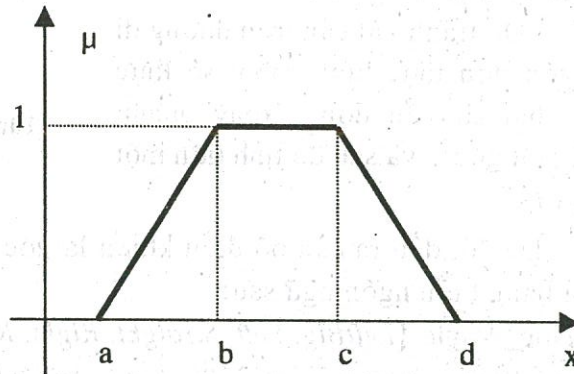
- Hàm kiểu tam giác

$$T = \mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$



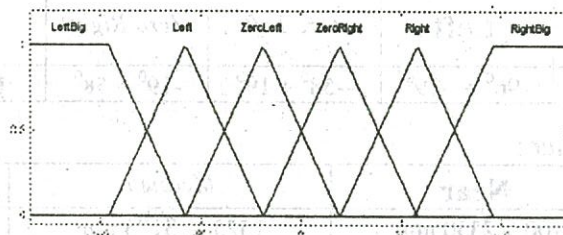
- Hàm thuộc kiểu hình thang:

$$T_p = \mu(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

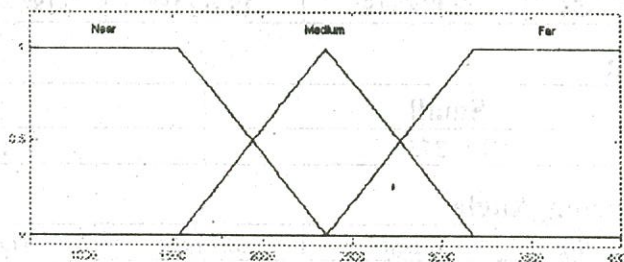


Các hàm thuộc được biểu diễn như sau:

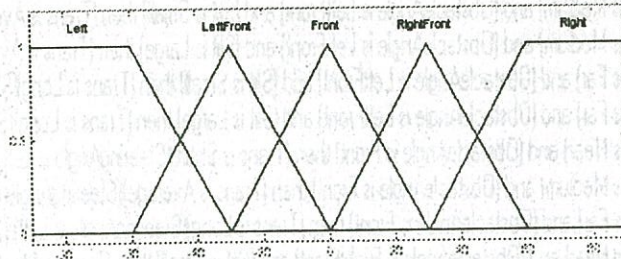
### 1. Camera



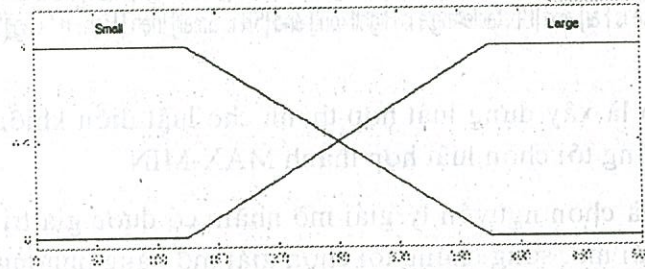
### 2. Distance



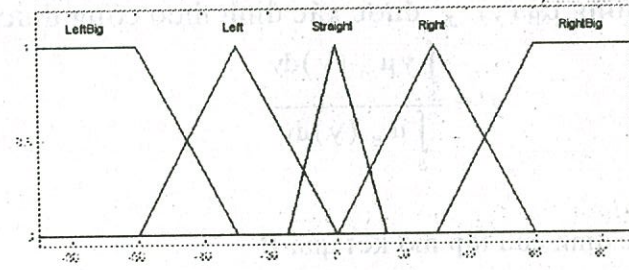
### 3. ObstacleAngle



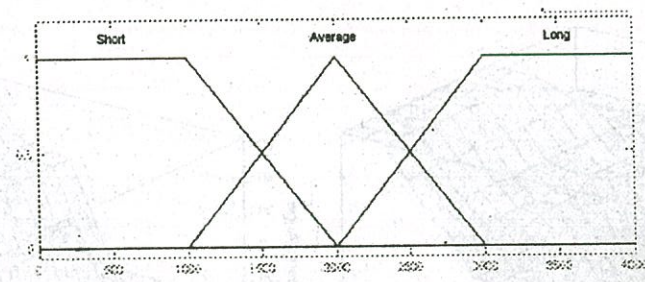
### 4. Slit



### 5. SteeringAngle



### 6. Trans



Để bộ điều khiển mở hoạt động được, cần thiết phải xây dựng các quy luật điều khiển và chính các luật điều khiển này sẽ ra quyết định ứng xử của robot khi gặp vật cản. Các luật điều khiển này viết dưới dạng câu **IF ... THEN**. Bộ điều khiển mở tránh vật cản tầm xa được xây dựng với 104 luật điều khiển. Dưới đây là minh họa một vài luật như sau:

- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Near) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Small) then (Trans is Short)(SteeringAngle is Right) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Near) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Large) then (Trans is Short)(SteeringAngle is Straight) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Medium) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Small) then (Trans is Average)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Medium) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Large) then (Trans is Average)(SteeringAngle is Straight) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Far) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Small) then (Trans is Long)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Far) and (ObstacleAngle is LeftFront) and (Slit is Large) then (Trans is Long)(SteeringAngle is Straight) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Near) and (ObstacleAngle is Front) then (Trans is Short)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Medium) and (ObstacleAngle is Front) then (Trans is Average)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Far) and (ObstacleAngle is Front) then (Trans is Long)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Near) and (ObstacleAngle is RightFront) and (Slit is Small) then (Trans is Short)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Near) and (ObstacleAngle is RightFront) and (Slit is Large) then (Trans is Short)(SteeringAngle is Straight) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Medium) and (ObstacleAngle is RightFront) and (Slit is Small) then (Trans is Average)(SteeringAngle is Left) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Medium) and (ObstacleAngle is RightFront) and (Slit is Large) then (Trans is Average)(SteeringAngle is Straight) (1)
- . If (Camera is ZeroLeft) and (Distance is Far) and (ObstacleAngle is RightFront) and (Slit is Small) then (Trans is Long)(SteeringAngle is Left) (1)

Bước tiếp theo là xây dựng luật hợp thành cho luật điều khiển nêu trên trong cả ba bài toán nêu trên. Chúng tôi chọn luật hợp thành MAX-MIN

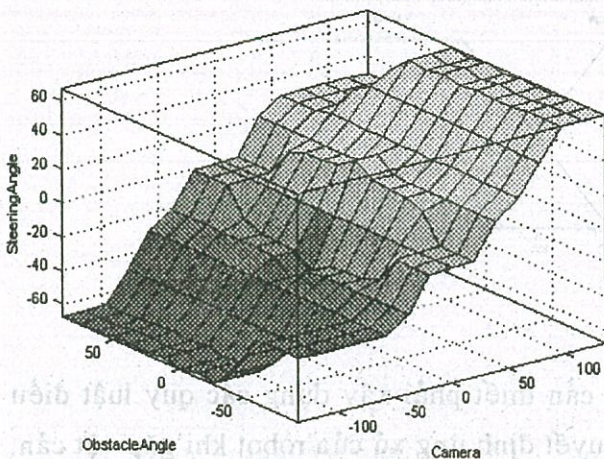
Và cuối cùng là chọn nguyên lý giải mờ nhằm có được giá trị rõ để điều khiển. Có nhiều phương pháp giải mờ, song chúng tôi chọn giải mờ bằng phương pháp điểm trọng tâm nhằm kiểm chứng các luật điều khiển trong kiểm nghiệm

Phương pháp này cho kết quả  $y'$  là hoành độ của điểm trọng tâm là miền được bao bởi trục hoành và đường  $\mu_B(y)$ .  $y'$  được xác định theo công thức:

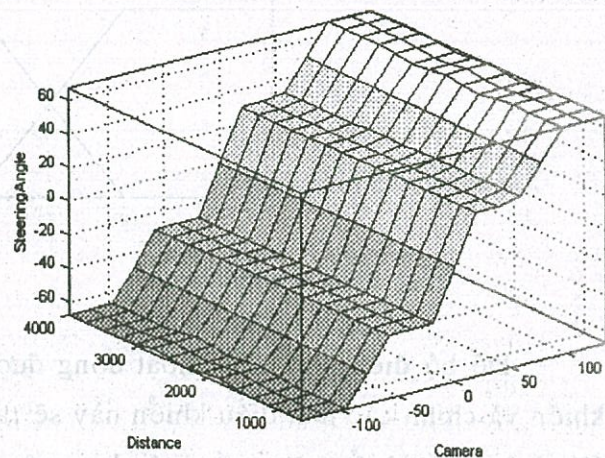
$$y' = \frac{\int_S y \mu_B(y) dy}{\int_S \mu_B(y) dy}$$

Trong đó S là miền xác định của tập mờ kết quả B'.

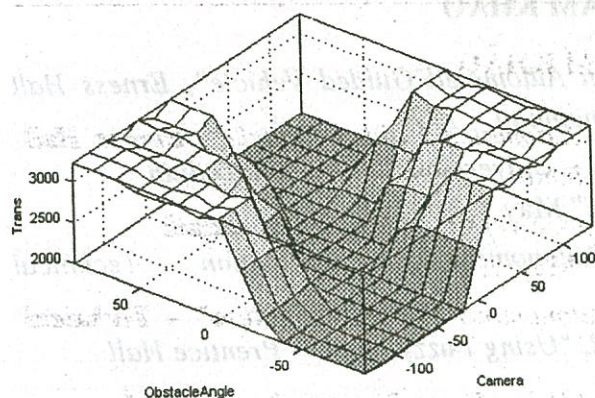
Một số mối quan hệ giữa các biến vào và ra được mô phỏng trên MATLAB như sau:



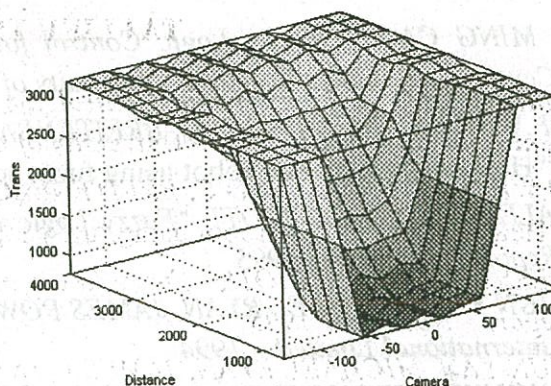
Hình 3: Quan hệ giữa góc của chướng ngại vật, góc chỉ thị mục tiêu của camera và góc lái



Hình 4: Quan hệ giữa khoảng cách và góc chỉ thị mục tiêu với góc lái



Hình 5:: Quan hệ giữa góc của chướng ngại vật, góc chỉ thị mục tiêu của camera và lượng di chuyển thẳng



Hình 6:: Quan hệ giữa khoảng cách đến chướng ngại vật, góc chỉ thị mục tiêu của camera và lượng di chuyển thẳng

## KẾT LUẬN

Logic mờ là một dạng của trí tuệ nhân tạo giúp cho robot tự hành linh hoạt và thông minh hơn. Hiện nay, chúng tôi đang triển khai áp dụng vào mô hình nghiên cứu để kiểm tra kết quả lý thuyết. Các kết quả ban đầu cho thấy sự thích hợp của việc áp dụng bộ điều khiển logic mờ trong bài toán điều khiển robot tự hành tránh vật cản ngẫu nhiên và bám theo mục tiêu di động cho trước thể hiện ở tốc độ đáp ứng nhanh và hiệu quả khi bảo đảm được tốc độ phát hiện nhanh sự thay đổi vị trí của mục tiêu. Kết quả thực nghiệm trên mô hình robot tự hành để kiểm chứng sẽ được trình bày ở bài báo sau.

## TO APPLY FUZZY LOGIC IN OBSTACLE AVOIDANCE PROBLEM FOR MOBILE ROBOT TRACKING THE MOVING TARGET

Le Hoai Quoc, Tran Van Tung

University of Technology – VietNam National University HCM City

### ABSTRACT:

After developing phase of robot application in industrial manufacturing automation, today many robotics researcher pay their attention on applied research of robot into living and entertainment field. Almost all kind of robot in these fields is mobile robot equipping ability to identify environment around them and carry out correlative responses (artificial intelligence) for obtaining the task, putting forward.

This papers introduces the initial achievements in performing the controller using fuzzy logic applied in the model of mobile robot equipping two forward active wheels, camera for identification of the mobile target knowing in advance, sonar and infra-red sensors for avoidance of random obstacles.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] MING CAO - "Fuzzy Logic Control for an Automated Guided Vehicle", Erness Hall Center for Robotics Research University of Cincinnati – 1998
- [2] P.WEBB, C. FAYAD AND C. BREITENBACH – University of Minnesota Duluth  
"Heat sensing mobile robot using fuzzy logic" May 1, 2002
- [3] ALESSANDRO SAFFIOTI, "Fuzzy Logic in Autonomous Robot Navigation" – Technical Report – November 1995
- [4] JUN YAN, MICHAEL RYAN, JAMES POWER, "Using Fuzzy Logic" - Prentice Hall International Limited – 1994
- [5] NGUYỄN TRỌNG THUẬN, "Điều khiển Logic và Ứng dụng" – Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật – 2000
- [6] PHAN XUÂN MINH – NGUYỄN DOÃN PHƯỚC, "Lý thuyết điều khiển mờ" – Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật – 1999
- [7] "TUYỂN TẬP CÁC BÀI BÁO CÁO HỘI THẢO TOÀN QUỐC LẦN THỨ NHẤT VỀ CƠ ĐIỆN TỬ" – Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội – 2002
- [8] GEORGE J. KLIR AND BO YUAN, "Fuzzy set and fuzzy logic – Theory and Application" – Prentice Hall P T R – 1995
- [9] NIKHIL D KELKAR, "A fuzzy controller for three dimensional line following of an unmaned autonomous mobile robot" – Master of science – 1997