# ĐIỀU KHIỂN ROBOT 4 BÁNH OMNI THEO QUỸ ĐẠO CONG CHO TRƯỚC DƯỚI DẠNG PHƯƠNG TRÌNH

Ngô Trọng Hoàn*, Phạm Thành Long

***Tóm tắt:*** *Trong thi đấu robocon luật chơi sẽ cho trước đồ họa mặt sân, việc rút ngắn di chuyển giữa hai điểm cho trước trên mặt sân kết hợp tránh vật cản làm cho quỹ đạo di chuyển tối ưu thường là đường cong thay vì đường thẳng. Thông thường độ chính xác của các vị trí đầu - cuối của robot quan trọng hơn độ chính xác bản thân quỹ đạo khi thi đấu. Tuy nhiên, số lượng quỹ đạo cụ thể khá nhiều đối với robot tự động đã đặt ra một vấn đề là cần có phương pháp mô tả quỹ đạo cũng như nhập dữ liệu hiệu quả cho robot để đáp ứng đồng thời cả hai yêu cầu nhanh chóng và chính xác. Bài báo này đề xuất một phương án để giải quyết vấn đề nói trên thông qua sử dụng véc tơ dẫn là tiếp tuyến của quỹ đạo tại mỗi điểm chốt kết hợp với các thông số động học của robot. Mục tiêu của chúng tôi ở đây là vẽ được đặc tính chuyển vị của từng động cơ ứng với quỹ đạo cho trước của bệ. Vị trí đầu cuối của robot được căn cứ vào kết quả đo từ các cảm biến laser để hiệu chỉnh riêng biệt sau khi quỹ đạo hoàn thành. Kết quả thi đấu năm 2020 của đội CK3 TNUT cho thấy, cách làm này mang lại hiệu quả khá tốt với robot tự động, có thể rút kinh nghiệm cho các lần thi đấu tiếp theo.*

**Từ khóa:** Bánh omni; Tiếp tuyến; Robocon; Điểm chốt; Quỹ đạo.

## 1. MỞ ĐẦU

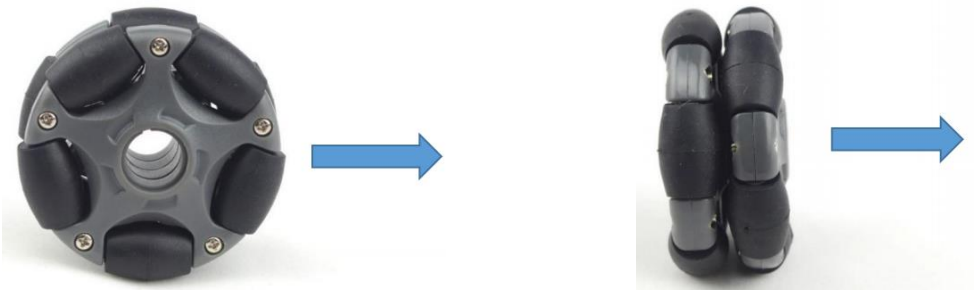
Trong thi đấu robocon tốc độ và độ chính xác của robot tự động đóng vai trò quan trọng trong giành phần thắng. Bệ di động sử dụng bốn bánh omni với ba bậc tự do trên sàn phẳng là lựa chọn số một cho mục đích này. Với số lượng quỹ đạo đa dạng phải thực hiện, việc vào số liệu cho robot tự động cần có phương pháp để đảm bảo rằng chỉ với một số mô tả hữu hạn sẽ có được lượng thông tin đầy đủ nhất để hình thành chương trình điều khiển theo yêu cầu.

Các nghiên cứu gần đây đều tập trung vào hướng tăng độ linh hoạt của robot khi hoạt động trong các môi trường địa hình khác nhau ứng với từng mùa thi robocon. Các hướng nghiên cứu về cơ khí tập trung vào các cơ cấu, cơ chế thiết bị chấp hành truyền động linh hoạt và thích ứng [1-4].

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về động học cho omni robot ba bánh [3, 5-7]. Tuy nhiên, động học cho omni robot bốn bánh không đơn giản như với omni robot ba bánh vì số lượng đầu vào và đầu ra không tỉ lệ với nhau để có thể nghịch đảo ma trận cho bài toán động học ngược. Bài báo này đưa ra một cách giải quyết bài toán trên bằng việc sử dụng vector dẫn là tiếp tuyến quỹ đạo của mỗi điểm chốt kết hợp với các thông số động học của robot.

## 2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC BỆ DI ĐỘNG DÙNG BỐN BÁNH OMNI

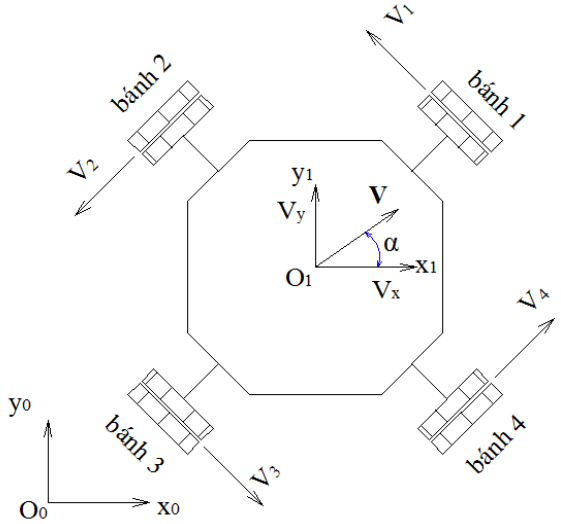
### 2.1. Xây dựng lý thuyết



***Hình 1.*** *a) Dịch chuyển chủ động.* *b) Dịch chuyển thụ động.*

*Về bánh omni* là bánh xe có cấu trúc đặc biệt với hai bậc tự do, nó có khả năng di chuyển như bánh xe thông thường khi đóng vai trò bánh chủ động, tức là quay xung quanh trục bánh xe. Khi đóng vai trò bánh bị động, nó có thể di chuyển với ma sát rất nhỏ bằng cách lăn không trượt theo hướng của trục bánh xe nhờ các con lăn phụ bố trí so le hai hoặc ba lớp với nhau (hình 1), trong trường hợp này ma sát sinh ra ở tiếp xúc con lăn và trục đỡ của nó.

*Về bệ di động* dùng bốn bánh omni khác với bánh xe thông thường hoặc bánh mecanum, hai trục bánh xe của bệ dùng bánh omni trực giao với nhau (hình 2). Chọn hệ quy chiếu di động $O_{1x1y1}$ gắn với bệ và hệ quy chiếu cơ sở $O_{0x0y0}$ như hình 2 và quy định chiều quay dương của bệ là chiều ngược kim đồng hồ xung quanh trục z của hệ quy chiếu đó khi nhìn từ ngược chiều tịnh tiến dương, quy định chiều quay dương của chuyển động chủ động là chiều thuận kim đồng hồ khi nhìn theo trục bánh xe hướng vào tâm bệ. Góc ban đầu của hệ là góc giữa hai trục $x_1$ và $x_0$ ký hiệu là $\alpha_0$. Nếu bệ đã xoay khỏi góc ban đầu cần cập nhật góc này trong các tính toán tiếp sau đó.




***Hình 2.*** *Mô tả các hệ quy chiếu gắn với bệ di động và định hướng của bệ.*

**2.2. Giả thiết ban đầu**

Gọi các tham số ngõ ra của điều khiển là V (m/s) và α (rad) lần lượt là vận tốc dài của bệ và góc định hướng chuyển động (khi dịch chuyển theo V bệ không xoay, $\alpha_0$ = const).

Về mô hình động học của bệ khi dịch chuyển tịnh tiến đa hướng xét trong hệ quy chiếu cơ sở $O_1$, giả sử rằng, các tham số ngõ ra ở thời điểm bất kỳ mà bệ cần đạt là (V, α), tức là vận tốc dài V theo góc α. Các ngõ vào cần tính toán tương ứng là $V_1 \div V_4$.

**2.3. Xây dựng phương trình**

Các quan hệ hình học của bệ cho phép xây dựng các quan hệ sau trong hệ quy chiếu $O_1$:

$$\begin{cases} V_1 = -0.7V_x + 0.7V_y \\ V_2 = -0.7V_x - 0.7V_y \\ V_3 = 0.7V_x - 0.7V_y \\ V_4 = 0.7V_x + 0.7V_y \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó, theo hình 2 thì quy đổi giữa V và Vx, Vy theo quan hệ lượng giác sau:

$$\begin{cases} V_x = V\cos(\alpha) \\ V_y = V\sin(\alpha) \end{cases} \quad (2)$$

Như vậy, nếu cho trước (V,α) thì theo (2) tính được ($V_x$, $V_y$) thế vào (1) tính được $V_1 \div V_4$, căn cứ vào đường kính bánh xe ommi tính được vận tốc góc đầu ra hộp giảm tốc:

$$\varpi_i = \frac{2V_i}{d}(rad/s) \tag{3}$$

Gọi $V_0$ là vận tốc tuyệt đối của bệ trong hệ quy chiếu $O_0$, khi vị trí ban đầu của bệ có định hướng $\alpha_0 \neq 0$ các quan hệ (1) và (2) được viết lại (4) và (5) trong hệ quy chiếu cơ sở $O_0$:

$$\begin{cases} V_1 = -0.7V_0\cos(\alpha_0)\cos(\alpha) + 0.7V_0\sin(\alpha_0)\sin(\alpha) \\ V_2 = -0.7V_0\cos(\alpha_0)\cos(\alpha) - 0.7V_0\sin(\alpha_0)\sin(\alpha) \\ V_3 = 0.7V_0\cos(\alpha_0)\cos(\alpha) - 0.7V_0\sin(\alpha_0)\sin(\alpha) \\ V_4 = 0.7V_0\cos(\alpha_0)\cos(\alpha) + 0.7V_0\sin(\alpha_0)\sin(\alpha) \end{cases} \tag{4}$$

$$\begin{cases} V_{x0} = V_0\cos(\alpha_0)\cos(\alpha) \\ V_{y0} = V_0\sin(\alpha_0)\sin(\alpha) \end{cases} \tag{5}$$

Giả sử phương trình quỹ đạo trong hệ quy chiếu cơ sở cho bởi (6) như sau:

$$y = f(x) \tag{6}$$

Góc dẫn hướng $\alpha$ ở thời điểm $t = t_i$ trên quỹ đạo này của bệ khi nó bám theo xác định bởi:

$$\alpha = \tan^{-1}\left[f'(x)\right]_{t=t_i} \tag{7}$$

Độ dài của quỹ đạo xác định bởi tích phân đường loại 1 như sau:

$$L = \int_x f(x)ds \tag{8}$$

Do vận tốc công nghệ V cho trước, thời gian để đi hết quãng đường này xác định bởi (9):

$$t = \frac{\int_x f(x)ds}{V} \tag{9}$$

Nếu toàn bộ quỹ đạo cập nhật dữ liệu về hướng di chuyển $\alpha$ tất cả n lần cách đều nhau:

$$\Delta t = \frac{t}{n} \tag{10}$$

Như vậy, nếu đều đặn cập nhật góc $\alpha$ sau những khoảng thời gian $\Delta t$ thì việc xác định các đặc tính động học theo (3) hoàn toàn khả thi. Một lập trình đơn giản cho phép quy đổi toàn bộ quỹ đạo (V, $\alpha$) trong không gian công tác thành quỹ đạo $V_1 \div V_4$ trong không gian khớp phục vụ lập trình cho thấy như trong phần tiếp theo.

## 3. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN, THẢO LUẬN

### 3.1. Số liệu đầu vào

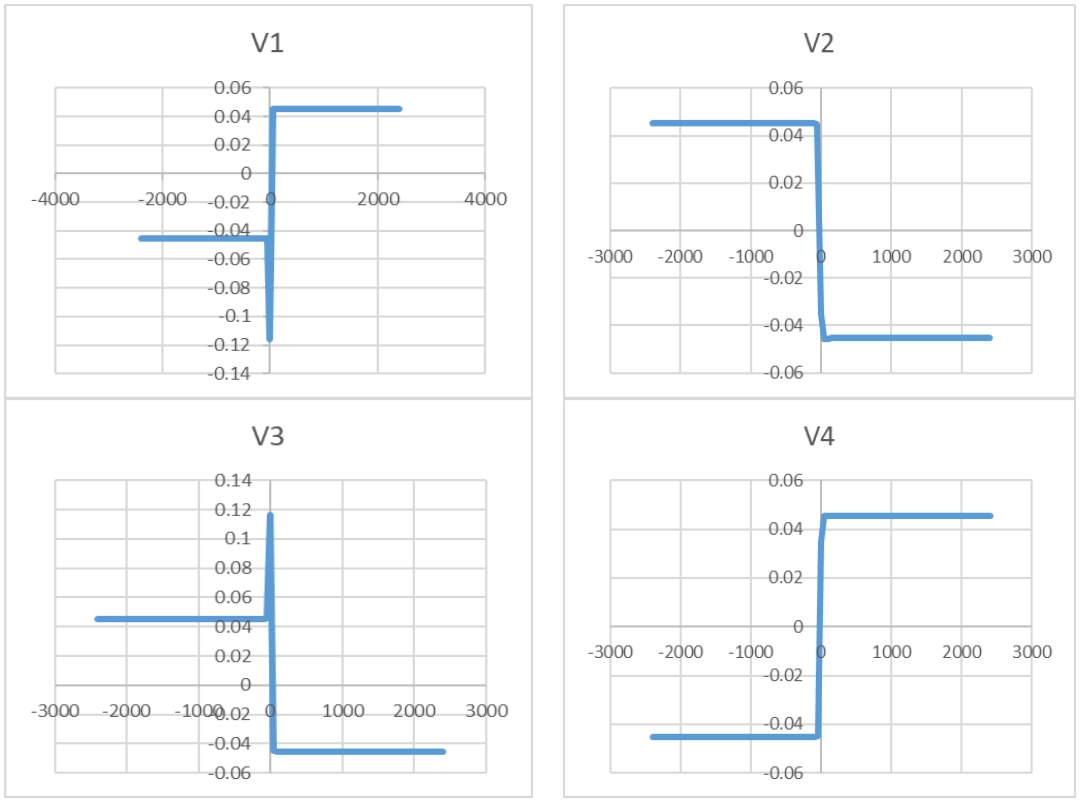
Xét bệ di động robot TR của đội CK3 TNUT với các tham số như sau:

Đường kính bánh d = 127 (mm);

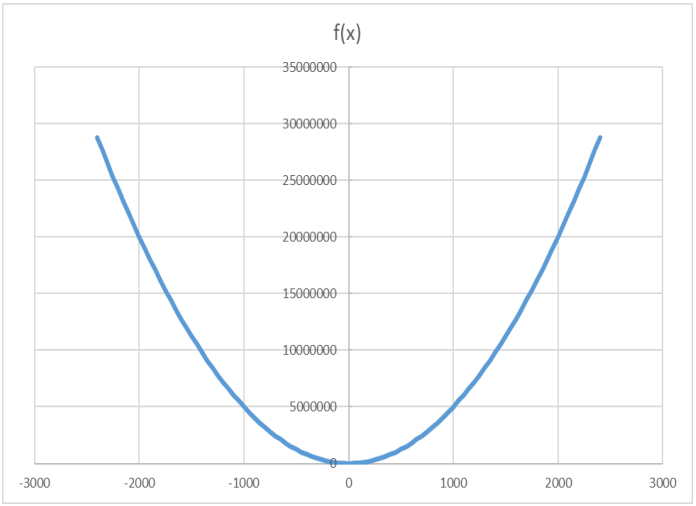
Quỹ đạo giữa hai điểm đầu cuối tuân theo phương trình $y = 5x^2 - 2x + 3$ trong hệ quy chiếu cơ sở, điểm đầu (x = -2400, điểm cuối x = 2400 mm);

Góc xuất phát của bệ là tiếp tuyến đầu của quỹ đạo tại x = 0 và trong quá trình bám theo quỹ đạo nói trên bệ không thay đổi tư thế $\alpha_0 = -15^0$. Yêu cầu xác định đặc tính vận tốc $V_1 \div V_4$ dưới dạng quỹ đạo khi lấy vận tốc công nghệ $V_0 = 0.25$ (m/s), cập nhật dữ liệu dẫn hướng n = 50 lần cho toàn quỹ đạo.

### 3.2. Kết quả mô phỏng




***Hình 3.*** *Các vận tốc của từng bánh xe sau khi giải bài toán ngược.*




***Hình 4.*** *Quỹ đạo trọng tâm của platform khi chạy tự động.*

## 4. KẾT LUẬN

Việc kết hợp đặc trưng quỹ đạo và mô hình động học của robot dẫn đến mô hình hóa bài toán ngược động học. Mô hình này giúp xác định các tham số động học trong không gian công tác phục vụ điều khiển tự động cho robot. Độ chính xác của quỹ đạo phụ thuộc vào số lần cập nhật dữ liệu hướng của toàn bộ quỹ đạo, số lần cập nhật tối đa phụ thuộc vào năng lực của vi điều khiển sử dụng trên robot. Việc giải quyết định hướng của robot nên thực hiện ở điểm cuối bằng

một câu lệnh riêng tách rời với phần di chuyển nói trên. Sự rành mạch về quan điểm điều khiển và cách sử dụng dữ liệu công nghệ như trong bài giảm bớt đáng kể khối lượng nhập dữ liệu khi xây dựng chương trình cho robot tự động theo trải nghiệm của chúng tôi

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. "Motion Control of Four Wheeled Omni-directional Mobile Robots to Avoid the Obstacles Using Kinect Camera .pdf.".

[2]. T. N. Manh, M. P. Xuan, P. N. Doan, and T. P. Quoc, *"Tracking control for mobile robots with uncertain parameters based on Model Reference Adaptive Control,"* 2013 International Conference on Control, Automation and Information Sciences, ICCAIS 2013. pp. 18–23, 2013, doi: 10.1109/ICCAIS.2013.6720523.

[3]. I. A. A. Salam Al-Ammri, *"Control of Omni-Directional Mobile Robot Motion.pdf,"* Al-Khwarizmi Engineering Journal, vol. 6. pp. 1–9, 2010.

[4]. A. T. A. MennaAllah Soliman and H. H. A. Mahmood Abdallah Saleh, *"Path Planning Control for 3-Omni Fighting Robot Using PID and Fuzzy Logic Controller MennaAllah.pdf."*.

[5]. Y. Liu, J. J. Zhu, R. L. Williams, and J. Wu, *"Omni-directional mobile robot controller based on trajectory linearization,"* Robotics and Autonomous Systems, vol. 56, no. 5. pp. 461–479, 2008, doi: 10.1016/j.robot.2007.08.007.

[6]. J. Wu, R. L. Williams, and J. Lew, *"Velocity and acceleration cones for kinematic and dynamic constraints on omni-directional mobile robots,"* J. Dyn. Syst. Meas. Control. Trans. ASME, vol. 128, no. 4, pp. 788–799, 2006, doi: 10.1115/1.2361318.

[7]. T. Wang, C. Tsai, and D. Wang, *"Dynamic Control of An Omnidirectional Mobile Platform,"* Journal of Nan Kai, vol. 7, no. 1. pp. 9–18, 2010.

## ABSTRACT

CONTROLING 4- WHEELED OMNI ROBOT UNDER THE PREVIOUS CURVED TRAJECTORY FORMED BY EQUIPMENT

*According to the rules of robot competition, the surface graphics is given before the competition. The combination of shortening the movement between two given points on the ground and avoiding obstacles makes the orbit move like a curve instead of a straight line.Normally, the accuracy of the robot terminal position is more important than the accuracy of the orbit itself in the game. However, because of the large number of specific orbits,it is essential to have an efficient method of orbit description as well as efficient data entry for the robot in order to satisfy both requests simultaneously and exactly.This paper proposes a plan to solve this problem by using a normal vector which is the tangent of the orbit at each keypoint in combination with the robot's kinematic parameters. The robot terminal position is based on the measurement results from the laser sensors for separate calibration after the orbit is completed. The results of the CK3 TNUT team in 2020 show that this method is quite effective in automatic robots, which can give necessary experiences for the next matches.*

**Keywords:** Wheeled omni; Tangen vector; Key point; Robot; Orbit.

*Nhận bài ngày 15 tháng 4 năm 2021*
*Hoàn thiện ngày 13 tháng 8 năm 2021*
*Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021*

*Địa chỉ:* Khoa Cơ khí, Trường ĐHKT Công Nghiệp – ĐH Thái Nguyên.
*Email: ngohoan98@gmail.com, kalongkc@gmail.com.