

NGHIÊN CỨU, MÔ PHỎNG VÀ LẬP TRÌNH ROBOT CÔNG NGHIỆP TRÊN MÁY TÍNH

RESEARCH, SIMULATION AND PROGRAMMING INDUSTRIAL ROBOT ON COMPUTER

Nguyễn Tiến Anh^{1*}, Đặng Văn Điệp¹,
Hoàng Thị Hào¹, Bùi Văn Huy²

TÓM TẮT

Nhà máy sản xuất ô tô với 3 mẫu xe, mỗi mẫu xe có màu sắc và kiểu dáng khác nhau, màu sắc của mâm cũng sẽ đi theo từng màu xe đó gồm đen, trắng và đỏ. Mâm xe đã được sơn một lớp chống oxy hóa ở dây chuyền trước đó và đang được chuyển đến công đoạn tiếp theo là sơn tạo màu bằng băng chuyển, công việc cần giải quyết ở công đoạn này là đưa từng mâm xe trên băng chuyển với các màu sắc khác nhau của lớp sơn chống oxy hóa tương ứng với 3 mẫu xe đến 3 bể chứa dung dịch sơn màu đen, đỏ và trắng để tiến hành nhúng sơn điện ly. Robot sẽ nhận diện màu sắc của từng mâm trên băng chuyển bằng cảm biến màu sắc gắn trên tay kẹp (khâu cuối) của robot sau đó tiến hành kẹp mâm xe và di chuyển đến vị trí của bể sơn màu tương ứng và gá mâm bánh vào trục của cơ cấu nhúng sơn điện ly qua lỗ ở tâm mâm bánh. Sau khi gá xong, robot sẽ trở về vị trí ban đầu kết thúc một chu trình tiếp tục chờ và kẹp mâm bánh xe mới được đưa đến. Toàn bộ quá trình sẽ được mô phỏng trên phần mềm Easy - Rob.

Từ khóa: Robot công nghiệp, mâm xe, sơn điện ly.

ABSTRACT

Car factory with 3 models, each model has different colors and designs, the color of the wheel will also follow each car color including black, white and red. The wheels have been painted with an antioxidant layer on the previous line and are being transferred to the next stage of carousel coloring, the work to be solved at this stage is to put each wheel on the conveyor belt with The different colors of the anti-oxidant paint corresponds to 3 models of cars to 3 tanks of black, red and white paint solutions to conduct electrostatic coating. The robot will recognize the color of each wheel on the conveyor belt by the color sensor attached to the clamping arm (the last stitch) of the robot, then proceed to clamp the wheels and move to the position of the corresponding colored paint tank and the wheels. into the shaft of the electrostatic paint immersion device through the hole in the center of the wheel. After the jig is finished, the robot will return to its original position ending a cycle of continued waiting and clamping new wheel wheels are brought. The whole process will be simulated on Easy - Rob software.

Keywords: Industrial robots, wheels, electrostatic paint.

¹Lớp Điện 5 -K11, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyentienanh204@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Robot công nghiệp hiện được đánh giá là công cụ lao động của tương lai. Có khả năng chiếm đến 80% năng

suất và là lực lượng sản xuất chính trong tất cả các lĩnh vực. Từ nông nghiệp đến công nghiệp, từ ruộng vườn đến công xưởng, nhà máy. Và đây là thời điểm quan trọng, nhạy cảm để thay đổi từ sản xuất thủ công sang sản xuất bằng robot công nghiệp tại các doanh nghiệp Việt Nam cũng như thế giới.

Ngành công nghiệp ô tô đã chứng kiến những công ty sử dụng hệ thống robot tự động lớn nhất trong lĩnh vực sản xuất. Cánh tay robot lớn với khả năng nâng hạ tải trọng cao và tầm với dài di chuyển tự do để thực hiện các hành động như nâng thân xe, lắp kính chắn gió hoặc gắn bánh xe, trong khi các robot nhỏ hơn được sử dụng để hàn và gắn các tiểu khung như giá đỡ. Mặc dù nhiều người lo lắng rằng sản xuất tự động đang lấy đi việc làm, những robot này đã bảo vệ công nhân khỏi khói độc, nhiệt độ cao và các điều kiện nguy hiểm khác và đã loại bỏ lỗi của con người do các hoạt động tẻ nhạt và sơ suất gây ra bởi sự mệt mỏi vào cuối ca sản xuất. Tốc độ sản xuất ngày càng tăng và độ chính xác do những tiến bộ của công nghệ robot đã mang lại cho các nhà sản xuất ô tô một lợi thế cạnh tranh quan trọng trong việc sản xuất ô tô chất lượng hàng đầu. An toàn, chất lượng và khả năng là những lý do chính để áp dụng công nghệ robot trong hoạt động sản xuất.

Một trong những đặc trưng lớn nhất của robot là có thể thay thế con người để làm trong những môi trường khắc nghiệt, độc hại. Trong môi trường sản xuất ô tô công đoạn sơn màu các chi tiết luôn chứa nhiều hóa chất có hại cho sức khỏe con người. Chính vì lý do đó mà việc đưa robot vào dây chuyền sơn tĩnh điện các chi tiết, linh kiện ô tô đã và đang được rất nhiều công ty phát triển rất mạnh. Ở các công đoạn sơn thô, sơn tinh ở dạng phun dung môi, phun bột tĩnh điện hoặc nhúng điện ly ED đều có các cánh tay máy kết hợp với các cảm biến và máy tính giám sát trực tiếp phun đều vào các chi tiết, phôi hoặc gắp thả vào bồn dung dịch màu trong các buồng kín đảm bảo an toàn và độ đồng đều cao.

2. PHẦN MỀM MÔ PHỎNG EASY - ROB

EASY-ROB là công cụ mô phỏng robot sử dụng đồ họa trong không gian 3 chiều (3D) và các hình ảnh có thể hoạt động được. Một hệ thống 3D-CAD đơn giản cho phép tạo ra các khối hình học cơ bản như khối trụ, khối cầu, khối chữ nhật, khối tam giác, khối hình thang,... để vẽ kết cấu của

robot. Trong EASY-ROB chúng ta có thể dùng chuột để quay hoặc tịnh tiến robot đến một tọa độ tùy ý. EASY-ROB cũng có các chức năng phóng to, thu nhỏ đối tượng vẽ như nhiều phần mềm thiết kế khác... Chương trình cho phép thiết kế các robot đến 12 bậc tự do. Chuyển động của Robot có thể được điều khiển theo các biến khớp hoặc các tọa độ Đề-các. Chúng ta cũng có thể mô tả động học của robot theo kiểu DH hoặc trong hệ tọa độ toàn cục (Universa Coordinates). Easy-Rob đã có sẵn các trình điều khiển động học thuận và ngược của các cấu hình robot thông dụng, khi thiết kế ta chỉ cần khai báo kiểu động học thích hợp. Trong trường hợp robot có kết cấu đặc biệt hoặc có các khâu bị động gắn với các chuyển động của các khớp thì cần phải giải bài toán động học ngược hoặc xác định hàm toán học mô tả sự phụ thuộc của khâu bị động đối với khớp quay, viết chương trình xác định sự phụ thuộc đó bằng ngôn ngữ C và sau đó dùng tập tin MAKE.EXE trong C để dịch thành tập tin thư viện liên kết động er_kin.dll (Easy-Rob kinematic Dynamic link library), khi chạy chương trình, EASY-ROB sẽ liên kết với tập tin này và thực hiện kiểu động học đã được khai báo trong chương trình điều khiển.

Easy-ROB có một số các lệnh điều khiển riêng, Chương trình được viết theo kiểu xử lý tuần tự, tập tin dạng Text, có thể soạn thảo chương trình trong bất kỳ trình soạn thảo nào. Các công cụ gắn trên khâu chấp hành cuối có thể thay đổi được. Chúng ta có thể viết một chương trình chuyển động cho một robot theo một quỹ đạo mong muốn, có thể kiểm tra khả năng vươn tới của cánh tay, xác định vùng làm việc của robot... Robot mô phỏng có thể cầm nắm hoặc thả các đối tượng làm việc. Các chuyển động của robot có thể ghi vào một tập tin và có thể thực hiện lại.

Phần mềm cho phép ta xem được các hệ tọa độ đã gắn trên các khâu của robot, xem được quỹ đạo chuyển động của điểm cuối công cụ gắn trên khâu chấp hành cuối. Phần mềm còn có nhiều tiện ích khác như: cho phép ta lập trình điều khiển robot bằng phương pháp dạy học, thiết kế các đối tượng làm việc của robot, có các cửa sổ về tọa độ và giá trị góc quay của các khớp tại từng thời điểm khi robot hoạt động...

Việc sử dụng phần mềm EASY-ROB để mô phỏng robot giúp:

a) Mô phỏng lại một robot đã có và các đối tượng làm việc của nó. Đánh giá khả năng làm việc và mức độ linh hoạt của robot, xác định các thông số điều khiển, quỹ đạo chuyển động để dùng trong điều khiển thực.

b) Nghiên cứu thiết kế động học, các kích thước và kết cấu của robot trên máy tính để có thể chọn được phương án động học tốt nhất, đảm bảo cho robot hoàn thành các nhiệm vụ yêu cầu.

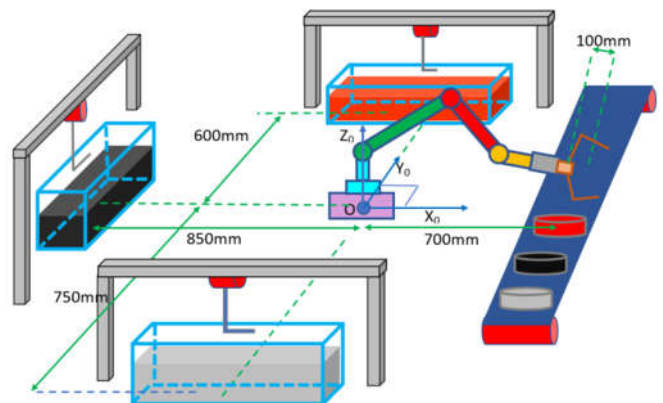
3. ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG, THIẾT KẾ ROBOT 5 BẬC TỰ DO TRONG DÂY TRUYỀN SƠN ĐIỆN LY ED MÂM BÁNH XE Ô TÔ

Giả thiết đặt ra: Nhà máy sản xuất ô tô với 3 mẫu xe, mỗi mẫu xe có màu sắc và kiểu dáng khác nhau, màu sắc của

mâm cũng sẽ đi theo từng màu xe đó gồm đen, trắng và đỏ. Mâm xe đã được sơn một lớp chống oxy hóa ở dây chuyền trước đó và đang được chuyển đến công đoạn tiếp theo là sơn tạo màu bằng băng chuyền, công việc cần giải quyết ở công đoạn này là đưa từng mâm xe trên băng chuyền với các màu sắc khác nhau của lớp sơn chống oxy hóa tương ứng với 3 mẫu xe đến 3 bể chứa dung dịch sơn màu đen, đỏ và trắng để tiến hành nhúng sơn điện ly ED.

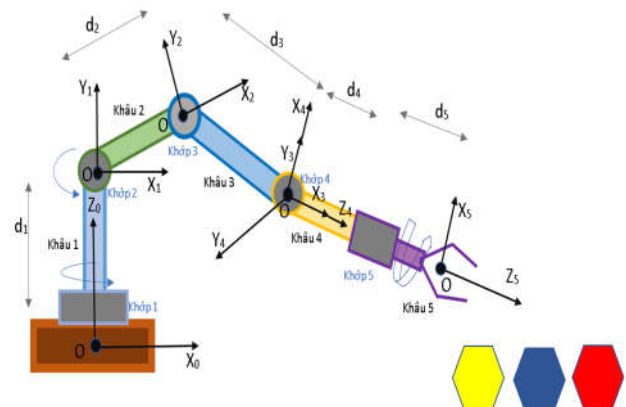
Cách thức giải quyết:

Robot sẽ nhận diện màu sắc của từng mâm trên băng chuyền bằng cảm biến màu sắc gắn trên tay kẹp (khâu cuối) của robot sau đó tiến hành kẹp mâm xe (bằng kết cấu khí nén) và di chuyển đến vị trí của bể sơn màu tương ứng và gá mâm bánh vào trục của cơ cấu nhúng sơn điện ly qua lỗ ở tâm mâm bánh. Sau khi gá xong, robot sẽ trở về vị trí ban đầu kết thúc một chu trình tiếp tục chờ và kẹp mâm bánh xe mới được đưa đến. Trên cơ sở đã biết được vị trí đặt robot, vị trí mâm bánh trên băng chuyền và vị trí của bể sơn màu ta xác định được từng tọa độ trong không gian Oxyz, để điều khiển được robot kẹp nhả và di chuyển đúng theo công nghệ ta chỉ cần tính được góc quay các khâu của cánh tay robot (phương trình động học) từ các tọa độ đã xác định trước đó và chuyển hóa thành chương trình Arduino điều khiển động cơ bước gắn tại trục mỗi khâu.



Hình 1. Dây chuyền sơn điện ly ED mâm bánh xe ô tô

Ban đầu chọn hệ tọa độ cơ sở cho các khâu của robot như hình 2.



Hình 2. Hệ tọa độ cơ sở

Từ việc lập được các hệ tọa độ cho các khâu ta lập được bảng thông số động học nhằm xác định hướng và vị trí của mỗi khâu so với nhau và so với hệ tọa độ gốc Oxyz0 với a là khoảng cách trục Z, ∞ là góc lệch giữa 2 trục Z (tính cả dấu, khi ta lấy trục Z của khâu trước tịnh tiến về gốc tọa độ của khâu đang xét và quay 1 góc thành trục Z của khâu đang xét từ góc nhìn của trục X của khâu đang xét), d là khoảng cách trục X và θ là góc lệch giữa 2 trục X khi các khâu chuyển động quay tròn.

Bảng 1. Thông số động học robot 5 bậc tự do

Khâu	a	∞	d	θ
1	0	90°	d ₁	θ ₁
2	d ₂	0	0	θ ₂
3	d ₃	0	0	θ ₃
4	0	90°	0	θ ₄ = θ _{kh4} + 90 (1)
5	0	0	d ₄ + d ₅ = d ₄₅	θ ₅

Ta đặt trên mỗi khâu của một Robot một hệ trục tọa độ. Sử dụng các phép biến đổi thuận nhất có thể mô tả vị trí tương đối và hướng giữa các hệ tọa độ này. Theo Denavit, mối liên hệ giữa hai khâu liên kế nhau (khâu n so với khâu (n-1)) được mô tả bởi ma trận T là ma trận biến đổi thuận nhất gồm có các phép quay và tịnh tiến giữa các hệ tọa độ với nhau.

T₁ là ma trận mô tả hướng và vị trí của hệ tọa độ gắn trên khâu thứ nhất so với hệ tọa độ gốc. T₂ là ma trận mô tả mối quan hệ về hướng và vị trí của hệ tọa độ thứ hai so với hệ tọa độ gắn trên khâu thứ nhất. Tương tự ta có T_i là ma trận mô tả mối quan hệ về hướng và vị trí của khâu thứ i so với khâu thứ i-1.

Giả sử robot có n khâu thì ma trận mô tả quan hệ giữa khâu cuối (khâu chấp hành) so với khâu 0 (hệ tọa độ cơ sở) là:

$${}^0_nT = T_1 * T_2 * T_3 * ... * T_n$$

Từ đó tính toán được các góc điều khiển tương ứng với mỗi khâu cho phù hợp với công nghệ.

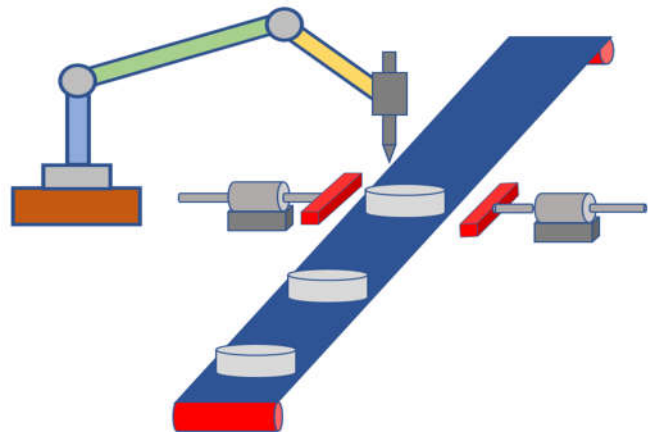
4. ỨNG DỤNG MÔ PHỎNG, THIẾT KẾ ROBOT 4 BẬC TỰ DO TRONG DÂY TRUYỀN SƠN KHOAN MÂM BÁNH XE Ô TÔ

Để sản xuất được một chiếc xe ô tô hoàn chỉnh cần rất nhiều chi tiết lắp ráp lại với nhau với độ chính xác cao. Một trong số đó là mâm xe, đây là bộ phận chuyển động trực tiếp trên đường, chịu lực trực tiếp từ trọng tải của xe nên ngoài việc tạo độ sang trọng, tăng vẻ đẹp cho xe thì việc đảm bảo an toàn kỹ thuật cũng rất quan trọng. Nguyên lý cơ bản của cơ cấu truyền động của xe ô tô là sự chuyển động của các piston trong xilanh sẽ sinh ra chuyển động quay tròn, trục dẫn động sẽ dẫn chuyển động quay tròn này đến các bán trục (trục cầu xe - trục gắn bánh xe) thông qua bộ vi sai và trục láp (đồng tốc vòng tua máy và giảm chấn động) để truyền đến bánh xe qua cơ cấu bu lông đai ốc. Như vậy các bu lông của bán trục sẽ có nhiệm vụ giữ chặt bánh xe và đảm bảo chuyển động của bánh là tròn đều và lực tác động lên bánh là đều nhau. Để có được điều

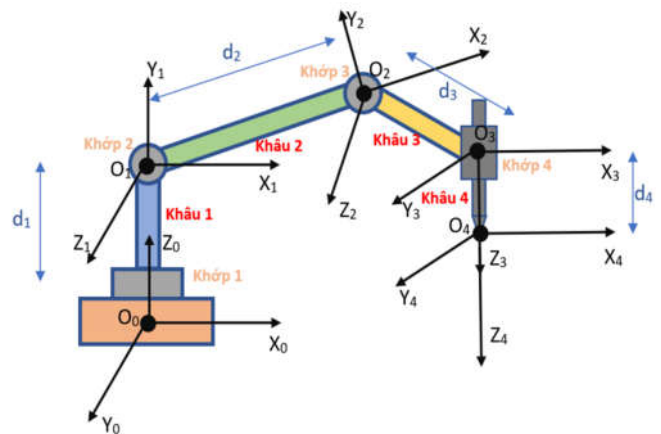
đó thì các lỗ bắt đai ốc trên mâm bánh xe phải được khoan các lỗ đều nhau.

Các mâm bánh xe sau khi đã được gia công ở công đoạn trước sẽ được chuyển đến công đoạn khoan tạo lỗ bắt đai ốc với loại mâm có 4 lỗ tạo thành hình thoi cân. Robot Scara sẽ chịu trách nhiệm khoan lên mâm đúc để tạo thành các lỗ này với kích thước đường kính lỗ tương ứng với đường kính bu lông trên trục cầu xe.

Mâm xe sau khi đã được gia công tạo hình ở các công đoạn trước sẽ được băng chuyển vận chuyển lần lượt đến khu vực khoan tạo lỗ bắt đai ốc - nơi có sự tham gia gia công của Robot Scara đang thiết kế. Một cảm biến quang được đặt trên đầu kẹp của Piston sẽ phát hiện thời điểm mâm di chuyển đến vị trí khoan, ngay lúc này Piston khí nén sẽ tiến hành kẹp để giữ mâm cố định, băng chuyển dừng. Robot từ trạng thái chờ sẽ di chuyển tới 4 vị trí tương ứng với 4 lỗ để khoan, vị trí 4 lỗ khoan này sẽ được xác định thông qua công nghệ tức là kiểu mâm, loại mâm từ đó chuyển hóa sang vị trí hệ tọa độ Oxyz và chương trình điều khiển, độ sâu của lỗ hay độ dài hạ mũi khoan của Robot sẽ theo độ dày của mâm xe (để đảm bảo độ tin cậy, độ dài hạ mũi khoan sẽ dài hơn độ dày của mâm 2cm). Sau khi hoàn thành lỗ khoan cuối cùng, Piston sẽ được nhả ra, băng chuyển tiếp tục hoạt động, Robot trở về vị trí chờ sẵn sàng chu kỳ làm việc tiếp theo.



Hình 3. Dây chuyền khoan mâm bánh xe



Hình 4. Hệ tọa độ robot 4 bậc tự do

Tiếp theo lập bảng động học như bảng 2.

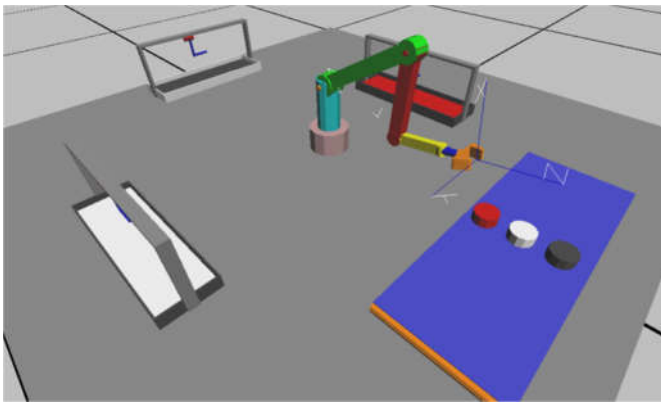
Bảng 2. Thông số động học của robot 4 bậc tự do

Khâu	a	α	d	θ
1	0	90°	d_1	θ_1
2	d_2	0	0	θ_2
3	d_3	90°	0	θ_3
4	0	0	d_4	0

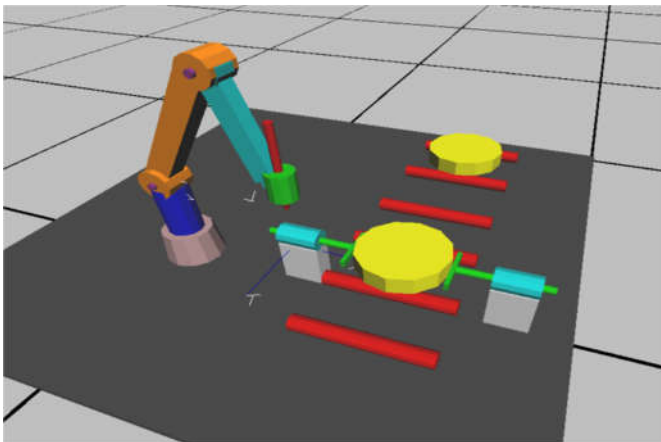
Từ thông số bảng động học thiết lập ma trận biến đổi thuận nhất rồi đưa ra các tham số điều khiển phù hợp với yêu cầu công nghệ.

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Sau khi tính toán xong, sử dụng phần mềm Easy - rob để mô phỏng chạy thử, sau đây là một số hình ảnh kết quả mô phỏng:



Hình 5. Hình ảnh mô phỏng robot 5 bậc tự do trên phần mềm Easy - Rob



Hình 6. Hình ảnh mô phỏng robot 4 bậc tự do trên phần mềm Easy - Rob

6. KẾT LUẬN

Qua quá trình mô phỏng cũng như tính toán, đề tài đã đạt được những kết quả như: Tính toán các tham số điều khiển một cách tương đối chính xác, chi tiết, các sai số theo lý thuyết là rất nhỏ, tính khả thi cao, chọn lựa kiểu Robot, các thiết bị, cơ chế điều khiển tối ưu, linh hoạt đáp ứng yêu cầu công nghệ, thuật toán điều khiển, các dòng mã lệnh lập trình chặt chẽ đảm bảo vận hành ổn định, chính xác và an toàn, lập trình mô phỏng trên phần mềm Easy Rob một cách trực quan, dễ hiểu, thực thi các câu lệnh chính xác theo tính toán, đạt hiệu quả cao

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thiện Phúc, 2002. *Robot Công nghiệp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Đào Văn Hiệp, 2004. *Kỹ thuật robot Công nghiệp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Tạp chí công nghệ thế giới. <https://www.technologymag.net/>
- [4]. Phần mềm mô phỏng Easy Rob. <http://kdientu.duytan.edu.vn/vi-vn/hoc-lieu/phan-mem-easy-rob-20-robot-cong-nghiep/>
- [5]. Phạm Đăng Phước. *Robot Công nghiệp*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [6]. *Bài giảng Robot Công nghiệp*. Đại học Bách khoa TP.HCM.