CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Tính cấp thiết và lí do chọn đề tài

Trong thời đại Công nghiệp 4.0 hiện nay, các dây chuyền tự động hóa đóng vai trò vô cùng quan trọng và cấp thiết trong lĩnh vực sản xuất. Việc áp dụng công nghệ tự động hóa giúp doanh nghiệp nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm và khả năng cạnh tranh trên thị trường toàn cầu. Nó không chỉ giúp tiết kiệm chi phí nhân công, giảm thiểu sai sót do con người, mà còn tạo ra môi trường sản xuất linh hoạt, thông minh và kết nối. Dây chuyền tự động hóa còn hỗ trợ việc thu thập và phân tích dữ liệu một cách hiệu quả, từ đó tối ưu hóa quy trình sản xuất và ra quyết định nhanh chóng, chính xác hơn. Đây là xu hướng tất yếu mà các doanh nghiệp cần nắm bắt để tồn tại và phát triển trong kỷ nguyên số hiện nay.

Cánh tay robot là một thành phần quan trọng trong các dây chuyền tự động hóa hiện đại, được lập trình để thực hiện các thao tác chính xác, lặp đi lặp lại với tốc độ cao và độ chính xác gần như tuyệt đối. Tại Việt Nam, mặc dù ngành công nghiệp robot đang phát triển nhanh chóng với sự đầu tư từ nhiều doanh nghiệp và trường đại học vào việc nghiên cứu, phát triển và sản xuất cánh tay robot nội địa, song vẫn còn nhiều hạn chế đáng kể. Việc lập trình cho cánh tay robot đòi hỏi kỹ năng chuyên môn cao, bao gồm kiến thức về robot học, lập trình và hiểu biết sâu sắc về quy trình sản xuất. Tuy nhiên, năng lực nghiên cứu và phát triển công nghệ robot trong nước còn chưa đáp ứng được nhu cầu thực tế của ngành sản xuất. Phần lớn các cánh tay robot được sử dụng trong các nhà máy Việt Nam là sản phẩm nhập khẩu, với chi phí cao và khó khăn trong việc tùy chỉnh cho phù hợp với nhu cầu cụ thể của doanh nghiệp địa phương. Điều này dẫn đến sự phụ thuộc vào công nghệ nước ngoài và hạn chế khả năng tối ưu hóa quy trình sản xuất theo đặc thù của các doanh nghiệp Việt Nam. Những yếu tố này đang làm chậm quá trình phát triển của ngành công nghiệp robot trong nước, đồng thời gây khó khăn trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp Việt trên thị trường quốc tế.

Nhận thức được tầm quan trọng của việc giảm sự phụ thuộc vào công nghệ nước ngoài và nhu cầu cấp thiết trong việc nâng cao khả năng đáp ứng yêu cầu thực tế của cánh tay robot trong lĩnh vực bốc xếp sản phẩm, nhóm chúng em đã quyết định chọn đề tài "Điều khiển tay máy ứng dụng trong xếp sản phẩm" cho đồ án tốt nghiệp này. Đề tài này không chỉ phù hợp với xu hướng phát triển công nghệ hiện nay mà còn mang tính thực tiễn cao, hướng tới việc tạo ra giải pháp tối ưu cho các doanh nghiệp sản xuất trong nước. Thông qua việc nghiên cứu và phát triển hệ thống điều khiển tay máy chuyên biệt cho việc xếp sản phẩm, chúng em hy vọng sẽ đóng góp một phần nhỏ vào sự phát triển của ngành công nghiệp robot Việt Nam.

1.2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

1.2.1. Ý nghĩa khoa học

Ý nghĩa khoa học của đề tài này thể hiện ở các điểm sau:

Thứ nhất, đề tài này yêu cầu sự tích hợp và ứng dụng các kiến thức cơ bản từ nhiều lĩnh vực như cơ khí, điện tử, lập trình, robot học và xử lý ảnh. Việc kết hợp những kiến thức này tạo ra một hệ thống vận hành hoàn chỉnh, đóng góp vào việc phát triển và ứng dụng của nhiều lĩnh vực khác nhau.

Thứ hai, sự kết hợp đa ngành trong đề tài không chỉ tạo ra một giải pháp tổng thể cho vấn đề được nghiên cứu, mà còn đặt nền tảng cho các nghiên cứu và phát triển tiếp theo trong lĩnh vực robot công nghiệp. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc tạo ra các giải pháp hiệu quả và tiên tiến hơn cho ngành công nghiệp.

****1.2.2. Ý nghĩa thực tiễn****

Về mặt thực tiễn, đề tài sẽ giúp mang lại một số lợi ích:

Thứ nhất, việc xây dựng các chương trình điều khiển cơ bản từ các tầng nền tảng của hệ thống giúp giảm đáng kể sự phụ thuộc vào phần mềm điều khiển nước ngoài. Điều này không chỉ tăng tính chủ động trong phát triển công nghệ mà còn tiết kiệm chi phí đáng kể cho doanh nghiệp trong nước.

Thứ hai, đề tài hướng tới việc cải thiện hiệu suất và đổi mới phương pháp điều khiển cánh tay robot, phù hợp với các xu hướng công nghệ hiện đại. Cách tiếp cận này giúp nâng cao khả năng cạnh tranh của sản phẩm và dịch vụ tự động hóa trong nước.

Cuối cùng, kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp nguồn tài liệu tham khảo quý giá, giúp rút ngắn thời gian nghiên cứu và phát triển các hệ thống tự động hóa sử dụng cánh tay robot công nghiệp. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc ứng dụng rộng rãi công nghệ robot trong nhiều lĩnh vực sản xuất và dịch vụ tại Việt Nam.

1.2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

Xây dựng thuật toán và chương trình xử lí nhằm nhận dạng được hình dạng và kích thước của một số loại hàng hóa cơ bản từ hình ảnh trích xuất của Camera công nghiệp.

Thiết kế và chế tạo thiết bị giúp nhận dạng chuyển động của cánh tay người từ đó tạo ra được các quỹ đạo điều khiển mà người dùng mong muốn.

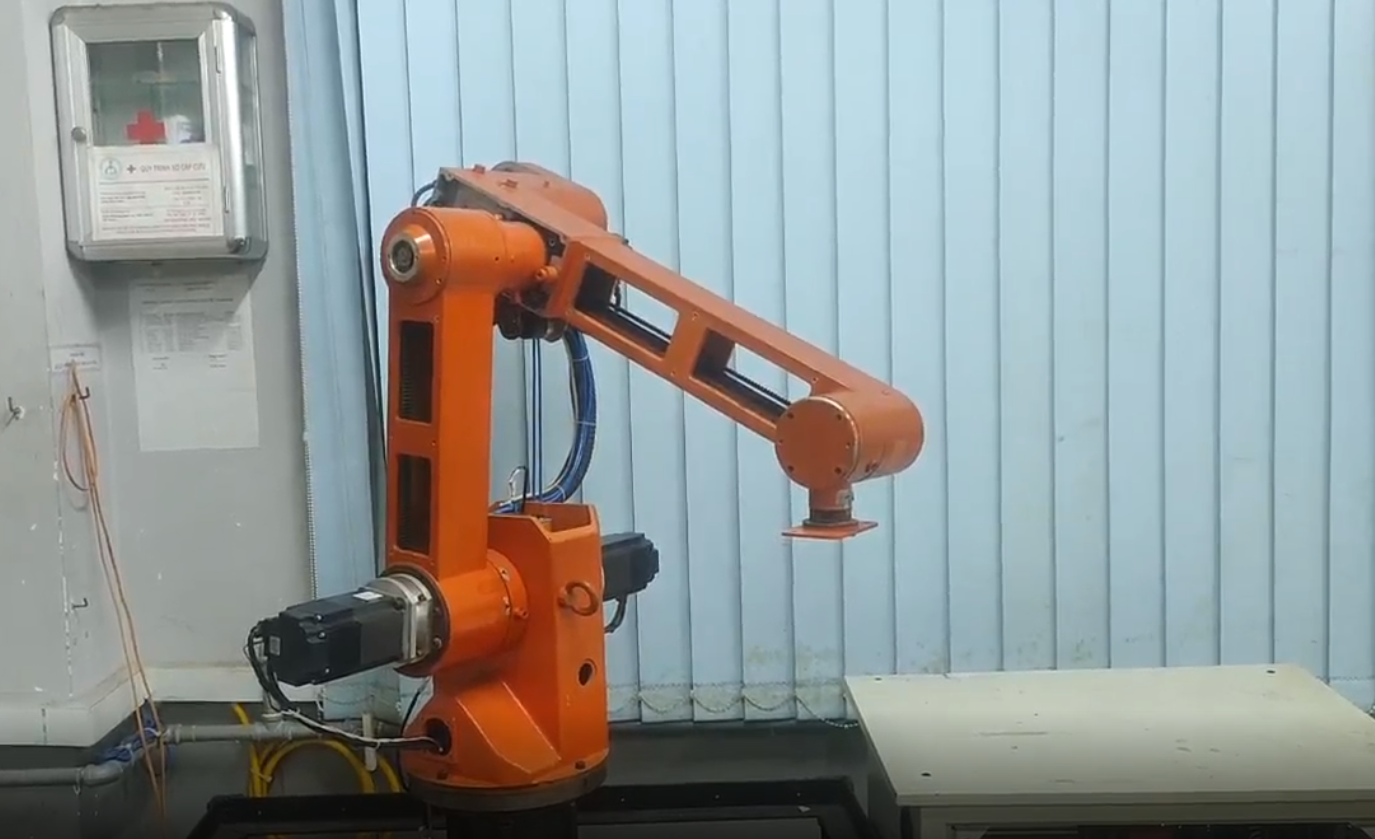
Thiết kế chương trình điều khiển và giao diện nhằm quản lí và điều khiển toàn bộ hệ thống bao gồm robot và hệ thống băng tải nhằm di chuyển hàng hóa đến vị trí phù hợp từ các quỹ đạo đã tạo.

1.3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

1.3.1. Đối tượng nghiên cứu

Từ mục tiêu đặt ra của đề tài, ta có 3 đối tượng nghiên cứu chính:

Thứ nhất là cánh tay robot 5 bậc tự do đã được chế tạo và phát triển từ một số đề tài trước[1].



*Hình 1.1: Cánh tay robot 5 bậc tự do*

Thứ hai là thiết bị theo dõi chuyển động cánh tay người

Thứ ba là thuật toán xử lí ảnh nhận dạng vật thể từ camera

1.3.2. Phạm vi nghiên cứu

Về mặt lí thuyết và mô phỏng:

* Tính toán và mô phỏng động học vị trí cho cánh tay robot
* Tính toán và kiểm chứng động lực học cho cánh tay robot.
* Tính toán các giá trị vị trí và vận tốc từ thiết bị theo dõi chuyển động
* Thuật toán nhận dạng hình dạng, trọng tâm và kích thước vật thể từ ảnh
* Tính toán lực hút từ đầu hút
* Tính toán cơ khí cho thiết bị theo dõi chuyển động

Về mặt ứng dụng:

* Thiết kế và lập trình ứng dụng giám sát điều khiển cho cánh tay robot và hệ thống băng tải.
* Thiết kế, chế tạo và lập trình chương trình điều khiển cho thiết bị theo dõi chuyển động

Các giới hạn về vật thể cần phân loại:

* Hình dạng vật gắp: Hình hộp chữ nhật, hình trụ tròn, hình lăng trụ tam giác, hình lập phương.
* Vật liệu: Hộp bìa giấy
* Kích thước: Không quá kích thước băng tải khoảng 15 x 15 cm
* Khối lượng: Không quá 2 Kg

1.4. Phương pháp nghiên cứu

Trong đề tài có sử dụng kết hợp nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau:

* Phương pháp mô phỏng
* Phương pháp nghiên cứu định lượng
* Phương pháp thu thập số liệu
* Phương pháp thực nghiệm
* Phương pháp phân tích

1.5. Kết cấu của đồ án tốt nghiệp

Báo cáo đồ án tốt nghiệp được chia làm 6 chương, với các nội dung:

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG

CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN ĐỀ TÀI

CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN VÀ THI CÔNG HỆ THỐNG

CHƯƠNG 5: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

CHƯƠNG 6: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

**CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI**

**2.1. Tình hình nghiên cứu chung**

**2.1.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước**

Về robot công nghiệp trong bốc xếp:

Hiện nay trên thế giới đang phát triển mạnh mẽ với nhiều ứng dụng và công nghệ tiên tiến. Các robot cộng tác (cobots) đang trở nên phổ biến hơn trong các nhà máy, nhờ vào tính linh hoạt, dễ lập trình và khả năng làm việc an toàn cùng con người. Công nghệ trí tuệ nhân tạo (AI) và machine learning cũng được tích hợp vào robot, giúp cải thiện khả năng nhận dạng vật thể, giảm chi phí, đồng thời cải thiện độ chính xác và hiệu quả trong việc xử lý hàng hóa. Nhiều công ty lớn như Amazon, DHL, và Alibaba đã áp dụng rộng rãi robot trong các trung tâm phân phối và kho hàng của mình, mang lại những bước tiến vượt bậc trong chuỗi cung ứng toàn cầu.

Ta có thể kể đến một số các hãng robot bốc xếp đang được sử dụng rộng rãi trên thị trường như:

* Cánh tay robot nâng bốc xếp Fuji – Ace:

Hãng Fuji Yusoki Kogyo Co.,Ltd là một trong những đơn vị đầu tiên của Nhật công bố và đưa ra các giải pháp dành cho việc vận chuyển. Đó là máy nâng bốc xếp hàng hóa tự động hóa trong ngành công nghiệp.

Máy Nâng Bao Xếp Hàng Hóa EC – 171 là một trong những sản phẩm được ưu tiên nhất của hãng Fuji Robots Tech. Với khả năng hoạt động linh hoạt trong phạm vi nhỏ hẹp, làm việc trong môi trường rất hạn chế cũng như có khả năng hoàn tất các thao tác nặng.



*Hình 2.1. Robot nâng bốc xếp Fuji Ace Robot EC-201[1]*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1 <https://perryvidex.eu/en/product/fuji-palletizing-robots-for-50-and-100-kg-bags-US60334>

Robot nâng bốc xếp Fuji Ace của tập đoàn Fuji có thể được sử dụng cho nhiều loại sản

Fuji-Ace là robot có khả năng xử lý túi/bao tốt nhất với tốc độ tối đa 1.600 chu kỳ/giờ. Robot nâng bốc xếp Fuji-Ace đã lắp đặt thực tế trong mọi ngành sản xuất sản phẩm túi như: gạo, đường, bột mì, phân bón, thức ăn gia súc, xi măng…

Robot nâng bốc xếp Fuji Nhật Bản cũng có thể xử lý các sản phẩm đa dạng bao gồm thực phẩm, đồ uống, dược phẩm, hóa chất, phân bón, thức ăn chăn nuôi, đồ gia dụng. Nâng bốc xếp hàng hóa ở dạng: thùng, bao tải, chai được bọc màng co, hộp thiếc, v.v., với sự tích hợp của các chức năng lấy hàng bằng tấm trượt, ván ép hoặc pallet để phù hợp với nhiều loại nhu cầu của khách hàng.

Một số loại robot của hãng Fuji có thể kể đến như:

- Máy robot pallet Fuji-Ace 171

- Máy robot pallet Fuji-Ace 102

- Máy robot pallet Fuji-Ace 201

* Robot bốc xếp trong hệ tọa độ Descartes:

Robot bốc xếp vận chuyển tọa độ Descartes, hay robot Cartesian, là loại robot công nghiệp di chuyển theo hệ tọa độ XYZ. Với cấu trúc đơn giản gồm ba trục chuyển động chính, robot Cartesian có khả năng di chuyển theo các đường thẳng, giúp tăng độ chính xác trong việc bốc xếp và vận chuyển vật liệu nặng. Loại robot này được sử dụng rộng rãi trong các dây chuyền sản xuất, nhiệm vụ pick-and-place, đóng gói, và palletizing. Với ưu điểm dễ dàng lập trình, chi phí thấp, và độ linh hoạt cao, robot Cartesian là giải pháp hiệu quả cho nhiều ứng dụng công nghiệp. Tuy nhiên, phạm vi hoạt động của nó có thể bị giới hạn và tốc độ di chuyển thường chậm hơn so với các loại robot khác.



*Hình 2.2. Bosch Rexroth Cartesian Robots[2]*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2 <https://www.boschrexroth.com/en/us/rexrothi40/products/smart-mechatronix/>

* Robot bốc xếp Delta:

Robot delta là một trong những giải pháp tiên tiến nhất trong công nghệ robot hệ song song, được thiết kế để tối ưu hóa tốc độ và độ chính xác trong các quy trình bốc xếp, xếp hàng và pick-and-place trong công nghiệp. Với cấu trúc gồm các cánh tay song song chạy dọc theo các trục, robot delta có khả năng thực hiện các chuyển động nhanh chóng và đồng bộ, mang lại hiệu suất cao và sự linh hoạt trong sản xuất. Các thương hiệu nổi tiếng như ABB, FANUC và KUKA cung cấp các giải pháp robot delta với độ tin cậy và hiệu quả đã được chứng minh trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau như sản xuất điện tử, thực phẩm và y tế. Robot delta không chỉ giúp tối ưu hóa quy trình sản xuất mà còn mang lại lợi ích về tăng năng suất và giảm chi phí lao động, làm nổi bật vai trò quan trọng của nó trong cuộc cách mạng công nghiệp hiện đại.



*Hình 2.3. Fanuc M-1jA/0.5A Delta Robot[3]*

Về ứng dụng xử lí ảnh trong sản xuất hiện đại:

Xử lý ảnh là một lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng của khoa học máy tính và kỹ thuật số, tập trung vào việc phân tích và thao tác hình ảnh kỹ thuật số để trích xuất thông tin hữu ích hoặc cải thiện chất lượng hình ảnh.

Cụ thể, xử lý ảnh liên quan đến một loạt các thao tác và kỹ thuật để biến đổi ảnh nhằm:

* Cải thiện chất lượng ảnh: Loại bỏ nhiễu, tăng cường độ tương phản, làm sắc nét hoặc làm mịn ảnh.
* Trích xuất thông tin: Phân tích các đối tượng trong ảnh, nhận diện hình dạng, phát hiện biên và các đặc trưng quan trọng.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

[3] <https://www.fanucamerica.com/products/robots/series/m-1ia-delta-robots/m-1ia-0.5a>

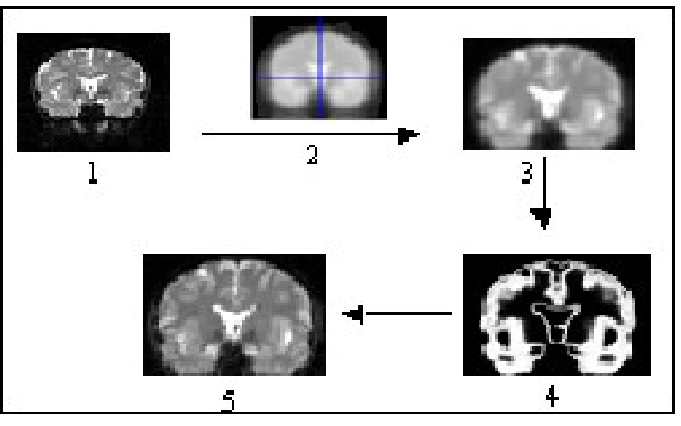
* Nén ảnh: Giảm kích thước tệp ảnh mà không làm mất đi quá nhiều thông tin, thuận tiện cho lưu trữ và truyền tải.

Các bước chính trong xử lý ảnh thường bao gồm:

* Thu thập và tiền xử lý dữ liệu ảnh: Thu thập ảnh từ các nguồn khác nhau (máy ảnh, máy quét, cảm biến) và thực hiện các bước tiền xử lý như chuyển đổi định dạng, điều chỉnh độ sáng, độ tương phản, loại bỏ nhiễu.
* Trích xuất đặc trưng: Xác định và trích xuất các đặc trưng quan trọng từ ảnh như các điểm đặc trưng, cạnh, biên, hình dạng, màu sắc.
* Phân tích và nhận diện: Sử dụng các kỹ thuật học máy và học sâu để phân tích và nhận diện các đối tượng trong ảnh.

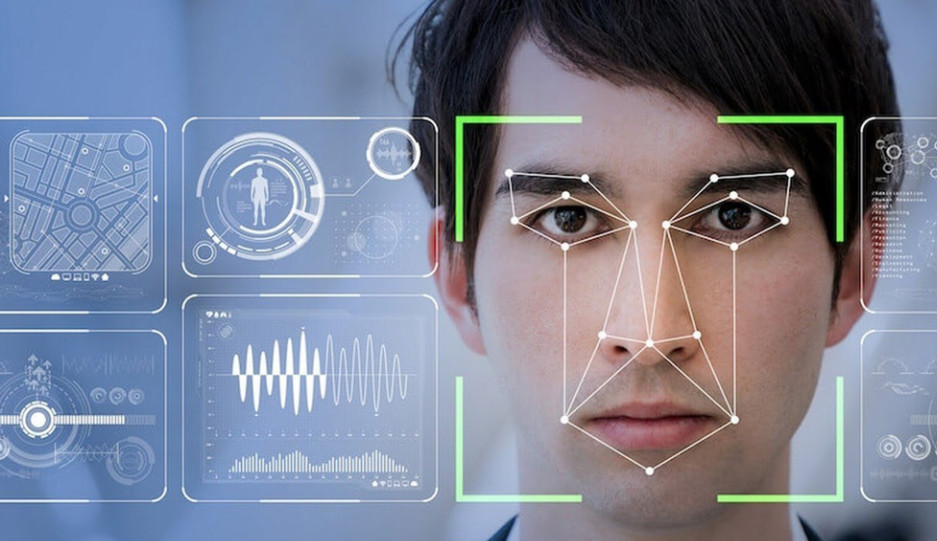
Xử lý ảnh và nhận dạng hình dạng vật thể ngày càng trở nên quan trọng trong nhiều lĩnh vực của cuộc sống hiện đại. Dưới đây là một số nhu cầu thực tế quan trọng:

* Y tế: Trong lĩnh vực y tế, việc xử lý ảnh y khoa giúp các bác sĩ chẩn đoán bệnh một cách chính xác hơn. Ví dụ, công nghệ xử lý ảnh giúp phát hiện sớm các bệnh lý như ung thư, thông qua phân tích hình ảnh từ máy MRI, CT hay X-quang. Một nghiên cứu gần đây cho thấy, sử dụng AI trong phân tích ảnh y khoa có thể cải thiện độ chính xác chẩn đoán lên đến 95% so với 85% khi chỉ có bác sĩ thực hiện.



*Hình 2.4. Quy trình phân đoạn ảnh MR.[[1]](#footnote-1)[4]*

* An ninh: Hệ thống camera giám sát và nhận diện khuôn mặt ngày càng được triển khai rộng rãi để nâng cao an ninh công cộng. Các công nghệ này giúp nhận dạng và theo dõi các đối tượng khả nghi trong đám đông, giảm thiểu tội phạm và quản lý an ninh hiệu quả hơn. Một ví dụ điển hình là việc triển khai hệ thống nhận diện khuôn mặt tại các sân bay lớn trên thế giới, giúp tăng tốc độ xử lý hành khách và đảm bảo an ninh.



*Hình 2.5. Hệ thống nhận diện khuôn mặt.[[2]](#footnote-2)[5]*

* Sản xuất công nghiệp: Trong các nhà máy sản xuất, việc sử dụng hệ thống kiểm tra chất lượng tự động dựa trên xử lý ảnh giúp phát hiện các sản phẩm lỗi một cách nhanh chóng và chính xác. Điều này không chỉ nâng cao chất lượng sản phẩm mà còn giảm thiểu chi phí sản xuất do loại bỏ được các sản phẩm lỗi ngay từ sớm. Các hệ thống này có thể phát hiện các khuyết điểm nhỏ trên dây chuyền sản xuất với độ chính xác lên đến 98%.

A bar code with green and red lines

Description automatically generated

*Hình 2.6. Barcode và QRcode trên sản phẩm. [[3]](#footnote-3)[6]*

* Giao thông thông minh: Xử lý ảnh được ứng dụng trong các hệ thống giao thông thông minh để giám sát và quản lý luồng giao thông. Các hệ thống này có thể phát hiện vi phạm giao thông, theo dõi lưu lượng xe cộ, và điều chỉnh đèn giao thông một cách tự động để giảm tắc nghẽn. Tại các thành phố lớn như Singapore, hệ thống giao thông thông minh đã giúp giảm thời gian chờ đợi của người dân tại các ngã tư lên đến 20%.



*Hình 2.7. Nhận diện biển số xe.[[4]](#footnote-4)[7]*

Trong xử lý ảnh, có nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng để đạt được các mục tiêu cụ thể:

* Làm mịn ảnh: Giảm nhiễu và làm mịn các chi tiết không mong muốn trong ảnh. Ví dụ: sử dụng bộ lọc Gaussian hoặc Median.
* Phát hiện biên: Xác định các cạnh và biên của các vật thể trong ảnh. Các kỹ thuật phổ biến gồm Sobel, Canny, và Laplacian.
* Phân vùng ảnh: Chia ảnh thành các phần hoặc vùng có đặc điểm tương đồng. Kỹ thuật K-means và Watershed là hai ví dụ điển hình.

Nhận dạng hình dạng là một phần quan trọng của xử lý ảnh, nhằm xác định và phân loại các hình dạng của vật thể trong ảnh. Các kỹ thuật phổ biến bao gồm:

* Sử dụng đặc trưng: Trích xuất các đặc trưng quan trọng từ ảnh như các điểm đặc trưng, góc, cạnh, và sử dụng chúng để nhận dạng hình dạng.
* Phân loại dựa trên học máy: Áp dụng các thuật toán học máy như SVM, KNN, hoặc Decision Trees để phân loại hình dạng dựa trên đặc trưng trích xuất.
* Học sâu (Deep Learning): Sử dụng các mạng nơ-ron tích chập (CNN) để tự động trích xuất đặc trưng và nhận dạng hình dạng với độ chính xác cao.

Ứng dụng của xử lí ảnh để phân loại sản phẩm trong sản xuất:

Việc phân loại sản phẩm chính xác và hiệu quả trong công nghiệp là một nhu cầu hết sức thiết yếu. Để đáp ứng nhu cầu khó khăn này, công nghệ thị giác máy đã nổi lên như một công cụ chủ chốt không thể thiếu trong việc kiểm tra và phân loại sản phẩm. Thị giác máy không chỉ giúp tiết kiệm thời gian và chi phí sản xuất mà còn cho ra các thông tin chi tiết về sản phẩm.



*Hình 2.8. Thiết bị xử lí ảnh công nghiệp – CVS[8]*

Máy xử lý ảnh công nghiệp (CVS) là dòng máy được tích hợp sẵn phần mềm chuyên dụng cho việc xử lý ảnh công nghiệp. Máy có thể kết nối với 1 hoặc 2 camera cùng lúc và thực hiện các nhiệm vụ: phát hiện thiếu sản phẩm, phát hiện các lỗi ngoại dạng trên bề mặt sản phẩm hay đọc barcode... Máy hỗ trợ giao tiếp Modbus RTU, TCP, RS-232 và các kênh giao tiếp I/O giúp thu thập tín hiệu cảm biến và xuất tín hiệu phân loại sản phẩm.

Ta cũng có các loại camera CMOS và CCD được tích hợp với các thuật toán xử lý hình ảnh và AI, mang lại khả năng nhận diện đối tượng và phân tích chi tiết về kích thước và hình dạng. Đặc biệt, tích hợp công nghệ IoT và lưu trữ dữ liệu trên đám mây giúp các hệ thống này có thể hoạt động và quản lý từ xa, từ đó tối ưu hóa quản lý sản xuất và giảm thiểu lỗi nhân công.

Một số loại camera công nghiệp được sử dụng trong sản xuất hiện đại như:

* KEYENCE:

Công nghệ chiếu sáng và xử lý hình ảnh được giới chuyên môn công nhận của KEYENCE có thể giải quyết triệt để những thách thức lớn nhất mà một hệ thống Camera công nghiệp trong nhà máy phải đối mặt – ví dụ như khả năng giảm nhiễu do hiện tượng chói sáng bề mặt, tăng độ tương phản của đối tượng cần kiểm tra hay vận hành hiệu quả bất chấp sự thiếu ổn định giữa các sản phẩm trong cùng một lô hàng. Dải cấu hình Camera, ống kính và hệ thống đèn chiếu sáng đa dạng từ Camera 2D dạng vùng, Camera quét dòng hay Camera 3D – đủ khả năng hoàn thành bất kỳ bài toán kiểm tra nào từ khách hàng.



*Hình 2.4. Camera công nghiệp ứng dụng xử lí ảnh Keyence[4]*

* IFM:

Hãng IFM cung cấp những dòng camera O2D được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng công nghiệp để nhận diện và đo lường các đối tượng dựa trên hình ảnh hai chiều (2D). Đây là một công nghệ quan trọng trong các quy trình tự động hóa sản xuất và kiểm tra chất lượng sản phẩm.



*Hình 2.5 Object recognition sensor O2D552  [5]*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

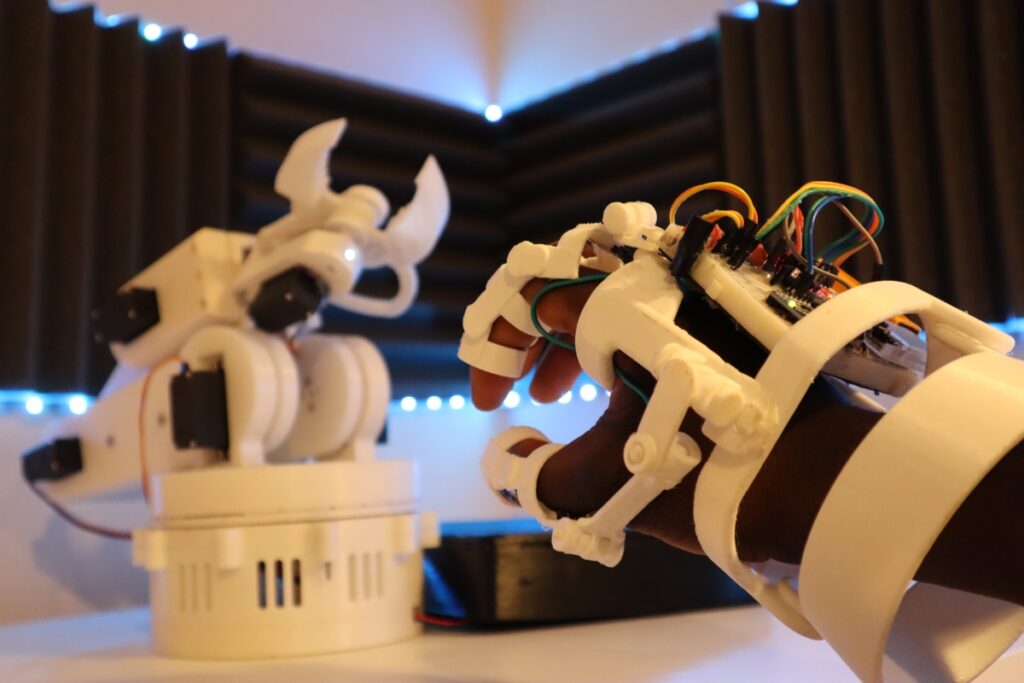
[4] <https://www.keyence.com.vn/products/vision/vision-sys/>

[5] <https://www.ifm.com/de/en/product/O2D552>

Điều khiển robot bằng cử động của người:

Trong ngành công nghiệp hiện đại, việc *điều khiển robot bằng cử động cánh tay* ngày càng trở thành một phương pháp quan trọng để tối ưu hóa quy trình sản xuất và nâng cao hiệu suất làm việc. Các công nghệ hiện đại như các hệ thống cảm biến góc độ và exoskeletons cho phép người sử dụng tương tác tự nhiên với robot, từ đó tăng cường khả năng điều khiển và đồng bộ hóa các hoạt động sản xuất.

Điều khiển robot bằng cử động cánh tay không chỉ có ứng dụng trong lĩnh vực sản xuất mà còn mở ra nhiều tiềm năng trong các ngành công nghiệp khác như dịch vụ, y tế và nghiên cứu khoa học. Sự tiến bộ của công nghệ này hứa hẹn sẽ đem lại sự đột phá trong việc tối ưu hóa quản lý tài nguyên và cải thiện hiệu suất toàn diện của các hệ thống công nghiệp hiện đại.



*Hình 2.6 Robot Arm Powered by Hand Gestures [6]*

**2.1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước**

Hiện tại, Việt Nam đã có những nỗ lực trong phát triển robot, tuy nhiên vẫn chưa có sản phẩm robot thực tế nào được sản xuất hàng loạt và triển khai rộng rãi trên thị trường. Các nghiên cứu và thử nghiệm đang được tiến hành nhằm phát triển các loại robot như robot công nghiệp, robot dịch vụ, và robot ứng dụng trong nông nghiệp và y tế, nhưng phần lớn là ở giai đoạn thử nghiệm và nghiên cứu thực nghiệm.

Nhóm nghiên cứu thuộc Công ty Robotics Việt Nam đã thực hiện công trình "Hoàn thiện công nghệ chế tạo robot phục vụ đào tạo" với robot VNR-T1 . Dự án nằm trong Chương trình quốc gia phát triển công nghệ cao đến năm 2020 của Bộ Khoa học và Công nghệ.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

6 <https://smartbuilds.io/diy-robot-arm-arduino-hand-gestures/>



*Hình 2.7 Robot 5 bậc tự do VNR-T1 [7]*

Khác với các robot đào tạo của các công ty hàng đầu trên toàn cầu, robot VNR-T1 cho phép học viên can thiệp vào cả hệ thống cơ khí (tháo lắp) và hệ thống điều khiển thông qua giao diện người dùng mở. Tuỳ vào mục đích và nhiệm vụ, học viên có thể tương tác với hệ thống bằng cách sử dụng các bàn phím điều khiển để nhập dữ liệu, lập trình điều khiển, đánh giá các thuật toán và giám sát kết quả trên màn hình của các thiết bị thông minh, có thể là điện thoại hoặc màn hình máy tính.

**2.2. Tổng quan thiết bị liên quan tới hệ thống điều khiển**

**2.2.1. Tổng quan về PLC**

PLC (Programmable Logic Controller) là một loại máy tính công nghiệp được thiết kế để kiểm soát và tự động hóa các quá trình công nghiệp. Ban đầu, PLC được phát triển để thay thế hệ thống relay trong các ngành công nghiệp sản xuất. PLC đầu tiên được giới thiệu vào cuối những năm 1960 bởi công ty Modicon (hiện là một phần của Schneider Electric).

PLC được sử dụng để điều khiển máy móc và các quy trình công nghiệp tự động. Chức năng chính của PLC bao gồm:

* Điều khiển tuần tự và logic
* Điều khiển PID (Proportional-Integral-Derivative)
* Giám sát và báo động
* Thu thập dữ liệu và giao tiếp

Cấu trúc của PLC bao gồm:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

7 <https://vnexpress.net/robot-5-bac-tu-do-cua-viet-nam-phuc-vu-dao-tao-3775855.html>

* Bộ xử lý (CPU: Central Processing Unit): Bộ vi xử lý thực hiện các chương trình điều khiển và lưu trữ chương trình và dữ liệu.
* Module I/O (Input/Output Modules): Xử lí các tín hiệu đầu vào như tín hiệu bật tắt (Digital) hay tín hiệu (Analog) liên tục như điện áp và dòng điện.

Ngôn ngữ lập trình PLC hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình, bao gồm:

* Ladder Logic (LD): Ngôn ngữ phổ biến nhất, dựa trên các mạch điện relay.
* Function Block Diagram (FBD): Sử dụng các khối chức năng để biểu diễn chương trình.
* Sequential Function Chart (SFC): Dùng để lập trình các quá trình điều khiển tuần tự.

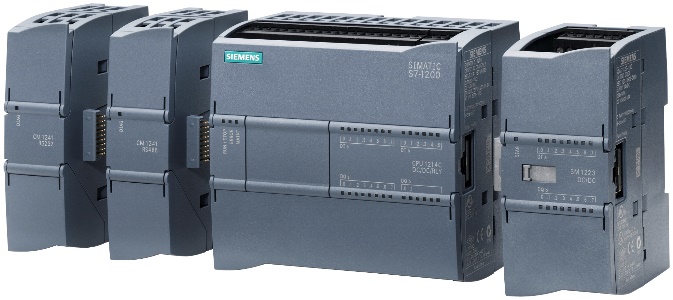
PLC hiện nay vẫn đang đóng vai trò then chốt trong tự động hóa công nghiệp, giúp tăng hiệu quả sản xuất, giảm thiểu lỗi và tối ưu hóa quy trình làm việc. Với sự phát triển của công nghệ, PLC ngày càng trở nên mạnh mẽ và linh hoạt, mở ra nhiều cơ hội mới cho ngành công nghiệp hiện đại.

Một số hãng sản xuất PLC lớn trên thế giới có thể kể đến như: Siemens, Allen-Bradley, Mitsubishi Electric, Omron…

Ta sẽ thường bắt gặp các loại PLC phổ biến như:

* PLC Siemens:

PLC Siemens là một trong những lựa chọn phổ biến nhất trên thị trường tự động hóa công nghiệp do sự tin cậy cao, khả năng mở rộng linh hoạt và hiệu suất vượt trội. Nền tảng lập trình TIA Portal của Siemens cung cấp một công cụ phát triển toàn diện, giúp đơn giản hóa quá trình lập trình và quản lý hệ thống. Những yếu tố này làm cho PLC Siemens trở thành lựa chọn hàng đầu cho nhiều ứng dụng công nghiệp hiện đại.



*Hình 2.8. Module PLC Siemens S7-1200[8]*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

[8]https://www.vrogue.co/post/siemens-simatic-s7-1200-part-3-adding-an-hmi-to-a-controller-project-youtube

* PLC Mitsubishi:

PLC Mitsubishi là một lựa chọn phổ biến trong lĩnh vực tự động hóa công nghiệp nhờ vào thiết kế linh hoạt, chi phí hợp lý và khả năng ứng dụng đa dạng. Phần mềm lập trình GX Works của Mitsubishi cung cấp giao diện người dùng thân thiện và nhiều công cụ phát triển mạnh mẽ, giúp dễ dàng triển khai và quản lý các ứng dụng. Những đặc điểm này làm cho PLC Mitsubishi trở thành lựa chọn ưa thích cho nhiều ngành công nghiệp, từ sản xuất, lắp ráp đến quản lý năng lượng và điều khiển tòa nhà thông minh.



*Hình 2.9. Module PLC Mitsubishi Q00UCPU[9]*

**2.2.2. Tổng quan về động cơ điện**

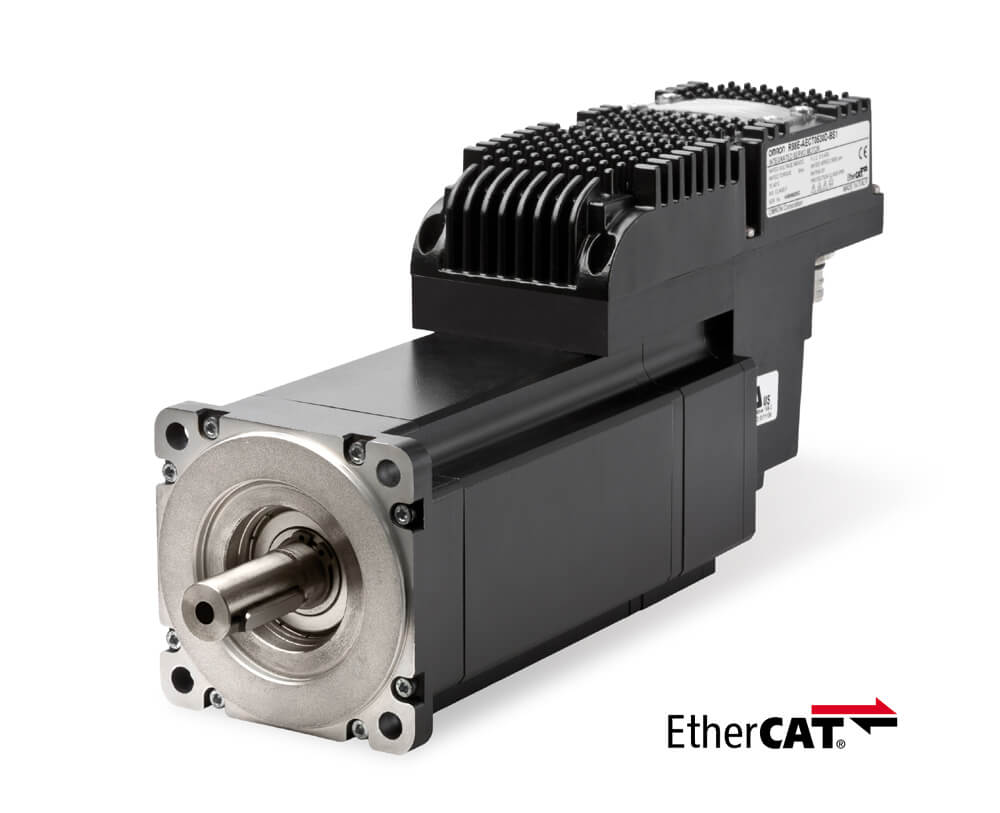
Động cơ bước (Stepper motor) và động cơ servo (Servo motor) là hai loại động cơ được sử dụng phổ biến trong các ứng dụng yêu cầu chính xác và điều khiển chuyển động.

Động cơ bước (Stepper motor): Động cơ bước hoạt động bằng cách xoay từng bước một, với mỗi bước tương ứng với một góc xoay nhất định. Các bước này được điều khiển bởi các xung điện từ bên ngoài.



*Hình 2,10. Nema34 stepper motor[10]*

Động cơ servo (Servo motor): Động cơ servo hoạt động dựa trên phản hồi về vị trí thông qua một hệ thống encoder hoặc resolver để điều chỉnh và điều khiển chính xác vị trí quay của rotor.



*Hình 2,11. Servo motor[11]*

**2.2.3. Tổng quan về camera công nghiệp O2D222**

O2D222 là một cảm biến hình ảnh do công ty IFM Sensors sản xuất, được sử dụng để nhận diện và xác định vị trí các vật thể trong môi trường công nghiệp. Camera này có thể hoạt động trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau, bao gồm cả môi trường bụi bẩn, ẩm ướt và có ánh sáng yếu.

Các tính năng của một cảm biến hình ảnh:

* Khả năng nhận diện và xác định vị trí chính xác: Camera này có thể nhận diện và xác định vị trí các vật thể với độ chính xác cao, ngay cả trong môi trường có nhiều nhiễu.
* Dễ sử dụng: Camera O2D222 được thiết kế để dễ dàng cài đặt và sử dụng
* Khả năng thích ứng cao: Camera này có thể hoạt động trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau.
* Giá cả hợp lý: Camera O2D222 có giá cả cạnh tranh so với các camera công nghiệp khác trên thị trường.



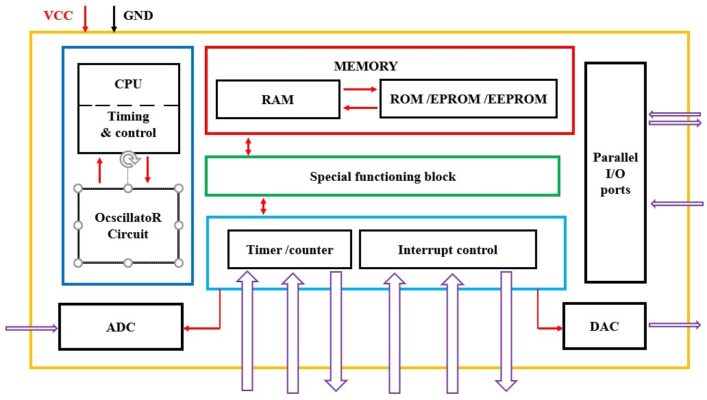
*Hình 2,12. Servo motor[12]*

Các ứng dụng của camera O2D222 được sử dụng trong nhiều ứng dụng công nghiệp khác nhau, bao gồm:

* Lắp ráp: Camera này có thể được sử dụng để kiểm tra vị trí và định hướng của các bộ phận trong quá trình lắp ráp.
* Kiểm soát chất lượng: Camera O2D222 có thể được sử dụng để kiểm tra các sản phẩm để đảm bảo chúng đáp ứng các tiêu chuẩn chất lượng
* Phân loại: Camera này có thể được sử dụng để phân loại các vật thể theo kích thước, hình dạng hoặc màu sắc
* Robot: Camera O2D222 có thể được sử dụng để dẫn đường cho robot trong môi trường công nghiệp

**2.2.4. Tổng quan về vi điều khiển**

Vi điều khiển là một máy tính được tích hợp trên một chip, nó thường được sử dụng để điều khiển các thiết bị điện tử. Vi điều khiển, thực chất, là một hệ thống bao gồm một vi xử lý có hiệu suất đủ dùng và giá thành thấp (khác với các bộ vi xử lý đa năng dùng trong máy tính) kết hợp với các khối ngoại vi như bộ nhớ, các module vào/ra, các module biến đổi số sang tương tự và tương tự sang số,…



*Hình 2,13. Cấu tạo cơ bản của vi điều khiển[13]*

Cấu tạo của vi điều khiển bao gồm:

* CPU (bộ xử lý trung tâm): Là "bộ não" của vi điều khiển, thực hiện các phép toán và xử lý dữ liệu.
* Bộ nhớ: Bao gồm bộ nhớ chương trình (ROM, Flash) để lưu trữ chương trình vi điều khiển và bộ nhớ dữ liệu (RAM) để lưu trữ dữ liệu tạm thời
* Cổng vào/ra: Cho phép vi điều khiển giao tiếp với các thiết bị ngoại vi khác
* Mạch ngoại vi: Bao gồm các bộ đếm thời gian, bộ hẹn giờ, bộ chuyển đổi A/D và D/A…

Ứng dụng của vi điều khiển:

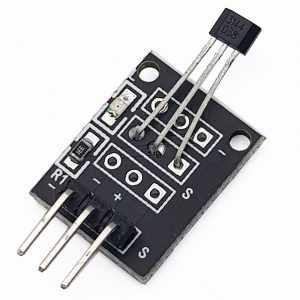
* Máy tính: Vi điều khiển được sử dụng trong bo mạch chủ của máy tính để điều khiển các thiết bị ngoại vi như bàn phím, chuột, ổ cứng, v.v.
* Điện thoại di động: Vi điều khiển được sử dụng trong điện thoại di động để điều khiển màn hình cảm ứng, bàn phím, loa, micrô, v.v.
* Ô tô: Vi điều khiển được sử dụng trong ô tô để điều khiển động cơ, hệ thống phanh, hệ thống lái, hệ thống điều hòa không khí, v.v.
* Máy giặt: Vi điều khiển được sử dụng trong máy giặt để điều khiển chương trình giặt, mực nước, tốc độ quay, v.v.
* Lò vi sóng: Vi điều khiển được sử dụng trong lò vi sóng để điều khiển thời gian nấu, mức công suất, v.v.

**2.2.5. Tổng quan về cảm biến từ trường**

Cảm biến từ trường là thiết bị điện tử có khả năng phát hiện và đo lường cường độ của từ trường. Cảm biến này hoạt động dựa trên nguyên tắc cảm ứng điện từ hoặc hiệu ứng Hall.

Có hai loại cảm biến từ trường chính:

* Cảm biến từ trường dựa trên nguyên tắc cảm ứng điện từ: Loại cảm biến này sử dụng cuộn dây để tạo ra dòng điện khi có từ trường thay đổi đi qua. Dòng điện này được đo lường để xác định cường độ của từ trường.
* Cảm biến từ trường dựa trên hiệu ứng Hall: Loại cảm biến này sử dụng vật liệu bán dẫn để tạo ra điện áp khi có từ trường tác động lên nó. Điện áp này được đo lường để xác định cường độ của từ trường.



*Hình 2,14. Cảm biến từ trường[14]*

Chức năng của cảm biến từ trường:

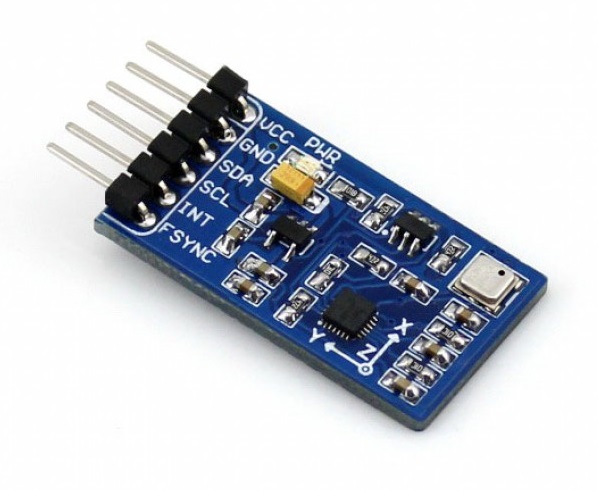
* Xác định vị trí: Cảm biến từ trường được sử dụng trong la bàn điện tử, GPS và các hệ thống định vị khác để xác định vị trí và hướng.
* Đo lường tốc độ: Cảm biến từ trường được sử dụng trong các thiết bị đo tốc độ để đo lường tốc độ của các vật thể di chuyển.
* Nghiên cứu khoa học: Cảm biến từ trường được sử dụng trong nghiên cứu khoa học để nghiên cứu các hiện tượng vật lý liên quan đến từ trường.

**2.2.6. Tổng quan về cảm biến gia tốc**

Cảm biến gia tốc là thiết bị điện tử có khả năng đo lường gia tốc của một vật thể. Gia tốc là tốc độ thay đổi của vận tốc theo thời gian. Cảm biến gia tốc hoạt động dựa trên nguyên tắc cơ học hoặc điện tử để đo lường gia tốc của vật thể.

Có hai loại cảm biến gia tốc chính:

* Cảm biến gia tốc cơ học: Loại cảm biến này sử dụng khối lượng để đo lường gia tốc. Khi vật thể di chuyển, khối lượng sẽ chịu lực quán tính và di chuyển theo hướng ngược lại với hướng di chuyển của vật thể. Lực quán tính này được đo lường để xác định gia tốc của vật thể.
* Cảm biến gia tốc điện tử: Loại cảm biến này sử dụng các thiết bị điện tử như MEMS (Microelectromechanical Systems) hoặc piezoelectrics để đo lường gia tốc. Các thiết bị điện tử này sẽ thay đổi điện trở, điện dung hoặc điện áp khi có gia tốc tác động lên chúng. Sự thay đổi này được đo lường để xác định gia tốc của vật thể.



*Hình 2,15. Cảm biến gia tốc[15]*

Chức năng của cảm biến gia tốc:

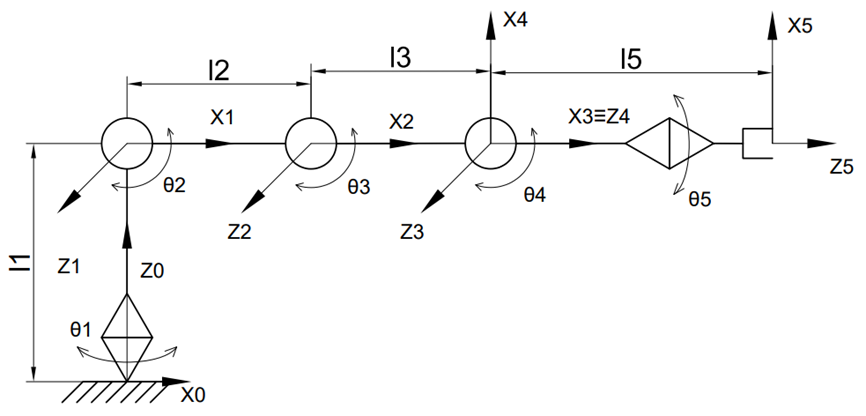
* Đo lường chuyển động: Cảm biến gia tốc được sử dụng trong điện thoại thông minh, máy tính bảng, xe hơi và các thiết bị di động khác để đo lường chuyển động của thiết bị. Dữ liệu gia tốc được sử dụng để điều khiển các chức năng như xoay màn hình, đếm bước chân, và phát hiện chuyển động.
* Hệ thống định vị quán tính: Cảm biến gia tốc được sử dụng trong hệ thống định vị quán tính (INS) để xác định vị trí, hướng và tốc độ của một vật thể. INS được sử dụng trong nhiều ứng dụng như hàng không, hàng hải và xe tự lái.
* Kiểm soát rung động: Cảm biến gia tốc được sử dụng trong các hệ thống kiểm soát rung động để đo lường và giảm thiểu rung động. Hệ thống kiểm soát rung động được sử dụng trong nhiều ứng dụng như máy móc công nghiệp, thiết bị y tế và xe cơ giới.
* Giải trí: Cảm biến gia tốc được sử dụng trong các thiết bị chơi game để điều khiển trò chơi bằng chuyển động của cơ thể.
* Nghiên cứu khoa học: Cảm biến gia tốc được sử dụng trong nghiên cứu khoa học để nghiên cứu các hiện tượng vật lý liên quan đến gia tốc.

**CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

**3.1. Cơ sở lý thuyết về điều khiển robot**

**3.1.1. Tính toán động học thuận robot**

Sơ đồ động học Robot:

****

*Hình 3.1. Sơ đồ động Robot*

Biểu diễn Denavit – Hartenberg:

Mô hình hóa Denavit-Hartenberg (Viết tắt là phương pháp D - H) là cách biểu diễn đơn giản mô hình các khâu và khớp của robot và có thể sử dụng cho bất cứ cấu hình robot nào, kể cả bài toán phức tạp hay đơn giản.

Áp dụng phương pháp D – H, ta gắn một hệ trục tham chiếu tới mỗi khớp và sau đó xác định sự chuyển vị từ khớp này đến khớp kế tiếp, với mỗi khớp chúng ta sẽ gắn trục z và trục x lên chúng (hình 3.1).

Áp dụng phương pháp D - H cho khớp 1, tương tự với các khớp còn lại. Ta có:

Đánh số trục z của khớp 1 là 0. Như vậy, trục z biểu diễn khớp 1 là z0. Trục x sẽ song song với đường vuông góc chung giữa các trục khớp của khâu, tương tự với các khớp còn lại.

Với:

l: biểu diễn khoảng cách dường vuông góc chung giữa trục z0­ và trục z1.

θ1: góc quay từ trục x0 tới x1 xung quanh trục z­0.

α1: góc quay của trục z0 tới z1 xung quanh trục x1.

d1: khoảng cách từ gốc tọa độ thứ 0 tới giao điểm của của trục z0 và x1 dọc theo trục z0.

🡪 Từ đó, ta có thể lập ra bảng D – H với 5 khớp một cách tương ứng dựa theo hình 3.1:

Bảng D-H:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Khâu** | **θ** | **l** | **α** | **d** | **Biến** |
| **1** |  | **0** |  | **l1** |  |
| **2** |  |  | **0** | **0** |  |
| **3** |  |  | **0** | **0** |  |
| **4** |  | **0** |  | **0** |  |
| **5** |  | **0** | **0** | **l5** |  |

Bảng Denavit–Hartenberg của robot:

Ở hệ trục thứ i sẽ mô tả ma trận vị trí và hướng so với hệ trục thứ i-1 như sau:

Ma trận chuyển trục Ai:

**** (1)

Với: ****

Từ đó, ta có ma trận chuyển trục của 5 khớp từ A1 đến A5 như sau:

** **

** **

****

Với kết quả trên, ta có ma trận chuyển vị tổng giữa nền Robot và cánh tay là:

****

**=**

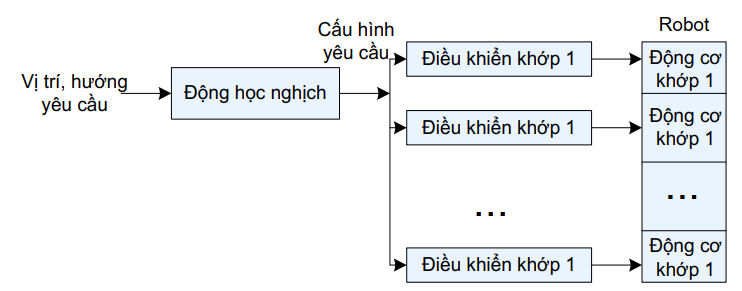
**** (2)

Theo động học thuận, tọa độ điểm P là:

 (3)

**3.1.2. Tính toán động học nghịch robot**

Bài toán động học thuận gồm việc giải quyết vị trí và hướng của tay gắp hay cơ cấu chấp hành cuối khi biết tất cả các biến khớp. Bài toán động học nghịch yêu cầu tìm tập hay nhiều tập nghiệm của các khớp khi biết vị trí và hướng tay gắp.



*Hình 3.2. Điều khiển vị trí của cánh tay robot*

Với các giá trị đầu vào là Px, Py, P­z, φ, γ, Ta có:





 (4)



Ta đặt:



 (5)



(6)



Trên thực tế, robot công nghiệp được sử dụng trong bốc xếp hàng trên băng tải thì đầu tay gắp sẽ luôn hướng vuông góc với mặt đất, nên để tiện trong việc tính toán và giới hạn lại số lượng ẩn số trong phương trình, ta sẽ đặt:



**3.1.3. Mô phỏng không gian hoạt động cho robot**

Điều kiện không gian làm việc:

Robot được đặt trong góc tường, nên ta sẽ có các góc giới hạn cho từng khâu để đảm bảo an toàn trong quá trình hoạt động:

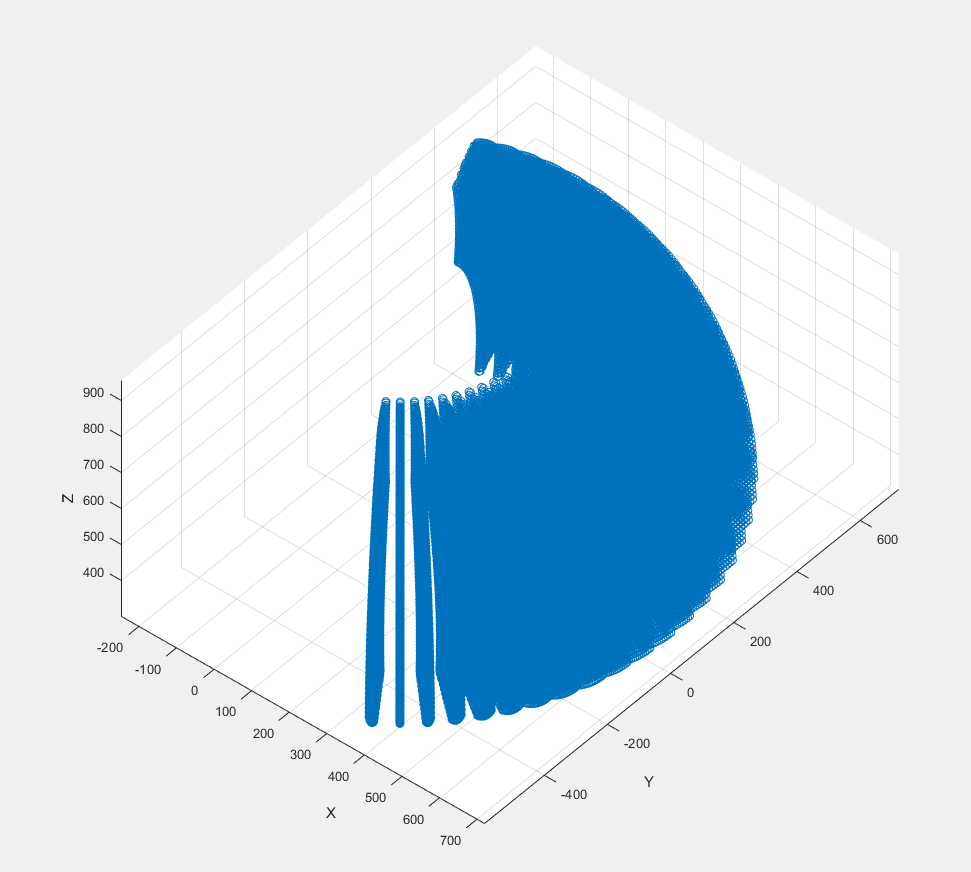
* Khâu 1: 
* Khâu 2: 
* Khâu 3: 
* Khâu 4: 
* Khâu 5: 

Cũng vì yếu tố an toàn, ta cũng sẽ giới hạn cho tọa độ z sẽ luôn lớn hơn hoặc bằng 300 và nhỏ hơn hoặc bằng 1000mm.

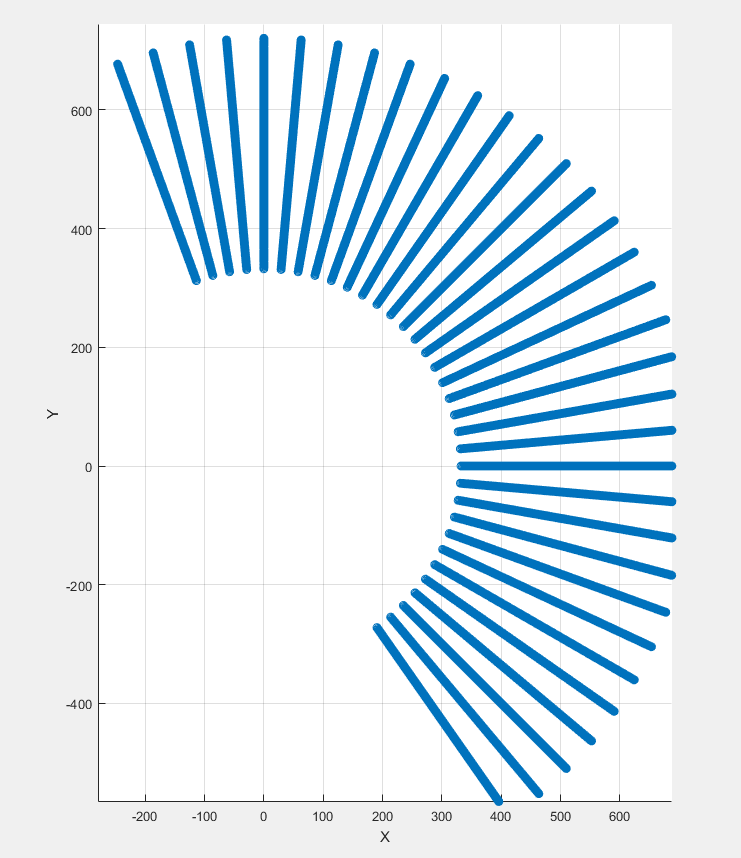
Ta sẽ giới hạn khâu cuối với cơ cấu chấp hành cuối luôn vuông góc với mặt đất:



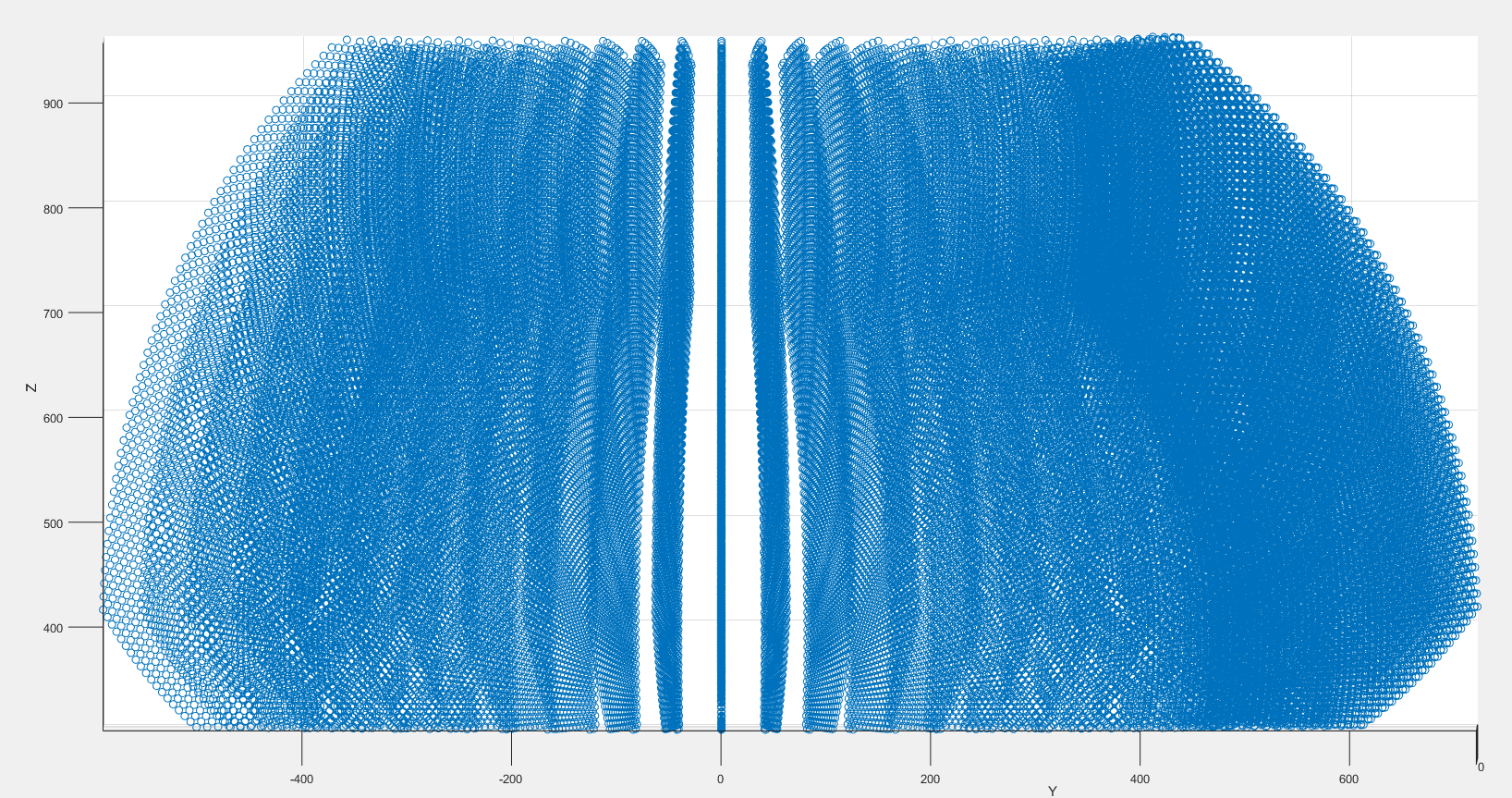
Từ đó, ta có tầm hoặc động của robot như sau:



*Hình 3.3. Không gian hoạt động của robot*

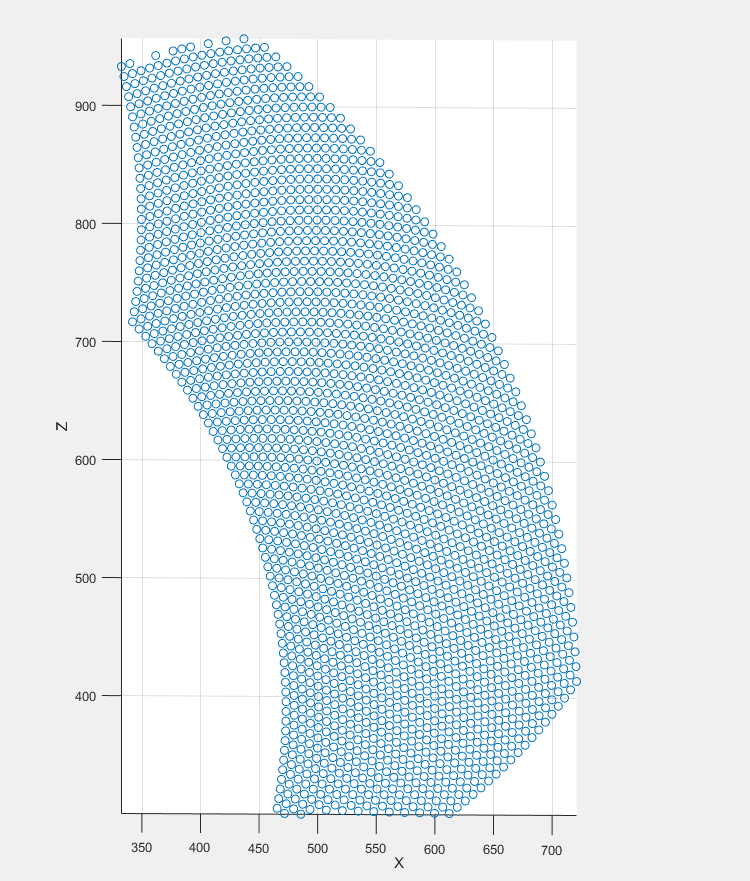
**

*Hình 3.4. Hình chiếu tọa độ lên mặt phẳng Oxy với bước nhảy là 5o cho 𝜃1*



*Hình 3.5. Tầm hoạt động của robot tỏng mặt phẳng Oyz với bước nhảy là 5o cho 𝜃1*

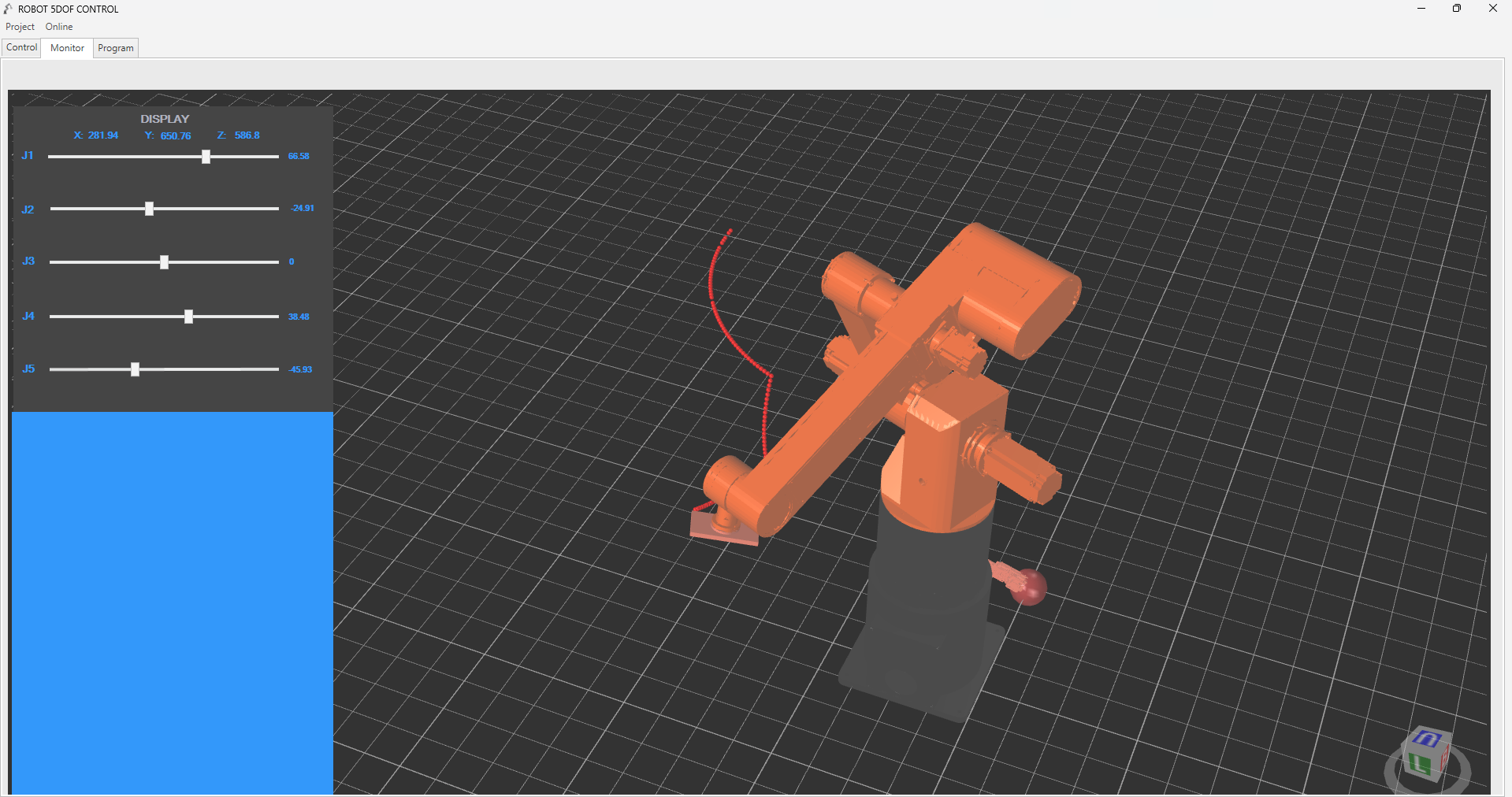
Robot được đặt trong góc tường,

****

*Hình 3.6. Tầm hoạt động của robot trong mặt phẳng Oxz khi 𝜃1 = 0*

**3.1.4. Mô phỏng robot bằng WPF kiểm nghiệm kết quả động học**

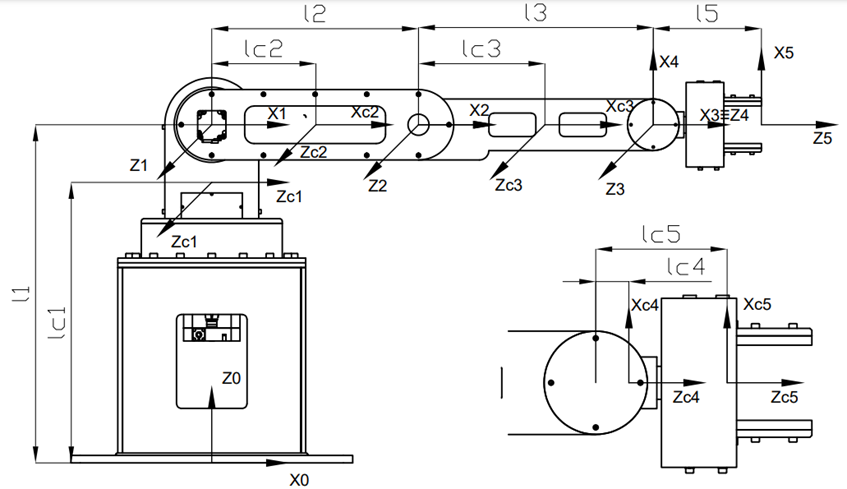
Để khảo sát vùng không gian hoạt động của robot, ta có thể sử dụng mô hình 3D để diễn tả được khách quan cho các cơ sở lí thuyết. Với mô hình được thiết kết dựa trên phần mềm Solidworks và dưới sự hỗ trợ của WPF, ta có thể kết hợp lại và biễu diễn robot trên mô hình 3D:



*Hình 3.7. Robot mô phỏng bằng phần mềm WPF*

Với sự hỗ trợ của giao diện WPF, ta có thể kiểm nghiệm từ những tính toán cho động học thuận và động học nghịch từ đó làm cơ sở, nền tảng cho những ứng dụng về sau. Hơn thế nữa, bằng việc áp dụng giao diện WPF, ta có thể tiến hành giám sát robot trực tiếp thông qua phần mềm, tạo sự thuận lợi và tương tác với robot một các hiệu quả hơn.

**3.1.4. Tính toán động lực học cho cánh tay robot**

****

*Hình 3.8. Sơ đồ tính động lực học cho cánh tay robot*

Phương trình động lực học tổng quát:

 (7)

Hay

 (8)

Với:

 (9)

 (10)

 (11)

: Ma trận quán tính

: Vector hướng tâm

: Vector trọng lực

Tính ma trận quán tính :

Ta có:

 (12)

Ma trận chỉ hướng Ri là ma trận lấy các phần tử của 3 hàng và 3 cột đầu của ma trận chuyển vị Ti (đã tính ở phần động học thuận)

 (13)



Ma trận moment quán tính Ii (là ma trận đặt trưng cho moment quán tính của các khâu):

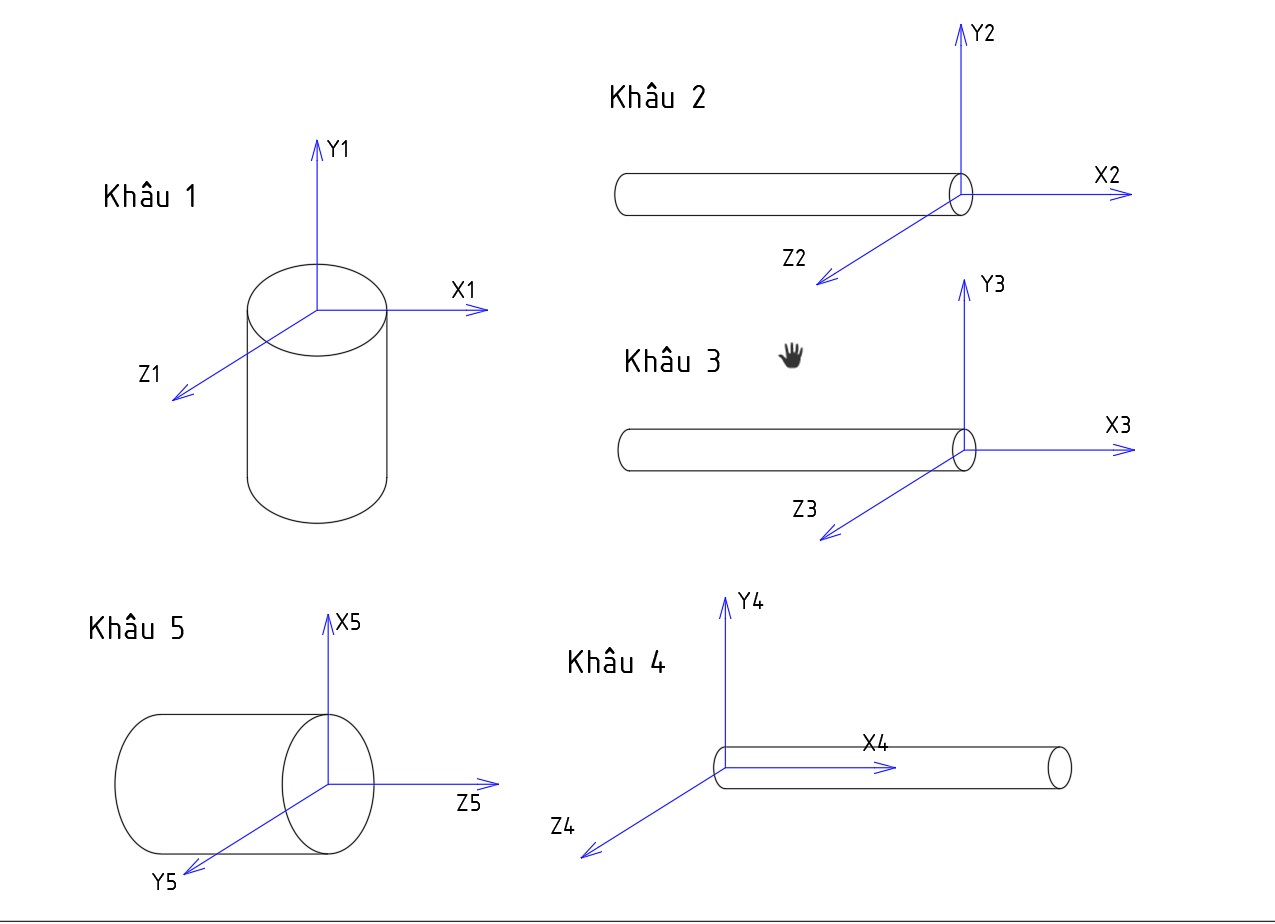
 (14)

Để đơn giản hóa việc tính toán, giả sử các khâu đều đối xứng qua các trục xx, yy, zz, ta có:

;; (15)

Xét hình dáng của các khâu 2, 3, 4 là thanh thẳng có tiết diện ngang không đáng kể, hình dáng của khâu 1, 5 là hình trụ tròn.

Ta có hình dáng tổng quát cùng vị trí đặt trục tọa độ như sau:



*Hình 3.9. Hình dáng tổng quát để tính Moment quán tính của các khớp*

Ta có:



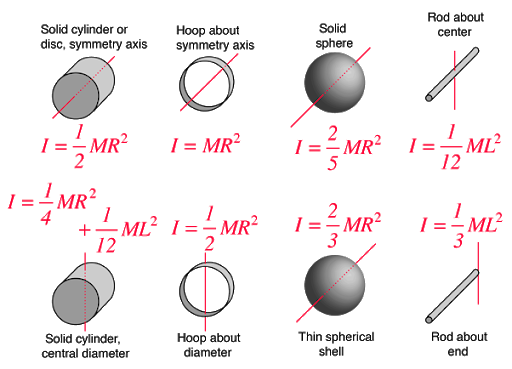




Tổng hợp lại, ta có:



Sử dụng công thức tính moment quán tính cho các khối cơ bản ta xác định được giá trị của các phần tử trong ma trận I.



*Hình 3.10. Các công thức tính moment quán tính cho các khối cơ bản*

Ma trận biểu diễn vi trí trọng tâm khâuso với hệ tọa độ gốc O0 (Các giá trị được tính bằng phương pháp hình học)



Ma trận Jacobi vận tốc góccủa khâu thứ i:



Với:

: là vận tốc góc của khâu thứ i

: là ma trận chỉ hướng của khâu thứ i

Ta có:



Ma trận Jacobi vận tốc dài Jvi:



Từ đó, ta có kết quả như sau:



Với giá trị i chạy từ 1 đến 5, thay các giá trị vừa tính được vào biểu thức ban đầu, ta tìm được ma trận quán tính D(q).

 (16)

Tính vector hướng tâm  (17)

 với k đi từ 1 đến 5, i và j thể hiện vị trí phần tử của ma trận quán tính

Tính vector trọng lực với 

P là thế năng tổng cộng của cánh tay và được tính bằng công thức: 



Và là cột thứ k trong ma trận Jvi

Tiến hành tính toán số liệu cụ thể, ta có

Do các khâu của robot có cấu trúc đa dạng, trên thực tế. Ta không thể đo được khối lượng của robot bằng cách thuần túy nhất là cân và đo khối lượng. Ta có thể có thể áp dụng công thức tính khối lượng riêng để ra được khối lượng thực tế cho từng khâu:



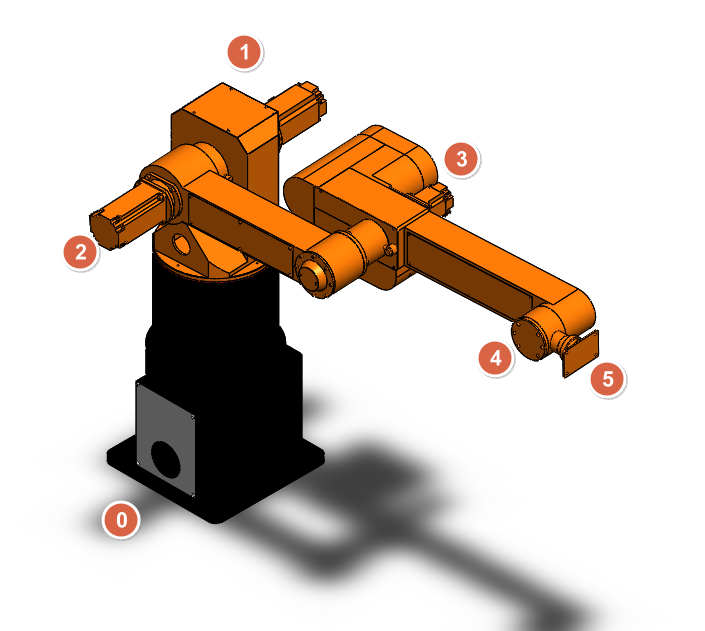
Với:

D: Khối lượng riêng của vật liệu (kg/m3)

m: Khối lượng của vật liệu (kg)

V: Thể tích của vật liệu (m3)

Dưới sự hỗ trợ mạnh mẽ của Solidworks, ta có thể dễ dàng tính được thể tích của từng khâu. Xem xét các khâu được cấu tạo chủ yếu từ gang xám, và các thành phần khác như dây điện, dây khí nén… có khối lượng không đáng kể nên có thể bỏ qua. Từ đó ta có được khối lượng riêng của gang xám: 🡪 Ta chọn 



*Hình 3.11. Mô phỏng các khâu của cánh tay robot bằng phần mềm Solidworks*

Tại từng khâu, ta có thể dễ dàng tính được thể tích của các khâu trong robot, từ đó áp dụng công thức, ta có khối lượng cho từng khâu như sau:

Khâu 0: 

Khâu 1: 

Khâu 2: 

Khâu 3: 

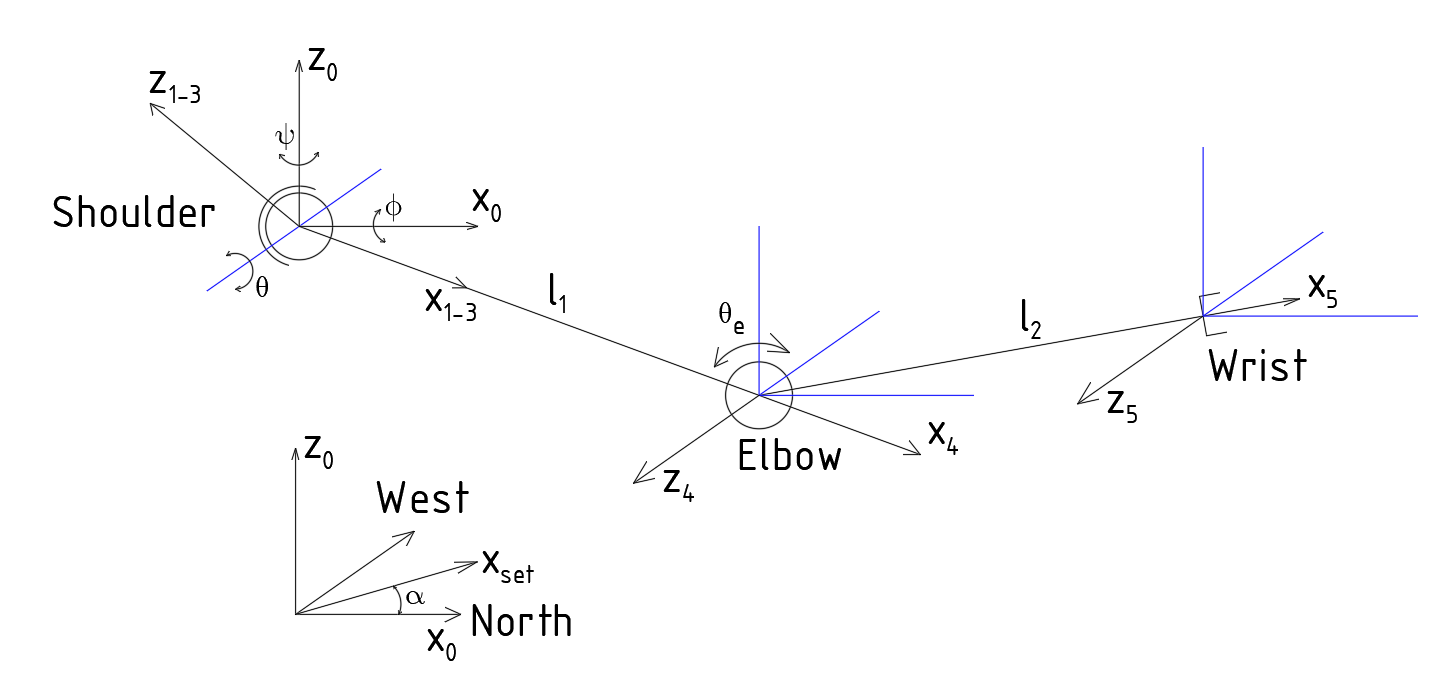
Khâu 4: 

Khâu 5: 

**3.2. Cơ sở lý thuyết cho thiết bị theo dõi chuyển động**

**3.2.1. Tính toán vị trí điểm cuối cho thiết bị theo dõi chuyển động**

Ta có sơ đồ động thể hiện các khớp của cánh tay người như sau:



*Hình 3.11. Sơ đồ động thể hiện các khớp của cánh tay người*

Chọn góc tọa độ ban đầu tại vị trí vai. Vì cảm biến từ trường dựa vào hướng từ của Trái Đất nên mặc định khi tính toán, trục  sẽ trùng với hướng của cực Bắc Trái Đất. Tuy nhiên, trong quá trình điều khiển, không phải lúc nào hướng mặc định ban đầu ta mong muốn cũng trùng với hướng Bắc. Gọilà góc lệch giữa trục  ban đầu và trục  là hướng trục mà ta muốn set vị trí ban đầu. Để hướng trụcchính là hướng ban đầu, ta cần dịch trụcvề phía hay chính là nhân tọa độ hiện tại với một ma trận xoay quanh trục z một góc:



Ta có kết quả trả ra sau khi áp dụng thuật toán lọc nhiễu Mahony là một ma trận Quaternion đã được chuẩn hóa:



Ta tiến hành convert về ma trận xoay sử dụng công thức …, vì ma trận Quaternion đã được chuẩn hóa nên ta sẽ rút gọn đi phần hệ số 



Tiếp theo, ta tiến hành xác định các ma trận chuyển vị để xác định vị trí cuối.

Đầu tiên là ma trận tịnh tiến theo phương x một đoạn l1:



Tiếp theo là ma trận xoay quanh trục z một góc 



Cuối cùng là ma trận tịnh tiến theo phương x một đoạn l2:



Ta có ma trận tọa độ điểm cuối được tính như sau:

****

Với , 

Ta có:

+ 

+ 



Với là , là, là và là 

**3.3. Cơ sở lý thuyết về xử lí ảnh**

Từ yêu cầu muốn xác định được hình dạng, kích thước, trọng tâm và góc nghiêng của vật, cần có các phương pháp xử lí bao gồm: phương pháp trích xuất các đặc trưng của vật và phương pháp tách biên vật thể.

**3.3.1. Phương pháp trích xuất các đặc trưng**

Thuật toán Hough Transform:

Hough Transform (HT) là một kỹ thuật phát hiện các hình dạng cơ bản trong hình ảnh, chẳng hạn như đường thẳng, đường tròn, và đường ellipse, bằng cách biến đổi không gian điểm ảnh thành không gian tham số. Kỹ thuật này đặc biệt hiệu quả trong việc phát hiện các đường thẳng và đường tròn trong ảnh nhiễu.

Sau khi có thông tin về đường thẳng, tròn, elip có thể trích xuất các đặt trưng từ ảnh như hình học, kích thước, trọng tâm và góc nghiên của vật, cần phải xác định được số cạnh, góc nghiêng hợp bởi cạnh và phương ngang, số đỉnh và tọa độ của mỗi đỉnh trong hình.

Tính chất của thuật toán:

*Phát Hiện Hình Dạng Hình Học Cụ Thể.*

* Đường Thẳng: Hough Transform có thể phát hiện các đường thẳng bằng cách chuyển đổi từ không gian tọa độ Cartesian sang không gian tham số (𝜌,𝜃).
* Đường Tròn: Có thể phát hiện các hình tròn bằng cách sử dụng không gian tham số (𝑎,𝑏,𝑟), trong đó (a,b) là tọa độ tâm và 𝑟 là bán kính.
* Hình Dạng Khác: Có thể mở rộng để phát hiện các hình dạng khác như elip, parabol, và các đường cong tham số khác.

*Tính Bất Biến Đối Với Nhiễu.*

Ít Nhạy Cảm Với Nhiễu: Hough Transform tích lũy bằng chứng về sự hiện diện của các hình dạng cụ thể trong không gian tham số, làm cho nó ít nhạy cảm với nhiễu cục bộ trong hình ảnh.

*Độc Lập Với Tỷ Lệ và Xoay.*

Bất Biến Với Tỷ Lệ và Xoay: Có khả năng phát hiện các hình dạng mục tiêu bất kể kích thước và hướng của chúng trong hình ảnh. Điều này làm cho Hough Transform trở nên linh hoạt trong nhiều ứng dụng khác nhau.

*Tốn Tài Nguyên Tính Toán.*

Yêu Cầu Cao Về Tài Nguyên: Đòi hỏi bộ nhớ và thời gian tính toán lớn, đặc biệt khi tìm kiếm các hình dạng phức tạp trong không gian tham số cao. Điều này có thể hạn chế hiệu quả của nó trong các ứng dụng yêu cầu xử lý thời gian thực hoặc trên các thiết bị tài nguyên hạn chế.

*Không Phù Hợp Cho Các Hình Dạng Tự Do.*

Hạn Chế Với Hình Dạng Tự Do: Chủ yếu hiệu quả với các hình dạng hình học có tham số rõ ràng. Không phù hợp cho việc phát hiện các hình dạng tự do hoặc không có tham số xác định.

*Khả Năng Mở Rộng.*

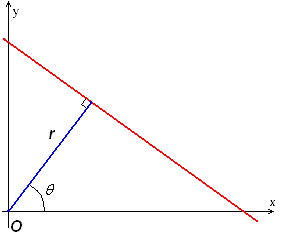
Linh Hoạt và Mở Rộng: Có thể được điều chỉnh và mở rộng để phát hiện các hình dạng không tiêu chuẩn bằng cách thay đổi không gian tham số và các phương trình hình học tương ứng.

Giải thích thuật toán:

Yêu cầu ảnh đầu vào của thuật toán Hough Transform là ảnh nhị phân thể hiện biên dạng của vật thể, từ đó dựa trên những phép biến đổi để xác định những hình ảnh cạnh đó là đường thẳng hoặc cong.

Trường hợp phổ biến được sử dụng của phép biến đổi Hough Transform là phát hiện ra những đường thẳng. Đường thẳng **y = ax + b** có thể được biểu diễn dưới dạng một điểm (a,b) trong không gian tham số. Tuy nhiên, có một vấn đề là nếu ở dạng này chúng sẽ làm phát sinh ra các giá trị không giới hạn của tham số độ dốc **a**. Do đó, vì lý do tính toán phải sử dụng phương trình đường thẳng dưới dạng hệ tọa độ cực.

r = x. cos(θ) + y.sin(θ) (1)



*Hình 3.12. Đường thẳng được biểu diễn thông qua r và θ.*

Với phương trình (1), cho 1 cặp số (x,y) mà tại đó độ sáng I(x,y) = 255 với θ phân bố từ 0 đến 2π, sẽ vẽ được 1 đường hình sin. Ví dụ, đối với x0 = 8 và y0 = 6, khi vẽ trên mặt phẳng (r - θ) nhận được:

A graph with a curve

Description automatically generated

*Hình 3.13. Phương trình phân bổ độ sáng*

Thực hiện thao tác trên cho tất cả các điểm ảnh có độ sáng I = 255 trong cùng 1 tấm ảnh. Nếu đường cong của hai điểm đó giao nhau trong mặt phẳng (r - θ), điều đó có nghĩa là cả 2 điểm đều thuộc về cùng 1 đường thẳng . Ví dụ, làm theo ví dụ ở trên và vẽ cho 2 điểm nữa: x1 = 4, y1 = 9 và x2 = 4, y2 = 9, nhận được kết quả sau:

A graph with colored lines

Description automatically generated

*Hình 3.14. Phương trình phân bổ độ sáng*

3 đường giao nhau tại (0.925 , 9.6), tọa độ này đại diện cho các tham số (r , θ). Từ cặp tham số (r , θ) có thể đưa vào phương trình (1) để trở thành 1 phương trình đường thẳng đi qua 3 điểm (x0 , y0), (x1 , y1), (x2 , y2).

Tóm lại, một đường có thể được phát hiện bằng cách tìm số giao điểm giữa các đường hình sin ở trên. Càng nhiều đường sin giao nhau tại 1 điểm có nghĩa là đường thẳng đó càng đi qua nhiều điểm. Từ đó có thể sử dụng một ngưỡng xác định cần thiết để phát hiện 1 đường.

Những gì thuật toán Hough Transform làm là nó theo giao điểm giữa các đường sin của mọi điểm ảnh . Nếu số lượng đường giao tại 1 điểm cao hơn *số ngưỡng ,* thì khai báo nó là một đường thẳng với cặp tham số (r , θ) của điểm giao.

**3.3.3. Phương pháp tách biên vật thể**

Thuật toán nhận dạng đường biên Canny:

Thuật toán Canny là một trong những phương pháp phát hiện biên phổ biến nhất trong xử lý ảnh, được phát triển bởi John F. Canny vào năm 1986. Mục tiêu của thuật toán Canny là xác định các biên rõ ràng trong ảnh bằng cách giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu trong khi tối đa hóa khả năng phát hiện biên.

Tính chất của thuật toán:

*Độ Chính Xác Tốt.*

Thuật toán Canny được thiết kế để tối đa hóa khả năng phát hiện các biên thực sự trong ảnh. Nó đảm bảo rằng tất cả các biên quan trọng đều được phát hiện.

*Định Vị Tốt .*

Thuật toán Canny xác định vị trí của các biên với độ chính xác cao. Vị trí của các biên được tính toán một cách chính xác mà không bị dịch chuyển bởi nhiễu.

*Đáp Ứng Đơn Lập.*

Thuật toán Canny đảm bảo rằng mỗi biên chỉ được phát hiện một lần. Điều này giúp loại bỏ các biên giả và giảm thiểu nhiễu.

*Khả Năng Chống Nhiễu.*

Bộ lọc Gaussian trong bước đầu tiên của thuật toán giúp giảm thiểu nhiễu trong ảnh, do đó cải thiện chất lượng của biên được phát hiện.

Giải thích thuật toán:

Thuật toán phát hiện cạnh Canny bao gồm 5 bước:

* Giảm nhiễu.
* Tính toán Gradient độ xám của ảnh.
* Áp dụng Non-maximum suppression.
* Ngưỡng kép.
* Theo dõi cạnh bằng độ trễ.

Lưu ý khi thực hiện thuật toán phát hiện cạnh Canny là bức ảnh đầu vào phải ở thang độ xám trước khi thực hiện.

Bước 1: Giảm nhiễu:

Có nhiều cách giúp làm giảm nhiễu, cách phổ biến thường gặp là sử dụng bộ lọc Gaussian giúp làm mịn ảnh. Để thực hiện bộ lọc Gaussian, kỹ thuật tích chập hình ảnh được áp dụng với Gaussian Kernel. Kích thước kernel phụ thuộc vào hiệu ứng làm mờ mong muốn. Về cơ bản, kernel càng nhỏ hiệu quả làm mờ càng ít.

Phương trình cho một kernel bộ lọc Gaussian có kích thước (2k +1, 2k+1):

Hij = exp(−) ; 1< i,j<(2k+1)

A comparison of a person

Description automatically generated

*Hình 3.15. Ảnh gốc (trái) – Hình ảnh bị làm mờ với bộ lọc Gaussian (sigma = 1.4 và kích thước kernel là 5×5)*

Bước 2: Tính toán Gradient độ xám:

Sau khi làm mờ, tính Gradient của ảnh để phát hiện các thay đổi đột ngột trong cường độ sáng, từ đó xác định được các biên.

Sử dụng các bộ lọc Sobel để tính Gradient theo hướng x và y:

Gx = . I(x,y) (2.2)

Gy = . I(x,y) (2.3)

Với:

Gx: Gradient theo hướng x.

Gy: Gradient theo hướng y.

I(x,y): giá trị độ sáng tại điểm có tọa độ (x,y)

Tính độ lớn và hướng Gradient:

G = (2.4)

𝜃 = arctan () (2.5)

A comparison of a person

Description automatically generated

*Hình 5. Hình ảnh bị mờ (trái) – Cường độ gradient (phải)*

Bước 3: Áp dụng Non-maximum suppression.

Mục tiêu của bước này là làm mỏng cách cạnh biên bằng cách giữ lại các điểm cực đại của gradient và loại bỏ các điểm không phải là biên.

Với mỗi điểm ảnh, kiểm tra các điểm lân cận theo hướng gradient(𝜃).

Giữ lại nếu nó là điểm cực đại so với điểm lân cận.

A comparison of a person's face

Description automatically generated

Hình 6. Kết quả của thuật toán Non-maximum suppression

Bước 4: Ngưỡng kép.

Ngưỡng kép giúp phân loại các điểm ảnh thành biên mạnh, biên yếu và không phải là biên.

Áp dụng hai ngưỡng: ngưỡng cao (TH ​) và ngưỡng thấp (TL​).

Biên mạnh: điểm ảnh có giá trị gradient lớn hơn TH ​.

Biên yếu: điểm ảnh có giá trị gradient giữa TL và TH .

Không phải là biên: điểm ảnh có giá trị gradient nhỏ hơn TL ​.

A screenshot of a black and white image of a person

Description automatically generated

*Hình 7. Hình ảnh trước non-maximum suppression (trái) – Kết quả (phải): pixel yếu có màu xám và pixel mạnh có màu trắng.*

Bước 5: Theo dõi cạnh bằng độ trễ.

Mục tiêu của bước này là liên kết các biên yếu với biên mạnh nếu chúng liền kề, đảm bảo tính liên tục của biên.

Duyệt qua tất cả các điểm ảnh.

Nếu điểm ảnh là biên mạnh, giữ lại.

Nếu điểm ảnh là biên yếu và có ít nhất một điểm ảnh lân cận là biên mạnh, giữ lại.

A black and white image of a person

Description automatically generated

Hình 8.

**3.3.4. Phương pháp lọc nhiễu**

Thuật toán BFS:

Tìm kiếm theo chiều rộng (BFS) là một thuật toán để duyệt đồ thị hoặc cây. BFS áp dụng cho cây và đồ thị gần như giống nhau. Sự khác biệt duy nhất là đồ thị có thể chứa các chu trình, vì vậy chúng ta có thể duyệt lại cùng một nút. Để tránh xử lý lại cùng một nút, chúng ta sử dụng mảng boolean đã truy cập, mảng này sẽ đánh dấu các đỉnh đã truy cập. BFS sử dụng cấu trúc dữ liệu hàng đợi (queue) để tìm đường đi ngắn nhất trong biểu đồ.

Tính chất của thuật toán:

*Đảm Bảo Liên Thông*

BFS đảm bảo rằng tất cả các pixel thuộc về cùng một vùng liên thông sẽ được gán cùng một nhãn. Thuật toán này duyệt qua toàn bộ các pixel liên kề theo chiều rộng, đảm bảo không bỏ sót bất kỳ pixel nào trong vùng.

*Độ Phức Tạp Tính Toán*

Độ phức tạp thời gian của BFS là O(V+E), trong đó V là số lượng pixel và E là số cạnh giữa các pixel. Trong trường hợp xử lý ảnh, E thường tỷ lệ với V, do đó, độ phức tạp thời gian là O(n⋅m)O, với nnn là chiều rộng và mmm là chiều cao của ảnh. Điều này đảm bảo BFS hoạt động hiệu quả trên các ảnh có kích thước lớn.

*Không Gian Bộ Nhớ*

BFS sử dụng hàng đợi để lưu trữ các pixel chờ xử lý. Trong trường hợp xấu nhất, hàng đợi có thể chứa tất cả các pixel của ảnh, do đó không gian bộ nhớ cần thiết là O(n⋅m).

*Tính Chất Hàng Đợi*

BFS sử dụng hàng đợi để xử lý các pixel theo thứ tự, đảm bảo rằng các pixel gần nhau được xử lý trước, giúp gán nhãn một cách hệ thống và chính xác.

*Tính Ổn Định*

BFS đảm bảo tính ổn định trong việc phân loại vùng liên thông. Mỗi lần chạy thuật toán BFS với cùng một ảnh đầu vào sẽ cho ra cùng một kết quả phân loại vùng liên thông.

*Khả Năng Xử Lý Nhiều Thành Phần*

BFS có thể xử lý nhiều thành phần liên thông trong một ảnh duy nhất. Mỗi khi phát hiện một pixel chưa được gán nhãn, thuật toán sẽ bắt đầu một cuộc tìm kiếm mới để gán nhãn cho toàn bộ vùng liên thông liên quan.

Giải thích thuật toán:

Khởi tạo: Tạo một ma trận nhãn để đánh dấu các pixel đã được gán nhãn, tất cả các phần tử ban đầu bằng 0. Khởi tạo nhãn bắt đầu từ 1.

Duyệt qua từng pixel trong ảnh: Nếu pixel chưa được gán nhãn và thuộc foreground, bắt đầu một cuộc tìm kiếm BFS từ pixel này.

BFS để gán nhãn cho vùng liên thông :Sử dụng hàng đợi để duyệt các pixel lân cận và gán nhãn cho các pixel thuộc cùng một vùng liên thông.

Gán nhãn cho toàn bộ vùng liên thông: Tiếp tục duyệt cho đến khi tất cả các pixel được gán nhãn.

**3.3.5. Phương pháp phân đoạn ảnh**

Thuật toán phân ngưỡng Otsu.

Định nghĩa.

Thuật toán Otsu là một phương pháp tự động xác định ngưỡng phân đoạn trong xử lý ảnh để tách một ảnh xám thành hai vùng: vật thể và nền ảnh. Thuật toán này dựa trên việc tối ưu hóa phương sai giữa các lớp (inter-class variance) để tìm ngưỡng tốt nhất phân biệt giữa hai vùng trong ảnh. Nobuyuki Otsu đã phát triển phương pháp này vào năm 1979 và nó đã trở thành một trong những kỹ thuật phân ngưỡng phổ biến nhất.

Tính chất.

Tự Động Tìm Ngưỡng

Thuật toán Otsu tự động xác định ngưỡng tối ưu để phân tách các pixel trong ảnh thành hai lớp (foreground và background) mà không cần bất kỳ thông tin bên ngoài nào. Điều này làm cho nó trở thành một công cụ hữu ích cho nhiều ứng dụng xử lý ảnh.

Dựa Trên Phương Sai Giữa Các Lớp

Thuật toán Otsu hoạt động dựa trên việc tối ưu hóa phương sai giữa các lớp. Nó tìm ngưỡng sao cho phương sai giữa các lớp (background và foreground) được tối đa hóa. Cụ thể:

Phương sai tổng thể (​) của ảnh được tính bằng cách sử dụng toàn bộ các giá trị cường độ của ảnh.

Phương sai trong lớp (​) đo lường sự phân tán trong mỗi lớp (background và foreground).

Phương sai giữa các lớp (​) đo lường sự phân tán giữa hai lớp này và được tối đa hóa trong thuật toán Otsu.

Không Yêu Cầu Các Tham Số Ban Đầu

Một trong những ưu điểm lớn của thuật toán Otsu là nó không yêu cầu bất kỳ tham số ban đầu nào từ người dùng. Ngưỡng tối ưu được tính toán trực tiếp từ histogram của ảnh.

Hiệu Quả Tính Toán

Thuật toán Otsu tính toán ngưỡng tối ưu dựa trên histogram của ảnh, do đó nó rất hiệu quả về mặt tính toán. Việc tính toán này có thể được thực hiện một cách nhanh chóng và dễ dàng ngay cả với các ảnh có kích thước lớn.

Áp Dụng Cho Các Ảnh Cấp Xám

Thuật toán Otsu được thiết kế chủ yếu cho các ảnh cấp xám (grayscale images). Đối với các ảnh màu, có thể cần áp dụng các biến thể của thuật toán hoặc chuyển đổi ảnh màu sang ảnh cấp xám trước khi áp dụng Otsu.

Khả Năng Ứng Dụng Cho Phân Ngưỡng Đa Cấp

Mặc dù thuật toán Otsu gốc chỉ xác định một ngưỡng để phân chia ảnh thành hai lớp, nó có thể được mở rộng để xác định nhiều ngưỡng (multi-thresholding) nhằm phân chia ảnh thành nhiều lớp. Điều này được thực hiện bằng cách tối ưu hóa tổng phương sai giữa các lớp cho nhiều ngưỡng.

Nhạy Cảm Với Histogram Của Ảnh

Hiệu suất của thuật toán Otsu phụ thuộc vào histogram của ảnh. Đối với các ảnh có histogram rõ ràng với hai đỉnh riêng biệt, thuật toán Otsu hoạt động rất tốt. Tuy nhiên, đối với các ảnh có histogram phẳng hoặc có nhiễu, kết quả có thể không tối ưu.

Độ Ổn Định Cao

Thuật toán Otsu thường cho kết quả ổn định và nhất quán, đặc biệt là khi histogram của ảnh có sự phân biệt rõ ràng giữa các lớp.

Giải thích thuật toán.

Bước 1: Tính histogram và xác suất xuất hiện của các mức xám

Duyệt qua tất cả các pixel trong ảnh để tính histogram.

Tính xác suất xuất hiện của mỗi mức xám P(i):

P(i) = (2.6)

trong đó ni​ là số lượng pixel có mức xám i và N là tổng số pixel trong ảnh.

Bước 2: Khởi tạo các giá trị ban đầu

Tính giá trị trung bình toàn cục của ảnh

μT = (2.7)

Bước 3: Duyệt qua tất cả các cặp ngưỡng có thể (từ 0 đến 255)

Với mỗi cặp ngưỡng t1​ và t2​ (với 0 ≤ t1 < t2 ≤ 255), chia ảnh thành ba lớp:

Lớp 1: [0, t1​]

Lớp 2: [t1 + 1, t2​]

Lớp 3: [t2 + 1, 255]

Tính xác suất và giá trị trung bình của mỗi lớp:

Tổng xác suất của lớp 1:

ω0 = (2.8)

Tổng xác suất của lớp 2:

ω1 = (2.9)

Tổng xác suất của lớp 3:

ω2 = (2.10)

Giá trị trung bình của lớp 1:

μ0 = (2.11)

Giá trị trung bình của lớp 2:

μ1 = (2.11)

Giá trị trung bình của lớp 3:

μ2 = (2.12)

Bước 4: Tính tổng phương sai giữa các lớp

Tính tổng phương sai giữa các lớp ​:

​ = ω0 . + ω1 . + ω2 . (2.13)

Bước 5: Tìm ngưỡng tối ưu

Tìm cặp ngưỡng t1​ và t2​ làm cho tổng phương sai giữa các lớp ​ lớn nhất.

**CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN VÀ THI CÔNG HỆ THỐNG**

**4.1. Nghiên cứu thiết kế cánh tay robot**

**4.1.1. Nghiên cứu và phát triển cơ khí cho cánh tay robot 5 bậc tự do**

Việc phân tích và thiết kế mô hình cánh tay robot 5 bậc tự do từ mô hình có sẵn mang nhiều lợi ích:

Thiết kế và cải tiến:

* Dễ dàng sửa đổi: Bạn có thể dễ dàng thay đổi thiết kế để cải tiến hoặc tùy chỉnh phần cứng theo yêu cầu mới mà không cần sản xuất một nguyên mẫu mới.
* Phân tích kỹ thuật: Phần mềm 3D cho phép bạn thực hiện các phân tích như phân tích sức bền, động lực học, và nhiệt động lực học trên mô hình 3D để đảm bảo thiết kế tối ưu và an toàn.

Tài liệu hóa và lưu trữ:

* **Lưu trữ lâu dài**: Bản vẽ 3D có thể lưu trữ một cách an toàn và dễ dàng truy cập lại trong tương lai.
* **Tài liệu hóa chi tiết**: Bản vẽ 3D cung cấp thông tin chi tiết về kích thước, vật liệu và các đặc điểm khác của phần cứng, giúp việc tái sản xuất hoặc sửa chữa dễ dàng hơn.

**4.1. Nghiên cứu thiết kế cánh tay robot**

**4.1.1. Nghiên cứu và phát triển cơ khí cho cánh tay robot 5 bậc tự do**

**- Nghiên cứu thi công**

**- Phát triển đầu hút chân không cho cơ cấu chấp hành cuối**

**4.1.2. Nghiên cứu và thi công hệ thống điện điều khiển cho cánh tay robot**

**4.1.3. Thiết kế và lập trình điều khiển robot qua PLC và WPF**

**4.2. Nghiên cứu thiết kế thiết bị theo dõi chuyển động**

**4.2.1. Thiết kế chế tạo phần cứng**

**4.2.2. Thiết kế và thi công mạch điện điều khiển**

**4.2.3. Thiết kế và lập trình hệ thống**

**4.3. Nghiên cứu thiết kế hệ thống phân loại sản phẩm ứng dụng xử lí ảnh**

**4.4. Hoàn thiện tổng hợp hệ thống robot**

**4.4.1. Phần cứng**

**- Các thiết bị trong hệ thống**

**- đưa hình thực tế bỏ vào**

**4.4.2. Lập trình hoàn thiện hệ thống**

**Lập trình hệ thống băng tải**

**Lập trình giao diện WPF cho toàn hệ thống (Xử lí camera + Găng tay)**

1. [4] Quy trình phân tích ảnh chụp MR: https://www.researchgate.net/figure/Steps-involved-in-medical-image-processing-1-Source-image-2High-resolution-mean-MR\_fig2\_285989246 [↑](#footnote-ref-1)
2. [5] Hệ thống nhận diện khuông mặt: https://wesmart.vn/tin-tuc/cong-nghe-“ai”-nhan-dien-khuon-mat-va-nhung-tinh-nang-tuyet-voi-co-le-ban-chua-biet.html [↑](#footnote-ref-2)
3. [6] Barcode và QRcode trên sản phẩm: https://thigiacmaytinh.com/bai-viet-theo-chu-de/scan-barcode-qrcode/ [↑](#footnote-ref-3)
4. [7] Nhận diện biển số xe: www.futech.com.vn/tin-bai/tin-cong-ty/phat-hien-va-xu-ly-vi-pham-giao-thong-bang-hinh-anh/ [↑](#footnote-ref-4)