ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA KHOA HỌC & KỸ THUẬT MÁY TÍNH

ĐỒ ÁN THIẾT KẾ LUẬN LÝ

Phân loại sản phẩm trên băng chuyền bằng thư viện OpenCV thông qua máy tính nhúng Raspberrypi

GVHD: Trần Thanh Bình
SV thực hiện: Hoàng Hữu Hà – 2113271
Hồ Vũ Hoàng Hà – 2210845
Danh Sơn Hà – 2013037

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 5/2024

Mục lục

1 Tổng quan

1.1 Giới thiệu đề tài

Ngày nay, xã hội đang càng ngày càng phát triển. Nhu cầu về hàng hóa ngày càng cao, công nghiệp hóa, hiện đại hóa ngày càng được chú trọng ở mọi lĩnh vực. Trong đó, tự động hóa được xem là một trong các hướng đi giúp đẩy mạnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa. Càng ngày càng có nhiều mô hình tự động hóa được ra đời, các máy móc dần dần được con người ứng dụng vào trong các nhà máy xí nghiệp, nhằm giúp gia tăng được tốc độ công việc cũng như đáp ứng nhu cầu của thị trường. Mô hình Băng chuyền không còn xa lạ đối với hầu hết các xí nghiệp cũng như doanh nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng, vận chuyển hàng hóa, máy móc ,... Trong bối cảnh mà nhu cầu về sản xuất và phân phối hàng hóa ngày càng lớn, việc áp dụng công nghệ tự động hóa vào quy trình sản xuất đang trở thành xu hướng không thể phủ nhận. Nhằm đáp ứng nhu cầu thị trường, hệ thống băng chuyền phân loại sản phẩm, một phần quan trọng đảm bảo việc phân phối và đóng gói sản phẩm được thực hiện một cách chính xác và nhanh chóng. Đối mặt với sự đa dạng ngày càng tăng của sản phẩm và yêu cầu chính xác ngày càng cao, cần có những cải tiến vượt trội trong công nghệ để đảm bảo hiệu suất và đồng đều trong quy trình này. "Băng chuyền phân loại sản phẩm tự động" là một hướng nghiên cứu tương lai, đặc biệt là trong bối cảnh xã hội ngày càng phát triển và nhu cầu về sản xuất ngày càng tăng. Trong tình thế, việc áp dụng công nghệ tự động hóa trong quy trình sản xuất không chỉ giúp tăng cường hiệu suất mà còn đáp ứng được sự đa dạng và yêu cầu chính xác ngày càng cao của thị trường.

Vì vậy, trong đề tài này, nhóm chúng em sẽ hiện thực nghiển cứu và phát triển dự án băng chuyền phân loại sản phẩm tự động với mong muốn đưa ra được sản phẩm tốt nhất và đem lại lợi ích cho người tiêu dùng.

1.2 Giới hạn đề tài

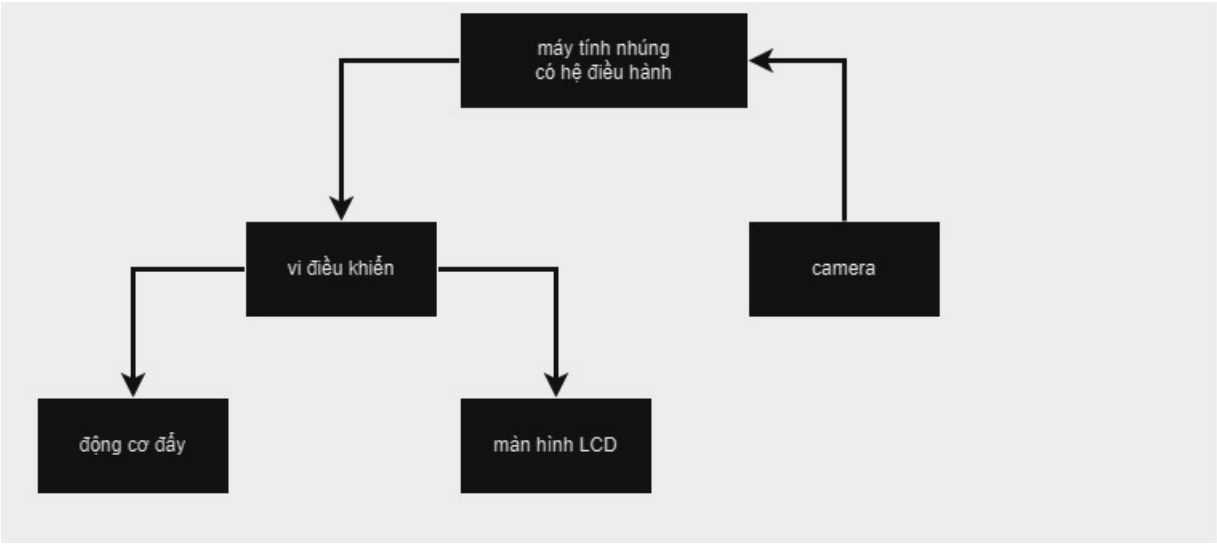
Trong phạm vi một đề tài nghiên cứu, với những giới hạn về kiến thức, thời gian và kinh phí đề tài giới hạn bởi:

- Để ứng dụng kỹ thuật xử lý ảnh trên băng tải thì độ chính xác phân loại sản phẩm chưa quá cao. Còn có thể bị nhầm lẫn bởi các yếu tố khách quan như là độ nhiễu của hình ảnh, bóng của vật phẩm, ...
- Đề tài chỉ xây dựng với mô hình nhỏ và gọn không làm thành dây chuyền sản xuất, sử dụng máy tính nhúng, Arduino, băng tải, động cơ Servo và hiển thị số lượng sản phẩm lên màn hình LCD
- Các vật phẩm dùng để phân loại gồm có hình tròn, vuông, tam giác với kích kích thước vừa đủ đặt vào băng chuyền và có chiều cao từ 3 đến 5cm

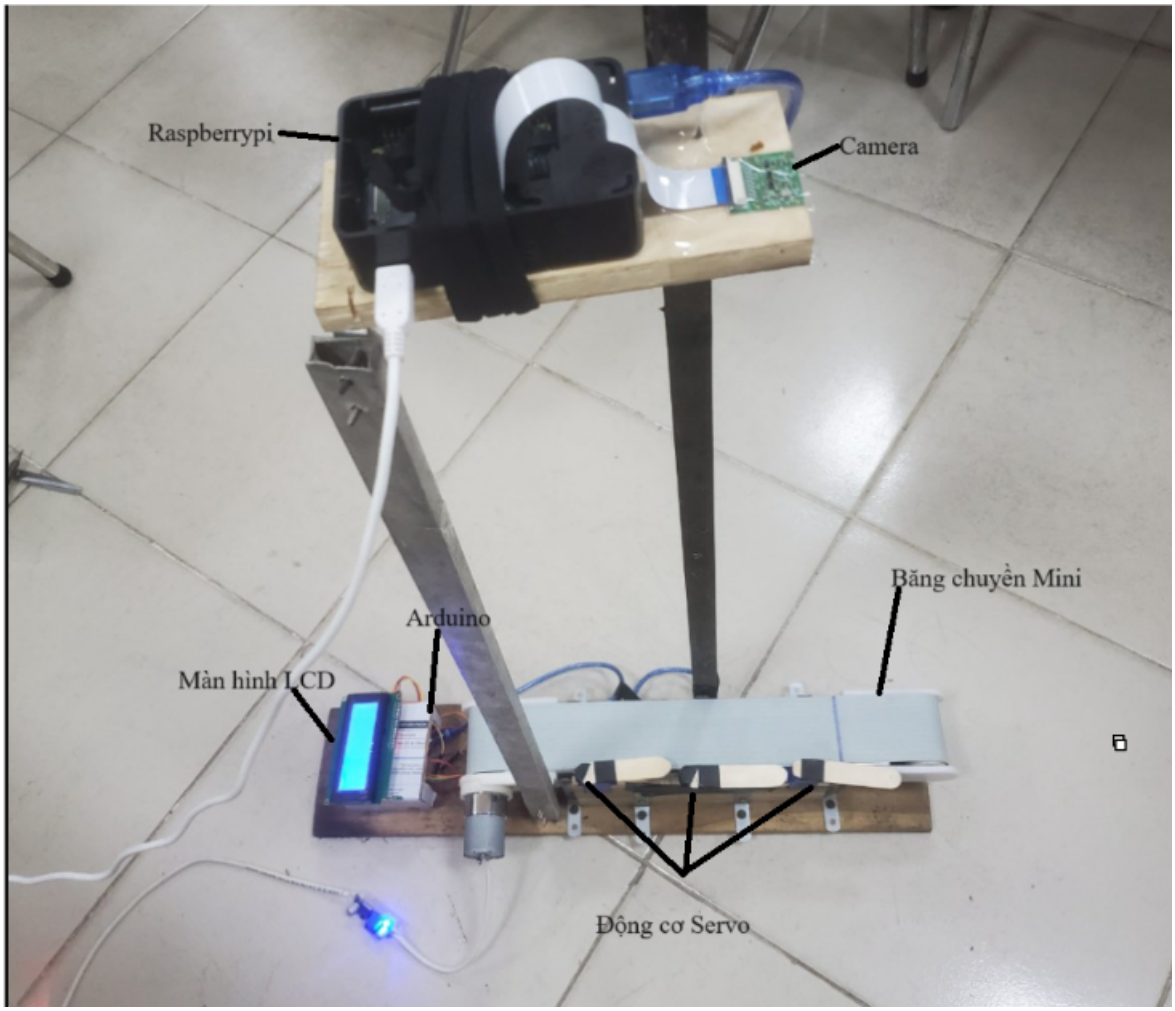
2 Ý tưởng

Hệ thống gồm 4 thành phần chính như sau:

- Camera: dùng để quay video cho toàn bộ băng chuyền
- Máy tính nhúng: dùng để xử lý ảnh từ camera (yêu cầu có hệ điều hành vì sẽ dùng OpenCV để xử lý ảnh) và gửi tín hiệu về cho vi điều khiển thông qua giao thức UART mỗi khi vật phẩm đi đến nơi cần phân loại
- Vi điều khiển: dùng để nhận tín hiệu từ máy tính nhúng, xử lý tín hiệu đó và tạo tín hiệu để điều khiển động cơ và màn hình LCD
- Động cơ đẩy: dùng để đẩy vật phẩm từ băng chuyền ra ngoài để phân loại, mỗi loại sản phẩm cần phân loại ứng với một động cơ
- Màn hình LCD: dùng để hiện thị số lượng vật phẩm ứng với mỗi loại vật phẩm



Hình 1: *Mô hình diagram*



Hình 2: *Mô hình thực tế*

3 Hiện thực

3.1 Phần cứng sử dụng

Thiết bị	Số lượng
Raspberry pi 3b+	1
Động cơ servo SG90	3
Băng chuyền	1
Arduino nano ATmega328P	1
Raspberry pi Camera 5MP	1
Led LCD	1

3.1.1 Raspberry pi 3b+

Hình 3: *Hình ảnh Raspberry*

3.1.1.a Định nghĩa

- Máy tính nhúng là một thiết bị, một hệ thống được thiết kế để phục vụ cho một yêu cầu, một bài toán, ứng dụng, một chức năng nhất định nào đó và được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực công nghiệp, tự động hóa điều khiển, quan trắc và truyền tin...
- Raspberry Pi là một máy tính nhúng chạy hệ điều hành Linux và được tích hợp đầy đủ các chức năng của một máy tính thông thường. Raspberry Pi được phát triển bởi Raspberry Pi Foundation - một tổ chức phi lợi nhuận. Mục tiêu chính của Raspberry pi là cung cấp một giải pháp giáo dục và giúp đỡ người học nhất là trong lĩnh vực khoa học và kỹ thuật máy tính.

3.1.1.b Thông số kỹ thuật

3.1.1.c Một số ứng dụng của thiết bị

- **Học lập trình và giáo dục** : Raspberry pi tạo môi trường thuận lợi để thực hành và phát triển kĩ năng lập trình.
- **các dự án DIY** : Kích thước nhỏ cùng giá thành hợp lí và kết nối được với nhiều phần cứng khác nhau khiến raspberry pi là thiết bị lí tưởng cho các dự án DIY.
- **Giải trí đa phương tiện** : Với nhiều chức năng được tích hợp như máy tính thông thường, raspberry pi có thể cung cấp dịch vụ giải trí đa phương tiện như xem phim, lướt web, ngoài ra còn có thể chơi game trên thiết bị này...

CPU	Broadcom BCM2837B0, quad-core A53 (ARMv8) 64-bit SoC @1.4GH
RAM	1GB LPDDR2 SDRAM
Cổng USB	4 x 2.0
Cổng GPIO	40 pin
Kết nối	wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE, Gigabit Ethernet
Lưu trữ	Micro SD
Multimedia	full-size HDMI x 1 MIPI DSI Display x 1 MIPI CSI Camera
Nguồn điện sử dụng	5V / 2.5A DC cổng MicroUSB

Bảng 1: *Thông số kĩ thuật*

- **Dự án IOT** : Raspberry pi thường được dùng trong các dự án IOT để kết nối và thu thập dữ liệu từ các thiết bị khác. Đồng thời có thể tạo nên một vài hệ thống như hệ thống an ninh giám sát, máy chủ web và dịch vụ mạng, ...

3.1.1.d Hệ điều hành

Trong đồ án của chúng em, Raspberry pi được sử dụng sẽ được cài hệ điều hành là Raspberry pi OS (Legacy), hệ điều hành này tương thích với hầu hết các phiên bản của thiết bị Raspberry pi và hỗ trợ đầy đủ chức năng lập trình python cũng như kết nối UART, I2C cho đồ án này.

Lưu ý, khi ta sử dụng thư viện *picamera2* để sử dụng camera trong Python thì ta nên tắt tính năng Legacy Camera trong mục Interface Option (gõ sudo raspi-config để thực hiện)

Trong dự án này, nhóm em sử dụng Python phiên bản 3.9.2 và OpenCV phiên bản 4.5.0

3.1.2 Động cơ servo SG90

Hình 4: *Hình ảnh Servor*

3.1.2.a Định nghĩa

- Động cơ servo là một loại máy móc chuyên dùng để cung cấp cơ năng cho một thiết bị, dây chuyền hay cơ cấu trong quá trình sản xuất và chế tạo. Chúng cung cấp lực kéo cho các dây truyền hay cơ cấu khác hoạt động theo. Thiết bị này sử dụng từ trường để biến điện năng thành cơ năng

- **Phân loại :** Có 2 loại động cơ servo là AC (xoay chiều) và DC (1 chiều):

+ AC servo motor: loại động cơ này dùng nguyên tắc của dòng điện xoay chiều để điều khiển vị trí. Servo AC thường được sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp như máy CNC, máy phay, máy tiện cơ khí, thủy lực ....
+ DC servo motor: là loại động cơ servo phổ biến nhất, sử dụng nguyên tắc phản hồi về vị trí để điều khiển động cơ đến vị trí mong muốn. Thường được dùng cho công suất nhỏ như máy bơm nước, máy nén khí,...

- Động cơ servo SG90 là loại động cơ được sử dụng phổ biến trong các mô hình điều khiển nhỏ và đơn giản như cánh tay robot. Động cơ có tốc độ phản ứng nhanh được tích hợp sẵn Driver điều khiển động cơ, dễ dàng điều khiển góc quay bằng phương pháp điều khiển độ rộng xung PWM.

3.1.2.b Thông số kỹ thuật

- **Điện áp hoạt động :** 4.8 - 5 VDC
- **Tốc độ :** 60 độ trong 0.12s (4.8 V)
- **Lực kéo :** 1.6 Kg.cm
- **Kích thước :** 21x12x22 mm
- **Trọng lượng :** 9g

Phương pháp điều khiển PWM

- Độ rộng xung 0.5ms - 2.5ms tương ứng 0 - 180 độ
- Tần số 50Hz, chu kỳ 20ms

3.1.2.c Ứng dụng

- **Các thiết bị y tế :** Động cơ servo được sử dụng trong các thiết bị y tế như máy hút phổi hoặc máy thở để cung cấp độ chính xác và độ tin cậy cao.
- **Robotics :** Động cơ servo thường được sử dụng trong các robot để kiểm soát chính xác vị trí và góc quay của các khớp và cụm cảm biến.
- **Máy in 3D :** Động cơ servo có thể được sử dụng trong máy in 3D để di chuyển vị trí của đầu in chính xác, giúp tạo ra các đối tượng 3D với chi tiết và độ chính xác cao.
- **Mô hình và đồ chơi điều khiển từ xa :** Động cơ servo thường xuất hiện trong mô hình và đồ chơi điều khiển từ xa, giúp làm cho các phần chuyển động như cánh cửa, bánh xe, hoặc tay robot chính xác và linh hoạt.
- **Các thiết bị điện tử :** Động cơ servo được sử dụng trong các thiết bị như máy in, máy quét và máy chấm công để cung cấp độ chính xác và độ tin cậy cao.
- Ngoài ra động cơ servo còn được dùng rộng rãi trong các thiết bị tàu thủy như cần cẩu, mỏ neo,... hoặc các thiết bị vận chuyển như thang máy hoặc thang kéo,....

3.1.3 Hệ thống băng tải

3.1.3.a Định nghĩa

- Băng tải (băng chuyền) là một thiết bị xử lý vật liệu cơ khí di chuyển hàng hóa, vật tư từ nơi này sang nơi khác trong một đường dẫn xác định cho trước. Băng tải đặc biệt hữu ích trong các ứng dụng liên quan đến việc vận chuyển vật liệu nặng hoặc cồng kềnh. Hệ thống băng tải cho phép vận chuyển nhanh chóng và hiệu quả đối với nhiều loại vật liệu. Bên cạnh đó là sản xuất, băng chuyền giảm nguy cơ chấn thương lưng, đầu gối, vai và chấn thương chỉnh hình khác.

- Thay vì vận chuyển sản phẩm bằng công nhân vừa tốn thời gian, chi phí nhân công lại tạo ra môi trường làm việc lộn xộn thì băng chuyền tải có thể giải quyết điều đó. Nó giúp tiết kiệm sức lao động, số lượng nhân công, giảm thời gian và tăng năng suất.

Hình 5: *Băng chuyền mini*

3.1.3.b Cấu tạo băng tải

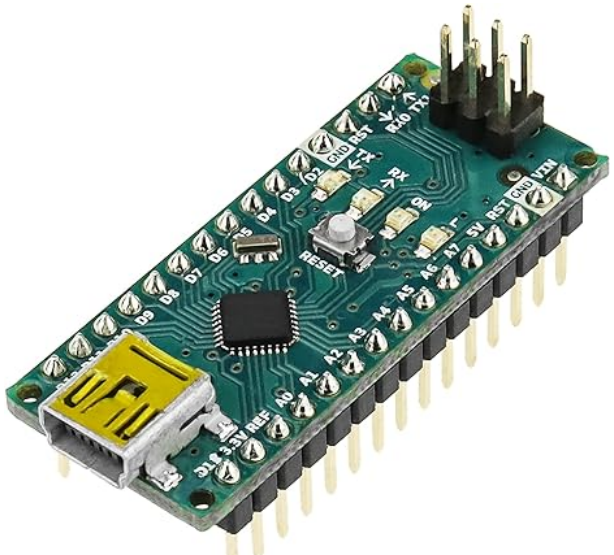
- Khung băng tải : thường được làm bằng nhôm định hình, thép sơn tĩnh điện hoặc inox
- Dây băng tải : thường là băng dây PVC dày 2mm hoặc 3mm hoặc dây băng PU dày 1.5mm
- Động cơ chuyền động : là động cơ giảm công suất 0.2KW, 0.4KW, 0.75KW, 1.5KW, 2.2KW
- Bộ điều khiển băng tải : PLC, biến tần, Speed controller, cảm biến, Rơ-le, Contactor,....
- Hệ thống bàn thao tác trên băng chuyền thường bằng gỗ, thép hoặc inox, trên bề mặt có dán thảm cao su chống tĩnh điện.
- Kích thước băng tải :
  + Dài : 40 cm
  + Rộng : 6 cm

3.1.3.c Ứng dụng

- Trong ngành sản xuất, lắp ráp linh kiện, thiết bị điện tử, lắp ráp ô tô, xe máy, xe đạp điện...
- Trong ngành sản xuất thực phẩm, y tế, dược phẩm, may mặc, giầy dép,...
- Dùng để vận chuyển hàng hóa, đóng gói sản phẩm,....

Lợi ích : băng chuyền được ứng dụng trong các ngành công nghiệp, chế biến thực phẩm, khai thác,... nhằm hỗ trợ tối đa cho doanh nghiệp trong quá trình vận chuyển hàng hóa nhanh chóng, an toàn và thuận tiện.Bên cạnh đó, hệ thống băng tải – băng chuyền có thể được lắp đặt bất cứ nơi nào, mọi địa hình, không những mang lại hiệu quả kinh tế cao nó còn giảm thiểu tai nạn trong lao động bảo đảm tính an toàn lao động cao.

3.1.4 Arduino nano



Hình 6: *Hình ảnh Arduino nano*

3.1.4.a Định nghĩa

Arduino là nền tảng mã nguồn mở giúp con người xây dựng các ứng dụng điện tử có khả năng liên kết, tương tác với nhau tốt hơn, hỗ trợ phát triển lập trình nhúng. Arduino có thể xem như một chiếc máy tính thu nhỏ giúp người dùng lập trình, thực hiện các dự án điện tử không cần tới công cụ chuyên biệt phục cho quá trình nạp code. Arduino nano là một trong những phiên bản của thiết bị Arduino. Arduino được thiết kế nhắm đến sự nhỏ gọn của bo mạch, giảm kích thước và trọng lượng kéo theo giá thành rẻ, tuy nhiên Arduino nano vẫn giữ được các chức năng cốt lõi của một Arduino.

3.1.4.b Thông số kỹ thuật

Arduino nano	Thông số kỹ thuật
Số chân Analog IO	8
Cấu trúc	AVR
Tốc độ xung	16 MHz
Dòng tiêu thụ IO	40mA
Số chân Digital IO	22
Bộ nhớ EEPROM	1KB
Bộ nhớ Flash	32 KB với 2KB sử dụng bởi Bootloader
Điện áp ngõ vào	7 - 12 V
Vi điều khiển	ATmega328P
Điện áp hoạt động	5 V
Kích thước bo mạch	18 x 45 mm
Ngõ ra PWM	6
SRAM	2KB

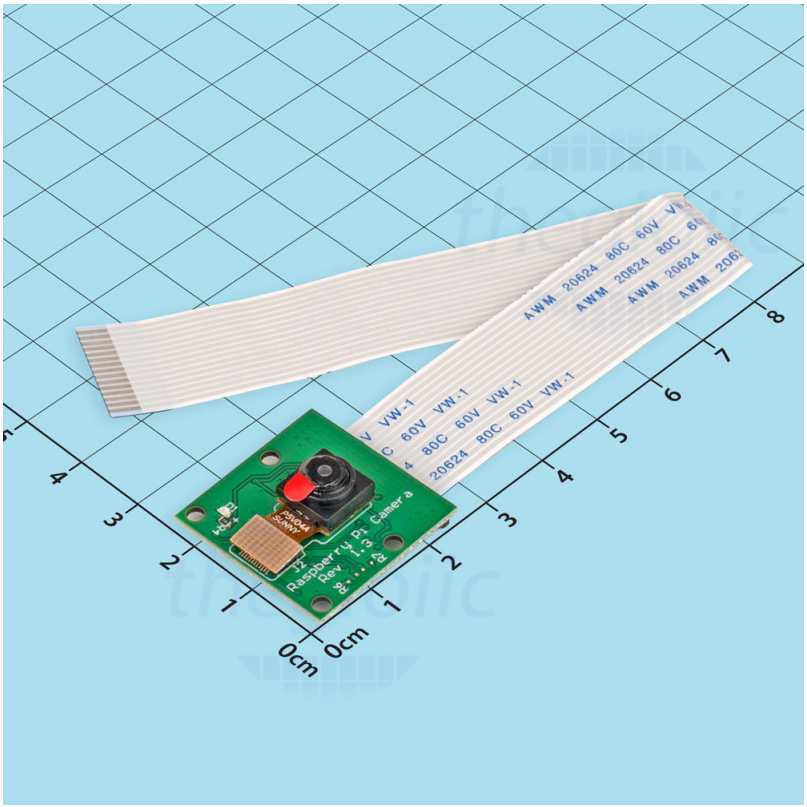
Bảng 2: *Thông số kỹ thuật của Arduino nano*

3.1.4.c Ứng dụng

Raspberry pi và Arduino nano là các thiết bị hỗ trợ lập trình nhúng. Tuy nhiên, Raspberry pi là một máy tính nhúng đầy đủ, được thiết kế để chạy hệ điều hành và ứng dụng như một máy tính thông thường . Trong khi Arduino sử dụng vi điều khiển để giao tiếp gần hơn với phần cứng và không có đầy đủ chức năng của máy tính. Mặc dù vậy, Arduino nano vẫn có những ứng dụng tương đối giống so với Raspberry pi :

- **Giáo dục và học lập trình** : thực hành để giải quyết bài toán về điện tử cơ bản, dự án mô phỏng để giảng dạy về cảm biến và điều khiển, tìm hiểu giao tiếp giữa cảm biến và vi điều khiển.
- **Robotics** : Arduino nano có khả năng đọc các thiết bị cảm biến, điều khiển động cơ,... nên nó thường được dùng để làm bộ xử lý trung tâm của rất nhiều loại robot.
- **Giải trí** : Arduino nano có thể được sử dụng để tương tác với Joystick, màn hình,... khi chơi các game như Tetris, phá gạch, Mario...
- **Đo lường và giám sát** : chính vì đặc tính giao tiếp được với các cảm biến, arduino nano thường được dùng trong các dự án kiểm tra và giám sát các điều kiện tự nhiên bên ngoài như thời tiết, nhiệt độ, độ ẩm, ...
- **Thử nghiệm và phát triển sản phẩm** : Arduino nano thường được sử dụng để thử nghiệm các ý tưởng nhúng và điều khiển trong quá trình phát triển sản phẩm. Được sử dụng nhiều trong tạo mẫu và testing sản phẩm trong công nghiệp.
- **IOT và tự động hóa** : các ví dụ có thể kể đến như điều khiển tín hiệu giao thông, làm biển quảng cáo LED, Drone - máy bay không người lái, máy in 3D trong công nghiệp, cánh tay Robot, xây dựng nhà thông minh, ...

3.1.5 Raspberry pi Camera 5MP



Hình 7: *Raspberry pi Camera 5MP*

3.1.5.a Định nghĩa

Để tiếp cận gần hơn với các dự án liên quan đến thị giác máy tính, các camera là các thiết bị tiên quyết không thể thiếu. Trước đây, khi tao tác máy tính nhúng giống như Raspberry pi, điều duy nhất chúng ta có thể làm là sử dụng một webcam cắm vào cổng USB. Mặc dù tốc độ xử lý nhanh nhưng các webcam lại có giá thành khá cao, nhất là các webcam có độ phân giải lớn. Tuy nhiên kể từ tháng 5/2013, Raspberry pi camera 5MP đã trở thành giải pháp hiệu quả do chính công ty mẹ của Raspberry pi công bố và phát hành.

3.1.5.b Thông số kỹ thuật

- 5 megapixel
- 2592 × 1944 ảnh tĩnh
- 1080p ở 30 khung hình / giây
- 720p ở 60 khung hình / giây
- 640x480p ở 60/90 khung hình / giây
- Giao tiếp CSi với cáp ribbon 150mm
- Mô-đun máy ảnh PCB + nặng 2.4g, cáp ribbon nặng 1g

3.1.5.c Ưu điểm của thiết bị

Camera Module 5MP của Raspberry Pi mang lại nhiều ưu điểm quan trọng, giúp nó trở thành một công cụ linh hoạt và mạnh mẽ cho nhiều ứng dụng khác nhau. Dưới đây là một số ưu điểm chính của Camera Module 5MP:

- Camera 5MP cung cấp chất lượng hình ảnh sắc nét và rõ ràng, làm cho nó phù hợp cho nhiều ứng dụng từ giám sát đến chụp ảnh và quay video chất lượng cao.
- Camera Module được thiết kế để dễ dàng kết nối với Raspberry Pi thông qua cổng CSI (Camera Serial Interface). Quá trình cài đặt và sử dụng nhanh chóng và thuận tiện.
- Với khả năng quay video Full HD (1080p), Camera Module là một lựa chọn tuyệt vời cho việc ghi lại video chất lượng cao, đặc biệt là trong các dự án giám sát và quay phim.
- Được sử dụng rộng rãi trong cộng đồng Raspberry Pi, nên có nhiều tài liệu, hướng dẫn và dự án mẫu giúp người sử dụng tirnh hiểu và tận dụng đầy đủ khả năng của Camera Module.
- Kích thước nhỏ và thiết kế linh hoạt của Camera Module làm cho nó phù hợp với nhiều dự án có yêu cầu về không gian và trọng lượng.
- Thiết bị phù hợp cho cả người mới bắt đầu và những người muốn thực hiện các dự án DIY hoặc giáo dục trong lĩnh vực hình ảnh và video.

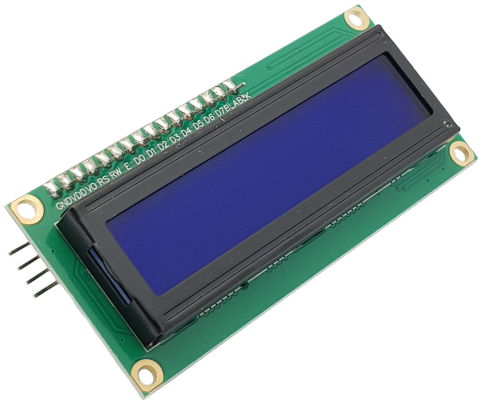
3.1.6 LCD

3.1.6.a Định nghĩa

Màn hình tinh thể lỏng LCD (Liquid Crystal Display) được cấu tạo nên bởi các tế bào (các điểm ảnh) chứa tinh thể lỏng với khả năng thay đổi tính phân cực của ánh sáng và thay đổi cường độ ánh sáng truyền qua khi kết hợp với các loại kính lọc phân cực.

3.1.6.b Thông số kỹ thuật

- Điện áp hoạt động : 5V
- Kích thước : 98 x 60 x 13.5 mm
- Được trang bị thêm module I2C PCF8574 thuận tiện cho giao tiếp giữa màn hình và các thiết bị khác
- hoảng cách giữa hai chân kết nối là 0.1 inch tiện dụng khi kết nối với Breadboard



Hình 8: *LCD*

3.1.6.c Ưu điểm của LCD

- Màn hình LCD cung cấp độ tương phản, độ sáng và độ phân giải cao. Vì vậy, chất lượng hình ảnh hầu như thể hiện được sự trung thực, sắc nét và sống động.
- Màn hình LCD thân thiện với môi trường và cả sức khỏe của người dùng. Quá trình cài đặt và sử dụng nhanh chóng và thuận tiện.
- Chi phí sản xuất cũng như giá thành không quá cao, áp dụng trong nhiều lĩnh vực và là linh kiện quan trọng cho các thiết bị điện tử như tivi, máy tính, điện thoại,... cao, đặc biệt là trong các dự án giám sát và quay phim.

3.2 Xử lý ảnh

3.2.1 Ý tưởng

- Ta tạo một vùng ảnh bao bọc băng chuyền để dễ xử lý
- Tạo các đường ranh để xác định vị trí cần đẩy vật. Gồm có 4 đường ranh:
  - Đường ranh dùng để xác định vật, nếu đi qua đường ranh này rồi thì vật thể được xem như đã được xác định hình dạng
  - Đường ranh dùng để đẩy vật hình tròn, nếu vật hình tròn nằm trong khoảng đường ranh này thì gửi tín hiệu xuống cho vi điều khiển để điều khiển động cơ dùng cho đẩy hình tròn
  - Đường ranh dùng để đẩy vật hình vuông, nếu vật hình vuông nằm trong khoảng đường ranh này thì gửi tín hiệu xuống cho vi điều khiển để điều khiển động cơ dùng cho đẩy hình vuông
  - Đường ranh dùng để đẩy vật hình tam giác, nếu vật hình tam giác nằm trong khoảng đường ranh này thì gửi tín hiệu xuống cho vi điều khiển để điều khiển động cơ dùng cho đẩy hình tam giác
- Xử lý chống nhiễu cho vật
- Sử dụng hàm cv2.findContours để xác định hình dáng vật thể
- Sử dụng thuật toán để keep tracking các object trước đó
- Kiểm tra vật có nằm trong các khoảng các đường ranh phía trên không

3.2.2 Hiện thực

1. Khởi tạo camera và COM Port để truyền tín hiệu UART Sau khi chúng ta kết gắn cổng USB vào raspberrypi để kết nối với arduino, gõ lệnh $ls/dev/tty*$ để biết thông tin về cổng kết nối (có dạng $/dev/ttyUSB < number >$)

Lưu ý: Mỗi khi ta tháo kết nối giữa raspberrypi với arduino thì thông tin về cổng kết nối có thể sẽ thay đổi, nên ta cần phải kiểm tra trước khi chạy chương trình

```
#import library for pi camera
from picamera2 import Picamera2
#import library for UART Port
import serial
if __name__ == "__main__":
    #init pi camera
    cap = Picamera2()
    cap.preview_configuration.main.size = (640,480)
    cap.preview_configuration.main.format = "RGB888"
    cap.preview_configuration.controls.FrameRate = 30
    cap.preview_configuration.align()
    cap.configure("preview")
    cap.start()

    #init COM Port for UART transfer
    addr_com_port = "/dev/ttyUSB0"
    #Note: variable "addr_com_port" may be change according raspberrypi
    data_serial = serial.Serial(addr_com_port, 9600)
```

2. Tạo vùng ảnh bao bọc băng chuyền

Lưu ý: Các thông số để xác đinh khu vực băng chuyền được chỉnh tay và có thể camera sẽ bị lệch so với lần trước, nên ta cũng cần kiểm tra và tùy chỉnh các thông số mỗi khi ta di dời mô hình

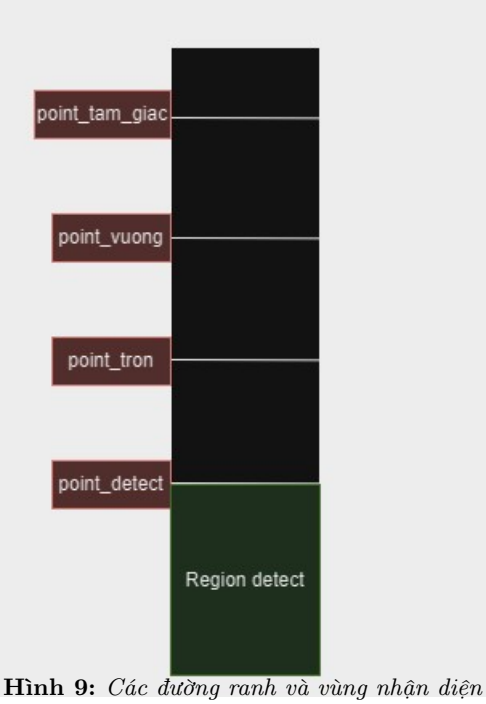
```
import cv2 as cv
import numpy as np
if __name__ == "__main__":
    #init pi camer
    #init COM Port

    while 1:
        #init region image for conveyt
        #Note: range of region may be change because camera is not fix in physical system
        img = cap.capture_array()[50:450:, 250:320]
```

3. Tạo các đường ranh

Ta tạo các biến toàn cục để lưu tọa độ của các đường ranh đó và vẽ các đường ranh đó lên hình để dễ dàng quan sát

```
#init variable for save coordinate of line
point_detec = 280
point_tron = 230
point_vuong = 155
point_tam_giac = 60

if __name__ == "__main__":
    #init pi camera
    #init COM Port

    while 1:
        #init region image for conveyt
        #draw line detect on image for easy to demonstrate
        cv.line(img_contour, (0, point_detec), (width - 1, point_detec), (255,0, 0), 3)
```

```
15        cv.line(img_contour, (0, point_tron), (width - 1, point_tron), (255,0, 0), 3)
16        cv.line(img_contour, (0, point_vuong), (width - 1, point_vuong), (255,0, 0), 3)
17        cv.line(img_contour, (0, point_tam_giac), (width - 1, point_tam_giac), (255,0, 0), 3)
```



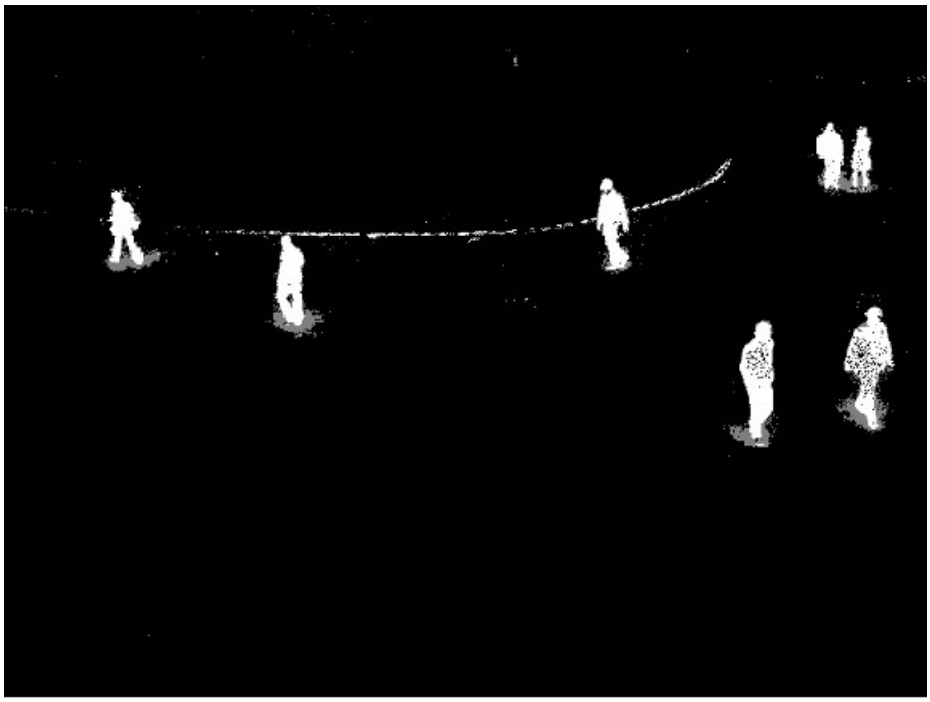
Hình 9: *Các đường ranh và vùng nhận diện*

4. Xử lý chống nhiễu cho vật

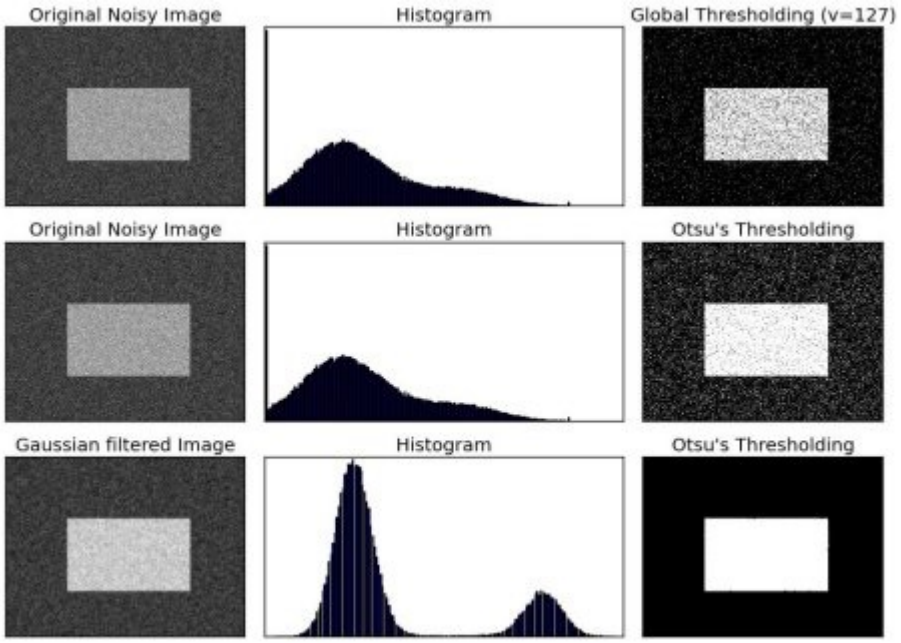
- Vì chúng ta đặt camera cố định trong quá trình sử dụng, nên ta dùng phương thức Background Subtraction để xác định khung nền của ảnh.
- Dùng threshold để loại bỏ đi bóng của vật

```
if __name__ == "__main__":
    #create foreground mask
    object_detector = cv.createBackgroundSubtractorKNN()
    while 1:
        #init region image for conveyt
        img = cap.capture_array()[50:450:, 250:320]
        #copy a new img with name "img_contour" for using after
        img_contour = img.copy()
        #filter noise for image
        #apply background
        detec = object_detector.apply(img)

        #using threshold for filter shadow
        _, detec = cv.threshold(detec,190,255,cv.THRESH_BINARY)
        blur = cv.GaussianBlur(detec,(5,5),0)
        _, detec = cv.threshold(blur,0,255,cv.THRESH_BINARY+cv.THRESH_OTSU)

        #draw line detect on display
```

Hình 10: *Hình ảnh ban đầu*



Hình 11: *Hình ảnh sau khi áp dụng createBackgroundSubtractorKNN (các vùng có màu xám được xác định là bóng của vật)*



Hình 12: *So sánh các cách xử lý ảnh bằng threshold*

5. Xác định vật thể

Ý tưởng:

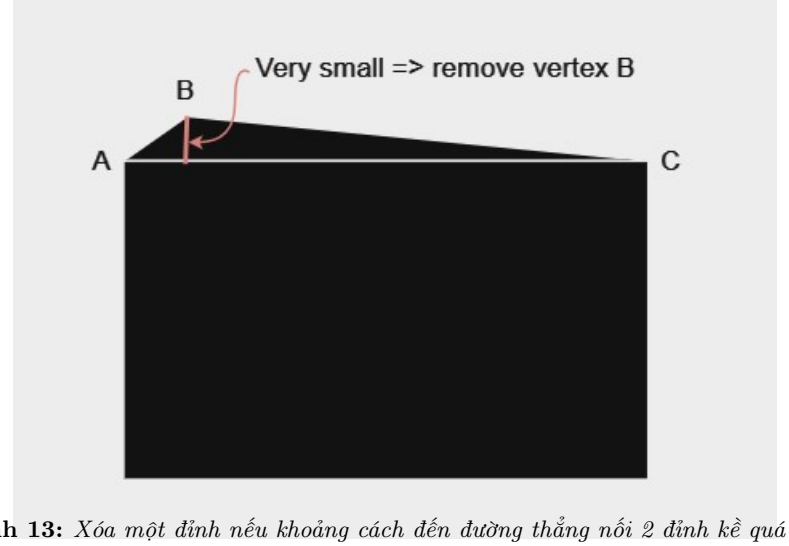
- Tạo một class item để lưu trữ vật khi phát hiện vật trên băng chuyền và tạo một mảng gồm các items đã được xác nhận
- Tạo 1 mảng gồm các item nhận được từ hàm cv2.findcontour
- Ứng với mỗi object trong mảng gồm các items đã được xác nhận, ta duyệt các phần tử trong mảng gồm các item nhận được từ hàm cv2.findcontour để tìm ra item gần với object nhất (với một ngưỡng khoảng cách xác định, nếu lớn hơn thì coi như object đó mất khỏi băng chuyền) rồi cập nhật object bằng các thông số của item gần nhất đó và đồng thời xóa item đó ra khỏi mảng
- Với những item nhận được từ hàm cv2.findcontour còn lại và nằm trong vùng nhận diện thì ta tạo mới object mới cho chúng và thêm vào mảng gồm các items đã được xác nhận
- Đối với những object không được cập nhật, ta có một biến dùng để đếm số lần biến đó không được cập nhật, nếu số lần đó vượt mức thì ta xóa biến đó mảng gồm các items đã được xác nhận

Hiện thực:

- Khai báo class item và mảng chứa các items đã được xác nhận:

```
class item:
    id: int
    shape: int
    center: list #coordinate of item (x, y)

    count_tam_giac = 0 #use to detect shape of item
    count_vuong = 0 #use to detect shape of item
    count_tron = 0 #use to detect shape of item
    count_unknow = 0 #use to detect shape of item

    count_ignore = 10 #decrease by one every item is not updated

    is_update = 0 #use to know object is updatep from item which are determined in
        cv2.findcontour
    is_detected = 0 #use to know object not in detect region

    is_push = 0
    def __init__(seft, id, center, shape):
        seft.is_push = 0
        seft.shape = shape
        seft.id = id

        seft.center = center
items: list[item] = []
```

- Xác định các vật thể từ hàm cv2.findcontour
  - Ta dùng hàm cv2.findcontour để xác định các vật thể xuất hiện trong khung hình
  - Tính diện tích của các vật thể đó, nếu vật thể đó quá nhỏ hoặc quá to thì ta bỏ qua để giảm nhiễu hình ảnh
  - Dùng hàm cv2.drawContours để bao bọc vật thể đó lại
  - Dùng hàm cv2.approxPolyDP để tìm các đỉnh vật thể đó và vẽ một hình chữ nhật bao bọc vật thể đó.
  - Giảm bớt các đỉnh của vật thể đó nếu khoảng cách từ một đỉnh đến 2 đỉnh liền kề nó quá nhỏ (< 10)



Hình 13: *Xóa một đỉnh nếu khoảng cách đến đường thẳng nối 2 đỉnh kề quá nhỏ*

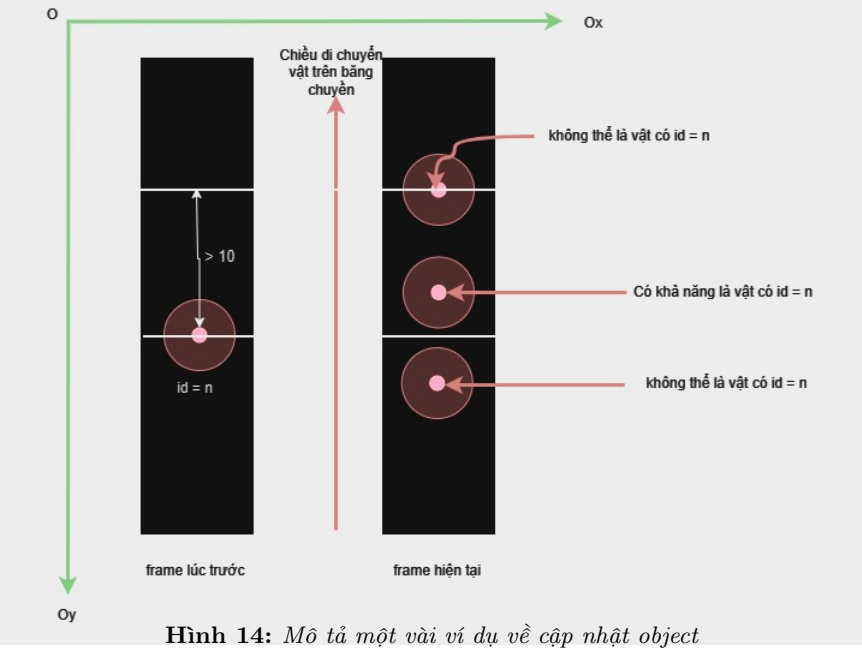
– Tạo mới một item gồm vật thể đó và gán nó vào danh sách các item được xác xác định trong hàm cv2.findcontour

```
def getContours(img, img_contour):
    contours, _ = cv.findContours(img, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_NONE)

    #list for object is determined from findcontour
    list_contours_object = []

    #detect item from cv2.findcontour
    for cnt in contours:
        area = cv.contourArea(cnt)
        #check area of object for prevent noise
        if ((area > 200) & (area < 5000)):
            #draw shape for around object
            cv.drawContours(img_contour, cnt, -1, (255, 0, 0), 2)

            #find number of vertex in this object
            peri = cv.arcLength(cnt, True)
            approx = cv.approxPolyDP(cnt, 0.02*peri, True)

            #draw rectangle for around object
            x, y, w, h = cv.boundingRect(approx)
            cv.rectangle(img_contour, (x, y), (x+w, y+h), (0,0,255), 2)
            #draw point in center of this rectangle
            center = [x+int(w/2), y+int(h/2)]
            cv.circle(img_contour, tuple(center), 1, (0,0,255), 2)


            shape: int = 0
            if len(approx) >= 8: shape = 5 #This is circle
            else:
                arr = convert_approx_to_list(approx)
                #filter for reduce vertex noise
                #remove vertex which has distance from it to two adjacent vertex very small
                shape = filter_for_remove_vectecx(arr)

            new_object = item(id, center, shape)
            list_contours_object.append(new_object)
```

- Cập nhật các object có trong danh sách gồm các object đã được xác nhận trước dựa trên danh sách

các item được xác xác định trong hàm cv2.findcontour

- Ứng với mỗi object có trong danh sách gồm các object đã được xác nhận trước ta duyệt qua danh sách các item được xác xác định trong hàm cv2.findcontour
- Nếu item mới có tọa độ điểm y lớn hơn tọa độ điểm y của object thì ta bỏ qua. Vì băng chuyền của chúng ta có chiều quay đẩy vật theo hướng ngược với trục Oy, nên nếu item mới có tọa độ điểm y lớn hơn thì chứng tỏ item đó không phải của object mà ta muốn update
- Xác định item được xác xác định trong hàm cv2.findcontour có khoảng cách đến object bé nhất. Nếu khoảng cách đó không quá lớn thì ta cập nhật object bằng các giá trị của item đó và xác nhận vật thể của object đó thông qua tham số shape của item vừa chọn đó
- Xóa item đó ra khỏi danh sách các item được xác xác định trong hàm cv2.findcontour.



Hình 14: *Mô tả một vài ví dụ về cập nhật object*

```python
def getContours(img, img_contour):
    contours, _ = cv.findContours(img, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_NONE)

    #list for object is determined from findcontour
    list_contours_object = []

    #detect item from cv2.findcontour
    for cnt in contours:
        #code in above
        None

    #update object in list "items" (list of object was detected before)
    for object in items:
        min_distance:int = 9999
        index_min_distance: int = 9999

        for i in range(len(list_contours_object)):

            distance = object.center[1] - list_contours_object[i].center[1]
            if distance < 0:
                continue
            if min_distance >= distance:
                index_min_distance = i
                min_distance = distance
```

```
25
26          if min_distance < 20:
27              min_object = list_contours_object[index_min_distance]
28
29              if object.is_detected == 0:
30                  object.detect_object_many_times(min_object.shape)
31
32              object.center = min_object.center
33              object.is_update = 1
34              cv.putText(img_contour, f"{object.shape}, {object.id}",
35                    tuple(object.center), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.3, (0,0,0), 1)
36              list_contours_object.remove(min_object)
```

Hàm `detect_object_many_times(seft, shape)` dùng để xác định hình dạng của item đó là tròn, vuông hay tam giác thông qua biến *shape* và các trạng thái trước đó của object

- Nếu item đó nằm ngoài vùng detect thì ta kết thúc hàm
- Nếu item có 3 lần liên tục tham số *shape* bằng nhau
  - Nếu item chưa được nhận diện trước đó ($seft.shape == 0$) thì ta mới kết luận hình dạng của item đó
  - Nếu item đã được nhận diện trước đó và có hình dạng khác với tham số *shape* thì ta cộng dồn biến $seft.count_unknow$ cho 1
    - Nếu giá trị của biến $seft.count_unknow >= 2$ thì ta gán biến $seft.shape = 0$

```
1  class item:
2      def detect_object_many_times(seft, shape):
3          if seft.is_detected == 1:
4              return
5          if shape == 3:#TAM_GIAC
6              seft.count_tam_giac += 1
7              seft.count_vuong = 0
8              seft.count_tron = 0
9              if seft.count_tam_giac >= 3:
10                 if seft.shape == 0:#UNKNOW
11                     seft.shape = 3 #TAM GIAC
12                     count_unknow = 0
13                 elif ((seft.shape == 4) | (seft.shape == 5)):
14                     seft.count_unknow += 1
15                     if seft.count_unknow >= 2:
16                         seft.shape = 0 #UNKNOW
17                         seft.count_vuong = 0
18                         seft.count_tam_giac = 0
19                         seft.count_tron = 0
20         elif shape == 4:#VUONG
21             #Similar to shape == 3
22             None
23         elif shape == 5:#TRON
24             #Similar to shape == 3
25             None
```

- Thêm các item còn lại trong danh sách các item nhận được từ hàm cv2.findcontour vào danh sách các items đã được xác nhận nếu item đó nằm trong vùng detect (các item mới được đặt trên băng chuyền)

```
1  def getContours(img, img_contour):
2      contours, _ = cv.findContours(img, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_NONE)
3
4      #list for object is determined from findcontour
```

```
    list_contours_object = []

    #detect item from cv2.findcontour
    for cnt in contours:
        #code in above
        None

    #update object in list "items" (list of object was detected before)
    for object in items:
        #code in above
        None

    #add new items from "list_contours_object" (items was detected in cv2.findcontour)
    for new_object in list_contours_object:
        #out of detect region
        if new_object.center[1] < point_detec:
            continue
        new_object.is_update = 1
        id += 1
        new_object.shape = 0
        items.append(new_object)

        cv.putText(img_contour, f"{new_object.shape}, {new_object.id}",
                    tuple(new_object.center), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.3, (0,0,0), 1)
```

- Xóa các object trong danh sách các items đã được xác nhận nếu nó không được update nhiều lần

```
def getContours(img, img_contour):
    contours, _ = cv.findContours(img, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_NONE)

    #list for object is determined from findcontour
    list_contours_object = []

    #detect item from cv2.findcontour
    for cnt in contours:
        #code in above
        None

    #update object in list "items" (list of object was detected before)
    for object in items:
        #code in above
        None

    #add new items from "list_contours_object" (items was detected in cv2.findcontour)
    for new_object in list_contours_object:
        #code in above
        None

    #remove object which was not updated
    items_remove = []
    for i in range(len(items)):
        object = items[i]
        if object.is_update == 0:
            items[i].count_ignore -= 1
            if items[i].count_ignore <= 0:
                items_remove.append(object)
        else:
            items[i].count_ignore = 10
            items[i].is_update = 0
    for i in items_remove:
```

```
34          items.remove(i)
```

- Tổng quát

```
def getContours(img, img_contour):
    contours, _ = cv.findContours(img, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_NONE)

    #list for object is determined from findcontour
    list_contours_object = []

    #detect item from cv2.findcontour
    for cnt in contours:
        #code in above
        None

    #update object in list "items" (list of object was detected before)
    for object in items:
        #code in above
        None

    #add new items from "list_contours_object" (items was detected in cv2.findcontour)
    for new_object in list_contours_object:
        #code in above
        None

    #remove object which was not updated
    items_remove = []
    for i in range(len(items)):
        #code in above
        None
    for i in items_remove:
        items.remove(i)
if __name__ == "__main__":
    #create foreground mask

    while 1:
        #init region image for conveyt

        #filter noise for image

        #draw line detect on display

        #detect object using cv2.findcontour
        getContours(detec, img_contour)
```

6. Kiểm tra vật thể đi qua các đường ranh

Duyệt qua từng phần tử của danh sách *items* (mảng gồm các items đã được xác nhận)

- Nếu vật phẩm đó đã được xác nhận (đi qua đường ranh detect)
  - Nếu vật phẩm đó đã được đẩy từ trước thì ta bỏ qua
  - Nếu vật phẩm là hình tam giác và nằm phạm vi đường ranh đẩy hình tam giác
    - Bật cờ vật phẩm đã được đẩy lên
    - Truyền tính hiệu xuống vi điều khiển để đẩy hình tam giác bằng giao tiếp UART
  - Tương tự cho hình vuông và tròn
- Ngược lại, nếu vật phẩm đó chưa được xác nhận: Kiểm tra vật phẩm có nằm trong phạm vi đường ranh xác nhận không, nếu có thì bật cờ vật phẩm đã được xác nhận lên

```
def checkThrough(data_serial):
    for item in items:
        if item.is_detected == 1:
            if item.is_push == 1:
                continue

            if item.shape == 3:
                if ((item.center[1] <= point_tam_giac + 10) & (item.center[1] >= point_tam_giac
                    - 10)):
                    item.is_push = 1
                    #send signal through UART
                    data_serial.write("3\r".encode())
            elif item.shape == 4:
                #Similar above
                None
            elif item.shape == 5:
                #Similar above
                None
        else:#item hasn't detected
            if ((item.center[1] <= point_detec + 10) & (item.center[1] >= point_detec - 10)):
                item.is_detected = 1
```

Tổng quát:

```
if __name__ == "__main__":
    #create foreground mask

    while 1:
        #init region image for conveyt

        #filter noise for image

        #draw line detect on display

        #detect object using cv2.findcontour
        getContours(detec, img_contour)

        #check object through line detect
        checkThrough(data_serial)
```

3.3 Xử lý động cơ

3.3.1 Ý tưởng

- Trước tiên chúng ta cần khởi tạo động cơ cho Servo bằng cách Setup trong ứng dụng Ardunio IDE
- Tạo một softwaretimer để theo dõi và kiểm soát thời gian của hệ thống nhằm đảm bảo một số tác vụ được diễn tra trong một khoảng thời gian nhất định.
- Dùng cơ chế UART kết nối giữa các con vi điều khiển với nhau. Được biết UART là một giao thức truyền thông tiêu chuẩn dựa trên chuẩn RS-232 (Recommended Standard 232). Nó thường được sử dụng để kết nối các vi điều khiển, cảm biến, mô-đun không dây và nhiều thiết bị khác trong các ứng dụng nhúng.
- Dữ liệu sẽ được truyền thông qua cơ chế UART để Servo xử lí các thao tác trong việc phân loại sản phẩm.

3.3.2 Hiện thực

Bảng thể hiện cách nối các chân của arduino với servo và màn hình LCD

Pin	Chức năng	
D2	Servo 1 (động cơ đẩy hình tròn)	OUTPUT
D3	Servo 2 (động cơ đẩy hình vuông)	OUTPUT
D4	Servo 3 (động cở đẩy hình tam giác)	OUTPUT
D13	LED blink mỗi 1 giây	OUTPUT
A4	SDA của LCD	OUTPUT
A5	SCL của LCD	OUTPUT

3.3.2.a Khởi tạo các động cơ servo

```
#include <Servo.h>
#define SERVO_1 2
#define SERVO_2 3
#define SERVO_3 4

Servo dong_co_1;
Servo dong_co_2;
Servo dong_co_3;

void init_servo(){
    dong_co_1.attach(SERVO_1);
    dong_co_2.attach(SERVO_2);
    dong_co_3.attach(SERVO_3);

    dong_co_1.write(180);
    dong_co_2.write(180);
    dong_co_3.write(180);
}
```

3.3.2.b Sử dụng Software-timer để quản lí thời gian thực hiện cho các tác của Servo

- Setup thời gian hiện thực cho các Servor

```
int timer_servo_1_count;
uint8_t timer_servo_1_flag;
void set_timer_servo_1(int duration){
  timer_servo_1_flag = 0;
  timer_servo_1_count = duration;
}
uint8_t get_timer_servo_1(){
  return timer_servo_1_flag;
}
```

- Setup thời gian thực hiện cho đèn led

```
int timer_led_blink_count;
uint8_t timer_led_blink_flag;
void set_timer_led_blink(int duration){
  timer_led_blink_count = duration;
  timer_led_blink_flag = 0;
}
uint8_t get_timer_led_blink(){
  return timer_led_blink_flag;
```

```
}
```

- Hiện thực 1 timer-run để báo hiệu các tác vụ hay một sự kiển được diễn ra.

```
void timer_run(){
  timer_servo_1_count --;
  if(timer_servo_1_count <= 0){
    timer_servo_1_flag = 1;
  }
  timer_led_blink_count --;
  if(timer_led_blink_count <= 0){
    timer_led_blink_flag = 1;
  }
}
```

3.3.2.c Servo sẽ nhận tín hiệu từ Uart để tiến hành xử lí

- Nhận tín hiệu

```
void recv_uart(){
    if(Serial.available()){
        String du_lieu = "";
        du_lieu = Serial.readStringUntil('\r');
        if(du_lieu == "1"){
            servo_state[0] = 1;
        }else if(du_lieu == "2"){
            servo_state[1] = 1;
        }else if(du_lieu == "3"){
            servo_state[2] = 1;
        }
}
```

- Xử lí dữ liệu

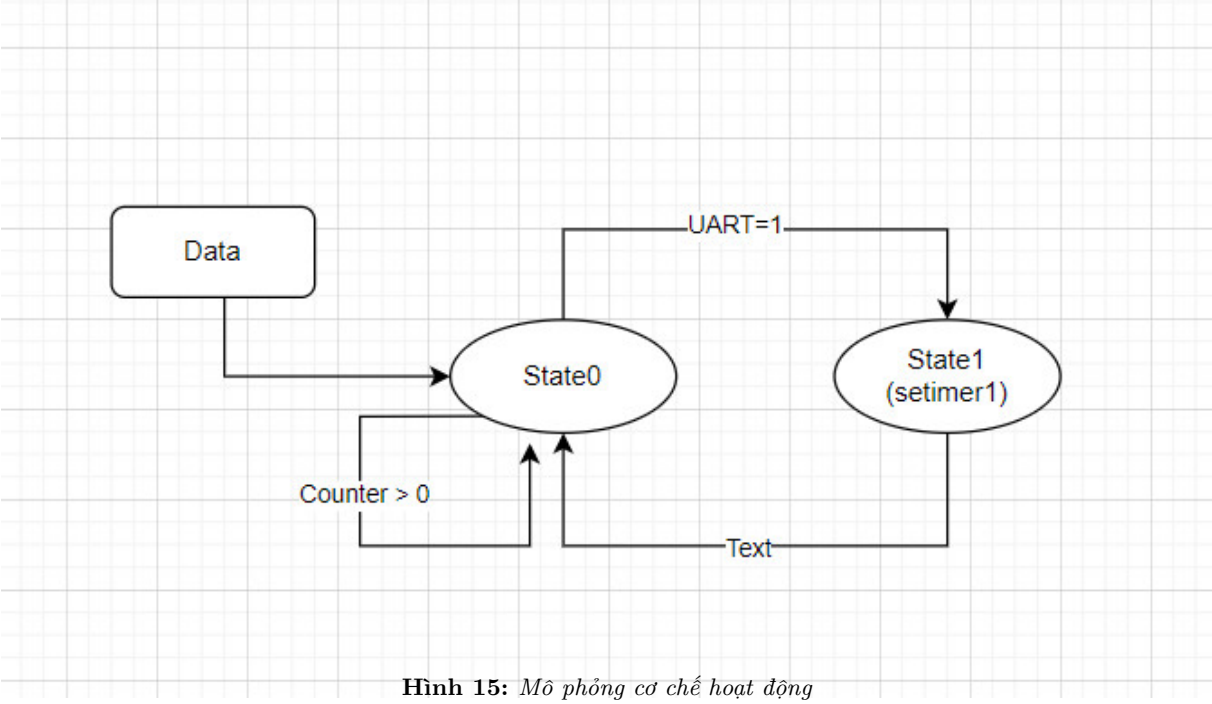
```
void uart_handle_servo_1(){
  switch(servo_state[0]){
    case 1:// Day vat
      dong_co_1.write(60);
      //set timer for waiting servo run
      set_timer_servo_1(30);
      servo_state[0] = 0;
      break;
    case 0:
      //return servo
      if(get_timer_servo_1() == 1){
        dong_co_1.write(0);
      }
      break;
    default: break;
  }
}
```

3.3.2.d Hệ thống sẽ thực hiện tự động

```
void loop() {
```

```
2
3       timer_run();
4       blink_led();
5
6       recv_uart();
7       uart_handle_servo_1();
8       uart_handle_servo_2();
9       uart_handle_servo_3();
10      delay(10);
11  }
```

3.3.2.e Mô phỏng cơ chế nhận và xử lí dữ liệu



Hình 15: *Mô phỏng cơ chế hoạt động*

4 Kết quả đạt được

Qua dự án này, chúng em học được những điều sau:

- Biết cách sử dụng raspberrypi: cài đặt hệ điều hành, sử dụng camera dành riêng cho raspberrypi, lập trình Python với thư viện OpenCV trên raspberrypi, ...
- Biết các kỹ thuật về xử lý ảnh cơ bản bằng cách sử dụng thư viện OpenCV
- Biết cách điều khiển động cơ servo bằng arduino
- Lập trình arduino

Video demo của dự án: Link video demo.

5 Phân công công việc

5.1 Phân công

Họ và tên	MSSV	Phân công công việc
Hoàng Hữu Hà	2113271	Xử lý ảnh, làm mô hình, làm báo cáo
Hồ Vũ Hoàng Hà	2210845	Xử lý động cơ, làm mô hình
Danh Sơn Hà	2013037	Xử lí động cơ, làm file thuyết trình

Tài liệu

[] Doxygen. *Image Thresholding.* Truy cập từ: https://docs.opencv.org/3.4/d7/d4d/tutorial_py_thresholding.html

[] Doxygen. *Contours : Getting Started.* Truy cập từ: https://docs.opencv.org/3.4/d4/d73/tutorial_py_contours_begin.html

[] Doxygen. *How to Use Background Subtraction Methods.* Truy cập từ: https://docs.opencv.org/3.4/d1/dc5/tutorial_background_subtraction.html

[] Q - engineering *Install OpenCV on Raspberry Pi.* August 10, 2023. Truy cập từ: https://qengineering.eu/install-opencv-on-raspberry-pi.html