1. Phần về xử lí ảnh.

* Tóm tắt tổng quan: lý do chọn pp xử lí ảnh, mục tiêu.

1. Tính toán chọn thiết bị và thông tin thiết bị sử dụng.

+ nguồn: thông tin về nguồn, điện áp vào ra, độ ổn định, công suất. 🡪tính phù hợp với đề tài

+ Camera: thông tin về camera, điện áp sử dụng, các dây tín hiệu và cách kết nối với nguồn, các phương thức giao tiếp, các câu lệnh. 🡪tính phù hợp với đề tài

+ rasp: thông tin về rasp, điện áp sử dụng, các dạng kết nối, tốc độ xử lí, khả năng lưu trữ, tiềm năng sử dụng nếu có nâng cấp.🡪tính phù hợp với đề tài

1. Sơ đồ kết nối, cài đặt.

* Sơ đồ kết nối
* Cấu hình cho camera thông qua app O2D200

1. Cơ sở lý thuyết cho việc truyền nhận dữ liệu.

* Phương thức truyền nhận dữ liệu TCP/IP.
* socket.

1. Viết chương trình truyền nhận dữ liệu (phân tích code).

* Thư viện socket.
* Cách truyền câu lệnh.
* Cách nhận data về và bóc tách để sử dụng.
* Kết quả, đánh giá chất lượng hình ảnh.

1. Chương trình xử lí ảnh.

* Lưu đồ từ 1 bức ảnh raw đến khi ra kết quả.
* Phân tích phương pháp được sử dụng (nguồn gốc, cơ sở toán), so sánh kết quả với các phương pháp tương tự, đánh giá về ưu điểm nhược điểm của từng phương pháp ( độ phức tạp ảnh hưởng đến thời gian giải quyết, kết quả của phương pháp).

1. Tổng kết.

* Kết quả đạt được: thời gian xử lí, độ chính xác,…
* Hạn chế: chưa tối ưu ở những phần nào
* Phát triển

1. **PHẦN XỬ LÝ ẢNH.**
2. **Yêu cầu, mục tiêu đặt ra và hướng tiếp cận vấn đề.**
   1. **Mục tiêu và tính cấp thiết đặt ra cho hệ thống xử lí ảnh.**

* *Mục tiêu xây dựng hệ thống.*
* xử lí ảnh của vật nhằm cho ra các thông tin về vật như hình dạng, trọng tâm, kích thước(px) và góc nghiêng.
* Xử lí ảnh nhanh, chính xác: Chúng ta muốn sử dụng các phương tiên tiến và tối ưu để đảm bảo xử lí ảnh nhanh chóng và đáng tin cậy. Các phương này sẽ được thiết kế để áp dụng các phép biến đổi, phân tích và nhận dạng đối tượng trên ảnh một cách chính xác và hiệu quả.
* Tự động hóa việc xử lí ảnh: Để đơn giản hóa quá trình xử lí ảnh, chúng ta muốn tạo ra một hệ thống tự động hóa, không cần phải nhập thông số cụ thể từ người dùng. Điều này đòi hỏi chúng ta phải sử dụng thuật toán thông minh, có khả năng học từ dữ liệu và tự động tìm ra các đặc trưng quan trọng trong ảnh. Hệ thống sẽ thực hiện các phép biến đổi và phân tích ảnh một cách tự động và đáng tin cậy.

Tổng hợp lại, mục tiêu của chúng ta là phát triển một hệ thống xử lí ảnh nhanh, chính xác và tự động hóa quá trình xử lí ảnh mà không cần phải nhập thông số. Điều này sẽ giúp chúng ta đạt được hiệu suất cao và tính linh hoạt trong các ứng dụng xử lí ảnh trên máy tính và các thiết bị xử lí tương tự.

* *Tính cấp thiết.*
* Xử lý ảnh là một lĩnh vực yêu cầu tài nguyên tính toán lớn, dẫn đến nhu cầu tối ưu hóa hiệu suất và tốc độ xử lý. Các thuật toán xử lý ảnh cần được thiết kế sao cho nhanh chóng và hiệu quả, đặc biệt khi xử lý các ảnh có độ phân giải cao hoặc khi ứng dụng yêu cầu xử lý thời gian thực.
* Việc xử lý ảnh đòi hỏi một lượng bộ nhớ lớn, và quản lý bộ nhớ hiệu quả là một thách thức quan trọng. Trong C#, việc sử dụng đúng cách bộ nhớ động (heap) và bộ nhớ tĩnh (stack), cùng với việc tối ưu hóa việc phân bổ và giải phóng bộ nhớ, sẽ giúp tránh các vấn đề như rò rỉ bộ nhớ và làm chậm ứng dụng.
* Đảm bảo độ chính xác của các thuật toán xử lý ảnh là rất quan trọng. Các thuật toán phải hoạt động ổn định và chính xác trên nhiều loại ảnh khác nhau, từ ảnh có chất lượng tốt đến ảnh bị nhiễu hoặc mờ. Việc kiểm tra, đánh giá và cải thiện độ chính xác của các thuật toán thông qua các bộ dữ liệu thử nghiệm và các tiêu chí đánh giá như mức độ chính xác của biên, độ nhạy và độ đặc hiệu là cần thiết.
* Ứng dụng xử lý ảnh không chỉ hoạt động độc lập mà còn cần tương thích và tích hợp với các hệ thống và ứng dụng khác.
* Ảnh số có thể được lưu trữ dưới nhiều định dạng khác nhau như JPEG, PNG, BMP, TIFF, và mỗi định dạng có các ưu và nhược điểm riêng. Việc chuyển đổi giữa các định dạng và lưu trữ ảnh một cách hiệu quả là một vấn đề nghiên cứu cần được giải quyết. Điều này bao gồm việc nén ảnh mà không làm giảm chất lượng quá nhiều, lưu trữ và truy xuất ảnh một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Giải quyết các vấn đề nghiên cứu trên không chỉ giúp phát triển một ứng dụng xử lý ảnh xám hiệu quả và chất lượng mà còn đảm bảo rằng ứng dụng của bạn có thể hoạt động ổn định, bảo mật và dễ dàng tích hợp vào các hệ thống khác. Việc xác định rõ ràng và giải quyết các vấn đề này sẽ là bước đệm vững chắc để bạn đạt

* 1. **Lựa chọn và so sánh các phương pháp xử lí.**

Xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo (AI) và xử lí ảnh bằng thuật toán là hai phương pháp phổ biến để xử lí và phân tích dữ liệu hình ảnh. Dưới đây là một số khác biệt chính giữa hai phương pháp này:

* *Đặc điểm.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Các phương pháp xử lí | Phương pháp xử lí ảnh bằng thuật toán. | Phương pháp xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo. |
| Thuật toán | Thuật toán xử lí ảnh thường được thiết kế và triển khai theo quy tắc và quy trình cụ thể. | Xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo sử dụng các mô hình học máy hoặc mạng nơ-ron nhân tạo để tự động học và trích xuất thông tin từ dữ liệu hình ảnh. |
| Quy trình thực hiện | Các thuật toán xử lí ảnh thông thường dựa trên các phép biến đổi toán học và xử lí tín hiệu, chẳng hạn như lọc thông thấp, lọc nhiễu, phát hiện biên, phân đoạn ảnh, và mô hình màu. | Các thuật toán học máy và mạng nơ-ron nhân tạo có khả năng tự điều chỉnh và học từ dữ liệu, giúp cải thiện độ chính xác theo thời gian. |
| Yêu cầu | Các thuật toán này thường yêu cầu kiến thức chuyên môn về xử lí ảnh và thường được viết và tối ưu cho một mục đích cụ thể. | Xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo có thể thực hiện các tác vụ phức tạp như nhận dạng đối tượng, phân loại, phát hiện khuôn mặt, nhận dạng văn bản, và tạo ảnh mới dựa trên dữ liệu huấn luyện. |
| Ứng dụng | Xử lí ảnh bằng thuật toán có thể cung cấp kết quả hiệu quả cho các tác vụ xử lí đơn giản và có cấu trúc rõ ràng. | Phương pháp này có thể tự động học và tùy chỉnh cho từng tác vụ cụ thể và có khả năng khai thác thông tin phức tạp trong dữ liệu hình ảnh. |

* *Ưu điểm và nhược điểm.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Phương pháp xử lí ảnh bằng thuật toán. | Phương pháp xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo. |
| Ưu điểm | Quy tắc rõ ràng: Các thuật toán xử lí ảnh dựa trên quy tắc và quy trình cụ thể, giúp hiểu rõ logic và cách hoạt động của từng bước xử lí.  Hiệu suất: Vì được thiết kế và tối ưu cho mục đích cụ thể, các thuật toán xử lí ảnh thông thường thường có thể thực hiện nhanh chóng và hiệu quả cho các tác vụ đơn giản và có cấu trúc rõ ràng. | Khả năng học tự động: Trí tuệ nhân tạo và học máy cho phép mô hình tự động học từ dữ liệu và cải thiện độ chính xác theo thời gian.  Xử lí dữ liệu phức tạp: Xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo có khả năng xử lí dữ liệu hình ảnh phức tạp và trích xuất thông tin phức tạp như nhận dạng đối tượng, phân loại, và phát hiện. |
| Nhược điểm | Giới hạn linh hoạt: Các thuật toán xử lí ảnh thông thường thường chỉ áp dụng cho một tác vụ cụ thể và không linh hoạt trong việc tự động học và thích ứng với dữ liệu mới.  Khó khăn trong xử lí dữ liệu phức tạp: Khi đối mặt với dữ liệu hình ảnh phức tạp, các thuật toán xử lí ảnh thông thường có thể gặp khó khăn trong việc trích xuất thông tin và đưa ra kết quả chính xác. | Yêu cầu dữ liệu huấn luyện lớn: Để đạt được độ chính xác cao, mô hình trí tuệ nhân tạo thường yêu cầu một lượng lớn dữ liệu huấn luyện, và việc thu thập và gán nhãn dữ liệu có thể tốn kém và công phu. |

Tóm lại, xử lí ảnh bằng thuật toán phụ thuộc vào quy tắc và quy trình xử lí ảnh, trong khi xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo sử dụng khả năng học máy và trí tuệ nhân tạo để tự động học và trích xuất thông tin từ dữ liệu hình ảnh. Xử lí ảnh bằng thuật toán có ưu điểm về quy tắc rõ ràng và hiệu suất, trong khi xử lí ảnh bằng trí tuệ nhân tạo có ưu điểm về khả năng học tự động và xử lí dữ liệu phức tạp. Cả hai phương pháp đều có ứng dụng và ưu điểm riêng, tuỳ thuộc vào tác vụ và mục đích sử dụng cụ thể. Thông qua những định nghĩa và so sánh trên, đối với việc nhận diện những tính chất có độ phức tạp thấp như hình dạng, kích thước, trọng tâm và góc nghiêng của vật thì có thể thấy được việc xử lí bằng thuật toán sẽ phù hợp hơn với các yêu cầu đã được đặt ra.

1. **Lắp đặt thiết bị chụp ảnh và quy trình truyền nhận dữ liệu.**
   1. **Mô hình lấy ảnh .**
      1. **Lắp đặt thiết bị.**

A box on a conveyor belt

Description automatically generated

Hình 1. Lắp đặt camera

Camera được gá ở giữa băng tải và khoảng cách từ bề mặt chụp của camera đến bề mặt băng tải là 40cm, cạnh bên camera được gắn thêm cảm biến đo khoảng cách để có thể đo được chiều cao của vật và mô hình được trang bị 2 đèn chiếu sáng có thể tùy chỉnh được độ sáng.

* + 1. **Thông tin thiết bị.**
* Camera O2D222

An orange and black electronic device

Description automatically generated

Hình 2. Camera O2D222.

* *Thông số cơ học*

|  |  |
| --- | --- |
| Trọng lượng (g) | 436 |
| Kích thước (mm) | 60 x 42 x 53.5 |

* *Điều kiện hoạt động*

|  |  |
| --- | --- |
| Nhiệt độ môi trường hoạt động (°C) | -10 … 60 |
| Nhiệt độ bảo quản (°C) | -40 … 85 |
| Khả năng chống nước | IP 67 |

* *Đặc tính camera*

|  |  |
| --- | --- |
| Loại ánh sáng | Ánh sáng hồng ngoại |
| Độ phân giải hình ảnh (px) | 640x480 |
| Tốc độ đọc tối đa (Hz) | 20 |
| Loại ống kính | Góc rộng |

* *Thông số điện*

|  |  |
| --- | --- |
| Dung sai điện áp hoạt động (%) | 10 |
| Điện áp hoạt động (V) | 24 DC |
| Mức tiêu thụ dòng điện (mA) | 300 |
| Bảo vệ ngắn mạch | Có |
| Bảo vệ quá tải | Có |

* *Giao tiếp*

|  |  |
| --- | --- |
| Chuẩn kết nối | Ethernet (1 cổng) |
| Giao thức truyền thông | TCP/IP; Ethernet/IP |
| Địa chỉ cài đặt gốc | Địa chỉ IP:192.168.0.49 |

* 1. **Kết nối truyền nhận dữ liệu và cài đặt camera.**
     1. **Sơ đồ kết nối.**

A diagram of a device

Description automatically generated

Hình 3. Sơ đồ kết nối camera với PC và nguồn điện.

* + 1. **Cấu hình camera.**
    2. **Truyền nhận dữ liệu từ camera đến PC.**

Truyền nhận dữ liệu từ camera đến PC được thực hiện thông qua gia thức TCP/IP.

* Định nghĩa TCP/IP.

TCP/IP là cụm từ viết tắt của Transmission Control Protocol/Internet Protocol hay còn gọi là giao thức điều khiển truyền nhận/ Giao thức liên mạng. Đây là một bộ các giao thức truyền thông được sử dụng để kết nối các thiết bị mạng với nhau trên internet. TCP/IP cũng có thể được sử dụng như một giao thức truyền thông trong mạng máy tính riêng (mạng nội bộ). Trong đó, bộ Giao thức internet – một tập hợp các quy tắc và thủ tục – thường gọi là TCP/IP (TCP/IP Protocol) TCP và IP là hai giao thức chính bên cạnh những giao thức khác trong bộ. Bộ giao thức TCP/IP hoạt động như một lớp trừu tượng giữa các ứng dụng internet và hạ tầng router/switch.TCP/IP chỉ định cách dữ liệu được trao đổi qua internet. Nó thực hiện bằng cách cung cấp thông tin liên lạc đầu cuối. Từ đó xác định cách nó được chia thành các packet, xác định địa chỉ, truyền dẫn, định tuyến và nhận dữ liệu. TCP/IP được thiết kế để đảm bảo độ tin cậy, nó có khả năng khôi phục tự động khi gặp sự cố trong quá trình truyền dữ liệu.

* Nguyên lý hoạt động của TCP/IP.

Giao thức TCP/IP, IP đóng góp một vai trò cực kỳ quan trọng. Như tên gọi đã nói lên tất cả, TCP/TP là sự kết hợp giữa 2 giao thức. IP cho phép máy tính chuyển tiếp gói tin tới một máy tính khác. Thông qua một hoặc nhiều khoảng (chuyển tiếp) gần với người nhận gói tin. Còn TCP sẽ giúp kiểm tra các gói dữ liệu xem có lỗi không sau đó gửi yêu cầu truyền lại nếu có lỗi được tìm thấy.

Như vậy, để trả lời cho câu hỏi về quy cách hoạt động của TCP/IP là gì thật ra rất đơn giản. Bạn có thể hình dung việc truyền tin trên Internet tựa như một dây chuyền sản xuất. Các công nhân sẽ lần lượt chuyền các bán thành phẩm qua những giai đoạn khác nhau để bổ sung hoàn thiện sản phẩm. Khi đó, IP giống như là quy cách hoạt động của nhà máy, còn TCP lại đóng vai trò là một người giám sát dây chuyền, đảm bảo cho dây chuyền liên tục nếu có lỗi xảy ra.

* Thực hiện liên kết truyền tin thông qua thư viện socket.

Về giao thức TCP/IP, cần quan tâm đến địa chỉ và cổng của server/client muốn kết nối. Quy trình kết nối và ra lệnh để camera chụp ảnh:

A diagram of a network

Description automatically generated

Hình 4. Sơ đồ thực hiện liên kết truyền nhận dữ liệu.

1. **Quy trình thu thập và xử lí dữ liệu.**
   1. **Xác định hướng tiếp cận.**

Mục tiêu của phần xử lí ảnh là xác định được hình dạng, kích thước, trọng tâm và góc nghiên của vật từ đó có thể ứng dụng cho việc cầm nắm vật chính xác cùng với đó là phân loại.

Ở đây nhóm đã nghiên cứu ra 2 hướng tiếp cận chính để giải quyết vấn đề này, sử dung thuật toán Humomen hoặc thuật toán Hough Transform để giải quyết vấn đề này, để có cái nhìn chính xác về 2 phương pháp và tìm được phương pháp phù hợp để áp dụng.

1. Phân tích ảnh bằng thuật toán Hough Moment.

Hay còn gọi là các Moment Bất Biến Hu, là một tập hợp các tham số được trích xuất từ hình ảnh, có khả năng mô tả các đặc điểm hình dạng của đối tượng một cách bất biến dưới các phép biến đổi như tịnh tiến, xoay và thu phóng. Thuật toán này được đề xuất bởi Hu Ming-Kuei vào năm 1962.

* *Tính Bất Biến Dưới Các Phép Biến Đổi Hình Học.*
  1. Tịnh Tiến (Translation Invariance)

Hu Moments được xây dựng từ các moment trung tâm, có nghĩa là chúng không bị ảnh hưởng bởi sự tịnh tiến của đối tượng trong hình ảnh. Các moment trung tâm 𝜇𝑖𝑗μij​ loại bỏ ảnh hưởng của vị trí thông qua việc sử dụng tọa độ trọng tâm (𝑥ˉ,𝑦ˉ).

* 1. Xoay (Rotation Invariance)

Các moment Hu bao gồm các tổ hợp đặc biệt của các moment trung tâm, đảm bảo rằng chúng không thay đổi khi hình ảnh quay quanh điểm trọng tâm. Điều này giúp bảo tồn các đặc trưng hình dạng bất kể hướng của đối tượng trong hình ảnh.

* 1. Thu Phóng (Scale Invariance)

Moment tỷ lệ 𝜂𝑖𝑗​ được chuẩn hóa để loại bỏ ảnh hưởng của kích thước đối tượng. Điều này được thực hiện bằng cách chia cho , giúp các moment trở nên bất biến dưới phép biến đổi thu phóng.

* *Tính Độc Lập và Đặc Trưng.*
  1. Mỗi moment Hu mang lại một khía cạnh khác nhau của hình dạng đối tượng:
     + Hu Moment 1: Tổng hợp sự phân bố tổng quát của khối lượng đối tượng.
     + Hu Moment 2: Phản ánh sự khác biệt và mức độ đối xứng đối với các trục chính.
     + Hu Moment 3-7: Nhạy cảm với các đặc trưng phức tạp hơn của hình dạng, như sự phân bố và tương tác giữa các moment bậc ba, thể hiện các đặc tính bất đối xứng và các biến đổi phức tạp của hình dạng.
* *Cách áp dụng.*

Để nhận diện hình dạng, ta cần so sánh các Hu Moments của hình ảnh đầu vào với các mẫu đã biết. Dựa trên khoảng cách nhỏ nhất, ta có thể xác định hình dạng tương ứng với mẫu có Hu Moments gần nhất. Điều này cho phép nhận diện hình dạng một cách chính xác.

1. Phân tích ảnh bằng 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. Dưới đây là mô tả chi tiết về tính chất thuật toán Hough Transform.

* Phát Hiện Hình Dạng Hình Học Cụ Thể
  1. 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).
  2. 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.
  3. 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
  1. 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
  1. 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
  1. 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
  1. 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
  1. 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.

1. **So sánh.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tính chất | Hough Transform | Hu’s Momen |
| Định nghĩa | Phát hiện đặc trưng hình học cụ thể | Mô tả hình dạng bằng các Moment bất biến |
| Ứng dụng | Phát hiện đường thẳng, tròn, elip | Nhận diện kí tự, phân loại, đối tượng y học |
| Ưu điểm | Hiệu quả trong phát hiện hình dạng cụ thể , không nhạy cảm với nhiễu, độc lập tỷ lệ và xoay | Tính bất biến cao, hiệu quả cho hình dạng phức tạp |
| Nhược điểm | Tốn tài nguyên tính toán, không phù hợp cho hình dạng phức tạp | Nhạy cảm với nhiễu, không trực quan. |

1. **Kết luận.**

* Hough Transform: Phù hợp khi cần phát hiện các hình dạng hình học rõ ràng và cụ thể trong hình ảnh, đặc biệt là khi hình ảnh chứa nhiều nhiễu.
* Hu Moments: Thích hợp cho việc nhận dạng và phân loại các hình dạng phức

Theo tính chất của yêu cầu là chiết xuất ra được các thông số cụ thể về kích thước và góc nghiên của vật nên sẽ ưu tiên chọn phương pháp Hough Transform làm hướng giải quyết vấn đề.

* 1. **Hình thành quy trình xử lí ảnh.**

Ở phần trước, đã xác định được phương hướng giả quyết vấn đề là sử dụng thuật toán Hough Transform để thực hiện việc nhận dạng vật thể, đo kích thước (px), trọng tâm và góc nghiên.Phần sau sẽ xây dựng quá trình đi từ 1 bức ảnh xám được chụp từ camera cho đến khi trích xuất được các tính chất từ ảnh xám này.

* + 1. **Cách thực hiện Hough Transform.**

Yêu cầu ảnh đầu vào của thuật toán Hough Transform là hình ảnh chứa các cạnh 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.

r = x. cos(θ) + y.sin(θ) (1)



Hình 5. Đường thẳng được biểu diễn thông qua r và θ

Không gian biến đổi có 2 chiều và mọi điểm trong không gian biến đổi được sử dụng làm bộ tích lũy để phát hiện hoặc xác định một đường được mô tả bởi phương trình (1). Mỗi điểm trong các cạnh được phát hiện trong hình ảnh đều đóng góp vào bộ tích lũy.

A black and white image of a rectangle

Description automatically generated

Hình 6. Với hình ảnh cạnh biên là đầu vào (a), qua biến đổi Hough Transform sẽ cho ra kết quả (b)

Với mỗi điểm có tọa độ (x,y) trên hình 6(a) được thế vào phương trình (1) và 𝜃 sẽ được di chuyển từ 0° đến 180° để tìm ra r, mỗi lần như vậy sẽ vẽ ra được 1 sóng hình sin và những ô ảnh được sóng hình sin đi qua sẽ được tích lũy 1 giá trị. Sau khi đã đi qua hết các điểm trên hình (a) sẽ nhận được 1 bộ tích lũy giá trị như hình (b).

A blurry image of a light beam

Description automatically generated

Hình 7. Phóng to hình 6(b), chấm đỏ là những điểm có giá trị tích lũy cao

Tiếp theo từ hình (b) tìm ra các điểm có giá trị cao nhất từ hình (b) bằng cách phân ngưỡng và chia nhóm để cho ra được các cặp (r, 𝜃), đưa vào phương trình (1) thì sẽ cho ra được các phương trình đường thẳng. Từ các đường thẳng này có thể tìm ra được cách đỉnh, trung tâm, các góc hợp bởi các đường thẳng từ đó có thể dựa vào tính chất hình học để phân loại.

A black background with red squares and lines

Description automatically generated

Hình 8. Các đường thẳng được chọn từ các điểm nổi bật trong hình 6(b).

* + 1. **Xử lí đầu vào cho phương pháp Hough Transform.**

Như đã biết ở phần trước, để có được kết quả từ thuật toán Hough Transform yêu cần đầu vào cần phải có được ảnh cạnh biên của vật. Hiện nay có nhiều phương pháp để tách biên của vật thể, 2 phương pháp phổ biến nhất và thường được sử dụng là phương pháp Sobel và Canny.

Bảng so sánh dưới đây sẽ đưa ra tính chất, ưu điểm, nhược điểm, ứng dụng, hiệu suất, độ nhạy với nhiễu của hai phương pháp này; từ đó có thể đưa ra lựa chọn phưng pháp nào phù hợp để thực hiện.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Phương pháp | Sobel | Canny |
| Tính chất | Sử dụng mặt nạ 3x3 để tính Gradient theo hướng x và y.  Tính toán tổng hợp từ 2 hướng | Sử dụng thuật toán Gaussian để giảm nhiễu trước khi tính gradient.  Tính độ lớn Gradient bằng mặt nạ 3x3.  Tính hướng của gradient để tìm ra hướng của cạnh.  Sử dụng Non-maximum suppression để chỉ giữ lại 1 điểm có giá trị cục bộ cao nhất  Sử dụng 2 ngưỡng để lọc điểm ảnh |
| Ưu điểm | Dễ triển khai  Hiệu quả trong việc phát hiện đường biên theo hướng ngang và dọc. | Độ chính xác cao trong phát hiện cạnh biên.  Giảm nhiễu hiệu quả.  Đảm bảo tính liên tục của đường biên.  Cạnh biên mỏng. |
| Nhược điểm | Không nhạy cảm với nhiễu.  Độ chính xác không cao đối với các chi tiết nhỏ. | Tốn thời gian tính toán xử lí.  Cần phải lựa chọn các ngưỡng phù hợp |
| ứng dụng | Thích hợp cho các ứng dụng nhanh, đơn giản, ít quan tâm đến nhiễu | Thích hợp cho ứng dụng có yêu cầu chính xác cao và khả năng giảm nhiễu,đặc biết trong các ứng dụng thị giác máy và nhận dạng hình ảnh phức tạp. |
| Hiệu suất | Tốc độ xử lí nhanh hơn do ít bước thực hiện | Tốc độ xử lí chậm hơn do nhiều bước thực hiện |
| Độ nhạy với nhiễu | Nhạy cảm với nhiễu do không có bước lọc nhiễu. | Giảm nhiễu hiệu quả do có bước lọc nhiễu trước khi tính Gradient, ít nhạy cảm với nhiễu hơn. |

Từ những so sánh trên của 2 phương pháp, ta thấy được rõ ràng là ưu điểm của phương pháp Canny phù hợp để xử lý ảnh cho đầu vào của thuật toán Hough Transform như lọc nhiễu tốt hơn, cạnh biên mỏng hơn, đường biên liên tục hơn. Quyết định lựa chọn phương pháp Canny để xử lí dữ liệu đầu vào cho phương pháp Hough Transform.

* + - 1. **Triển khai phương pháp Canny.**
* Bước 1: Làm mịn ảnh.

1. Mục tiêu của bước này là làm mờ ảnh để lọc nhiễu. Đối với bước này có thể sử dụng bộ lọc Gaussian, nhưng ở đây nhóm tận dụng chức anwng điều chỉnh tiêu cự của camera O2D222 để làm mờ ảnh nhằm tăng tốc độ xử lí ảnh cho máy tính

* Bước 2: Tính Gradient của ảnh.
  1. 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.
  2. Sử dụng các bộ lọc Sobel để tính Gradient theo hướng x và y:

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

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)

* 1. Tính độ lớn và hướng Gradient:

G =

𝜃 = arctan ()

* Bước 3: Non-maximum suppression
  + - 1. 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.

1. Với mỗi điểm ảnh, kiểm tra các điểm lân cận theo hướng gradient(𝜃).
2. Giữ lại nếu nó là điểm cực đại so với điểm lân cận.

* Bước 4: Ngưỡng kép.

1. Ngưỡng kép giúp phân loại các điểm ảnh thành biên mạnh, biên yếu và không phải là biên.
2. Áp dụng hai ngưỡng: ngưỡng cao (TH ​) và ngưỡng thấp (TL​).
3. Biên mạnh: điểm ảnh có giá trị gradient lớn hơn TH ​.
4. Biên yếu: điểm ảnh có giá trị gradient giữa TL và TH .
5. Không phải là biên: điểm ảnh có giá trị gradient nhỏ hơn TL ​.

* Bước 5: Theo dõi đường biên bằng ngưỡng (Edge tracking by hysteresis)

1. 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.
2. Duyệt qua tất cả các điểm ảnh:
3. Nếu điểm ảnh là biên mạnh, giữ lại.
4. Nếu điểm ảnh là biên yếu và có ít nhất một điểm ảnh lân cận là biên mạnh, giữ lại.

* Kết quả đạt được sau khi áp dụng thuật toán Canny với ảnh mức xám và thiết lập 2 ngưỡng là TL = 15 và TH = 20.

A black and white image of a rectangular object

Description automatically generated

Hình 9. Kết quả xử lí từ ảnh mức xám thành ảnh biên binary.

* **Nhận xét:**
* Đánh giá ảnh có thể lấy ảnh lọc nhiễu tốt, chỉ còn nhiễu nhỏ ở 1 vài điểm ở ngoài phạm vi biên của vật.
* Các biên kết nối với nhau chưa tốt, bên trong còn xuất hiện các nhiễu nằm trên vật.
* Trong quá trình thực hiện phải nhập ngưỡng thấp (TL) và ngưỡng cao (TH) việc này làm ngắt sự tự động hóa của quá trình do mỗi ảnh đều có TL và TH riêng.
* Chưa đạt yêu cầu để đưa vào thuật toán Hough Transform để tính toán.
  + - 1. Thuật toán phân ngưỡng Otsu.

Nguyên nhân bức ảnh chưa đạt yêu cầu ở phần trước là vì khi đưa một hình mức xám vào các giá trị của gradient sẽ giao động từ 0 đến 255 khiến cho việc xác định TL và TH trở nên khó khăn. Cộng với việc có nhiều nhiễu nằm bên trong vật không lọc được khiến cho đầu vào của thuật toán Hough Transform không được tốt (liên hệ với phần sau).

Cách khắc phục được đề xuất là sử dụng thuật toán Otsu để đưa bức ảnh xám về bức ảnh binary sẽ khiến việc xác định TL và TH trở nên dễ dàng. Liên kết đường biên cũng trở nên liên tục và rõ ràng hơn.

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.

Mục tiêu của thuật toán Otsu là tìm một ngưỡng phù hợp để chia histogram của ảnh thành các lớp sao cho tổng phương sai giữa các lớp (inter-class variance) là lớn nhất. Điều này đảm bảo rằng sự khác biệt giữa hai lớp là rõ ràng nhất.

* *Triển khai thuật toán Otsu*
* Bước 1: Tính histogram và xác suất xuất hiện của các mức xám

1. Duyệt qua tất cả các pixel trong ảnh để tính histogram.
2. Tính xác suất xuất hiện của mỗi mức xám P(i):

P(i) =

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 =

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

1. 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]
2. Tính xác suất và giá trị trung bình của mỗi lớp:
   * Tổng xác suất của lớp 1:

ω0 =

* + Tổng xác suất của lớp 2:

ω1 =

* + Tổng xác suất của lớp 3:

ω2 =

* + Giá trị trung bình của lớp 1:

μ0 =

* + Giá trị trung bình của lớp 2:

μ1 =

* + Giá trị trung bình của lớp 3:

μ2 =

* Bước 4: Tính tổng phương sai giữa các lớp

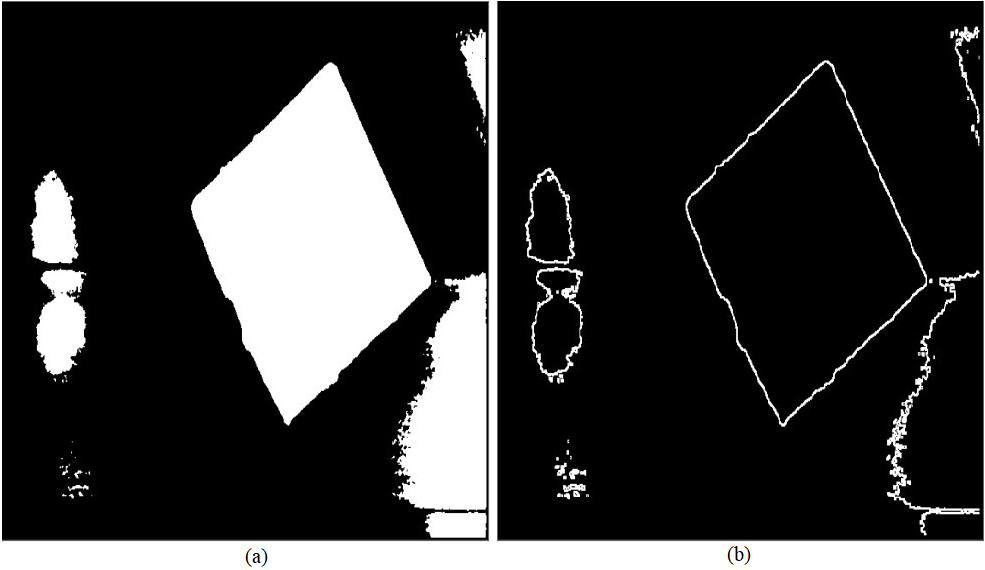
Tính tổng phương sai giữa các lớp ​:

​ = ω0 . + ω1 . + ω2 .

* Bước 5: Tìm ngưỡng tối ưu

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

* Kết quả đạt được: bị nhiễu ở một số vùng do điều kiện ánh sáng và môi trường ảnh thưởng, nhưng nhìn sang ảnh (b) các cạnh đường biên của vật thể đã được làm rõ hơn và liên tục, thuật toán Canny ở lần xử lí này sẽ ở một ngưỡng cố định tại vì đầu vào là ảnh binary nên khi đạo hàm thì sẽ được 2 giá trị là 0 và 255.



Hình 10. Kết quả sau khi áp dụng thuật toán Otsu để phân ngưỡng ảnh.

* + - 1. Sử dụng thuật toán BFS để đánh dấu và loại bỏ những vùng nhỏ.

Điều cần làm tiếp theo là lọc bỏ đi những vùng không cần thiết. Nhận thấy được rằng các vùng nhiễu sáng luôn có diện tích nhỏ hơn vật thể, từ đó có thể dựa vào tính chất này để tiến hành loại bỏ đi những vùng không cần thiết.

* *Quy trình loại bỏ đi những vùng trắng nhỏ trong ảnh nhị phân.*

1. Phân loại các vùng liên thông bằng thuật toán BFS
2. Tính diện tích mỗi vùng
3. Tìm ra vùng có diện tích lớn nhất
4. Tạo ảnh chỉ giữ lại vùng có diện tích lớn nhất.

Sau khi thực hiện quy trình trên đạt được kết quả của việc tách biên của vật như như hình 3a.

A white rectangle on a black background

Description automatically generated

Hình 11. Kết quả đạt được sau khi áp dụng thuật toán BFS.

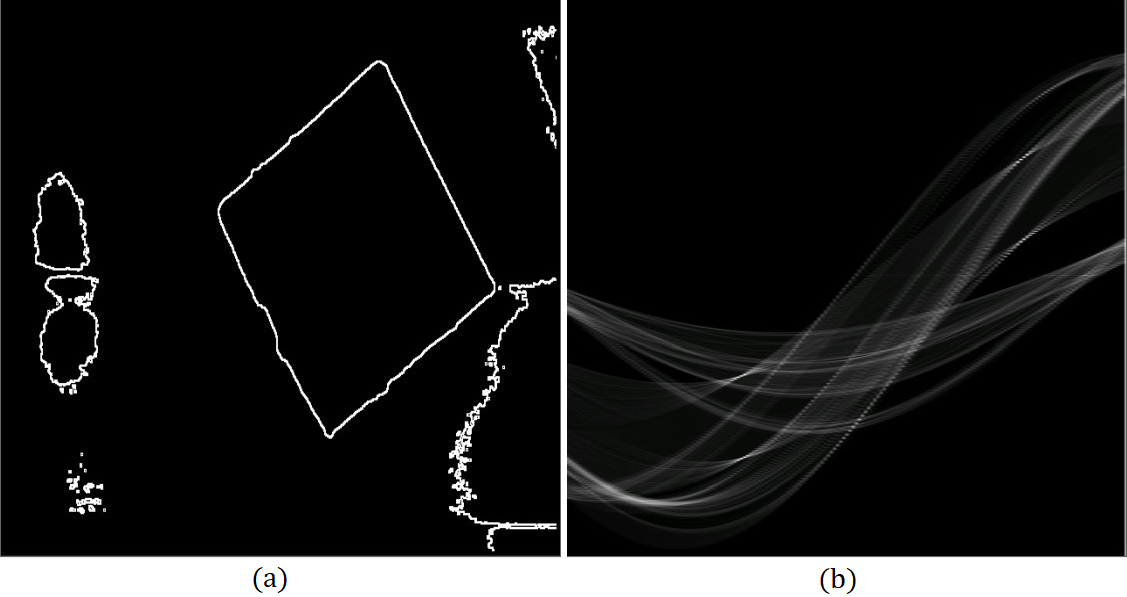
* *Đánh giá kết quả:*

Sau khi trải qua bước này, ảnh đã đạt yêu cầu là chỉ giữ lại những cạnh biên, nhiễu bên trong hộp và nhiễu do ánh sáng bên ngoài là được loại bỏ. Kết quả giống với hình 6, cho ra ma trận tích lũy đạt yêu cầu để phân biệt các cặp (r, 𝜃).

1. Kết luận và thành lập quy trình xử lí ảnh.

Trong lĩnh vực xử lí ảnh, Hough Transform là một kỹ thuật mạnh mẽ để phát hiện các hình dạng hình học, chẳng hạn như đường thẳng và đường tròn. Tuy nhiên, để đạt được kết quả chính xác nhất, ảnh đầu vào cần phải trải qua một số bước tiền xử lý, trong đó lọc nhiễu đóng vai trò quan trọng. Phần này mô tả chi tiết quá trình lọc nhiễu từ ảnh đầu vào để chuẩn bị dữ liệu cho việc áp dụng Hough Transform một cách hiệu quả.

Ảnh đầu vào thường chứa nhiều nhiễu do yếu tố ngoại cảnh như ánh sáng không đều, chất lượng máy ảnh và môi trường xung quanh. Nhiễu có thể gây mất chính xác cho việc phát hiện cạnh của Hough Transform. Do đó, việc lọc nhiễu là bước quan trọng nhằm cải thiện chất lượng bức ảnh cho các bước tiếp theo.



Hình 12. Nhiễu ảnh hưởng đến kết quả của hàm Hough Transform.

So sánh hình 6 và hình 12 có thể thấy, hình 6 sẽ rất dễ dàng trong việc xác định các cặp (r, 𝜃). Đối với hình 12 việc lọc nhiễu chưa được thực hiện khiến Hough Transform có khá nhiều điểm xuất hiện không mong muốn, rất khó để chọn lọc ra các cặp (r, 𝜃), từ đó không thể đưa ra các kết quả mong muốn.

* 1. Quy trình xử lý ảnh.

Từ những phép áp dụng thuật toán xử lí lọc nhiễu ở phần 3, thành lập quy trình xử lý ảnh. Từ bức ảnh xám nhận được từ camera, chuyển đổi và xử lý ảnh để phân biệt vật thể và nền, thực hiện các bước lọc nhiễu, phát hiện biên, và nhận dạng hình dạng dựa trên các đặc trưng hình học. Các thuật toán tiêu biểu như Otsu ,BFS , Canny, và Hough Transform sẽ được sử dụng trong quy trình này.

A diagram of a flowchart

Description automatically generated

Hình 13. Quy trình xử lí ảnh.

* *Mô tả cụ thể các bước*

Bước 1: Nhận dữ liệu từ camera:

* Mô tả: Camera chụp ảnh và truyền dữ liệu dưới dạng mảng một chiều chứa các giá trị điểm ảnh.
* Mục tiêu: Đảm bảo dữ liệu ảnh được nhận đầy đủ và chính xác để chuẩn bị cho các bước xử lý tiếp theo.

Bước 2: Chuyển đổi dữ liệu từ mảng 1 chiều thành mảng 2 chiều:

* Mô tả: Chuyển dữ liệu từ mảng một chiều thành mảng hai chiều với kích thước 640x480, đại diện cho bức ảnh xám.
* Mục tiêu: Tạo cấu trúc dữ liệu thích hợp để dễ dàng thực hiện các bước xử lý ảnh.

Bước 3: Áp dụng thuật toán Otsu để phân biệt vật thể và nền:

* Mô tả: Thuật toán Otsu được sử dụng để tìm ngưỡng phân loại giữa vật thể và nền. Các điểm ảnh của vật thể được gán giá trị 255 (trắng), và nền được gán giá trị 0 (đen).
* Mục tiêu: Phân biệt rõ ràng giữa vật thể và nền trong ảnh.

Bước 4: Lọc nhiễu bằng thuật toán Openning:

* Mô tả: Sử dụng kỹ thuật Openning, bao gồm Dilation (giãn nở) theo sau là Erosion (xói mòn), để loại bỏ các nhiễu nhỏ và lấp các khoảng trống trong ảnh.
* Mục tiêu: Cải thiện chất lượng ảnh bằng cách loại bỏ các nhiễu không mong muốn.

Bước 5: Lọc các vùng vật thể nhỏ:

* Mô tả: Loại bỏ các phần vật thể có diện tích nhỏ và chỉ giữ lại phần có diện tích lớn nhất.
* Mục tiêu: Đảm bảo chỉ các vật thể lớn nhất (có thể là mục tiêu chính) được giữ lại.

Bước 6: Phát hiện cạnh bằng thuật toán Canny:

* Mô tả: Áp dụng thuật toán Canny để phát hiện các cạnh của vật thể trong ảnh.
* Mục tiêu: Xác định các biên rõ ràng của vật thể trong ảnh.

Bước 7: Vẽ ma trận Hough từ ảnh cạnh:

* Mô tả: Sử dụng phương pháp Hough Transform để vẽ ma trận Hough từ ảnh cạnh.
* Mục tiêu: Xác định các đường thẳng có trong ảnh.

Bước 8: Lấy các điểm đặc trưng từ ma trận Hough:

* Mô tả: Trích xuất các điểm đặc trưng từ ma trận Hough.
* Mục tiêu: Xác định các điểm quan trọng đại diện cho các đường thẳng trong ảnh.

Bước 9: Quy đổi các điểm đặc trưng về phương trình đường thẳng và tìm giao điểm:

* Mô tả: Chuyển đổi các điểm đặc trưng về phương trình đường thẳng và tìm các giao điểm giữa các đường này.
* Mục tiêu: Xác định các giao điểm để nhận dạng hình dạng vật thể.

Bước 10: Phân loại hình dạng của ảnh:

* Mô tả: Dựa trên số lượng phương trình và giao điểm, tiến hành phân loại hình dạng của vật thể:
  + 3 phương trình và 3 giao điểm: Hình tam giác.
  + 4 phương trình và 4 giao điểm: Hình chữ nhật hoặc hình vuông.
  + Nếu không thỏa điều kiện trên, kiểm tra xem có phải hình tròn hay không dựa trên khoảng cách từ tâm tới các điểm biên.
* Mục tiêu: Nhận dạng và phân loại hình dạng của vật thể trong ảnh.

Bước 11: Kết luận về nhận dạng:

* Mô tả: Nếu không phải là hình chữ nhật, hình vuông, hoặc hình tròn, kết luận rằng không thể nhận dạng được hình dạng của vật thể.
* Mục tiêu: Đưa ra kết luận cuối cùng về hình dạng, trọng tâm, kích thước của vật thể.
* *Kết quả thực hiện xử lí ảnh theo quy trình ở phần trên.*

A collage of images of diamond shapes

Description automatically generated

Hình 14.Kết quả của quy trình từ 1 bước ảnh đầu vào có thể vẽ lại được biên dạng.