

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**



**NGUYỄN THỊ THẨM**

**NGHIÊN CỨU CÁC KỸ THUẬT CAMERA  
CALIBRATION VÀ ỨNG DỤNG XÁC ĐỊNH  
KHOẢNG CÁCH GIỮA CÁC ĐỐI TƯỢNG  
TRONG KHÔNG GIAN 3D**

**Chuyên ngành: Khoa học máy tính**

**Mã số: 60.48.01**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2012**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **TS. Huỳnh Hữu Hưng**

Phản biện 1: **PGS. TSKH. Trần Quốc Chiến**

Phản biện 2: **TS. Nguyễn Mậu Hân**

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn tốt nghiệp thạc sĩ ngành Khoa học máy tính hợp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 15 tháng 12 năm 2012.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng.
- Trung tâm Học liệu, Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng.

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Các hệ thống sử dụng camera với mục đích giám sát, nhận dạng, an ninh, điều khiển... ngày càng phổ biến và được sử dụng rộng rãi.

Vấn đề xác định đúng khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D góp phần tăng tính chính xác trong việc phát hiện, điều khiển các hành vi của các hệ thống đó.

Tuy nhiên, một số phương pháp tính khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D ở các hệ thống camera bộc lộ một số hạn chế nhất định.

Do đó, giải pháp đặt ra là: lựa chọn kỹ thuật phù hợp để tính chính xác khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.

Hiện nay, có nhiều kỹ thuật được áp dụng để xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D, mỗi kỹ thuật có những thế mạnh và hạn chế riêng. Hiệu chỉnh camera (camera calibration) là một kỹ thuật đang được triển khai sử dụng trong các hệ thống lớn bởi nhiều tính năng ưu việt giúp đẩy nhanh tốc độ và hiệu quả của việc xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.

Đó là lý do mà tôi chọn nghiên cứu và thực hiện đề tài “Nghiên cứu các kỹ thuật camera calibration và ứng dụng xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D” dưới sự hướng dẫn của TS. Huỳnh Hữu Hưng.

## 2. Mục tiêu nghiên cứu

Đề tài nghiên cứu các thuật toán phát hiện đối tượng, các kỹ thuật hiệu chỉnh camera từ đó tính khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động từ dữ liệu video, làm cơ sở để xây dựng chương trình hỗ trợ với các chức năng sau:

- Phát hiện đối tượng đang chuyển động.
- Tính khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.

Bên cạnh đó đề tài cung cấp một cái nhìn toàn diện hơn về vai trò và khả năng ứng dụng của công nghệ xử lý ảnh vào trong thực tế của đời sống xã hội.

## 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

### *Đối tượng nghiên cứu*

Trong luận văn này, dữ liệu được xử lý là các đoạn video được quay từ một camera tĩnh ghi lại với chuẩn AVI (Audio Video Interleave).

### *Phạm vi nghiên cứu*

Nghiên cứu thuật toán phát hiện đối tượng chuyển động, các kỹ thuật hiệu chỉnh camera và ứng dụng xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.

## 4. Phương pháp nghiên cứu

### *Phương pháp nghiên cứu lý thuyết*

- Tìm hiểu cách lập trình với thư viện OpenCV.
- Tìm hiểu phương pháp phát hiện đối tượng dựa trên màu sắc.

- Tìm hiểu phương pháp lọc nhiễu.
- Tìm hiểu kỹ thuật hiệu chỉnh camera và ứng dụng để xác định khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động trong không gian 3D.

### ***Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm***

- Tiến hành phân tích và cài đặt: thuật toán phát hiện đối tượng chuyển động dựa trên màu sắc, kỹ thuật hiệu chỉnh camera, từ đó xác định khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động.
- Đánh giá kết quả đạt được.

## **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

### ***Ý nghĩa khoa học***

- Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo cho việc tìm hiểu thuật toán phát hiện đối tượng dựa trên màu sắc, ứng dụng kỹ thuật hiệu chỉnh camera để xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.
- Ứng dụng thành công công nghệ xử lý ảnh vào thực tế.
- Tạo tiền đề cho những nghiên cứu tiếp theo trong tương lai.

### ***Ý nghĩa thực tiễn***

- Giao thông vận tải: Dựa vào dữ liệu camera thu được để xác định lỗi vi phạm khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các đối tượng tham gia giao thông, đặc biệt là trong các hệ thống đường hầm.

- Y tế: Sử dụng hệ thống camera để giám sát hoạt động uống thuốc, giám sát hành vi ăn tối của người cao tuổi, từ đó có thông báo kịp thời cho nhân viên y tế.
- Công nghiệp sản xuất tự động: ứng dụng điều khiển robot dựa trên công nghệ xử lý ảnh, nhận biết yêu cầu của người điều khiển thông qua màu sắc.

## **6. Bố cục luận văn**

Nội dung của luận văn được chia thành các phần như sau:

- *Mở đầu*
- *Chương 1: Nghiên cứu tổng quan*
- *Chương 2: Các kỹ thuật hiệu chỉnh camera trong thị giác máy tính*
- *Chương 3: Ứng dụng kỹ thuật camera calibration xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D*
- *Kết luận và hướng phát triển*

## **CHƯƠNG 1. NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN**

### **1.1. TỔNG QUAN VỀ CAMERA SỐ**

#### **1.1.1. Khái niệm về camera số**

Camera là một thiết bị ghi hình có thể ghi lại những hình ảnh trong một khoảng thời gian nào đó và lưu trữ các dữ liệu hình ảnh này.

### **1.1.2. Phân loại camera**

Có 3 cách phân loại camera: kỹ thuật hình ảnh, đường truyền, tính năng sử dụng.

*a. Phân loại theo kỹ thuật hình ảnh*

*b. Phân loại theo kỹ thuật đường truyền*

*c. Phân loại theo tính năng sử dụng*

### **1.1.3. Hệ thống camera quan sát**

## **1.2. TỔNG QUAN VỀ VIDEO**

### **1.2.1. Khái niệm về video**

### **1.2.2. Video số (digital video)**

*a. Tín hiệu video số*

*b. Ưu và nhược điểm của video số*

*c. Chuẩn video số AVI*

## **1.3. PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN ĐỐI TƯỢNG**

### **1.3.1. Tổng quan về phát hiện đối tượng**

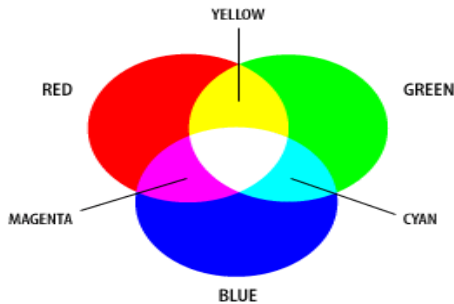
Phát hiện đối tượng chuyển động trong video là một trong các bài toán được nghiên cứu rộng rãi và có nhiều ứng dụng trong cuộc sống hiện nay. Đó là xác minh sự hiện diện của đối tượng trong chuỗi ảnh và cũng có thể định vị chính xác. Các hệ thống theo vết đối tượng thường bắt đầu bằng quá trình phát hiện đối tượng.

### 1.3.2. Giới thiệu các mô hình màu

Có nhiều mô hình màu khác nhau dùng để biểu diễn màu sắc trong máy tính như: RGB, HSV, HSL, HIS. Trong đó, RGB và HSV là hai mô hình màu thông dụng.

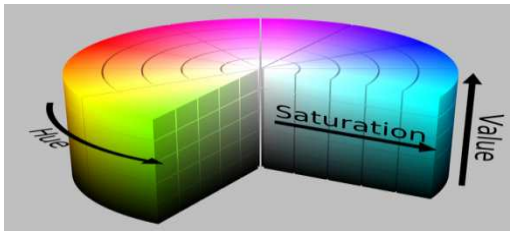
### 1.3.3. Mô hình màu RGB

Mô hình màu RGB (red, green, blue) gồm màu đỏ, màu xanh lá cây, màu xanh biển, ánh sáng được tổ hợp theo nhiều phương thức khác nhau để tạo ra hàng loạt màu.



Hình 1.1. Mô hình màu RGB.

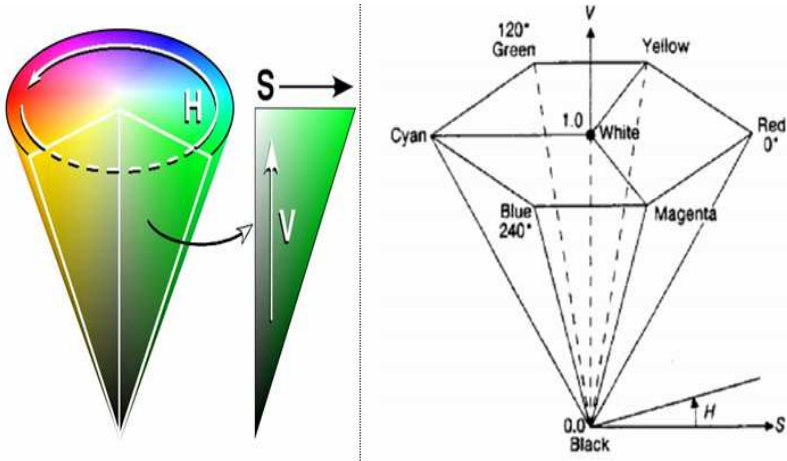
### 1.3.4. Mô hình màu HSV



Hình 1.2. Không gian màu HSV.



HSV (hue, saturation, value) viết tắt của hue (màu sắc), saturation (độ bão hòa), value (giá trị).



Hình 1.3. Hình nón ngược biểu diễn mô hình màu HSV.

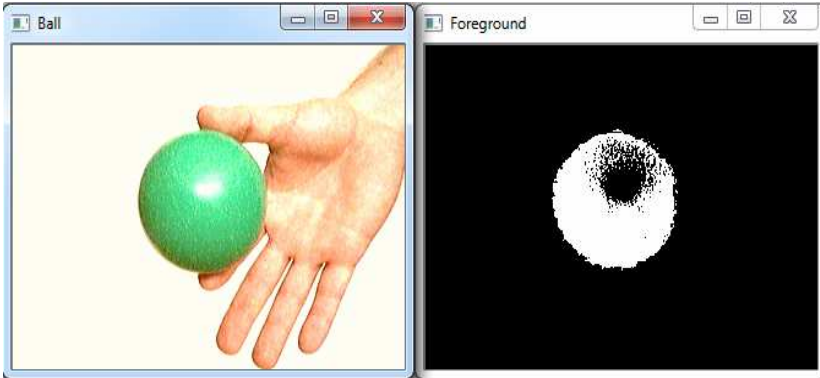
Thực chất của không gian HSV là sự biến đổi của không gian RGB. Không gian HSV được mô tả bằng lệnh lập phương RGB quay trên đỉnh Black. H (Hue) là góc quay trục V (value) qua hai đỉnh Black và White .

### 1.3.5. Chuyển từ màu RGB sang HSV

### 1.3.6. Mômen ảnh (image moment)

### 1.3.7. Thuật toán phát hiện đối tượng dựa vào màu sắc

### 1.3.8. Cài đặt thuật toán phát hiện đối tượng dựa vào màu sắc



Hình 1.4. Quả bóng màu xanh và kết quả phát hiện nó.

## 1.4. PHƯƠNG PHÁP LỌC NHIỀU

### 1.4.1. Tổng quan về phương pháp lọc nhiễu

### 1.4.2. Cải thiện ảnh (Lọc không gian)

*a. Các thao tác lân cận*

*b. Quá trình lọc không gian*

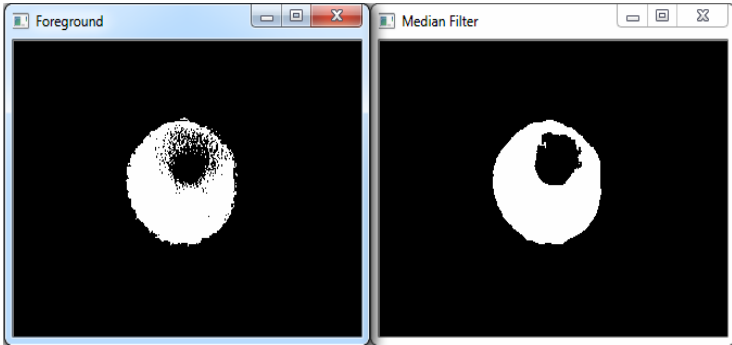
*c. Lọc không gian làm mịn (Smoothing spatial filters)*

### 1.4.3. Lọc trung vị (Median filter)

*a. Giới thiệu*

*b. Định nghĩa*

*c. Cách dùng*



Hình 1.5. Nhiễu và lọc nhiễu.

## CHƯƠNG 2. CÁC KỸ THUẬT HIỆU CHỈNH CAMERA TRONG THỊ GIÁC MÁY TÍNH

### 2.1. GIỚI THIỆU KỸ THUẬT CAMERA CALIBRATION

Camera calibration là phương pháp tính toán và thực nghiệm nhằm tìm ra các tham số của camera để tái tạo không gian 3D của một cảnh, một vật thể nào đó trong thực tế bằng những ảnh mà camera đó ghi lại được.

Để có được những tham số đó, các tính toán chủ yếu dựa vào mô hình camera thông dụng nhất hiện nay: mô hình Pinhole camera.

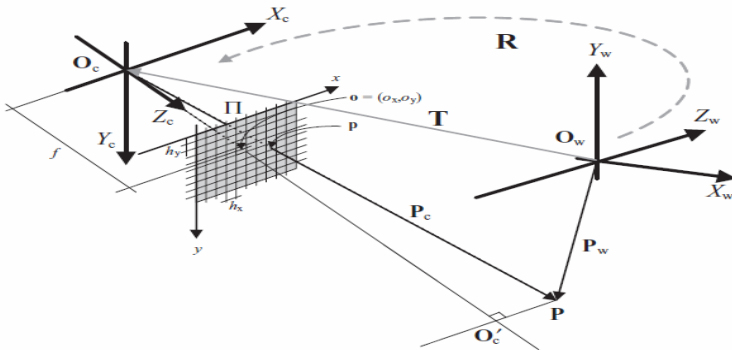
### 2.2. PINHOLE CAMERA

#### 2.2.1. Tổng quan

#### 2.2.2. Mô hình hình học của Pinhole camera

##### *a. Tham số bên ngoài*

**b. Tham số bên trong**



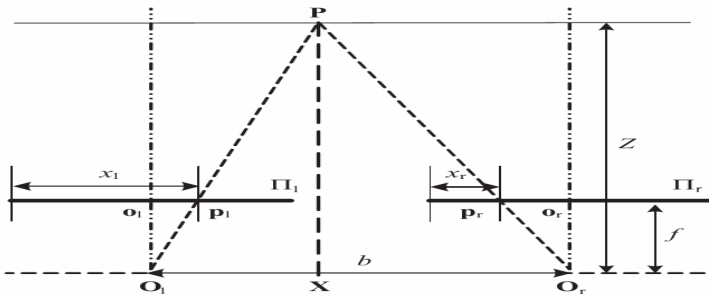
Hình 2.1. Mô hình camera Pinhole thông qua hai hệ tọa độ.

**2.2.3. Phép chiếu chuyển đổi của camera Pinhole**

**2.3. CÁC HỆ THỐNG THU NHẬN TRONG KHÔNG GIAN BA CHIỀU**

**2.3.1. Hình học epipolar**

**2.3.2. Hệ thống thu nhận ba chiều kinh điển (Canonical Stereoscopic System)**



Hình 2.2. Hệ thống 2 camera kính điện.

Hệ thống 2 camera kính điện với độ dài tiêu cự  $f$ , khoảng cách cơ sở  $b$ . Sự khác biệt giữa tọa độ  $x_l$  và  $x_r$  được gọi là độ lệch ngang giữa các điểm  $p_l$  và  $p_r$ .



Hình 2.3. Camera stereo kính điện.

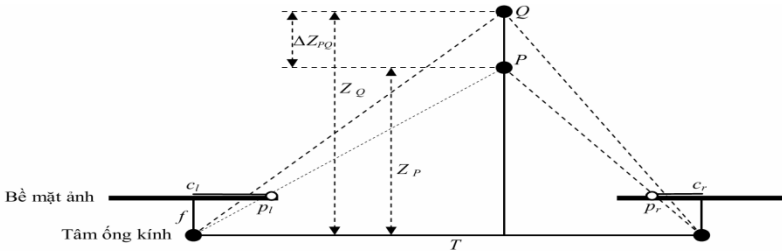
### 2.3.3. Độ lệch trong trường hợp chung

## 2.4. Tổng quan về Stereo Vision

### 2.4.1. Tổng quan

Stereo vision là kỹ thuật sử dụng hai camera để đo khoảng cách giữa các đối tượng. Cấu hình đơn giản nhất (cấu hình stereo

chuẩn) sử dụng hai camera thẳng hàng và cách nhau theo phương ngang (Hình 2.7).



Hình 2. 4. Cấu hình chuẩn của hệ thống hai camera.

Sử dụng camera stereo này, chúng ta có thể thu được hình ảnh của đối tượng tại hai vị trí khác nhau: ảnh bên trái và ảnh bên phải của đối tượng (sự chênh lệch). Các ảnh của các camera được phân tích để tìm các điểm chung. Sử dụng quy tắc tam giác đồng dạng và độ lệch của các điểm chung để xác định khoảng cách (độ sâu) so với camera.

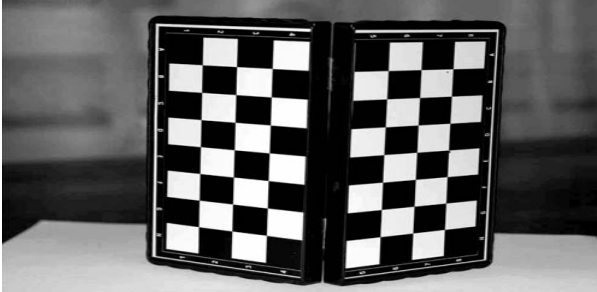
#### 2.4.2. Khoảng cách trên trục Y

### 2.5. PHƯƠNG PHÁP CALIBRATION CHUẨN

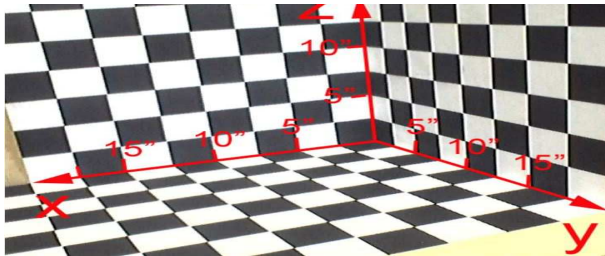
Camera calibration (hiệu chỉnh camera) là quá trình tìm kiếm các tham số bên trong và tham số bên ngoài của camera.

Các phương pháp calibration kinh điển dựa trên mô hình calibration đặc biệt, tức là ta biết được kích thước và vị trí đối tượng trong một hệ tọa độ nhất định. Các đặc trưng khác (chẳng hạn như góc, đường...) được tách từ ảnh của mô hình hiệu chỉnh camera.

Thông thường, các đối tượng được lựa chọn để hiệu chỉnh camera phải có các tính năng nổi bật để dễ đo vị trí. Chẳng hạn, một bàn cờ đơn giản như hình sau:



Hình 2.5. Bàn cờ làm mô hình camera calibration.



Hình 2.6. Hệ tọa độ của mô hình camera calibration.

## 2.6. TỰ HIỆU CHỈNH (SELF- CALIBRATION)

## 2.7. HIỆU CHỈNH STEREO

## **CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT CAMERA CALIBRATION XÁC ĐỊNH KHOẢNG CÁCH GIỮA CÁC ĐỐI TƯỢNG TRONG KHÔNG GIAN 3D**

### **3.1. TỔNG QUAN VỀ BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH KHOẢNG CÁCH GIỮA CÁC ĐỐI TƯỢNG 3D CHUYỂN ĐỘNG QUA CAMERA**

Xác định khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động qua camera là bước quan trọng trong phát triển các ứng dụng thị giác máy tính. Nó có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực như: Giao thông vận tải, y tế, công nghiệp sản xuất tự động.

### **3.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH KHOẢNG CÁCH GIỮA CÁC ĐỐI TƯỢNG TRONG KHÔNG GIAN 3D**

Hiện nay có nhiều phương pháp xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D.

#### **3.2.1. Khoảng cách Euclid**

#### **3.2.2. Khoảng cách từ một điểm đến một mặt phẳng**

### **3.3. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT CAMERA CALIBRATION**

#### **3.3.1. Các ứng dụng cơ bản của camera calibration**

Từ việc tính toán được các đặc điểm của vật qua ảnh, ta có thể tái tạo lại cảnh 3D của vật, nhận dạng vật. Chúng ta ứng dụng kỹ thuật camera calibration để cài đặt các chương trình tự động xử lý các công việc yêu cầu phải thông qua hình ảnh.



**a. Tự động nhận dạng biển số xe (Automatic license plate recognition)**



Hình 3.1. Nhận dạng biển số xe.

**b. Phát hiện mặt người dựa trên các đặc trưng Haar-Like**



Hình 3.2. Phát hiện mặt người dựa vào đặc trưng Haar-Like.

### c. Xác định tọa độ tĩnh.



Hình 3.3. Xác định tọa độ tĩnh cầu Wanan (Busan, Hàn Quốc).

### d. Đo giao động thực



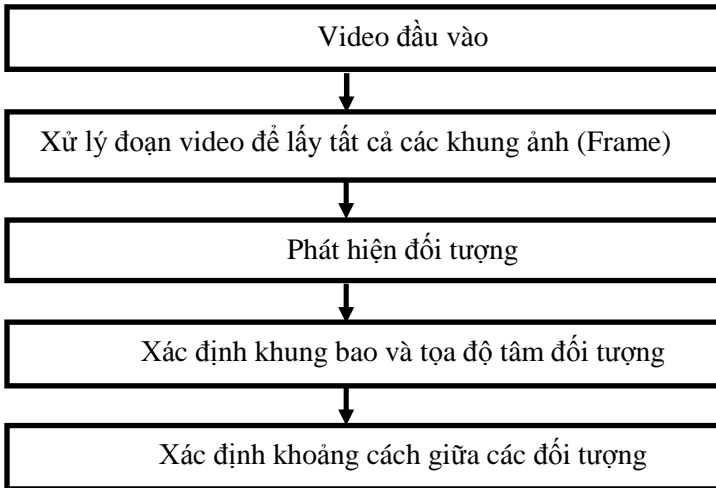
Hình 3.4. Thiết bị đo dao động cầu.

### 3.3.2. Ứng dụng kỹ thuật camera calibration tính khoảng cách

Chương trình xác định khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động lấy dữ liệu từ đoạn video quay lại từ một camera tĩnh, ghi lại

với chuẩn AVI. Điều kiện ánh sáng bình thường, không quá tối hoặc quá sáng, nên không thay đổi.

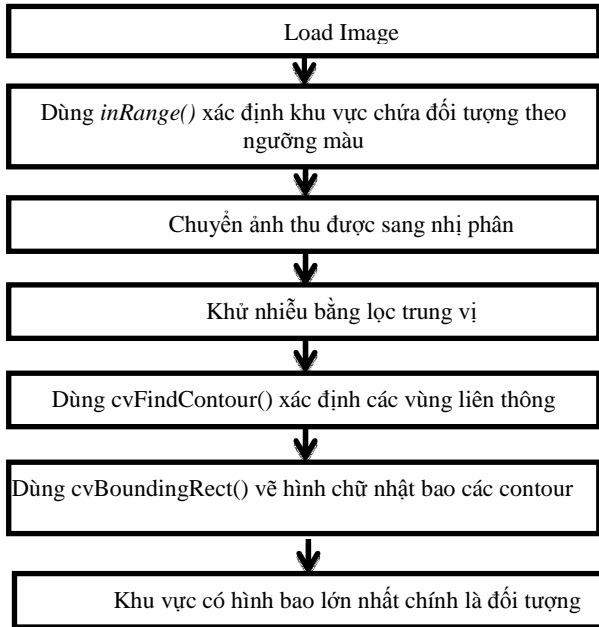
Sau khi có dữ liệu đầu vào chương trình sẽ xử lý đoạn video để lấy tất cả khung hình (frame). Tiếp đó, từ mỗi khung hình có được, ta tiến hành phát hiện đối tượng, tìm tọa độ trọng tâm của đối tượng và quy đổi nó ra tọa độ thực dựa vào kỹ thuật hiệu chỉnh camera (camera calibration). Cuối cùng, chúng ta tính khoảng cách giữa các đối tượng 3D.



Hình 3.5. Biểu đồ xử lý bài toán xác định khoảng cách.

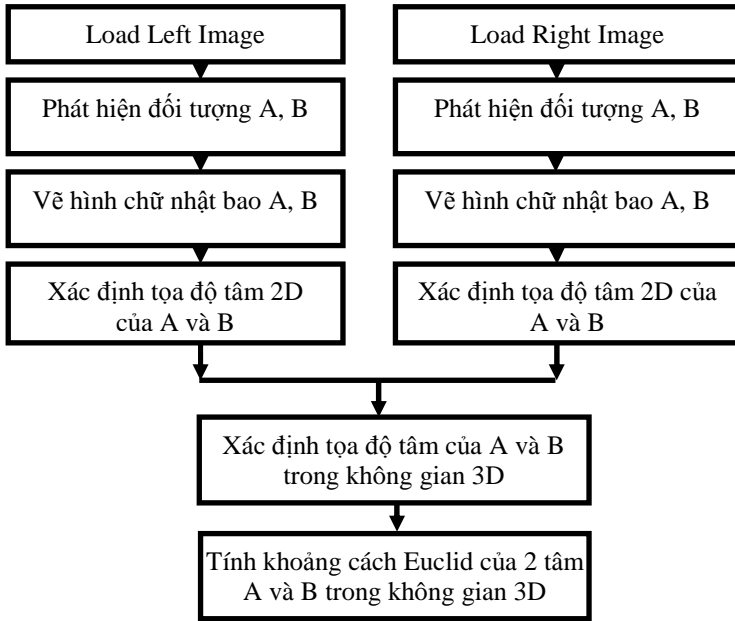
### 3.3.3. Một số chức năng chính

Phát hiện đối tượng theo màu sắc, vẽ hình chữ nhật bao đối tượng. Tâm đối tượng là tâm hình chữ nhật bao đối tượng.



Hình 3.6. Phát hiện đối tượng theo màu sắc.

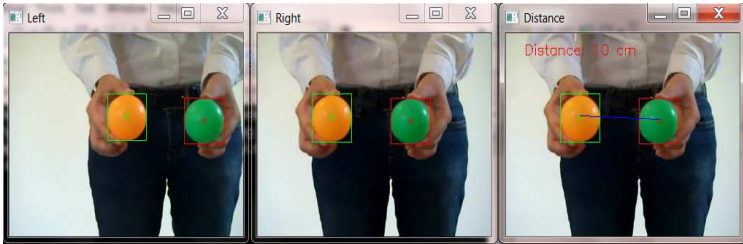
Khoảng cách giữa hai đối tượng A và B:



Hình 3.7. Khoảng cách giữa hai đối tượng A và B.

### 3.4. KẾT QUẢ MINH HOẠ

Chương trình phát hiện hai quả bóng ở camera bên trái và camera bên phải và tính khoảng cách giữa hai quả bóng.



Hình 3.8. Phát hiện và tính khoảng cách đối tượng 3D.

### 3.5. ĐIỀU KIỆN RÀNG BUỘC CỦA CHƯƠNG TRÌNH

### 3.6. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ CHƯƠNG TRÌNH

## KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

### 1. Kết luận

#### a. Về mặt lý thuyết

- Tìm hiểu và sử dụng thành thạo thư viện OpenCV trên nền Microsoft Visual Studio 2008.
- Nắm được các khái niệm cơ bản về video và camera số.
- Tìm hiểu tổng quan về các phương pháp phát hiện đối tượng và phương pháp phát hiện đối tượng dựa trên màu sắc, hệ màu HSV.
- Tìm hiểu tổng quan về phương pháp lọc nhiễu, đi sâu nghiên cứu phương pháp lọc trung vị.
- Nghiên cứu các kỹ thuật hiệu chỉnh camera trong thị giác máy tính: phương pháp Pinhole, các hệ thống thu nhận trong không gian ba chiều, hệ thống thu nhận ba chiều kinh điển,

Stereo Vision, phương pháp hiệu chỉnh camera cơ bản, tự hiệu chỉnh (Self-Calibration), hiệu chỉnh stereo.

- Tìm hiểu các phương pháp xác định khoảng cách giữa các đối tượng trong không gian 3D, khoảng cách Euclid.

## **b. Về mặt thực tiễn**

- Phát hiện các đối tượng dựa trên màu sắc
- Xác định tọa độ trọng tâm của các đối tượng
- Tính khoảng cách giữa các đối tượng.
- Sử dụng thành công các công cụ phục vụ cho việc xử lý video như Motion Video, FLV Converter để chuyển đổi các định dạng video khác nhau về định dạng AVI để dễ dàng cho việc thao tác bằng thư viện OpenCV.
- Chương trình thời gian thực (real time): tính được khoảng cách giữa các đối tượng chuyển động qua camera ngay khi các sự kiện trong thế giới thực xảy ra.

## **2. Phạm vi ứng dụng**

- Đề tài có phạm vi ứng dụng trong các lĩnh vực:
  - o Giao thông vận tải: Dựa vào dữ liệu camera thu được để xác định lỗi vi phạm khoảng cách tối thiểu cho phép giữa các đối tượng tham gia giao thông, đặc biệt là trong các hệ thống đường hầm.
  - o Y tế: Sử dụng hệ thống camera để giám sát hoạt động uống thuốc, giám sát hành vi ăn tối của người

cao tuổi, từ đó có thông báo kịp thời cho nhân viên y tế.

- Công nghiệp sản xuất tự động: ứng dụng điều khiển robot dựa trên công nghệ xử lý ảnh, nhận biết yêu cầu của người điều khiển thông qua màu sắc.
- Bên cạnh đó đề tài còn tạo nền tảng cho những nghiên cứu về cảm quan máy tính nói riêng và xử lý ảnh nói chung trong tương lai.

### **3. Hạn chế**

Bên cạnh những kết quả đã đạt được, đề tài vẫn còn có một số hạn chế cần phải được khắc phục như:

- Chỉ phát hiện được các đối tượng có ngưỡng màu nằm trong khoảng xác định.
- Đối tượng phải ở gần và trong tầm quan sát của camera.
- Chỉ tính được khoảng cách giữa các đối tượng khi các đối tượng không bị che khuất hoàn toàn vì việc phát hiện đối tượng dựa trên màu sắc.

### **4. Hướng phát triển**

Chương trình được xây dựng là phần demo của thuật toán phát hiện các đối tượng dựa trên màu sắc, lọc trung vị loại bỏ nhiễu, xác định tâm, tính khoảng cách giữa các đối tượng. Để triển khai trong thực tế, đề tài cần phải được cải tiến hơn nữa. Hy vọng trong tương lai, những phát triển dưới đây sẽ giúp đề tài hoàn thiện hơn:



- Xác định được khoảng cách giữa các đối tượng bị che khuất hoàn toàn.
- Phát hiện và tính khoảng cách được nhiều đối tượng với nhiều màu sắc không đặc trưng.
- Ứng dụng để điều khiển cánh tay robot được chính xác trong các trường hợp: gấp các đối tượng, thực hiện một số thao tác thay con người trong các dây chuyền sản xuất tự động.