|  |
| --- |
| TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  **VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**  logo_128  ĐỒ ÁN  **TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC**  **Đề tài:**  **HỆ THỐNG QUAN TRẮC KHÔNG KHÍ TÍCH HỢP TRẠM BTS**  Sinh viên thực hiện: **NGUYỄN HUY ĐỨC**  Mã số sinh viên: **20182434**  Lớp: **ĐIỆN TỬ 01-K63**  Giảng viên hướng dẫn: **PGS.TS. Trần Quang Vinh**  Hà Nội, 8-2022 |

**ĐÁNH GIÁ QUYỂN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

(Dùng cho giảng viên hướng dẫn)

Tên giảng viên đánh giá:

Họ và tên sinh viên: MSSV:

Tên đồ án:

**Chọn các mức điểm phù hợp cho sinh viên trình bày theo các tiêu chí dưới đây:**

Rất kém (1); Kém (2); Đạt (3); Giỏi (4); Xuất sắc (5)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Có sự kết hợp giữa lý thuyết và thực hành (20)** | | | | | | |
| 1 | Nêu rõ tính cấp thiết và quan trọng của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết (bao gồm mục đích và tính phù hợp) cũng như phạm vi ứng dụng của đồ án | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Cập nhật kết quả nghiên cứu gần đây nhất (trong nước/quốc tế) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | Nêu rõ và chi tiết phương pháp nghiên cứu/giải quyết vấn đề | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | Có kết quả mô phỏng/thực nghiệm và trình bày rõ ràng kết quả đạt được | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Có khả năng phân tích và đánh giá kết quả (15)** | | | | | | |
| 5 | Kế hoạch làm việc rõ ràng bao gồm mục tiêu và phương pháp thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết một cách có hệ thống | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | Kết quả được trình bày một cách logic và dễ hiểu, tất cả kết quả đều được phân tích và đánh giá thỏa đáng | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | Trong phần kết luận, tác giả chỉ rõ sự khác biệt (nếu có) giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận để đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Kỹ năng viết quyển đồ án (10)** | | | | | | |
| 8 | Đồ án trình bày đúng mẫu quy định với cấu trúc các chương logic và đẹp mắt (bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến; căn lề thống nhất, có dấu cách sau dấu chấm, dấu phảy v.v.), có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn đúng quy định | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9 | Kỹ năng viết xuất sắc (cấu trúc câu chuẩn, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, từ vựng sử dụng phù hợp v.v.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Thành tựu nghiên cứu khoa học (5)** *(chọn 1 trong 3 trường hợp)* | | | | | | |
| 10a | Có bài báo khoa học được đăng hoặc chấp nhận đăng/Đạt giải SVNCKH giải 3 cấp Viện trở lên/Có giải thưởng khoa học (quốc tế hoặc trong nước) từ giải 3 trở lên/Có đăng ký bằng phát minh, sáng chế | 5 | | | | |
| 10b | Được báo cáo tại hội đồng cấp Viện trong hội nghị SVNCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/Đạt giải khuyến khích trong các kỳ thi quốc gia và quốc tế khác về chuyên ngành (VD: TI contest) | 2 | | | | |
| 10c | Không có thành tích về nghiên cứu khoa học | 0 | | | | |
| **Điểm tổng** | | **/50** | | | | |
| **Điểm tổng quy đổi về thang 10** | |  | | | | |

***Nhận xét khác*** *(về thái độ và tinh thần làm việc của sinh viên)*

|  |  |
| --- | --- |
|  | Ngày: … / … / 20…  **Người nhận xét**  (Ký và ghi rõ họ tên) |

**ĐÁNH GIÁ QUYỂN ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

(Dùng cho cán bộ phản biện)

Giảng viên đánh giá:

Họ và tên sinh viên: MSSV:

Tên đồ án:

**Chọn các mức điểm phù hợp cho sinh viên trình bày theo các tiêu chí dưới đây:**

Rất kém (1); Kém (2); Đạt (3); Giỏi (4); Xuất sắc (5)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Có sự kết hợp giữa lý thuyết và thực hành (20)** | | | | | | |
| 1 | Nêu rõ tính cấp thiết và quan trọng của đề tài, các vấn đề và các giả thuyết (bao gồm mục đích và tính phù hợp) cũng như phạm vi ứng dụng của đồ án | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Cập nhật kết quả nghiên cứu gần đây nhất (trong nước/quốc tế) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | Nêu rõ và chi tiết phương pháp nghiên cứu/giải quyết vấn đề | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | Có kết quả mô phỏng/thực nghiệm và trình bày rõ ràng kết quả đạt được | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Có khả năng phân tích và đánh giá kết quả (15)** | | | | | | |
| 5 | Kế hoạch làm việc rõ ràng bao gồm mục tiêu và phương pháp thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết một cách có hệ thống | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | Kết quả được trình bày một cách logic và dễ hiểu, tất cả kết quả đều được phân tích và đánh giá thỏa đáng | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | Trong phần kết luận, tác giả chỉ rõ sự khác biệt (nếu có) giữa kết quả đạt được và mục tiêu ban đầu đề ra đồng thời cung cấp lập luận để đề xuất hướng giải quyết có thể thực hiện trong tương lai | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Kỹ năng viết quyển đồ án (10)** | | | | | | |
| 8 | Đồ án trình bày đúng mẫu quy định với cấu trúc các chương logic và đẹp mắt (bảng biểu, hình ảnh rõ ràng, có tiêu đề, được đánh số thứ tự và được giải thích hay đề cập đến; căn lề thống nhất, có dấu cách sau dấu chấm, dấu phảy v.v.), có mở đầu chương và kết luận chương, có liệt kê tài liệu tham khảo và có trích dẫn đúng quy định | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9 | Kỹ năng viết xuất sắc (cấu trúc câu chuẩn, văn phong khoa học, lập luận logic và có cơ sở, từ vựng sử dụng phù hợp v.v.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Thành tựu nghiên cứu khoa học (5)** *(chọn 1 trong 3 trường hợp)* | | | | | | |
| 10a | Có bài báo khoa học được đăng hoặc chấp nhận đăng/Đạt giải SVNCKH giải 3 cấp Viện trở lên/Có giải thưởng khoa học (quốc tế hoặc trong nước) từ giải 3 trở lên/Có đăng ký bằng phát minh, sáng chế | 5 | | | | |
| 10b | Được báo cáo tại hội đồng cấp Viện trong hội nghị SVNCKH nhưng không đạt giải từ giải 3 trở lên/Đạt giải khuyến khích trong các kỳ thi quốc gia và quốc tế khác về chuyên ngành (VD: TI contest) | 2 | | | | |
| 10c | Không có thành tích về nghiên cứu khoa học | 0 | | | | |
| **Điểm tổng** | | **/50** | | | | |
| **Điểm tổng quy đổi về thang 10** | |  | | | | |

***Nhận xét khác của cán bộ phản biện***

|  |  |
| --- | --- |
|  | Ngày: … / … / 20…  **Người nhận xét**  (Ký và ghi rõ họ tên) |

**LỜI NÓI ĐẦU**

Trong thời đại hiện nay, sự bùng nổ của ngành công nghiệp 4.0 đã - đang và sẽ tác động tới rất nhiều lĩnh vực trong đời sống - kinh tế - xã hội. Những hướng cốt lõi đóng vai trò chủ chốt trong nền công nghiệp này có thể kể đến là trí tuệ nhân tạo – học máy, điện toán đám mây,… và đặc biệt không thể thiếu lĩnh vực IoT (Internet of things) – thứ đóng góp vào nền tảng cho cuộc cách mạng công nghệ này.

Khái niệm Internet vạn vật được hiểu đơn giản là nó mô tả một kịch bản mà tất cả các thiết bị (things) được nhúng các bộ phận điện tử với cơ cấu cảm biến, chấp hành cùng khả năng kết nối vào cùng một mạng lưới máy tính (Internet) và có thể giao tiếp với nhau. Để các thiết bị có thể kết nối với nhau, hiện này có rất nhiều công nghệ truyền thông được phát triển với các ưu điểm riêng, phục vụ cho các ứng dụng cụ thể. Một trong số đó là công nghệ LoRa, được sử dụng phổ biến nhờ đặc điểm nổi trội về khoảng cách truyền và khả năng tiết kiệm năng lượng.

Trong đề tài này, em xây dựng một hệ thống quan trắc chất lượng không khí sử dụng công nghệ LoRa để truyền dữ liệu đo đạc ở khoảng các xa về trung tâm để xử lý. Các node gắn cảm biến được đặt tại các trạm BTS nơi có sẵn nguồn điện, từ đó việc theo dõi nồng độ các chất khí được diễn ra một cách liên tục. Nhiệm vụ chính và kết quả đề ra bao gồm: (i) phân tích, thiết kế kiến trúc, định nghĩa chức năng từng thành phần hệ thống; (ii) đề xuất, thiết kế, thiết lập và kiểm tra từng phần tử của hệ thống bao gồm: thiết bị Node và thiết bị Gateway; (iii) cuối cùng, các kịch bản kiểm thử được đặt ra nhằm đo đạc, đánh giá hiệu năng hệ thống.

**LỜI CAM ĐOAN**

Tôi là Nguyễn Huy Đức, mã số sinh viên 20182434, sinh viên lớp Điện tử 01, khóa 63. Giảng viên hướng dẫn là PGS.TS. Trần Quang Vinh. Tôi xin cam đoan mọi nội dung được trình bày trong đồ án Hệ thống quan trắc chất lượng không khí tích hợp trạm BTS là kết quả trong quá trình tìm hiểu của tôi. Các kết quả nêu trong đồ án là hoàn toàn trung thực và phản ánh đúng kết quả đo đạc trong thực tế. Mọi tài liệu trích dẫn đều tuân thủ các quy định về quyền sở hữu trí tuệ. Các tài liệu được trích dẫn cụ thể và rõ ràng. Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với nội dung được trình bày trong đồ án này.

Hà Nội, ngày 01 tháng 08 năm 2022

**Người cam đoan**

**Nguyễn Huy Đức**

**LỜI CẢM ƠN**

Em muốn gửi lời cảm ơn tới thầy hướng dẫn **PGS.TS. Trần Quang Vinh**, người đã trực tiếp tận tình chỉ dạy, hướng dẫn em về phương pháp luận, phương pháp nghiên cứu thiết kế để em có thể thực hiện thành công đồ án này.

Đồng thời, em cũng xin cảm ơn những bạn bè – anh em trong phòng nghiên cứu SANSLAB – SET, cũng như bạn bè cùng học đại học, những người đã có những trao đổi, đóng góp, giúp đỡ mình trong thời sinh viên và hoàn thành đồ án này.

Cuối cùng, xin cảm ơn tới gia đình, cảm ơn bố mẹ, những người luôn thương yêu, động viên, hỗ trợ và là nguồn động lực lớn cho con cố gắng, nỗ lực.

Xin chân thành cảm ơn tất cả!

# TÓM TẮT ĐỒ ÁN

Đề tài TÊN ĐỒ ÁN được thực hiện nhằm xây dự một hệ thống kiểm soát chất lượng không khí một cách tự động, dễ dàng lắp đặt và độ bao phủ rộng. Đồng thời cũng cung cấp các dịch vụ tới người dùng để giúp mọi người bảo vệ sức khỏe của mình khỏi tình trạng ô nhiễm môi trường như hiện nay.

Nội dung chính trong đồ án được trình bày bao gồm 8 chương:

* Chương 1: Đặt vấn đề

Nội dụng là để đặt vấn đề …

* Chương 2: Cơ sở lý thuyết

Nội dung chính là cơ sở các lý thuyết

* Chương 3: Thiết kế kiến trúc hệ thống

Nội dung là thiết kế kiến trúc hệ thống

* Chương 4: Tổng quan về phần cứng
* Chương 5: Thiết kế kiến trúc truyền thông sử dụng LoRa
* Chương 6: Phân tích, thiết kế firmware cho SMGW
* Chương 7: Phân tích, thiết kế firmware cho Node
* Chương 8: Triển khai và kiểm thử

**ABTRACT**

. Ghi tóm tắt bằng tiếng Anh vào đây

# ĐẶT VẤN ĐỀ

## Lý do chọn đề tài

Hiện nay, ô nhiễm môi trường không khí và những tác động của nó đến sức khỏe con người đang là một mối lo ngại lớn ở các nước đang phát triển như Việt Nam. Tại những thành phố lớn như Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh và những thành phố công nghiệp của nước ta mức độ ô nhiễm những năm gần đây đã có lúc lên đến ngưỡng báo động. Số ca mắc các bệnh liên quan đến ô nhiễm không khí như các bệnh về đường hô hấp, tai mũi họng ngày càng nhiều. Tuy nhiên việc theo dõi, giám sát chất lượng không khí chưa thực sự đáp ứng được với tình hình hiện nay, do sự thiếu hụt về số lượng các hệ thống quan trắc và sự xuống cấp về chất lượng của các hệ thống này. Đặc biệt, các trạm quan trắc chỉ tập chung phần lớn ở các thành phố. Tại các vùng quê, hầu như không có hoặc rất ít các điểm đo đạc không khí. Do vậy, một mạng lưới các điểm đo đạc chất lượng không khí đủ dày có thể tự động tính toán, xử lý dữ liệu là điều cần thiết lúc này.

Trong thời buổi phát triển của việc liên lạc qua thông tin di động như hiện nay, các trạm BTS được tại hầu hết các khu dân cư, từ thành thị tới nông thôn và cho đến các vùng sâu vùng xa. Nếu mỗi trạm phát sóng được tích hợp thành một điểm quan trắc không khí thì như vậy, sẽ bao phủ được hầu hết các địa điểm có dân cư sinh sống. Ngoài ra, về mặt kĩ thuật, các trạm BTS có rất nhiều thuận lợi để triển khai mạng lưới quan trắc. Cột phát sóng cao 25m dẫn đến tầm nhìn thẳng (Line of Sight) giữa bên phát và bên thu lớn, rất thuận lợi cho việc truyền thông khoảng cách xa. Ngoài ra, tại trạm này có nguồn điện để có thể cung cấp cho cảm biến, do đó việc đo đạc sẽ được thực hiện liên tục. Các mẫu được lấy với mật độ dày đặc cũng giúp cho việc tính được giá trị trung bình một cách chuẩn xác hơn.

Từ hiện trạng như trên, em đã xây dựng hệ thống quan trắc không khí tích hợp với các trạm BTS nhằm tạo ra một hệ thống đo đạc, kiểm soát chất lượng không khí.

## Mục tiêu và kết quả dự kiến

Những nhiệm vụ đặt ra cho đề tài gồm:

* Tìm hiểu tổng quan về LoRa và LoRaWAN.
* Phân tích, thiết kế và cài đặt firmware cho thiết bị node và SMGW.
* Chạy thử và đánh giá hệ thống.

Và cuối cùng, kết quả của đồ án cần đạt được sau khi hoàn thành bao gồm:

* Xây dựng được luồng xử lý dữ liệu và giao tiếp với người dùng, server.
* Các thiết bị node và SMGW hoạt động ổn định, đúng với yêu cầu chức năng đề ra.
* Phía server nhận tín dữ liệu và tương tác với thiết bị SMGW.

## Những công việc chính

Những công việc chính mà em thực hiện trong quá trình làm đồ án:

* Tìm hiểu lý thuyết về LoRa và LoRaWAN.
* Thiết kế và cài đặt chức năng thu thập và xử lý dữ liệu của các loại cảm biến không khí cho thiết bị node.
* Thiết kế và cài đặt các chức năng xử lý dữ liệu nhận được từ node, chức năng giao tiếp với người dùng qua SMS, chức năng truyền và nhận dữ liệu từ server.
* Kiểm thử sản phẩm.

Trong quá trình làm đồ án, các phương pháp nghiên cứu em sử dụng bao gồm:

* Phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết: Phân tích và tổng hợp lý thuyết, các nguyên lý cơ bản được đào tạo trong trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội được áp dụng trong đồ án như kỹ thuật điện tử, kỹ thuật lập trình.
* Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm: Phương pháp nghiên cứu, triển khai thực nghiệm được sử dụng nhằm tiến hành xây dựng các mô hình mẫu của hệ thống. Từ đó, thực hiện chạy thử các trường hợp như trên thực tế để phát hiện lỗi và vá lỗi cho hệ thống.
* Phương pháp tham khảo tài liệu: Phương pháp giúp đưa ra một cái nhìn tổng quan về các đề tài trong và ngoài nước. Tham khảo tài liệu cũng giúp có được những dẫn chứng khoa học chính xác, chặt chẽ giúp cho đề tài có tính logic lập luận vững chắc hơn.
* Phương pháp tham khảo ý kiến chuyên gia: Học hỏi từ các thầy cô, bạn bè cùng ngành học của mình. Qua đó sẽ có được những thu được những thông tin hữu ích, giúp hoàn thiện đề tài hơn.

## Cấu trúc của báo cáo

Báo cáo đồ án gồm 8 chương:

* Chương 1: Đặt vấn đề
* Chương 2: Cơ sở lý thuyết
* Chương 3: Thiết kế kiến trúc hệ thống
* Chương 4: Tổng quan về phần cứng
* Chương 5: Thiết kế kiến trúc truyền thông sử dụng LoRa
* Chương 6: Phân tích, thiết kế firmware cho SMGW
* Chương 7: Phân tích, thiết kế firmware cho Node
* Chương 8: Triển khai và kiểm thử

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT

NÓI ÍT LÝ THUYẾT

## Công thức tính VN\_AQI

## Chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số ADC

## Dịch vụ tin nhắn ngắn SMS

## Mô hình Client-Server

## Lập trình socket

## Bản tin JSON

## Hệ điều hành Debian cho gateway

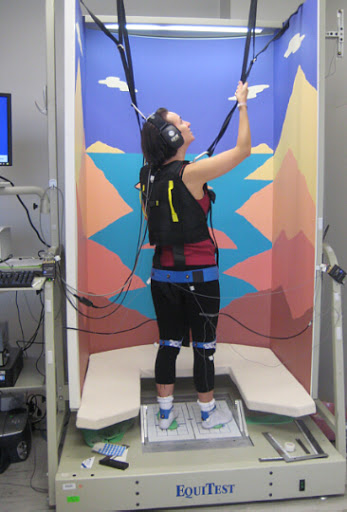
# PHÂN TÍCH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

*Nội dung Chương 3 trình bày quá trình phân tích và lựa chọn giải pháp dựa trên việc tiến hành phân tích các bài kiểm tra thăng bằng của bệnh nhân rối loạn tiền đình kết hợp với các kiến thức về xử lý ảnh đã nêu ở Chương 2.*

## Phân tích một số kiểm tra thăng bằng của cơ thể

### Phân tích động lực học bằng máy tính

Posturography là kỹ thuật được sử dụng để định lượng khả năng kiểm soát tư thế của bệnh nhân khi đứng thẳng trong các điều kiện điều kiện tĩnh hoặc động. Trong đó, Computeruro Dynamic Posturography (CDP) là phương pháp đánh giá không xâm lấn được Neuro Com phát triển lần đầu tiên vào những năm 1980 với sự hỗ trợ ban đầu từ NASA. Phương pháp này được sử dụng để đánh giá tác động của chuyến bay vào vũ trụ đối với chức năng tiền đình và khả năng kiểm soát cân bằng của các phi hành gia. Kiểm tra CDP giúp xác định các thiếu hụt chức năng trong việc kiểm soát cân bằng của cơ thể [23], nhưng không đưa ra các chẩn đoán bệnh lý hoặc vị trí tổn thương. Kiểm tra CDP bao gồm ba bước kiểm tra chức năng: kiểm tra tổ chức cảm giác (Sensory Organization Test), thử nghiệm điều khiển động cơ (Motor Control Test) ,và thử nghiệm thích ứng (Adaptation Test).



Hình . Kiểm tra Computerised Dynamic Posturography (CDP) [24]

Trong quá trình thực hiện kiểm tra CDP, bệnh nhân đứng trên một mặt phẳng có thể di động được và đeo các đai bảo vệ chống ngã; một kỹ thuật viên sẽ ở cạnh và hỗ trợ người bệnh khi cần thiết. Trong bài kiểm tra tổ chức cảm giác, khả năng giữ thăng bằng của bệnh nhân được kiểm tra trong hai trường hợp: mở mắt và nhắm mắt, trên mặt phẳng cố định và di động. Ngoài ra, bài kiểm tra này cũng đánh giá khả năng giữ ổn định tư thế của bệnh nhân trong khi các dòng trên màn hình di chuyển. Khi bạn thực hiện bài kiểm tra này, thiết bị sẽ phát hiện bệnh nhân đang sử dụng mắt cá chân hay hông để giữ thăng bằng, đồng thời kiểm tra vị trí rơi của trọng tâm của cơ thể trên mặt phẳng. Trong bài kiểm tra điều khiển động cơ, mặt phẳng dưới chân bệnh nhân sẽ di chuyển về phía trước và phía sau để kiểm tra các phản ứng của cơ thể bệnh nhân. Đồng thời, vị trí của trọng tâm của cơ thể được ghi lại để đánh giá khả năng giữ thăng bằng của cơ thể. Trong thử nghiệm thích ứng, mặt phẳng dưới chân bệnh nhân được di chuyển lên và xuống. Thiết bị đo sẽ đo năng lượng bệnh nhân sử dụng để giữ thăng bằng. Phương pháp này đã được chứng minh là có độ nhạy và độ đặc hiệu là 50% khi so sánh với các xét nghiệm chức năng tiền đình khác [25]. Phương pháp này cũng có thể phát hiện các bất thường trong phản xạ tiền đình – mắt ở bệnh nhân.

### Kiểm tra chức năng vận động

Trong bài kiểm tra chức năng vận động (Functional Mobility Test), bệnh nhân được gắn các cảm biến trên cơ thể sau đó thực hiện một chuỗi các vận động cho chuyên viên y tế quy định. Một số vận động thường được sử dụng trong các bài kiểm tra chức năng di chuyển là: vượt chứng ngại vật, đứng lên ngồi xuống tại chỗ, bước vượt rào. Phương pháp này không chỉ dùng để kiểm tra các rối loạn trong chức năng vận động của người bệnh mà còn dùng để đánh giá mức độ phục hồi sau rối loạn tiền đình và các chấn thương khác trong vận động.



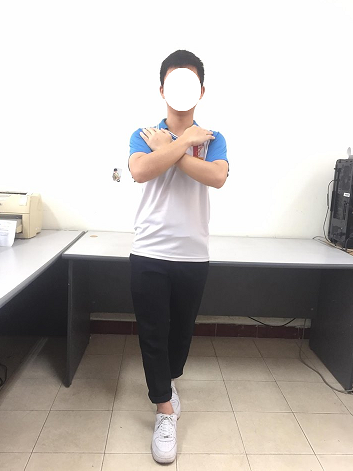
Hình . Kiểm tra chức năng vận động bằng bài tập vượt chứng ngại vật

### Kiểm tra Romberg

Kiểm tra Romberg được Moritz Heinrich von Romberg mô tả lần đầu tiên vào đầu thế kỷ 19. Sau đó, phương pháp này đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới. Hiện nay, đây là một trong những bài kiểm tra phổ biến để kiểm tra thăng bằng ở bệnh nhân. Bài kiểm tra Romberg được chia thành hai phiên bản là bài kiểm tra thông thường và bài kiểm tra biến thể. Trong bài kiểm tra thông thường, bệnh nhân được yêu cầu đứng trong tư thế hai chân đứng song song, hai bàn chân sát cạnh nhau, khoanh hai tay đặt trước ngực. Trong bài kiểm tra biến thể, bệnh nhân được yêu cầu đứng một chân trước một chân sau, hai bàn chân thẳng hàng, mũi chân sau chạm vào gót chân trước, và khoanh hai tay đặt trước ngực. Trong mỗi bài kiểm tra, bệnh nhân được yêu cầu đứng trong các tư thế này với thời gian mở mắt là 10 giây đầu tiên và thời gian nhắm mắt là 10 giấy tiếp theo. Bệnh nhân được xác nhận là dương tính với rối loạn thăng bằng khi bệnh nhân có xu hướng ngã về một bên hoặc cơ thể lắc lư mạnh. Ngược lại, kết quả được xác nhận là âm tính khi cơ thể bệnh nhân đứng yên hoặc lắc lư không đáng kể.



Hình . Tư thế của kiểm tra Romberg thông thường



Hình . Tư thế của kiểm tra Romberg biến thể

## Đề xuất giải pháp

Dựa trên cơ sở phân tích ưu điểm và nhược điểm của các kiểm tra cân bằng được sử dụng phổ biến trong các cơ sở khám chữa bệnh hiện nay, tác giả đã đưa ra giải pháp thực hiện mục tiêu đặt ra trong Chương 1.

Phương pháp phân tích động lực học bằng máy tính đã được chứng minh là có độ nhạy và độ đặc hiệu là 50% khi so sánh với các xét nghiệm chức năng tiền đình khác [25]. Phương pháp này cũng có thể phát hiện các bất thường trong phản xạ tiền đình – mắt ở bệnh nhân. Tuy nhiên, phương pháp này yêu cầu sử dụng thiết bị có kích thước lớn, giá thành cao. Vì vậy, phương pháp này thường chỉ được sử dụng ở các cơ sở khám chữa bệnh có quy mô lớn. Hơn nữa, trong quá trình kiểm tra, bệnh nhân cần phải thực hiện bốn bài kiểm tra thành phần, làm cho quá trình kiểm tra thường kéo dài.

Phương pháp kiểm tra chức năng di chuyển có thể kết hợp với kiểm tra tổ chức cảm giác là một phương pháp kiểm tra có độ nhạy cao với các bệnh nhân suy yếu tiền đình [26]. Tuy nhiên, phương pháp này chưa có một mức đánh giá định lượng cụ thể cho bệnh nhân khi tham gia các bài tập vận động. Hơn nữa, hình thức vận động được quyết định dựa trên kinh nghiệm của chuyên viên y tế; do đó có thể gây ra các kết quả sai lệch do đánh giá chủ quan. Phương pháp này cũng yêu cầu không gian đủ rộng để bệnh nhân có thể thực hiện các bài tập vận động, và thời gian kiểm tra thường kéo dài.

Kiểm tra Romberg có một số ưu điểm như không yêu cầu thiết bị hỗ trợ đắt tiền, thực hiện đơn giản, thời gian thực hiện ngắn, và không yêu cầu không gian rộng. Hơn nữa, kết quả của kiểm tra Romberg đã được chứng minh là có độ tin cậy tương đương với phương pháp phân tích động lực học bằng máy tính [27]. Tại Việt Nam, kiểm tra Romberg đã được công nhận là phương pháp để chẩn đoán các rối loạn về thăng bằng trong tài liệu chuyên môn được bàn hành kèm theo quyết định số 5643/QĐ-BYT của Bộ Y tế. Tuy nhiên, trong bài kiểm tra Romberg, góc nghiêng của bệnh nhân chưa được đánh giá một cách định lượng, mà được đánh giá dựa trên sự quan sát và kinh nghiệm của bác sĩ.

Để khắc phục vấn đề trên, tác giả đã đưa ra giải pháp tính toán góc nghiêng của cơ thể bệnh nhân trong khi thực hiện kiểm tra Romberg sử dụng camera giá rẻ và máy tính cá nhân. Các thuật toán xử lý ảnh được sử dụng để xử lý video thời gian thực được thu bởi camera. Các nhãn dán màu được phát hiện, sau đó xác định tâm của mỗi nhãn dán và tính góc tạo bởi đường nối hai tâm với phương thẳng đứng. Giải pháp này có một số ưu điểm như: giá thành thấp, khả năng di động cao, thời gian sàng lọc ngắn, và có thể phát triển trong tương lai bằng cách áp dụng mô hình học máy hoặc trí tuệ nhân tạo. Những ưu điểm này hoàn toàn phù hợp với mục tiêu đặt ra trong chương thứ nhất.

*Sau khi phân tích các ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp kiểm tra cân bằng đang được sử dụng hiện nay là phân tích động lực học bằng máy tính (Computerised Dynamic Posturography - CDP), kiểm tra chức năng di chuyển (Functional Mobility Test - FMT), và kiểm tra Romberg (Romberg test), tác giả đã đề xuất giải pháp tính toán góc nghiêng của cơ thể sử dụng camera giá rẻ và máy tính cá nhân. Giải pháp này sử dụng phần cứng có giá thành hợp lý, kết cấu đơn giản và dễ dàng triển khai trên quy mô rộng. Điều này hoàn toàn phù hợp với các mục tiêu đã đặt ra trong chương thứ nhất.*

# XÂY DỰNG HỆ THỐNG

*Nội dung Chương 4 trình bày giải pháp đo góc nghiêng của cơ thể bao gồm hệ thống phần cứng và thuật toán thực thi. Đồng thời trình bày các bước quan trọng trong thuật toán, và các chức năng hỗ trợ để thực hiện đo đạc trong nhiều điều kiện môi trường khác nhau.*

## Cấu hình hệ thống thu nhận và xử lý ảnh

Hệ thống được đề xuất có cấu tạo đơn giản và có độ di động cao. Thành phần của hệ thống bao gồm hai nhãn dán màu, camera, và máy tính cá nhân. Hai nhãn dán màu được gắn trên cơ thể bệnh nhân tại vị trí giữa vai và thắt lưng ở mặt sau cơ thể. Camera được sử dụng để ghi lại video thời gian thực trong quá trình bệnh nhân thực hiện kiểm tra Romberg biến thể. Máy tính được sử dụng để thực thi thuật toán xử lý dữ liệu thu được từ camera để tính được giá trị góc nghiêng của cơ thể bệnh nhân so với phương thẳng đứng.



Hình . Hệ thống thu nhận và xử lý ảnh

## Xây dựng lưu đồ thuật toán

Chương trình xử lý được đề xuất bao gồm hai chức năng riêng biệt:

* trích xuất thông tin về ngưỡng màu và tính góc nghiêng ban đầu;
* tính toán giá trị góc nghiêng của cơ thể.

Để trích xuất thông tin về ngưỡng màu, bác sĩ hoặc kỹ thuật viên sẽ chọn các vùng sticker màu trong khung hình của video bằng chuột máy tính. Sau đó, thuật toán trong Hình 4.2 sẽ đưa ra ngưỡng màu từ các điểm ảnh được chọn. Việc trích xuất các thông tin về ngưỡng màu được thực hiện trước khi thực hiện đo trên bệnh nhân đầu tiên và cần được lặp lại khi có sự thay đổi ánh sáng nền để tìm ra các ngưỡng màu mới phù hợp với điều kiện sáng của môi trường.



Hình . Sơ đồ thuật toán trích xuất ngưỡng màu và giá trị góc nghiêng ban đầu

Sau đó, thuật toán trong Hình 4.3 sẽ được thực thi để tính toán góc nghiêng của cơ thể bệnh nhân trong thời gian thực. Trong thuật toán này bộ lọc Gaussian được sử dụng để giảm nhiễu Gaussian trước khi sử dụng phép biến đổi hình thái để loại bỏ các nhiễu xung. Sau khi được lọc, các khung hình được đưa vào bước tiếp theo để phát hiện các sticker màu và xác định đường viền của chúng. Bước xử lý cuối cùng là xác định tâm của vùng nhãn dán và tính góc giữa đường nối giữa hai tâm và hướng dọc. Trong cả hai thuật toán, mô hình màu HSV được sử dụng để đơn giản hóa nhiều bước tính toán. Chi tiết các bước trong thuật toán sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo.



Hình . Sơ đồ thuật toán tính góc nghiêng của cơ thể so vơi phương thẳng đứng

## Các khâu xử lý chính

### Lọc Gaussian

Nhiễu là vấn đề thường xuyên gặp phải trong quá trình thu nhận ảnh. Các loại nhiễu khác nhau có ảnh hưởng tới hình ảnh ở các mức độ khác nhau. Dựa trên các kết quả thực nghiệm, nhiễu Gauss và nhiễu xung được cho là có ảnh hưởng nhất đến quá trình nhận dạng các nhãn dán màu và phát hiện đường viền của chúng. Vì vậy, bộ lọc Gaussian và phép biến đổi hình thái đã được sử dụng trong quá trình tiền xử lý để hạn chế ảnh hưởng của hai loại nhiễu này.

Nhiễu Gauss có thể được giảm bớt bằng cách sử dụng một số bộ lọc như bộ lọc trung vị, bộ lọc Butterworth, và bộ lọc Gaussian. Dựa trên việc so sánh hiệu quả của ba bộ lọc trên trong một nghiên cứu của L. Z. Mezher [28], bộ lọc Gaussian được cho là có tác dụng tốt nhất trong việc loại bỏ nhiễu Gauss. Áp dụng bộ lọc Gaussian làm cho ảnh gốc trở nên mịn hơn, loại bỏ các thành phần tần số cao. Do đó có thể làm giảm các thành phần gây bão hòa màu khi chuyển đổi từ không gian màu RGB sang không gian màu HSV trong bước tiếp theo. Bản chất của việc áp dụng bộ lọc Gaussian là tính tích chập giữa ảnh đầu vào và một ma trận hạt nhân Gaussian.

Do kích thước của ma trận hạt nhân Gaussian có ảnh hưởng đáng kể tới việc duy trì các hiệu ứng cạnh của các vật thể trong hình ảnh. Vì vậy, trong thuật tóa được đề xuất, ma trận Gaussian với kích thước nhỏ nhất là 3×3 được sử dụng để đảm bảo các cạnh của nhãn dán bị nhòe ở mức thấp nhất có thể. Tích chập của hình ảnh gốc với ma trận Gaussian kích thước 3×3 được tính theo công thức:

 (4.1)

Trong đó, *x* và *y* là tọa độ của các điểm ảnh trong ảnh gốc *f* và ảnh sau khi áp dụng bộ lọc *g*; *k* là phần tử của ma trận hạt nhân Gaussian.

### Chuyển đổi không gian màu và phân ngưỡng

Hình ảnh được thu nhận bằng camera là hình ảnh RGB. RGB là không gian màu phổ biến, được biểu diễn dưới dạng hình lập phương, mỗi điểm ảnh gồm ba giá trị tương ứng với ba màu gốc là đỏ (Red), xanh lá (Green), và xanh dương (Blue). Trong không gian màu RGB, các thông tin về màu sắc và độ chói không được mã hóa độc lập với nhau. Do đó, ngay cả khi chụp cùng một đối tượng, camera sẽ ghi nhận các giá trị màu sắc khác nhau khi độ sáng của môi trường thay đổi. Điều này làm cho việc nhận dạng các màu sắc trong không gian màu RGB gặp nhiều khó khăn.

Để khắc phục vấn đề này, các hình ảnh sau khi được xử lý bằng bộ lọc Gaussian sẽ được chuyển đổi từ không gian màu RGB sang không gian màu HSV. Không gian màu HSV thường được biểu diễn dưới dạng hình nón hoặc hình trụ. Mỗi điểm ảnh gồm ba giá trị là H (hue – màu sắc), S (stuaration – độ bão hòa), V (value – độ sáng). Màu sắc được quyết định bởi giá trị của tham số H trong mọi điều kiện sáng của môi trường. Do đó, việc chuyển đổi không gian màu từ RGB sang HSV đã giúp việc nhận dạng các nhãn dán màu trở nên đơn giản và chính xác hơn trong khi tài nguyên xử lý còn hạn chế. Trong quá trình triển khai thực tế, hàm cvtColor trong thư viện OpenCV được sử dụng để chuyển đổi giữa các không gian màu.



Hình . Hình ảnh gốc được biểu diễn trong không gian màu RGB



Hình . Hình ảnh gốc sau khi chuyển sang không gian màu HSV

Sau khi chuyển đổi không gian màu, hai nhãn dán có thể được nhận dạng bằng thuật toán phân ngưỡng. Dựa trên các mức ngưỡng riêng biệt cho màu sắc của từng nhãn dán đã được lưu trữ, thuật toán phân ngưỡng sẽ tạo ra hai hình ảnh nhị phân chứa từng nhãn dán riêng lẻ.

### Biến đổi hình thái

Trong quá trình thu nhận, hình ảnh thường xuất hiện các nhiễu xung dẫn tới các sai sót khi phát hiện các nhãn dán màu. Nhiễu xung được đặc trưng bởi các điểm ảnh có giá trị khác biệt đáng kể so với cái điểm ảnh xung quanh nó. Nhiễu xung có thể được loại bỏ bằng các phương pháp như biến đổi hình thái, lọc trung bình, lọc trung vị, hoặc kết hợp các phương pháp nêu trên. Tuy nhiên, đối với ảnh nhị phân, biến đổi hình thái học đã được chứng minh là có hiệu quả tốt nhất trong việc loại bỏ các nhiễu xung, đồng thời mang lại hiệu quả cao trong việc phát hiện hình dạng vật thể [29]. Trong phép biến đổi hình thái học, giá trị của mỗi điểm ảnh được điều chỉnh dựa vào giá trị của các điểm ảnh lân cận. Các điểm ảnh lân cân được quyết định bởi kích thước và hình dạng của phần tử cấu trúc. Đối với ảnh nhị phân, phần tử cấu trúc là một ma trận chỉ gồm hai giá trị 0 và 1. Các phần tử cấu trúc có thể có các hình dạng như hình vuông, hình chữ nhật, hình thoi. Hình dạng và kích thước của phần tử cấu trúc có tác động lớn tới kết quả xử lý.

Trong quá trình xử lý, phần tử cấu trúc B được sử dụng cho cả hai phép toán là xói mòn và giản nở. B là phần tử cấu trúc dạng vuông, có kích thước 3×3, các phẩn tử của ma trận B đều có giá trị bằng một. Đầu tiên, phép xói mòn được thực hiện để loại bỏ những điểm ảnh có tám điểm lân cận xung quanh bằng không. Do đó, các điểm nhiễu dễ bị nhầm lẫn với vật thể sẽ bị loại bỏ. Tiếp theo, phép giãn nở được sử dụng để tăng kích thước của vật thể bằng cách điền đầy điểm đen ở đường biên và bên trong.

### Xác định đường biên và tính góc

Sau khi sử dụng các phép biến đổi hình thái, các ảnh nhị phân chứa từng nhãn dán màu đã được loại bỏ các nhiễu xung, làm cho việc phát hiện đường biên trở nên dễ dàng hơn. Đường biên của các nhãn dán màu được phát hiện bằng phương pháp dò biên quy hoạch động dựa trên phân tích cấu trúc hình ảnh tô pô [30]. Đây là phương pháp tìm biên trong ảnh nhị phân một cách đơn giản và không nhạy cảm với nhiễu.

Trọng tâm của mỗi vùng nhãn dán màu được xác định bằng cách tính giá trị trọng số trung bình của tất cả các điểm ảnh tạo nên vật thể. Giá trị này được tính bằng cách sử dụng image moment [31]. Sau khi tìm được tọa độ của tâm các nhãn dán, góc tạo bởi đường thẳng nối hai tâm và phương thẳng đứng được tính theo công thức:

 (4.2)

## Các chức năng hỗ trợ khác

### Trích xuất ngưỡng màu

Trích xuất ngưỡng màu là quy trình phụ trợ có vai trò quan trọng được đề xuất trong thuật toán do ngưỡng màu là tham số chính trong quá trình nhận dạng màu sắc của hai nhãn dán. Trong thuật toán được thể hiện trong Hình 4.2, sau khi vùng ảnh chưa nhãn dán màu được chọn bằng thao tác chuột máy tính của người dùng sẽ được chuyển từ không gian màu RGB sang không gian màu HSV. Sau đó, bộ tham số ngưỡng của mỗi màu sắc sẽ được trích xuất. Bộ tham số này bao gồm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của các tham số màu sắc (hue), độ bão hòa (saturation), và giá trị (value). Trong ba tham số trên, màu sắc (hue) đóng vai trò quan trọng nhất để xác định loại màu sắc, độ bão hòa và giá trị được sử dụng để loại bỏ một số điểm ảnh gây nhiễu ảnh hưởng đến quá trình nhận dạng trong thời gian thực.

### Hiệu chỉnh

Hiệu chỉnh là bước cần thiết để tránh sai sót do vị trí đặt camera. Công cụ để hiệu chỉnh bao gồm một thanh thẳng ngắn được gắn hai nhãn dán màu và quả dọi thăng bằng. Thanh thẳng được đặt song song với quả dọi thăng bằng theo phương thẳng đứng. Sau đó sử dụng camera chụp lại thanh thẳng và tính toán góc lệch giữa đường thẳng nối tâm của hai nhãn dán màu và phương thẳng đứng. Giá trị góc nghiêng thu được là giá trị bù cho các lỗi hệ thống gây ra bởi vị trí đặt camera khi người dùng quan tâm tới giá trị góc nghiêng cụ thể của bệnh nhân.

*Trong Chương 4, tác giả đã đề xuất giải pháp đo sự thay đổi góc nghiêng của bệnh nhân trong quá trình thực hiện nghiệm pháp Romberg biến thể. Hệ thống được đề xuất gồm có ba thành phần: nhãn dán màu, camera, và máy tính cá nhân. Thuật toán được đề xuất trong nội dung đề tài có thể xử lý video thu từ camera trong thời gian thực để đo sự thay đổi góc nghiêng của cơ thể người. Nội dung chương này cũng trình bày chi tiết các bước trong thuật toán, quá trình phân tích và lựa chọn tham số cho mỗi bước.*

# KIỂM THỬ PHƯƠNG PHÁP ĐO

*Nội dung Chương 5 trình bày các bước thiết lập thí nghiệm, các bước tiến hành, và phân tích các kết quả đạt được trong ba thí nghiệm là: kiểm tra độ chính xác tĩnh, kiểm tra độ chính xác động, và thí nghiệm với tình nguyện viên.*

## Thiết lập thí nghiệm

### Thiết lập thiết bị đo

Hệ thống phần cứng thử nghiệm gồm có camera di động, máy tính cá nhân và ma-nơ-canh tự tạo được cố định ở đầu trên cùng của thanh thẳng (Hình 5-1). Camera USB di động (Logitech C170) có thông số kỹ thuật chính được trình bày trong Bảng 5.1.

Bảng . Thông số kỹ thuật chính của camera Logitech C170

|  |  |
| --- | --- |
| Chuẩn kết nối | USB 2.0 |
| Độ phân giải video | 640 × 480 pixel |
| Tốc độ khung hình/giây | Tối đa 30 khung hình/giây |
| Độ dài tiêu cự | 2.3 mm |
| Cảm biến hình ảnh | CMOS |

Máy tính cá nhân HP Pavilion 14-AL117TU có thông số kỹ thuật chính được trình bày trong Bảng 4.

Bảng . Thông số kỹ thuật chính của máy tính xách tay HP Pavilion 14-AL117TU

|  |  |
| --- | --- |
| Bộ xử lý | Intel Core i5-7200U |
| Bộ nhớ RAM | 8G |
| Đồ họa | Intel HD Graphics 620 |

Trong tất cả các thí nghiệm, các nhãn dán màu có kích thước 6 × 4 cm. Các thử nghiệm được thực hiện dưới sự chiếu sáng của sáu đèn huỳnh quang có công suất 18 W, chiều dài 1,2 m. Thuật toán được phát triển bằng cách sử dụng thư viện OpenCV 4.0 và môi trường phát triển tích hợp Visual Studio 2017.

Trong các thí nghiệm, tác giả đã sử dụng phụ kiện để cố định áo nhằm tránh sai số gây ra do sự chuyển động của áo khi ma-nơ-canh hoặc do sự lắc lư của tình nguyện viên.

### Thiết lập thiết bị tham chiếu

Để tạo dữ liệu tham chiếu, một thiết bị đo góc nghiêng có độ chính xác cao đã được sử dụng để ghi lại giá trị góc nghiêng đồng thời với camera. Thiết bị này được gắn ở đầu dưới của thanh thẳng để ghi lại độ nghiêng của ma-nơ-canh. Thiết bị tham chiếu có thể đo góc tương đối với sai số dự kiến ​​khoảng 0.144 độ bằng cách sử dụng 2500 xung trên mỗi bộ mã hóa gia tăng vòng quay (Kubler 8.KIS40.1342.2500) và vi điều khiển 8 bit (Atmel ATmega16). Trong bước hiệu chỉnh, khi thanh thẳng được đặt song song với quả dọi thăng bằng, góc bù của camera được ghi lại và góc tương đối của thiết bị tham chiếu được đặt về giá trị không. Trong tất cả các thí nghiệm, góc tham chiếu được lấy mẫu với tốc độ 10 ms và gửi đến máy tính để so sánh với giá trị góc nghiêng đo được bằng camera.



Hình . Thí nghiệm đo góc nghiêng của ma nơ canh

## Các bước tiến hành

### Kiểm tra độ chính xác tĩnh

Thí nghiệm này được thực hiện để kiểm tra độ chính xác của giá trị góc nghiêng tính theo thuật toán đã đề xuất. Camera được đặt theo phương ngang, ở khoảng cách 2.5 m so với ma-nơ-canh để ghi lại các giá trị góc nghiêng. Sau đó, thanh thẳng gắn ma-nơ-canh được đặt cố định tại các vị trí lần lượt là −20, −15, 10, −5, 0, +5, +10, +15 và +20 (độ). Tại mỗi vị trí, dữ liệu được ghi trong khoảng thời gian là 10 giây để so sánh với dữ liệu tham chiếu.

### Kiểm tra độ chính xác động

Thí nghiệm này được thực hiện để kiểm tra sự khác biệt giữa các giá trị góc được tính bởi phương pháp đề xuất và các giá trị góc đo được bằng thiết bị tham chiếu, trong điều kiện thăng thẳng gắn ma-nơ-canh được di chuyển liên tục trong phạm vi từ −15 độ đến +15 độ. Tốc độ di chuyển thanh thẳng luôn được thay đổi một cách ngẫu nhiên để mô phỏng sự lắc lư của cơ thể con người.

### Thử nghiệm với tình nguyện viên

Thí nghiệm này được thực hiện với hai tình nguyện viên bao gồm một người khỏe mạnh và một người bị mắc rối loạn thăng bằng. Trong mỗi thí nghiệm, tình nguyện viên được gắn hai nhãn dán màu ở sau lưng tại vị trí giữa vai và thắt lưng. Khoảng cách từ camera tới tình nguyện viên là 2.5 m. Tình nguyện viên được yêu cầu đứng theo tư thế của nghiệm pháp Romberg biến thể. Camera sẽ ghi lại dữ liệu góc nghiêng của cả hai tình nguyện viên trong khoảng thời gian là 10 giây đầu mở mắt và 10 giây tiếp theo nhắm mắt.

## Kết quả thí nghiệm

### Sai số của thí nghiệm kiểm tra độ chính xác tĩnh

Trong thí nghiệm đầu tiên, khi ma-nơ-canh được cố định ở các vị trí lần lượt là −20, −15, −10, −5, 0, +5, +10, +15 và +20 (độ), kết quả góc thu được khi đo bằng phương pháp đề xuất có sự sai khác không đáng kể so với các giá trị góc đã biết; các kết quả thí nghiệm được trình bày tại Hình 5.2 và Bảng 5.3.

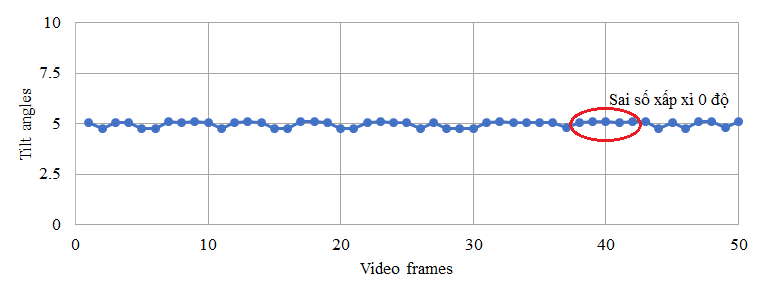


Hình . Góc nghiêng đo được bởi hệ thống đề xuất tại các vị trí −10, 0, +10

Bảng . Lỗi đo lường trong trạng thái tĩnh

| Sai số (độ) | Góc nghiêng (độ) | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| −20 | −15 | −10 | −5 | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 |
| Trung bình | 0.1 | 0.0 | −0.1 | −0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.3 |
| Độ lệch chuẩn | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.9 |
| Lớn nhất | 1.7 | 0.3 | 0.4 | 1.8 | 1.3 | 0.1 | 0.5 | 1.3 | 1.2 |

Các kết quả thu được trong Bảng 5 cho thấy 60% phép đo có sai số trung bình không vượt quá 0.2 độ. Điều này cho thấy sai số hệ thống trong các phép đo hoàn toàn không đáng kể. Các số liệu trong bảng trên cũng cho thấy 60% phép đo có độ lệch chuẩn không vượt quá 0.5 độ; độ lệch chuẩn lớn nhất thu được là 0.9 độ. Do đó, có thể khẳng định hệ thống đề xuất có độ chính xác cao. Khi phân tích từng giá trị trong mỗi khung hình của video, kết quả cho thấy các lỗi đều không vượt quá 1.8 độ. Tại một số độ nghiêng, khi phân tích từng khung hình, các lỗi gần như bằng không (Hình 5.3).



Hình . Giá trị góc nghiêng đo được trong mỗi khung hình tại vị trị +5

### Sai số của thí nghiệm kiểm tra độ chính xác động

Trong thí nghiệm tiếp theo, khi na-nơ-canh được lắc lư chậm, tốc độ lớn nhất ghi nhận được là 3.5 độ mỗi giây, sự chênh lệch giữa góc nghiêng được đo bởi phương pháp được đề xuất và góc được đo bởi thiết bị tham chiếu không vượt quá 1 độ, như trong Hình 5.4.





Hình . Kết quả thu được với tốc độ di chuyển lớn nhất là 3.5 độ/giây

Ngay cả khi ma-nơ-canh được di chuyển với tốc độ nhanh hơn và tốc độ cực đại ghi nhận được là 15 độ mỗi giây, sự chênh lệch giữa dữ liệu đo được và dữ liệu thu được từ thiết bị tham chiếu có sự chênh lệch lớn hơn nhưng không vượt quá 2 độ, như trong Hình 5.5.





Hình . Kết quả thu được với tốc độ di chuyển lớn nhất là 15 độ/giây

Trong các kết quả ở thử nghiệm kiểm tra độ chính xác động được thể hiện ở Hình 5.4 và Hình 5.5, xuất hiện sự dịch chuyển nhỏ về mặt thời gian giữa hai biểu đồ đường. Nguyên nhân gây ra sự dịch chuyển này là do dự không đồng đều về mặt thời gian khi tốc độ chụp của camera và tốc độ xử lý của máy tính thay đổi trong từng khung hình; trong khi đó, dữ liệu từ thiết bị tham chiếu được lấy mẫu cố định sau mỗi 10 ms. Điều này có thể được khắc phục bằng cách theo dõi khảng thời gian giữa mỗi khung hình của video để chuẩn hóa hoặc sử dụng thiết bị phần cứng có hiệu suất cao hơn.

### Kết quả thử nghiệm với tình nguyện viên

Trước khi thực hiện đo đạc, tác giả đã thực hiện bước hiệu chỉnh bằng phương pháp yêu cầu bệnh nhân đứng thẳng, hai bàn chân song song đặt cạnh nhau. Để tránh sai số do sự chuyển động của áo khi tình nguyện viên lắc lư cơ thể, tác giả đã sử dụng phụ kiện nhằm cố định vị trí của áo trên cơ thể. Ngưỡng màu và góc lệch ban đầu sẽ được tính toán và lưu trữ để phục vụ cho quá trình đo sự thay đổi góc nghiêng trong bước tiếp theo.

Sau khi hiệu chỉnh và đo đạc, các góc nghiêng đo được của mỗi tình nguyện viên được thể hiện trong Hình 5.6.



Hình . Góc nghiêng đo được ở tình nguyện viên khỏe mạnh và bệnh nhân

Biểu đồ đường trong Hình 5.6 đã cho thấy sự sự khác biệt đáng kể trong sự biến thiên góc nghiêng ở tình nguyện viên khỏe mạnh và bệnh nhân. Kết quả thu được cho thấy tình nguyện viên khỏe mạnh có biên độ dao động nhỏ hơn so với biên độ dao động của bệnh nhân rối loạn thăng bằng. Điều này cho thấy hệ thống được đề xuất hoàn toàn có khả năng đo sự thay đổi góc nghiêng trên cơ thể người.

*Nội dung Chương 5 đã trình bày các bước kiểm thử hệ thống và các kết quả thu được. Thông qua quá trình phân tích số liệu, hệ thống đã được chứng minh là có sai số hệ thống không đáng kể và có độ chính xác cao. Hệ thống hoàn toàn có thể đo được sự thay đổi góc nghiêng của cơ người và cho thấy sự khác biệt rõ ràng giữa người khỏe mạnh và bệnh nhân mắc rối loạn thăng bằng.*

# KẾT LUẬN

## Kết luận chung

Dựa trên việc tìm hiểu thực trạng và các ảnh hưởng tiêu cực của hội chứng rối loạn tiền đình tới cuộc sống của người bệnh và các nghiên cứu về phương pháp chẩn đoán rối loạn tiền đình hiện nay, một hệ thống sàng lọc bệnh nhân rối loạn tiền đình sử dụng camera giá rẻ và máy tính cá nhân đã được đề xuất thành công. Một số ưu điểm của hệ thống như giá thành rẻ, thiết bị đơn giản có khả năng di động cao, dễ dàng lắp đặt và triển khai trên quy mô rộng đã khắc phục được nhược điểm của một số phương pháp kiểm tra thăng bằng đang được sử dụng phổ biến. Hơn nữa, hệ thống được đề xuất cũng đã góp phần giải quyết hạn chế lớn nhất của kiểm tra Romberg. Camera được sử dụng để ghi lại các chuyển động của hai nhãn dán màu được gắn trên áo của bệnh nhân, sau đó sử dụng thuật toán đã đề xuất để tính toán góc nghiêng của bệnh nhân so với phương thẳng đứng và lưu trữ các giá trị góc nghiêng để phân tích. Một số các thí nghiệm đã được thực hiện để kiểm tra độ chính xác của hệ thống khi đo đạc ở cả trạng thái tĩnh và động. Ở trạng thái tĩnh, khi so sánh góc nghiêng của cơ thể được đo bằng bằng hệ thống với dữ liệu của thiết bị tham chiếu, sai số không vượt quá 0.5 độ tại tất cả các vị trí. Khi ma-nơ-canh di chuyển chậm, sai số không vượt quá 1 độ; ngay cả khi ma-nơ-canh di chuyển nhanh, sai số cũng không vượt quá 2 độ. Các kết quả này đã chứng minh rằng hệ thống được đề xuất có thể đo được sự thay đổi góc nghiêng của cơ thể con người với độ chính xác cao ở cả trạng thái tĩnh và trạng thái động.

## Kiến nghị và đề xuất

Trong thử nghiệm thực tế, các ảnh hưởng do lỗi của hệ thống được đề xuất có thể là không đáng kể. Các lỗi trong trường hợp này có thể là do tốc độ chụp của máy ảnh thấp và hiệu ứng màn trập lăn của cảm biến hình ảnh CMOS. Do đó, độ chính xác của phép đo có thể được cải thiện bằng cách sử dụng camera có hiệu suất tốt hơn.

Việc hiệu chỉnh góc nghiêng ban đầu có thể là không cần thiết. Các sai số của phép đo có thể không gây ra ảnh hưởng khi bác sĩ chỉ tập trung vào sự biến thiên góc nghiêng của cơ thể bệnh nhân.

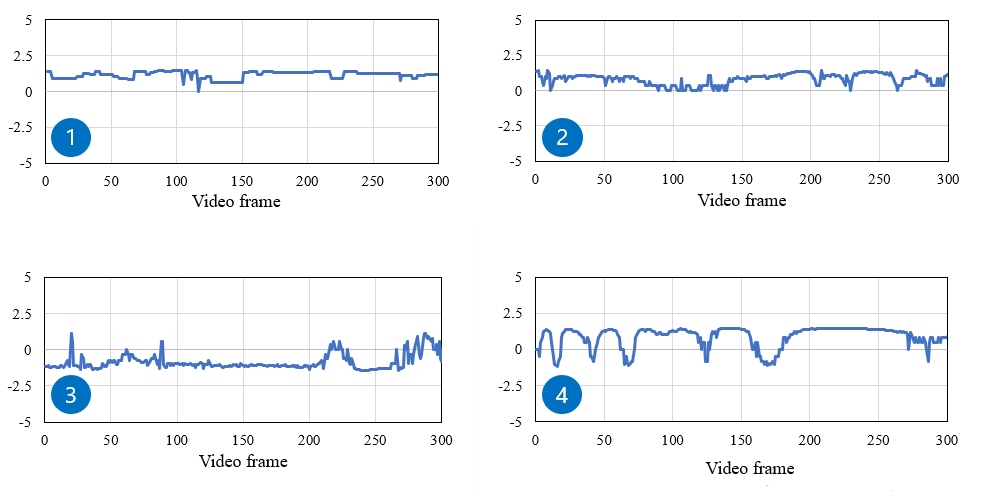
## Hướng phát triển

Dựa trên các kết quả của thử nghiệm với tình nguyện viên, kết quả định lượng cho phép phân loại bệnh nhân và người một cách dễ dàng. Mặc dù hệ thống được đề xuất không đưa ra kết quả chẩn đoán cụ thể, nhưng đây là một trong những bước cần thiết để phát triển một phương pháp định lượng trong sàng lọc bệnh nhân rối loạn tiền đình.

Hiện nay, tác giả đang tiến hành thu thập dữ liệu trong phòng thí nghiệm để kiểm tra độ ổn định của hệ thống; tiến tới ghi nhận dữ liệu thực trên bệnh nhân tại bệnh viện để xây dựng mô hình học máy trong hỗ trợ chẩn đoán.



Hình 6. Thu thập dữ liệu trên tình nguyện viên tại SPR-Lab



Hình 6. Đồ thị biểu diễn góc nghiêng cơ thể của các tình nguyện viên

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. V. H. Nguyễn, “Tai và thần kinh tiền đình-ốc tai”, in *Giải phẫu người*, V. C. Hoàng , V. H. Nguyễn, X. K. Nguyễn, T. Q. Nguyễn, X. T. Nguyễn, S. V. Trần, Nhà xuất bản Y học, 2006, pp. 167-171.
2. Y. Agrawal, J. P. Carey, C. C. D. Santina, M. C. Schubert and L. B. Minor, "Disoders of balance and vestibular function in US adults," *Archive of Internal Medicie*, vol. 169, no. 10, pp. 938-944, 2009.
3. H. Neuhauser, M. Leopold, M. von Brevern, G. Arnold, T. Lempert, “The interrelations of migraine, vertigo, and migrainous vertigo,” *Neurology*, vol 56 (4), pp. 436-441, 2001.
4. T. Sekitani, Y. Imate, T. Noguchi, and T. Inokuma, “Vestibular neuronitis: epidemiological survey by questionnaire in Japan,” *Acta oto-laryngologica. Supplementum*, vol 503, pp. 9-12, 1993.
5. L. Yardley, N. Owen, I. Nazareth and L. Luxon, "Prevalence and presentation of dizziness in a general practice community sample of working age people," *British Journal of General Practice*, vol. 48, pp. 1131-1135, 1998.
6. L. Yardley and J. Putnam, "Quantitative analysis of factors contributing to handicap and distress in vertiginous patients," *Journal of Vestibular Research*, vol. 17, pp. 231-236, 1992.
7. L. D. B. Thorban and R. A. Newton, "Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons," *Physical Therapy*, vol. 76, pp. 576-585, 1996.
8. J. Gill, J. H. J. Allum, M. G. Carpenter, M. Held-Ziolkowska, A. L. Adkin and F. Honegger, "Trunk sway measures of postural stability during clinical balance test: effects of age," *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCE*, vol. 56A, pp. 438-447, 2001.
9. P. K. T. Rahko, "New clinical finding in vestibular neuritis: high-frequency audiometry hearing loss in the affected ear," *The Laryngoscope*, vol. 96, no. 2, pp. 198-199, 1986.
10. https://hearlife.vn/do-am-oc-tai-oae/, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
11. https://hearinginstitute.ca/my-audiologist-referred-me-for-an-abr-now-what/, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
12. http://drugster.info/img/term/electrocochleography-4962\_3.JPG, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
13. V. Ostrowski, "Vestibular Testing," in *Practical Otology for the Otolaryngologist*, San Deigo, Plural Publishing, 2013, pp. 33-49.
14. https://metrovision.fr/mv-es-notice-us.html, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
15. http://www.upwardstek.com/ydy.html, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
16. https://www.ocregister.com/2010/07/18/dr-dizzys-chair-can-set-you-straight/, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
17. https://www.boystownhospital.org/hearingservices/hearingBalance/Pages/BalanceVestibularEvaluations.aspx, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
18. https://www.fysiomed.cz/ru/rehabilitation-equipment/diagnostics/biodex-balance-system/, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
19. “Tổng quan về xử lý ảnh,” in *Giáo trình môn học Xử lý ảnh*, N. T. Đỗ, V. B. Phạm, Đại học Thái Nguyên, 2007, pp 9.
20. https://opencv.org/, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
21. S. Naseera, “Client Server Architecture for Embedding Patient Information on X-Ray Images,” *Research Journal of Pharmacy and Technology*, vol 9(9), pp. 1337-1340, 2016.
22. S. Pereira, A. Pinto, V. Alves and C. A. Silva, "Brain Tumor Segmentation Using Convolutional Neural Networks in MRI Images," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 35, no. 5, pp. 1240-1251, May 2016.
23. S. L. Whitney, G. F. Marchetti and A. I. Schade, "The relationship between falls history and computerized dynamic posturography in persons with balance and vestibular disorders," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 87, pp. 402-407, 2006.
24. http://pillownaut.com/tests/neuro.html, truy cập lần cuối cùng ngày 16/06/2020.
25. R. P. Di Fabio, “Meta-analysis of the Sensitivity and Specificity of Platform Posturography,” *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, vol 122(2), pp. 150–156, 1996.
26. H. S. Cohen and K. Kimball, "Usefulness of some current balance tests for identifying individuals with disequilibrium due to vestibular impairments," *Journal of Vestibular Research*, vol. 18, pp. 295-308, 2008.
27. R. A. Dobie, "Does computerized dynamic posturography help us care for our patients?," *The American Journal of Otology*, vol. 18, no. 1, pp. 108-112, 1997.
28. L. Z. Mezher, "Digital image processing filtering with LABVIEW," *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, vol. 4, no. 4, 2016.
29. J. Li, C. Yang, H. Zhu, J. Liu and B. Cao, "Segmentation algorithms for non-uniform froth image based on adaptive morphology*," Information Technology Journal*, vol. 12, pp. 1350-1357, 2013.
30. S. Suzuki and K. Abe, "Topological structural analysis of digitized binary images by border following," *Computer Vision, Graphic, and Image Processing*, vol. 30, pp. 32-46, 1985.
31. R. Mukundan and K. Ramakrishnan, "Moment Functions – Theory," in Moment Functions In Image Analysis - Theory And Applications, Singapore, WSPCO, 1998, pp. 9-12.

# PHỤ LỤC

## Phụ lục 1. Mã nguồn thực hiện đo sự thay đổi góc nghiêng của cơ thể

#include <opencv2\core\core.hpp>

#include <opencv2\highgui\highgui.hpp>

#include <opencv2\imgproc\imgproc.hpp>

#include <opencv2\video.hpp>

#include <iostream>

#include <iomanip>

#include <fstream>

#include <ctime>

#include <math.h>

using namespace std;

using namespace cv;

#define PI 3.14159265

int main()

{

ifstream input;

input.open("file\_input.txt");

if (!input.is\_open()) cout << "ERROR: File Open" << endl;

int color[12];

for (int i = 0; i < 12; i++)

{

input >> color[i];

cout << color[i] << endl;

}

VideoCapture cap(0);

if (!cap.isOpened())

return -1;

Mat image\_HSV;

Mat image\_Color1;

Mat image\_Color2;

Moments moments\_color1;

Moments moments\_color2;

vector<vector<Point>> contours\_1;

vector<vector<Point>> contours\_2;

Scalar color\_1 = Scalar(0, 0, 255);

Scalar color\_2 = Scalar(0, 0, 255);

Mat image\_frame;

string point1;

string point2;

Point center\_1;

Point center\_2;

int n\_frame = 0;

Mat previous;

auto start = chrono::high\_resolution\_clock::now();

while (true)

{

int64 start = cv::getTickCount();

cap.read(image\_frame);

if (image\_frame.empty()) break;

flip(image\_frame, image\_frame, 1);

GaussianBlur(image\_frame, image\_frame, Size(3, 3), 1, 1);

cvtColor(image\_frame, image\_HSV, COLOR\_BGR2HSV);

int morph\_size = 2;

Mat kernel = getStructuringElement(MORPH\_RECT, Size(morph\_size + 1, morph\_size + 1), Point(-1, -1));

inRange(image\_HSV, Scalar(color[0], color[1], color[2]), Scalar(color[3], color[4], color[5]), image\_Color1);

inRange(image\_HSV, Scalar(color[6], color[7], color[8]), Scalar(color[9], color[10], color[11]), image\_Color2);

erode(image\_Color1, image\_Color1, kernel, Point(-1, -1), 3);

dilate(image\_Color1, image\_Color1, kernel, Point(-1, -1), 3);

erode(image\_Color2, image\_Color2, kernel, Point(-1, -1), 3);

dilate(image\_Color2, image\_Color2, kernel, Point(-1, -1), 3);

Mat1b mask = image\_Color1 + image\_Color2;

findContours(image\_Color1, contours\_1, RETR\_EXTERNAL, CHAIN\_APPROX\_SIMPLE);

findContours(image\_Color2, contours\_2, RETR\_EXTERNAL, CHAIN\_APPROX\_SIMPLE);

vector<vector<Point> > contours\_poly\_1(contours\_1.size());

vector<Point2f>centers\_1(contours\_1.size());

vector<float>radius\_1(contours\_1.size());

for (int i = 0; i < contours\_1.size(); i++)

{

approxPolyDP(contours\_1[i], contours\_poly\_1[i], 1, true);

minEnclosingCircle(contours\_poly\_1[i], centers\_1[i], radius\_1[i]);

}

vector<vector<Point> > contours\_poly\_2(contours\_2.size());

vector<Point2f>centers\_2(contours\_2.size());

vector<float>radius\_2(contours\_2.size());

for (int i = 0; i < contours\_2.size(); i++)

{

approxPolyDP(contours\_2[i], contours\_poly\_2[i], 1, true);

minEnclosingCircle(contours\_poly\_2[i], centers\_2[i], radius\_2[i]);

}

vector<Moments> mu\_1(contours\_1.size());

for (int i = 0; i < contours\_1.size(); i++)

{

mu\_1[i] = moments(contours\_1[i], false);

}

vector<Moments> mu\_2(contours\_2.size());

for (int i = 0; i < contours\_2.size(); i++)

{

mu\_2[i] = moments(contours\_2[i], false);

}

vector<Point2f> mc\_1(contours\_1.size());

for (int i = 0; i < contours\_1.size(); i++)

{

mc\_1[i] = Point2f(mu\_1[i].m10 / mu\_1[i].m00, mu\_1[i].m01 / mu\_1[i].m00);

}

vector<Point2f> mc\_2(contours\_2.size());

for (int i = 0; i < contours\_2.size(); i++)

{

mc\_2[i] = Point2f(mu\_2[i].m10 / mu\_2[i].m00, mu\_2[i].m01 / mu\_2[i].m00);

}

for (int i = 0; i < contours\_1.size(); i++)

{

if (mu\_1[i].m00 > 10) {

center\_1 = mc\_1[i];

drawContours(image\_frame, contours\_poly\_1, i, Scalar(0, 0, 255));

circle(image\_frame, mc\_1[i], 1, color\_1, -1, 8, 0);

}

for (int i = 0; i < contours\_2.size(); i++)

{

if (mu\_2[i].m00 > 10) {

center\_2 = mc\_2[i];

drawContours(image\_frame, contours\_poly\_2, i, Scalar(0, 0, 255));

circle(image\_frame, center\_2, 1, color\_2, -1, 8, 0);

line(image\_frame, center\_2, center\_1, color\_2, 1, 8, 0);

putText(image\_frame, (to\_string(float(atan((center\_1.x - center\_2.x)\*1.0 / (center\_1.y - center\_2.y)\*1.0)\*(180.0 / PI)))), (center\_2 + Point(-50, 0)), FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 1, Scalar(0, 255, 0), 3, 8);

}

}

cout << "Point 1" << center\_1 << ", Point 2" << center\_2

<< " angle :" << fixed << setprecision(2) << atan((center\_1.x - center\_2.x)\*1.0 / (center\_1.y - center\_2.y)\*1.0)\*(180.0 / PI)<< endl;

ofstream outData;

outData.setf(ios::fixed);

outData.setf(ios::showpoint);

outData.precision(2);

outData.open("test.csv", ios::app);

outData << atan((center\_1.x - center\_2.x)\*1.0 / (center\_1.y - center\_2.y)\*1.0)\*(180.0 / PI) << endl;

outData.close();

imshow("Angles", image\_frame);

if (waitKey(1) == 27) break;

double fps = getTickFrequency() / (getTickCount() - start);

cout << "FPS : " << fps << endl;

ofstream countFPS;

countFPS.setf(ios::fixed);

countFPS.setf(ios::showpoint);

countFPS.precision(2);

countFPS.open("FPS1data.csv", ios::app);

countFPS << fps << endl;

}

}

return 0;

}

## Phụ lục 2. Mã nguồn chức năng hỗ trợ trích xuất ngưỡng màu

#include <opencv2\core\core.hpp>

#include <opencv2\highgui\highgui.hpp>

#include <opencv2\imgproc\imgproc.hpp>

#include <opencv2\video.hpp>

#include <opencv2\imgcodecs.hpp>

#include <iostream>

#include <fstream>

#include <math.h>

#include <iomanip>

#include <string>

using namespace cv;

using namespace std;

#define PI 3.14159265

const char\* src\_window = "Select ROI";

bool callback = false;

bool leftDown = false, leftup = false;

Mat image\_frame;

Point cor1, cor2;

Rect box;

void mouseHandler(int event, int x, int y, int flags, void\* param);

struct Color

{

int H;

int S;

int V;

};

void mouseHandler(int event, int x, int y, int flags, void\* param)

{

if (event == EVENT\_LBUTTONDOWN )

{

leftDown = true;

cor1.x = x;

cor1.y = y;

cout << "Corner 1: " << cor1 << endl;

}

if (event == EVENT\_LBUTTONUP )

{

if (abs(x - cor1.x) > 5 && abs(y - cor1.y) > 5)

{

leftup = true;

cor2.x = x;

cor2.y = y;

cout << "Corner 2: " << cor2 << endl;

}

else

{

cout << "Select a region more than 20 pixels" << endl;

}

}

if (leftDown == true && leftup == false)

{

Point pt;

pt.x = x;

pt.y = y;

Mat temp\_image\_frame = image\_frame.clone();

rectangle(temp\_image\_frame, cor1, pt, Scalar(0, 0, 255));//

imshow("Original", temp\_image\_frame);

}

if (leftDown == true && leftup == true)

{

box.width = abs(cor1.x - cor2.x);

box.height = abs(cor1.y - cor2.y);

box.x = min(cor1.x, cor2.x);

box.y = min(cor1.y, cor2.y);

Mat crop(image\_frame, box);

namedWindow("Cropped Image");

imshow("Cropped Image", crop);

leftDown = false;

leftup = false;

GaussianBlur(crop, crop, Size(3, 3), 1, 1);

Mat crop\_hsv;

cvtColor(crop, crop\_hsv, COLOR\_BGR2HSV);

imshow("hsv", crop\_hsv);

vector <Mat> channelsHSV;

split(crop\_hsv, channelsHSV);

double minH, maxH, minS, maxS, minV, maxV;

minMaxLoc(channelsHSV[0], &minH, &maxH);

minMaxLoc(channelsHSV[1], &minS, &maxS);

minMaxLoc(channelsHSV[2], &minV, &maxV);

cout << "LowH: " << minH << endl;

cout << "LowS: " << minS << endl;

cout << "LowV: " << minV << endl;

cout << "HighH: " << maxH << endl;

cout << "HighS: " << maxS << endl;

cout << "HighV: " << maxV << endl;

ifstream indata;

ofstream outdata;

outdata.open("Duy.txt", ios::app);

outdata << minH <<" "<< minS <<" "<< minV << endl;

outdata << maxH << " " << maxS << " " << maxV << endl;

}

callback = true;

}

int main()

{

VideoCapture cap;

if (!cap.isOpened())

{

cout << "Could not initialize capturing...\n";

return 0;

}

cap >> image\_frame;

double fps = cap.get(CAP\_PROP\_FPS);

cout << "Frames per seconds : " << fps << endl;

double dWidth = cap.get(CAP\_PROP\_FRAME\_WIDTH);

double dHeight = cap.get(CAP\_PROP\_FRAME\_HEIGHT);

namedWindow(src\_window, WINDOW\_AUTOSIZE);

imshow(src\_window, image\_frame);

setMouseCallback(src\_window, mouseHandler, 0);

while (true)

{

if (callback)

{

cap >> image\_frame;

if (image\_frame.empty())

break;

imshow(src\_window, image\_frame);

}

waitKey(5);

}

return 0;

}