

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
PHẦN XÁC NHẬN VÀ ĐÁNH GIÁ CỦA GIẢNG VIÊN	iii
TÓM TẮT	iv
MỤC LỤC	1
DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ	2
CHƯƠNG 1 – PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT	3
1.1 Yêu cầu và mục tiêu	3
1.2 Các bước thực hiện	3
CHƯƠNG 2 – CÁC BƯỚC THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ	5
2.1 Các phương pháp và hàm sử dụng	5
2.1.1 Các phương pháp và hàm tự định nghĩa	5
2.1.2 Các hàm của opencv	9
2.2 Quy trình xử lý	9
2.3 Kết quả và hạn chế	13
2.3.1 Kết quả	13
2.3.2 Hạn chế	19
2.4 Phân tích các khó khăn và giải pháp	19

DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

DANH MỤC HÌNH

Hình 1 Các bước thực hiện.....	4
Hình 2 Đọc và thay đổi kích thước hình ảnh	10
Hình 3 Chuyển đổi ảnh xám.....	10
Hình 4 Phát hiện tâm và bán kính đồng hồ	11
Hình 5 Phát hiện và nhóm các đường thẳng	11
Hình 6 Phân loại các kim đồng hồ	12
Hình 7 Vẽ kết quả	13
Hình 8 Ví dụ 1	13
Hình 9 Ví dụ 2	14
Hình 10 Ví dụ 3	14
Hình 11 Ví dụ 4	14
Hình 12 Ví dụ 5	15
Hình 13 Ví dụ 6	15
Hình 14 Ví dụ 7	15
Hình 15 Ví dụ 8	16
Hình 16 Ví dụ 9	16
Hình 17 Ví dụ 10	16
Hình 18 Ví dụ 11	17
Hình 19 Ví dụ 12	17
Hình 20 Ví dụ 13	17
Hình 21 Ví dụ 14	18
Hình 22 Ví dụ 15	18
Hình 23 Ví dụ về độ lệch trong phát hiện đường thẳng	19

CHƯƠNG 1 – PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT

1.1 Yêu cầu và mục tiêu

1. Yêu Cầu:

- Đầu Vào:
 - Ít nhất 10 ảnh chứa các đồng hồ treo tường analog với các nội dung khác nhau (các loại đồng hồ khác nhau, thời gian khác nhau từ 1-2 giờ giữa các ảnh, các kim đồng hồ không trùng nhau).
- Đầu Ra:
 - Trong mỗi ảnh, vẽ các khung hình chữ nhật bao quanh kim giờ, kim phút và kim giây với các màu khác nhau. Việc vẽ các khung hình chữ nhật này phải được thực hiện tự động, không can thiệp thủ công.
 - Trong mỗi ảnh, hiển thị thời gian dưới dạng *giờ:phút:giây*.

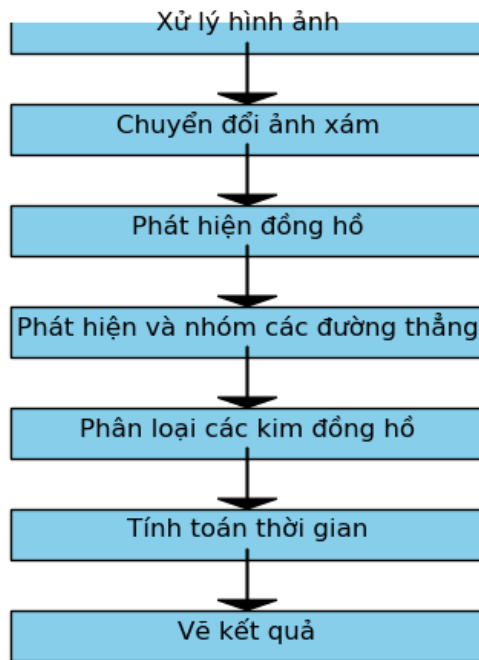
2. Mục Tiêu:

- Mục tiêu của báo cáo này là phát triển một ứng dụng sử dụng kỹ thuật thị giác máy tính để tự động đọc và hiển thị thời gian từ hình ảnh của các đồng hồ treo tường analog.

1.2 Các bước thực hiện

1. **Xử lý hình ảnh:** Đọc ảnh và thay đổi kích thước để đảm bảo kích thước lớn nhất không vượt quá giá trị cố định.
2. **Chuyển đổi ảnh xám:** Chuyển đổi hình ảnh màu sang hình ảnh xám để dễ dàng phát hiện các đặc điểm trong bước xử lý tiếp theo.
3. **Phát hiện đồng hồ:** Phát hiện tâm và bán kính của đồng hồ bằng cách sử dụng Hough Circle Transform.
4. **Phát hiện và nhóm các đường thẳng:** Phát hiện các kim của đồng hồ bằng cách xác định các đường thẳng trong hình ảnh và nhóm chúng dựa trên góc.
5. **Phân loại các kim đồng hồ:** Phân loại các đường thẳng đã phát hiện thành kim giờ, kim phút và kim giây.

- 6. Tính toán thời gian:** Chuyển đổi góc của các kim thành thời gian tương ứng theo định dạng hh:mm:ss (giờ:phút:giây).
- 7. Vẽ kết quả:** Chú thích lên hình ảnh với các kim đồng hồ đã phát hiện và thời gian đã tính toán.



Hình 1 Các bước thực hiện

CHƯƠNG 2 – CÁC BƯỚC THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

2.1 Các phương pháp và hàm sử dụng

2.1.1 Các phương pháp và hàm tự định nghĩa

1. **write_image(image, index='')**: Lưu ảnh vào thư mục result.

- Hàm này kiểm tra xem thư mục result đã tồn tại hay chưa. Nếu chưa, nó sẽ tạo thư mục. Sau đó, hàm lưu ảnh vào đường dẫn ***“result/clock_{index}.png”***. Nếu tệp ảnh đã tồn tại, nó sẽ bị xóa trước khi lưu tệp mới.

2. **resize_image(image, max_size=1000)**: Thay đổi kích thước hình ảnh để đảm bảo kích thước lớn nhất không vượt quá giá trị cố định ***“max_size”***.

- Hàm này tính toán tỉ lệ co dựa trên kích thước lớn nhất của hình ảnh và thay đổi kích thước ảnh về kích thước mới nhưng vẫn giữ nguyên tỉ lệ.
- Công thức tính tỉ lệ co:

$$scale = \frac{\max_size}{\max(height, width)}$$

$$new_size = (width \times scale, height \times scale)$$

3. **find_circle(image)**: Tìm tâm và bán kính của đồng hồ.

- Thực hiện theo các bước:
 - Chuyển đổi ảnh sang ảnh xám.
 - Áp dụng bộ lọc medianBlur với kích thước kernel = 5 để làm mờ ảnh và lọc các nhiễu (đặc biệt là nhiễu muối tiêu).
 - Sử dụng Hough Circle Transform để phát hiện hình tròn. Nếu không phát hiện được hình tròn, hàm sẽ sử dụng phương pháp phát hiện cạnh Canny và ước lượng chu vi để xác định hình tròn.
 - Hàm sẽ trả về vị trí tâm hình tròn (x_center, y_center) và bán kính hình tròn radius.

4. detect_and_group_lines(blurred, center_x, center_y, radius): Phát hiện các đường thẳng và nhóm chúng thành các nhóm dựa trên góc.

- Hàm này sử dụng phát hiện cạnh Canny và Hough Line Transform để phát hiện các đường thẳng trong ảnh mờ. Các đường thẳng được nhóm lại dựa trên góc của chúng so với tâm đồng hồ.

5. parallel_line_distance(line1, line2): Tính khoảng cách giữa hai đường thẳng song song.

- Hàm này tính toán khoảng cách giữa hai đường thẳng song song bằng cách sử dụng các tọa độ của các điểm trên đường thẳng và công thức tính khoảng cách giữa hai đường thẳng song song.
- Công thức tính khoảng cách giữa hai đường thẳng song song:

$$\text{distance} = \frac{|u \times w|}{\|u\|}$$

Trong đó:

$$u = (x_2 - x_1, y_2 - y_1)$$

$$w = (x_3 - x_1, y_3 - y_1)$$

và

$$u \times w = u_x \cdot w_y - u_y \cdot w_x$$

6. detect_hands(groups, center_x, center_y): Phát hiện kim đồng hồ trong các nhóm đường thẳng.

- Hàm này lọc các đường thẳng đã phát hiện để xác định các kim đồng hồ dựa trên chiều dài và độ dày của chúng. Các kim đồng hồ được sắp xếp theo chiều dài giảm dần và trả về các kim dài nhất.

7. classify_hands(hands): Phân loại các kim đồng hồ thành kim giờ, kim phút và kim giây.

- Hàm này phân loại các kim đồng hồ dựa trên chiều dài và độ dày. Kim dài nhất là kim giây, hai kim còn lại được phân loại thành kim giờ và kim phút dựa trên chiều dài của chúng.

8. calculate_hand_angle(hand): Tính góc của kim đồng hồ.

- Hàm này tính toán góc của kim đồng hồ so với tâm của đồng hồ bằng cách sử dụng tọa độ của các điểm trên kim đồng hồ và công thức lượng giác.
- Công thức tính góc:

$$\text{angle} = \text{atan2}(y_2 - y_1, x_2 - x_1)$$

$$\text{angle_deg} = \text{angle} \times \frac{180}{\pi}$$

9. convert_angles_to_time(hour_angle, minutes_angle, second_angle): Chuyển đổi góc của các kim đồng hồ thành thời gian.

- Hàm này chuyển đổi góc của các kim đồng hồ thành giờ, phút và giây tương ứng. Góc của kim giờ được điều chỉnh để phù hợp với số giờ, và các góc của kim phút và kim giây được chuyển đổi thành số phút và giây.
- Công thức chuyển đổi góc thành thời gian:

1. Chuyển đổi góc của kim giờ

Gọi θ_h là góc của kim giờ:

$$\theta_h = \begin{cases} \theta_{h_original} \\ \theta_{h_original} + 3 \text{ (if } \theta_m < 90) \end{cases}$$

Giờ tương ứng H được xác định dựa theo các khoảng góc sau:

$$H = \begin{cases} 12 \text{ if } 0^\circ \leq \theta_h < 30^\circ \text{ or } (0^\circ \leq \theta_h < 35^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 1 \text{ if } 30^\circ \leq \theta_h < 60^\circ \text{ or } (30^\circ \leq \theta_h < 65^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 2 \text{ if } 60^\circ \leq \theta_h < 90^\circ \text{ or } (60^\circ \leq \theta_h < 95^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 3 \text{ if } 90^\circ \leq \theta_h < 120^\circ \text{ or } (90^\circ \leq \theta_h < 125^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 4 \text{ if } 120^\circ \leq \theta_h < 150^\circ \text{ or } (120^\circ \leq \theta_h < 155^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 5 \text{ if } 150^\circ \leq \theta_h < 180^\circ \text{ or } (150^\circ \leq \theta_h < 185^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 6 \text{ if } 180^\circ \leq \theta_h < 210^\circ \text{ or } (180^\circ \leq \theta_h < 215^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 7 \text{ if } 210^\circ \leq \theta_h < 240^\circ \text{ or } (210^\circ \leq \theta_h < 245^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 8 \text{ if } 240^\circ \leq \theta_h < 270^\circ \text{ or } (240^\circ \leq \theta_h < 275^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 9 \text{ if } 270^\circ \leq \theta_h < 300^\circ \text{ or } (270^\circ \leq \theta_h < 305^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 10 \text{ if } 300^\circ \leq \theta_h < 330^\circ \text{ or } (300^\circ \leq \theta_h < 335^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ 12 \text{ if } 330^\circ \leq \theta_h < 360^\circ \text{ or } (330^\circ \leq \theta_h < 360^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \\ \text{or } (0^\circ \leq \theta_h < 5^\circ \text{ and } \theta_m > 350^\circ) \end{cases}$$

2. Chuyển đổi góc của kim phút

Gọi θ_m là góc của kim phút, phút tương ứng M được tính bằng công thức:

$$M = \left\lfloor \frac{\theta_m}{360} \times 60 \right\rfloor$$

Nếu $M = 60$, thì tăng số giờ lên một đơn vị và đặt $M = 0$:

$$\text{Nếu } M = 60 \text{ thì } \begin{cases} H = H + 1 \\ M = 0 \end{cases}$$

3. Chuyển đổi góc của kim giây

Gọi θ_s là góc của kim giây, giây tương ứng S được tính bằng công thức:

$$S = \left\lfloor \frac{\theta_s}{6} \right\rfloor$$

10. draw_time(image, time): Vẽ thời gian lên ảnh.

- Hàm này vẽ thời gian đã tính toán lên ảnh bằng cách sử dụng hàm cv2.putText của OpenCV.

11. draw_hand_contour(image, hand, color, label): Vẽ đường viền của kim đồng hồ.

- Hàm này vẽ đường viền của kim đồng hồ lên ảnh bằng cách sử dụng tọa độ của các điểm trên kim và hàm cv2.polylines của OpenCV.

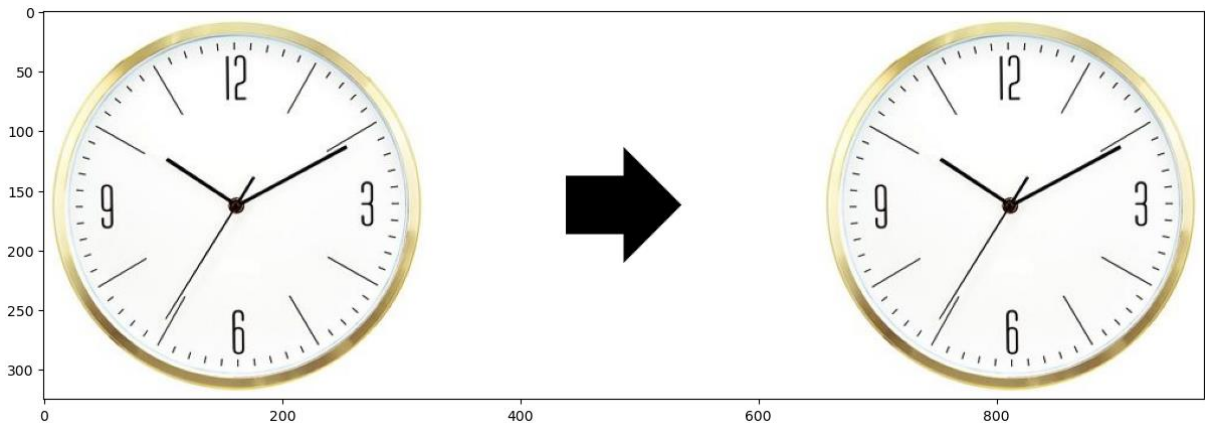
2.1.2 Các hàm của opencv

- 1. cv2.HoughCircles:** Tìm các hình tròn trong một hình ảnh xám bằng cách sử dụng Hough transform.
- 2. cv2.threshold:** Áp dụng một ngưỡng cố định cho mỗi phần tử của mảng. Trả về giá trị ngưỡng và một hình ảnh nhị phân.
- 3. cv2.findContours:** Tìm các đường viền trong một hình ảnh nhị phân. Sử dụng để phân tích hình dạng và nhận diện đối tượng. Trả về mảng các đường viền và cấu trúc phân cấp của chúng.
- 4. cv2.contourArea:** Tính diện tích của một đường viền. Sử dụng để lọc các đối tượng theo kích thước và do đó phát hiện được các kim đồng hồ.
- 5. cv2.drawContours:** Vẽ các đường viền hoặc các đường viền đầy đủ.
- 6. cv2.HoughLinesP:** Tìm các đoạn thẳng trong một hình ảnh nhị phân bằng cách sử dụng Hough transform xác suất.

2.2 Quy trình xử lý

1. Đọc và thay đổi kích thước hình ảnh

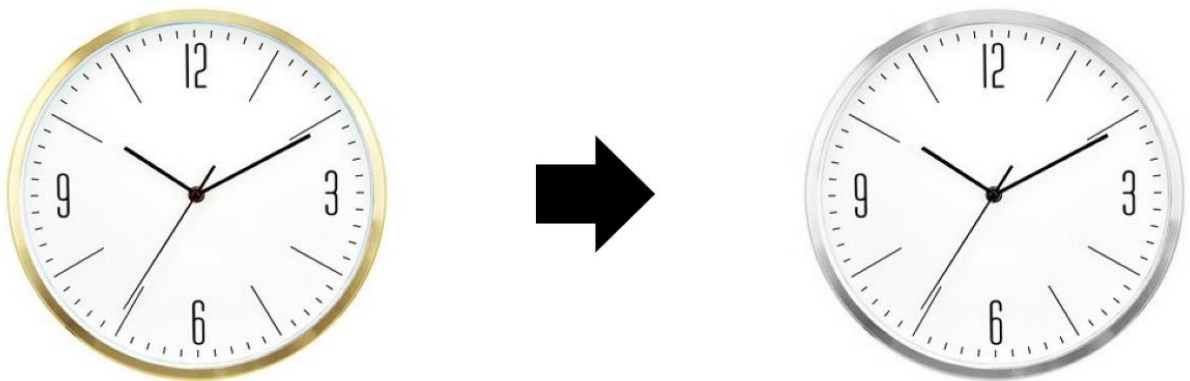
- Hình ảnh được đọc và thay đổi kích thước để đảm bảo quá trình xử lý nhất quán. Điều này giúp đảm bảo rằng hình ảnh đầu vào có kích thước phù hợp để tiếp tục xử lý.



Hình 2 Đọc và thay đổi kích thước hình ảnh

2. Chuyển đổi ảnh xám

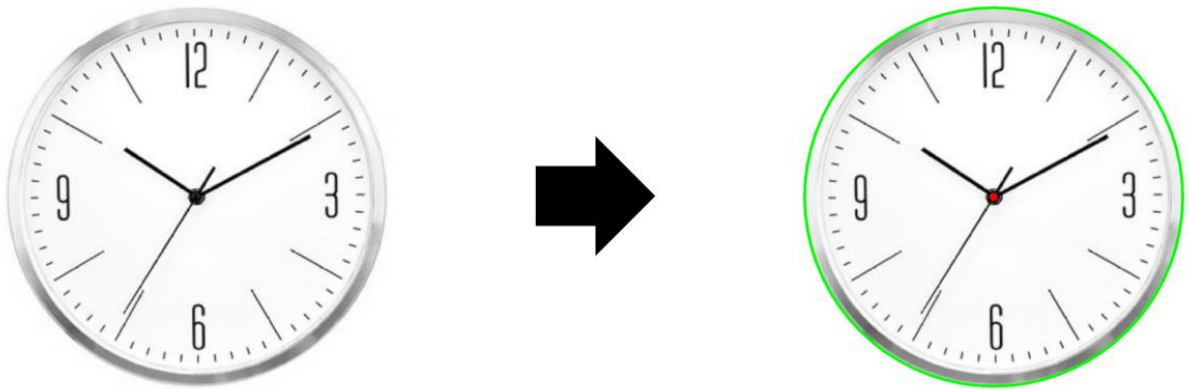
- Hình ảnh màu được chuyển đổi sang hình ảnh xám để dễ dàng phát hiện các đặc điểm trong bước xử lý tiếp theo. Quá trình này giúp giảm bớt dữ liệu không cần thiết và tập trung vào các yếu tố quan trọng để phát hiện đồng hồ và các kim.



Hình 3 Chuyển đổi ảnh xám

3. Phát hiện tâm và bán kính đồng hồ

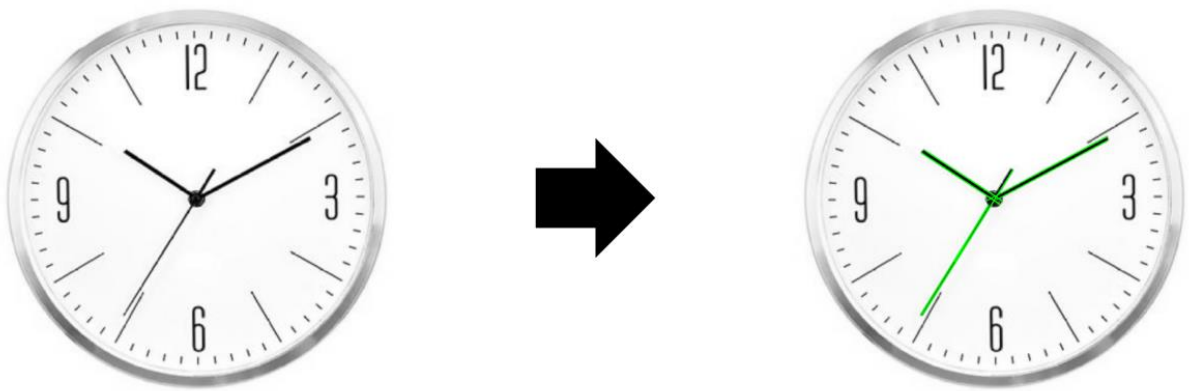
- Tâm và bán kính của đồng hồ được phát hiện bằng cách sử dụng Hough Circle Transform. Nếu không phát hiện được hình tròn, phương pháp phát hiện cạnh Canny và ước lượng chu vi sẽ được sử dụng để xác định tâm và bán kính.



Hình 4 Phát hiện tâm và bán kính đồng hồ

4. Phát hiện và nhóm các đường thẳng

- Các đường thẳng đại diện cho các kim đồng hồ được phát hiện bằng cách sử dụng phát hiện cạnh Canny và Hough Line Transform. Các đường thẳng này sau đó được nhóm lại dựa trên góc của chúng so với tâm đồng hồ.

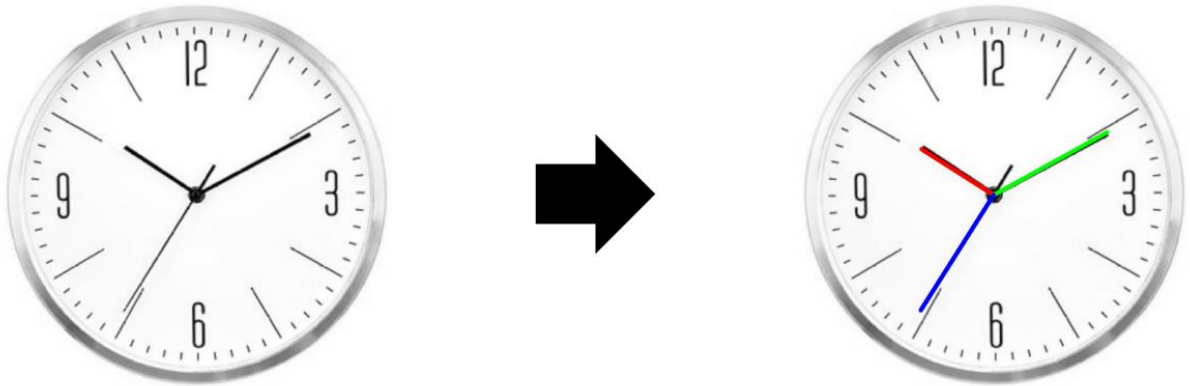


Hình 5 Phát hiện và nhóm các đường thẳng

5. Phân loại các kim đồng hồ

- Các đường thẳng đã phát hiện được phân loại thành kim giờ, kim phút và kim giây dựa trên chiều dài và độ dày của chúng. Kim dài nhất thường được phân loại là kim giây, và hai kim còn lại là kim giờ và kim phút.

Hour hand angle: 302.4302081923213
 Minute hand angle: 61.15063363628024
 Second hand angle: 212.3427266327767



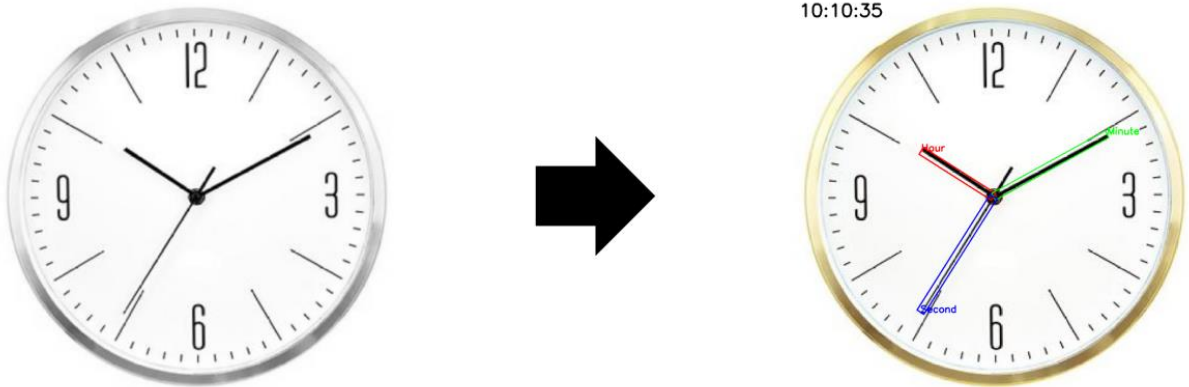
Hình 6 Phân loại các kim đồng hồ

6. Tính toán thời gian

- Góc của các kim được tính toán, và các góc này được chuyển đổi thành thời gian tương ứng theo định dạng hh:mm:ss.
- Quá trình này bao gồm việc điều chỉnh góc của kim giờ để phù hợp với số giờ và chuyển đổi các góc của kim phút và kim giây thành số phút và giây.

7. Vẽ kết quả

- Các kim đồng hồ và thời gian đã tính toán được chú thích lên hình ảnh. Điều này giúp minh họa rõ ràng các kết quả phát hiện và tính toán, và hình ảnh cuối cùng được lưu lại vào thư mục result.

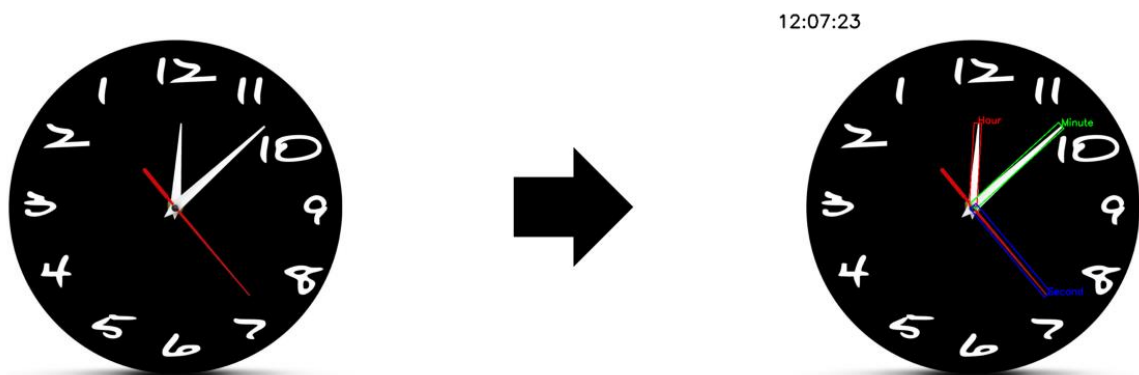


Hình 7 Vẽ kết quả

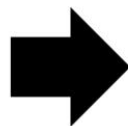
2.3 Kết quả và hạn chế

2.3.1 Kết quả

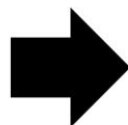
- Ứng dụng đã thành công trong việc đọc thời gian từ các đồng hồ analog với độ chính xác cao.
- Ứng dụng có thể xử lý được nhiều loại đồng hồ khác nhau, bao gồm các đồng hồ treo tường mặt tròn hoặc mặt vuông, đồng hồ đeo tay.
- Ứng dụng có khả năng nhận diện và phân loại các kim đồng hồ và tính toán thời gian chính xác.
- Dưới đây là ví dụ về kết quả của việc xử lý hình ảnh của một chiếc đồng hồ analog.



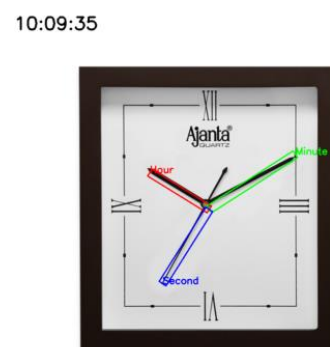
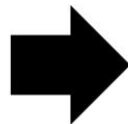
Hình 8 Ví dụ 1



Hình 9 Ví dụ 2



Hình 10 Ví dụ 3



Hình 11 Ví dụ 4

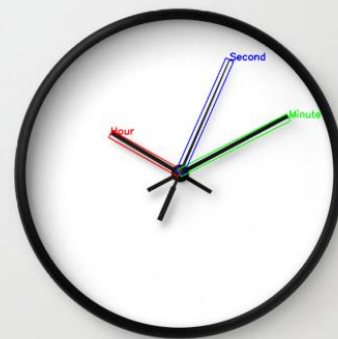
10:09:29



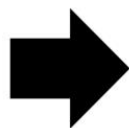
Hình 12 Ví dụ 5



10:10:03



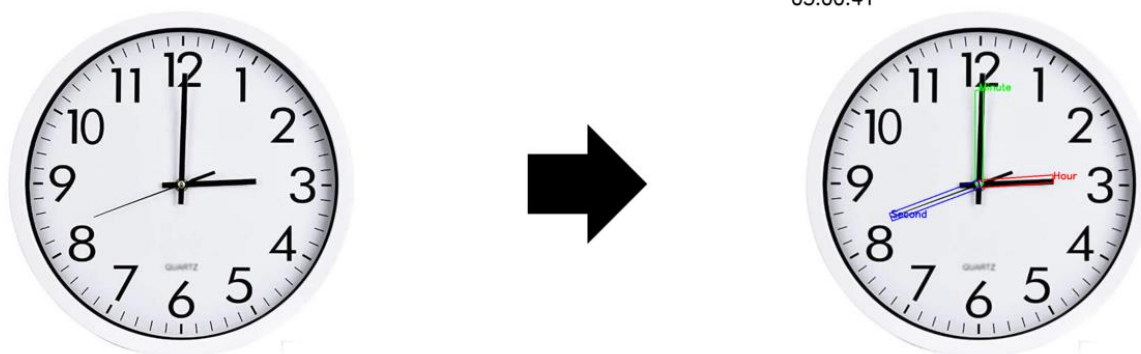
Hình 13 Ví dụ 6



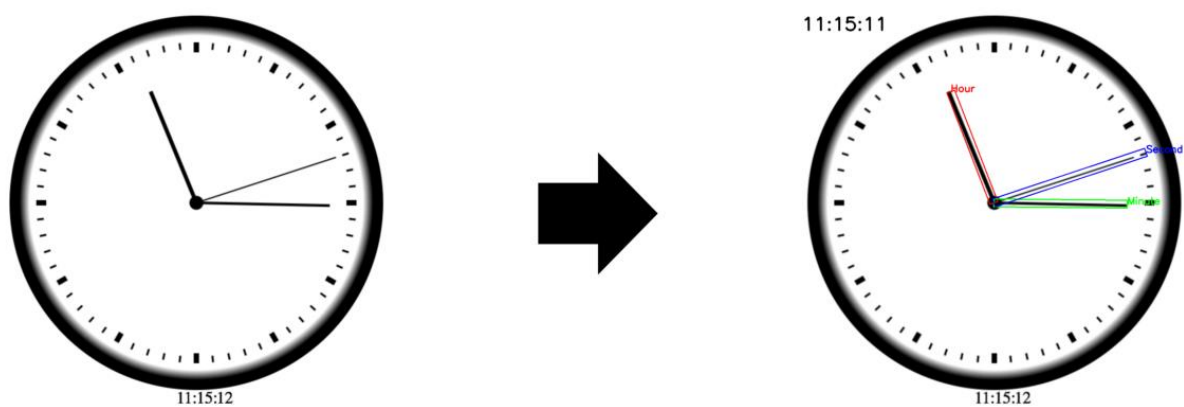
10:10:00



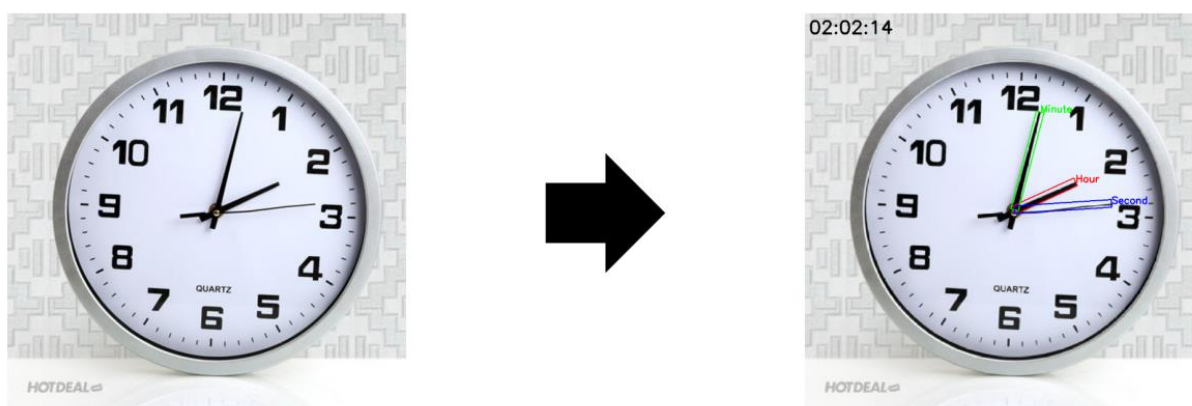
Hình 14 Ví dụ 7



Hình 15 Ví dụ 8



Hình 16 Ví dụ 9



Hình 17 Ví dụ 10



01:50:33



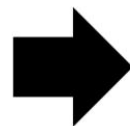
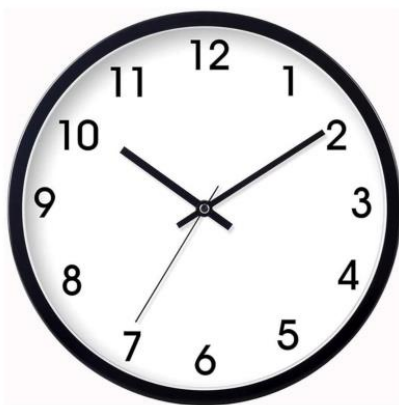
Hình 18 Ví dụ 11



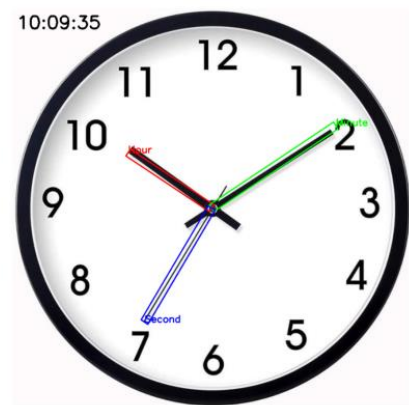
10:08:36



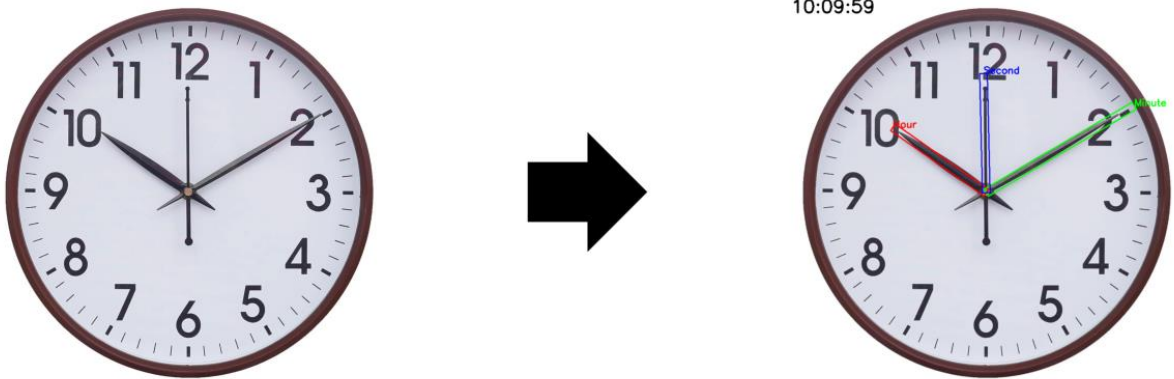
Hình 19 Ví dụ 12



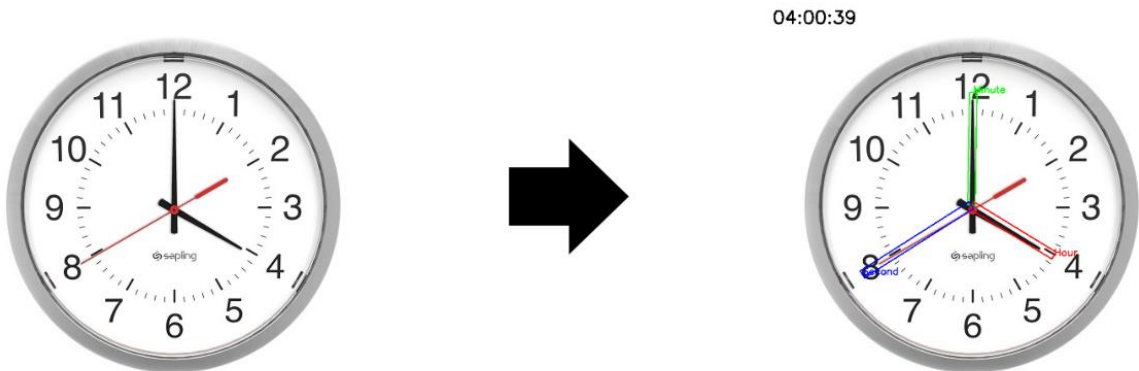
10:09:35



Hình 20 Ví dụ 13



Hình 21 Ví dụ 14



Hình 22 Ví dụ 15

2.3.2 Hạn chế

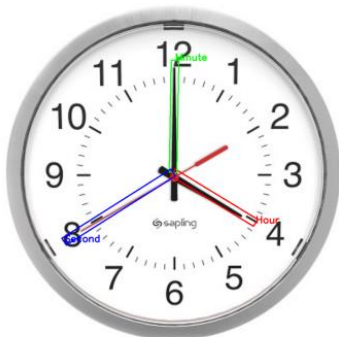
- Bên cạnh những kết quả đạt được, ứng dụng vẫn còn một số hạn chế:
 - **Định dạng kim đồng hồ:** Giả định kim giờ ngắn hơn kim phút, kim giây dài nhất.
 - **Hình dạng đồng hồ:** Giả định đồng hồ hình tròn.
 - **Hình dạng kim:** Giả định kim đồng hồ là đường thẳng.
 - **Hướng của đồng hồ:** Giả định vị trí số 12 hướng lên trên (Bắc).
 - **Góc nghiêng:** Không xử lý được mọi góc nghiêng của đồng hồ.
 - **Chất lượng ảnh:** Ảnh mờ, phản chiếu ánh sáng ảnh hưởng đến khả năng nhận diện.

2.4 Phân tích các khó khăn và giải pháp

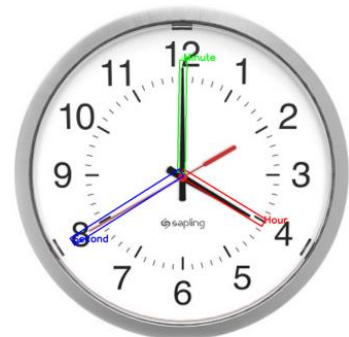
1. Độ lệch của HoughLinesP và ảnh hưởng đến tính toán giờ:

- **Vấn đề:** Do HoughLinesP có thể phát hiện đường thẳng với độ lệch nhỏ, việc chỉ dựa vào kim giờ để tính toán giờ có thể dẫn đến sai số lên đến 1 tiếng, đặc biệt khi kim giờ nằm gần ranh giới giữa hai giờ.
- **Giải pháp:** Kết hợp thông tin từ kim phút. Nếu kim phút chỉ gần vị trí số 12, ta có thể xác định chính xác hơn vị trí của kim giờ và tính toán giờ chính xác hơn

03:00:39



04:00:39



Hình 23 Ví dụ về độ lệch trong phát hiện đường thẳng

2. Lựa chọn phương pháp tính toán thời gian:

- **Phương pháp 1:** Chỉ sử dụng góc của kim giờ để tính toán thời gian. Phương pháp này đơn giản và nhanh chóng nhưng dễ bị ảnh hưởng bởi độ lệch của HoughLinesP. Sai số 1 độ ở kim giờ tương đương với sai số 2 phút.
- **Phương pháp 2:** Tính toán thời gian dựa trên cả ba kim giờ, phút và giây. Phương pháp này phức tạp hơn nhưng cho kết quả chính xác hơn. Sai số 1 độ ở kim phút chỉ tương đương với sai số 0.1667 phút.
- **Lựa chọn:** Ưu tiên phương pháp 2 để đạt được độ chính xác cao hơn.

3. Phân loại kim đồng hồ dựa trên diện tích:

- **Vấn đề:** Diện tích của kim đồng hồ có thể khác nhau đáng kể giữa các ảnh chụp do kích thước ảnh và góc chụp khác nhau. Việc sử dụng ngưỡng cố định để phân loại kim dựa trên diện tích trở nên khó khăn.
- **Giải pháp:** Chuẩn hóa kích thước ảnh. Bằng cách thay đổi kích thước tất cả ảnh đầu vào về cùng một kích thước, ta có thể sử dụng ngưỡng cố định để phân loại kim đồng hồ dựa trên diện tích một cách hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Week 1. (2022, December 7). Analog Clock Reader. <https://imgproj.wordpress.com/2022/10/05/week-1/>
- [2] Gevkeren. (n.d.). GitHub - gevkeren/AnalogClockReader: Reading time based on a photo of an analog clock. GitHub. <https://github.com/gevkeren/AnalogClockReader>
- [3] OpenCV: Image processing in OpenCV. (n.d.). https://docs.opencv.org/4.x/d2/d96/tutorial_py_table_of_contents_imgproc.html
- [4] Żuławińska, J. (2024, April 9). Clock Angle Calculator. Omni Calculator. <https://www.omnicalculator.com/math/clock-angle>