

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

---



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN

## ĐO NHỊP TIM BẰNG CAMERA QUAY KHUÔN MẶT

GVHD: TS. Phạm Việt Cường  
SVTH: Phạm Quang Kiệt - 1511662  
SVTH: Nguyễn Hoàng Khởi - 1611663  
SVTH: Bùi Mạnh Huy - 1411409  
SVTH: Võ Thị Cẩm Viên - 1733636  
SVTH: Vũ Đăng Khoa - 1611645

TP. HỒ CHÍ MINH, 12/2019

### **Tóm tắt nội dung**

Con người hiện đại rất quan tâm đến sức khỏe, và đo nhịp tim là 1 trong những nhu cầu quan trọng trong việc chăm sóc sức khỏe. Trong bài báo cáo này nhóm sẽ trình bày giải pháp sử dụng camera trên khuôn mặt để có thể đo nhịp tim bao gồm cơ sở lý thuyết, cách thực hiện và kết quả thực tế để kiểm tra tính khả thi của phương pháp nhóm sử dụng.

# Mục lục

1	Giới thiệu đề tài . . . . .	3
1.1	Quan sát nhịp tim . . . . .	3
1.2	PPG . . . . .	3
1.3	Fast Fourier Transform . . . . .	4
2	Phương pháp thực hiện . . . . .	4
2.1	Tổng quan thuật toán . . . . .	4
2.2	Trích xuất PPG từ camera . . . . .	5
2.3	Lọc tín hiệu PPG . . . . .	7
2.4	Tìm tần số dùng FFT . . . . .	8
2.5	Smoothing . . . . .	8
3	Kết quả . . . . .	9
3.1	Yêu cầu test . . . . .	9
4	Kết luận . . . . .	9

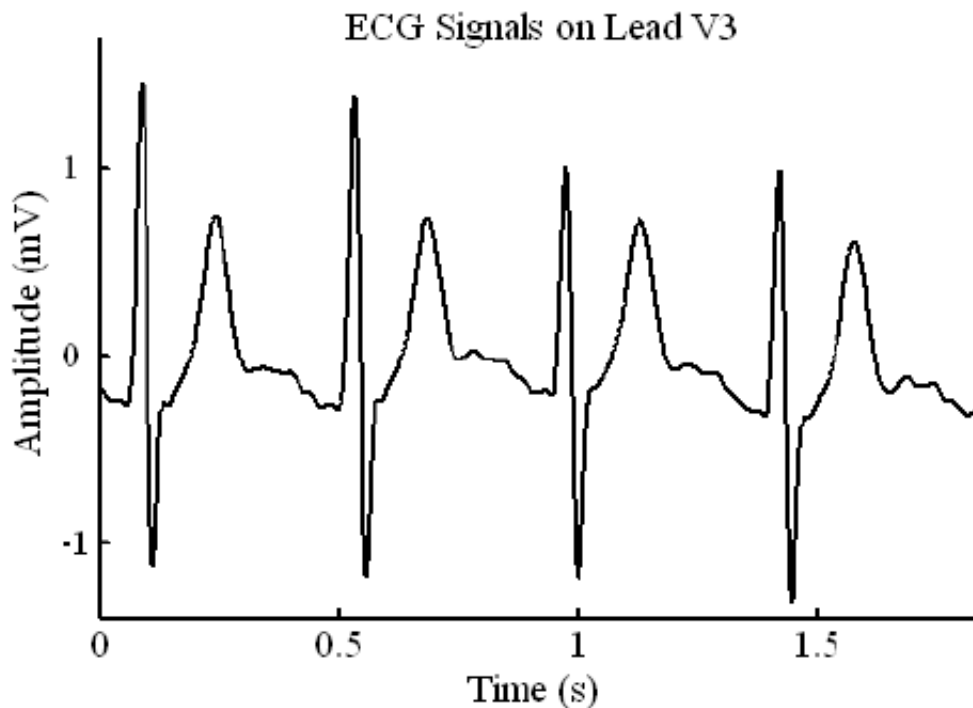
# 1 Giới thiệu đề tài

Trong bối cảnh thế giới càng hiện đại, con người ngày càng quan tâm đến sức khỏe của mình trước việc các bệnh tật xuất hiện ngày càng nhiều. Để chăm sóc sức khỏe cho mình, chúng ta cần quan tâm đến các chỉ số của cơ thể. Một trong những chỉ số quan trọng nhất đó là nhịp tim của cơ thể. Tuy nhiên để đo nhịp tim cơ thể thì chúng ta lại cần các công cụ chuyên dụng như máy đo huyết áp, máy đo nhịp tim. Điểm trừ cho các công cụ này là khá đắt đỏ để sở hữu và nếu như không sở hữu phải đi đến các trạm y tế, dẫn đến khá bất tiện.

Để giải quyết vấn đề này, nhóm đưa ra một ứng dụng **đo nhịp tim bằng camera quay khuôn mặt** dựa trên các kiến thức của bộ môn Thị Giác Máy với tính năng chỉ cần dùng camera trên khuôn mặt của mình là có thể quan sát nhịp tim khá chính xác.

## 1.1 Quan sát nhịp tim

Để nhận biết nhịp tim, ta cần quan sát các tín hiệu mà tim đập sinh ra. Các máy đo nhịp tim ở bệnh viện sử dụng tín hiệu điện tâm đồ. Nhịp tim được lấy từ thời gian giữa 2 đỉnh của tín hiệu điện tâm đồ.



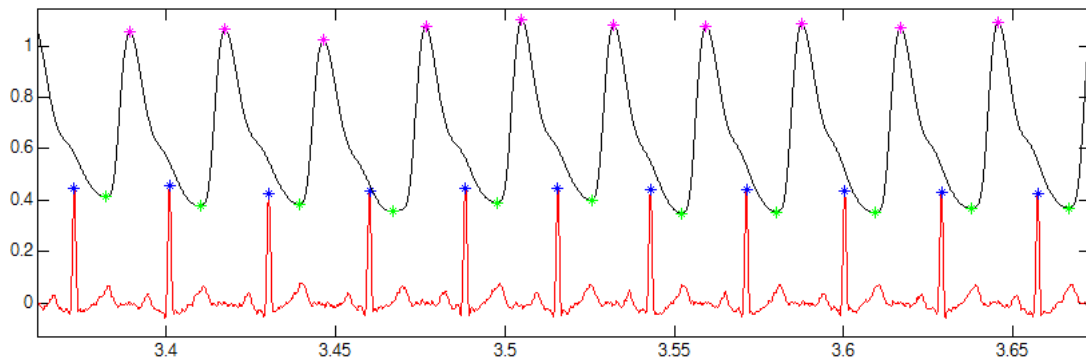
Hình 1: Tín hiệu điện tâm đồ được dùng để đo nhịp tim trong các máy đo bệnh viện

Trong dự án này, nhóm sử dụng camera đo nhịp tim, vì vậy nhóm cần tìm ra tín hiệu liên quan đến ánh sáng mà do nhịp đập của tim tạo ra. Đó chính là tín hiệu **Photoplethysmogram (PPG)**.

## 1.2 PPG

Tín hiệu PPG là được định nghĩa là ánh sáng phản xạ hoặc khúc xạ từ sự thay đổi thể tích các cơ quan trong cơ thể. Tín hiệu PPG mà nhóm sẽ dùng là tín hiệu PPG sinh ra vì:

- Sự co bóp của thành mạch máu trên cơ thể vì hồng cầu trong máu có khả năng hấp thụ ánh sáng rất mạnh, dẫn đến việc ta có thể quan sát sự thay đổi tín hiệu PPG rõ ràng hơn.
- Vì sự co bóp của mạch máu đồng bộ với nhịp tim của cơ thể nên quan sát tín hiệu PPG của mạch máu cũng giúp nhóm có được nhịp đập của tim
- Cho được độ chính xác lên đến 90% so với nhịp tim thật.



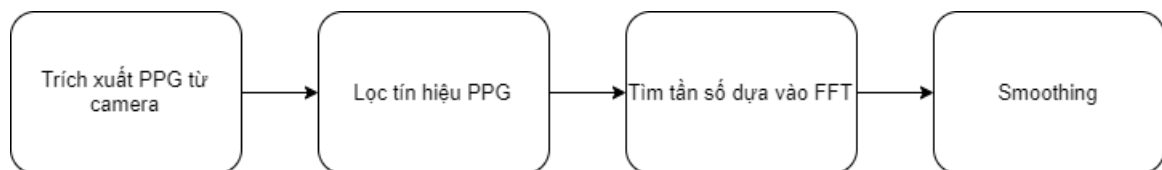
Hình 2: Sự tương quan giữa tín hiệu PPG (màu đen) và tín hiệu điện tâm đồ (màu đỏ)

### 1.3 Fast Fourier Transform

Sau khi quan sát tín hiệu PPG, nhóm sẽ phải tìm tần số của tín hiệu cũng chính là nhịp đập của tim. Fast Fourier Transform (FFT) là một trong những công cụ hữu ích để làm điều này. FFT là phép biến đổi tín hiệu bất kỳ sang miền tần số. Từ miền tần số có thể giúp nhận biết các phổ chứa trong tín hiệu và cũng được dùng để phát hiện tần số căn bản của tín hiệu, vốn chính là nhịp tim mà từ tín hiệu PPG ta cần tìm.

## 2 Phương pháp thực hiện

### 2.1 Tổng quan thuật toán



Hình 3: Sơ đồ khối tóm tắt giải thuật

Như vậy có thể thấy trên hình rằng nhóm sẽ trải qua 3 giai đoạn để từ dữ liệu camera mà tính toán ra được BPM. Các bước như sau

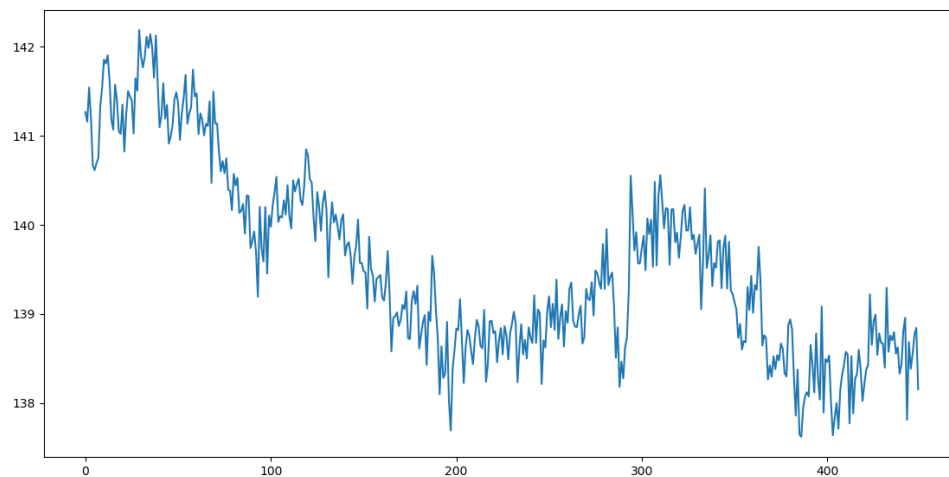
- **Trích xuất PPG từ camera:** Đây là bước lấy được tín hiệu PPG đầu vào ta mong muốn từ camera.

- **Lọc tín hiệu PPG:** Tín hiệu PPG lấy từ camera chắc chắn sẽ chứa nhiễu và nhiễu thông tin không mong muốn. Ta phải lọc tín hiệu PPG để có thể lấy được thông tin chính xác
- **Tìm tần số dùng FFT:** Như đã trình bày, đây là bước ta dùng FFT để lấy tần số cơ bản cũng chính là tần số của tim
- **Smoothing:** Nhịp tim tính toán được giữa 2 khoảng thời gian nhỏ có thể chênh lệch cực kỳ lớn nên không thực tế. Smoothing chính là cách dùng để giảm tối thiểu chênh lệch đó nhằm hiển thị nhịp tim ổn định và chính xác hơn

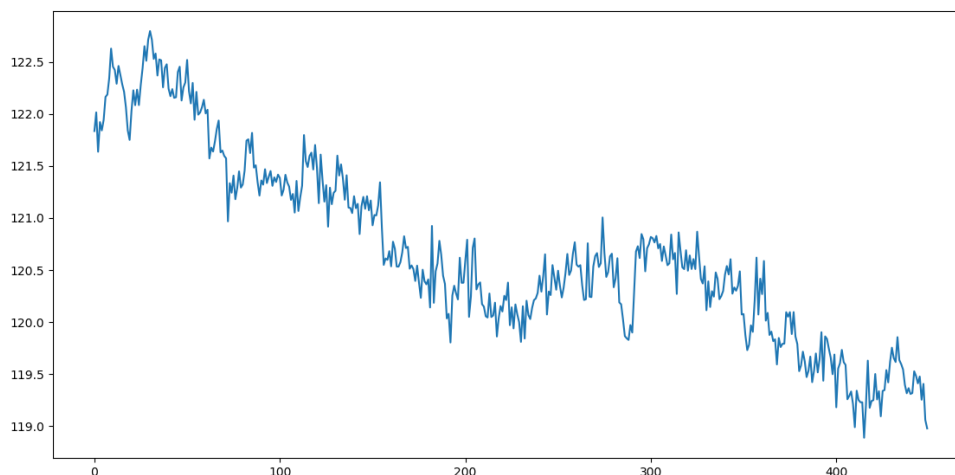
## 2.2 Trích xuất PPG từ camera

### Chọn ROI

Khi đo nhịp tim bằng camera, ta cần chọn vị trí trên cơ thể để quay và lấy tín hiệu PPG, hay còn gọi là ROI. Tuy nhiên vùng nào trên da mặt là phù hợp nhất? Tham khảo theo [1] và [2] thì 2 vùng trên da mặt cho tín hiệu tốt nhất: đó là mũi trán và toàn bộ khuôn mặt. Và khi nhóm thử nghiệm lấy tín hiệu PPG trên mũi trán và toàn bộ khuôn mặt thì cho ra kết quả như sau:



Hình 4: Tín hiệu PPG trích xuất từ vùng mũi trán

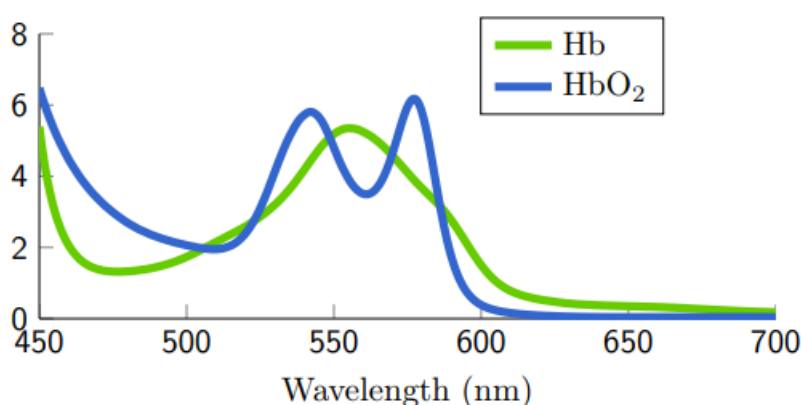


Hình 5: Tín hiệu PPG trích xuất từ toàn bộ khuôn mặt

Như vậy có thể thấy không có sự khác biệt nhiều giữa 2 vùng ROI trên. Tuy nhiên trong quá trình quay video chắc chắn sẽ gặp rất nhiều nhiễu nên nhóm sử dụng ROI là toàn bộ khuôn mặt để khi tính ra PPG bằng cách lấy trung bình thì nhiễu bị khử đáng kể.

### Trích xuất PPG

Tín hiệu PPG cũng chỉ là cường độ ánh sáng phản xạ từ da, nên để tính tín hiệu PPG ta chỉ cần lấy trung bình giá trị pixel trong ROI. Tuy nhiên câu hỏi đặt ra là ta sẽ dùng kênh màu nào trong 3 kênh màu đỏ, xanh lá và xanh dương? Để lựa chọn, ta cần quan tâm tới đặc tính hấp thụ ánh sáng của hồng cầu có oxy ( $\text{HbO}_2$ ) và hồng cầu không oxy ( $\text{Hb}$ ) vốn chứa trong ROI vì tín hiệu PPG cần phải ít phụ thuộc vào loại hồng cầu nào ở trong vùng da mặt. Theo [3] thì ta vẽ ra được khả năng hấp thụ ánh sáng của 2 loại hồng cầu như sau:



Hình 6: Khả năng hấp thụ ánh sáng theo phổ của 2 loại hồng cầu

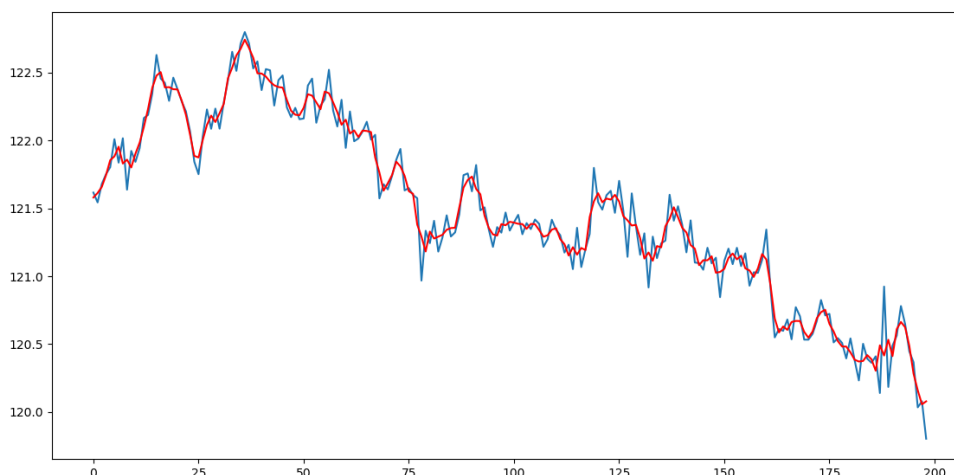
Ta có thể thấy rằng ở bước sóng 530 - 590 nm thì độ hấp thụ ánh sáng 2 loại hồng cầu tương đối giống nhau và đây cũng là phổ của màu xanh nên ta sẽ sử dụng kênh màu xanh cho tín hiệu PPG.

## 2.3 Lọc tín hiệu PPG

Đối với tín hiệu này bọn em sẽ cho qua bộ lọc với 2 bước:

### Detrend tín hiệu

Dữ liệu thu được ở hình trên có xu hướng tăng giảm thất thường, vì vậy cần để detrend tín hiệu, tức là khử đi khuynh hướng tăng giảm thất thường này.



Hình 7: Tín hiệu PPG với khuynh hướng tăng giảm theo thời gian (đường màu đỏ)

Muốn detrend tín hiệu trước tiên ta cần phải tìm khuynh hướng của tín hiệu. Việc này có thể thực hiện thông qua sử dụng Moving Average Filter. Moving Average Filter chỉ đơn giản là tính trung bình  $n$  phần tử liên tiếp.

**Ví dụ:** Ta có các dãy số 1, 4, 2, 3, 5, 2, 3, 2. Nếu sử dụng Moving Average Filter với window size  $n = 3$  ta sẽ có được kết quả  $\frac{1+4+2}{3} = 2.33$ ,  $\frac{4+2+3}{3} = 3$ . Áp dụng tương tự với dãy số còn lại ta sẽ được dãy số 2.33, 3, 3.33, 3.33, 3.33, 2.33.

Điều quan trọng ở đây chính là tìm kích cỡ của window. Thoạt đầu phương án tốt nhất chính là khử tín hiệu với đường khuynh hướng sát với tín hiệu nhất, tức là phương sai so với tín hiệu nhỏ nhất. Nhóm tiến hành thử nghiệm chọn  $n = 3$ . Tuy nhiên  $n = 3$  lại cho kết quả rất tồi, nên nhóm phải chọn kích cỡ khác. Trong [1] thì kích cỡ window tốt nhất là  $n = 37$  nên nhóm sẽ dùng con số này.

Sau khi dùng Moving Average Filter tìm đường khuynh hướng tín hiệu, ta chỉ cần khử khuynh hướng bằng cách lấy tín hiệu trừ đi đường khuynh hướng. Toàn bộ quá trình khử tín hiệu cho thể tóm tắt trong công thức sau theo [1]

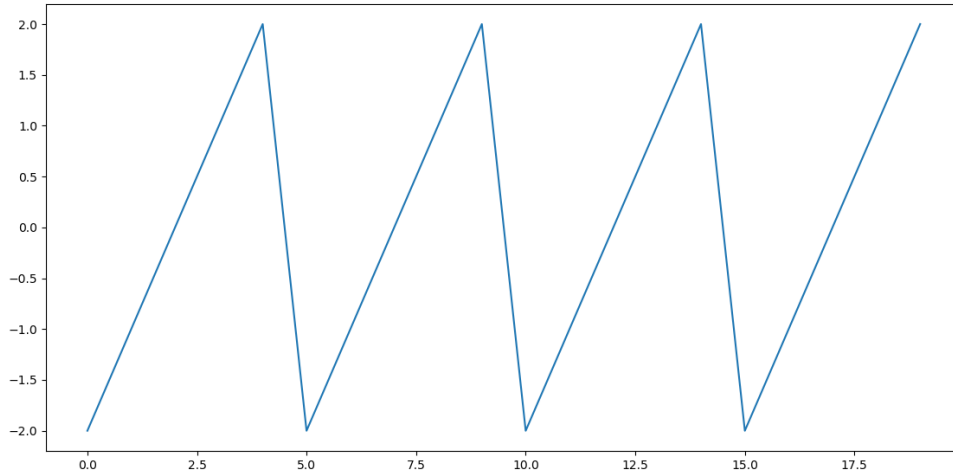
$$y'_{i,j} = y_{i,j} - \frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n y_{i+k,j}$$

Với  $y_{i,j}$  là tín hiệu gốc với kênh màu  $j$ , frame thứ  $i$ .  $y'_{i,j}$  là tín hiệu đã được khử với bằng cách trừ  $y_{i,j}$  với Moving Average Filter  $\frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n y_{i+k,j}$ .

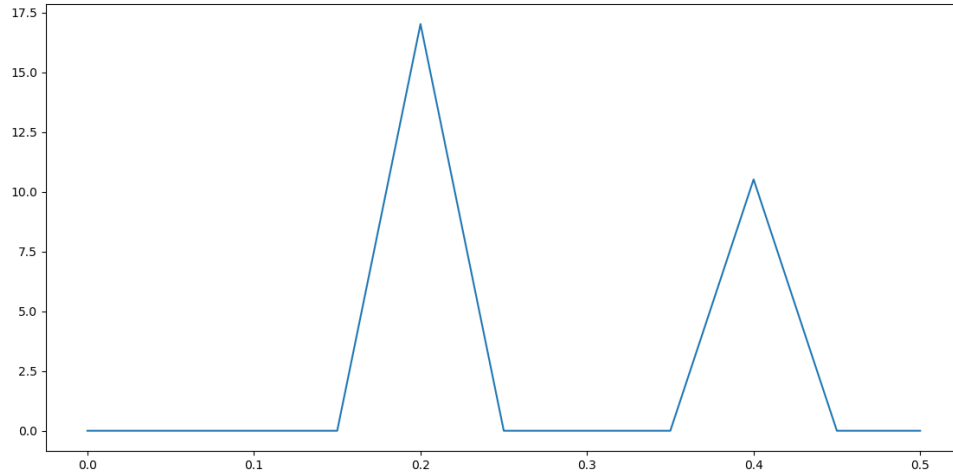


## 2.4 Tìm tần số dùng FFT

Sau khi lọc được tín hiệu PPG, ta tiến hành dùng FFT để chuyển tín hiệu sang miền tần số và tìm nhịp tim từ miền tần số. Theo [1] thì nhịp tim tại tần số chứa phổ mạnh nhất cũng chính là nhịp tim ta cần tìm. Điều này cũng dễ hiểu vì nhịp tim trong tín hiệu PPG cũng chính là tần số cơ bản, tức là tần số chứa phổ mạnh nhất.



(a)



(b)

Hình 8: Dựa vào FFT, ta có thể tìm tần số cơ bản của tín hiệu 8a là  $f = \frac{1}{5} = 0.2$  với miền tần số 8b bằng cách tìm tần số chứa đỉnh, tức phổ mạnh nhất

## 2.5 Smoothing

Trong quá trình đo nhịp tim, nhóm quan sát nhịp tim giữa 2 khoảng thời gian nhỏ liên tiếp có thể có độ chênh lệch cực kỳ lớn ( $< 10$  bpm) cho dù cơ thể không vận động. Nhiễu và việc điều kiện ánh sáng dẫn tới hiện tượng trên. Vì vậy nhóm dùng Smoothing, tức là kỹ thuật để hạn

chế độ chênh lệch. Dựa vào việc nhịp tim trước đó là cơ sở để giảm thiểu độ chênh lệch, nhóm đưa ra công thức sau:

$$HR_{current} = \frac{9}{10}HR_{before} + \frac{1}{10}HR_{measured}$$

Với công thức trên cho phép nhịp tim tiếp theo chỉ thay đổi bằng 10% so với tính toán, vì vậy hạn chế được độ chênh lệch lớn.

## 3 Kết quả

### 3.1 Yêu cầu test

Để đánh giá chất lượng thuật toán, ta sẽ kiểm tra nhịp tim có đo đúng giá trị chuẩn hay không và có chênh lệch nhiều trong thời gian ngắn hay không. Cụ thể ta sẽ quan sát:

- **Giá trị trung bình:** Trong một khoảng thời gian ta cần biết nhịp tim đo được có gần với nhịp tim chuẩn hay không
- **Độ lệch chuẩn:** Kiểm tra sự chênh lệch nhịp tim khi đo trong một khoảng thời gian

Như vậy nhóm sẽ test thuật toán bằng cách cho thuật toán xử lý trên các video dài khoảng 10 giây với nhịp tim biết trước. Mỗi lần đo 1 video sẽ đo nhịp tim trung bình và độ lệch chuẩn của nhịp tim đo được.

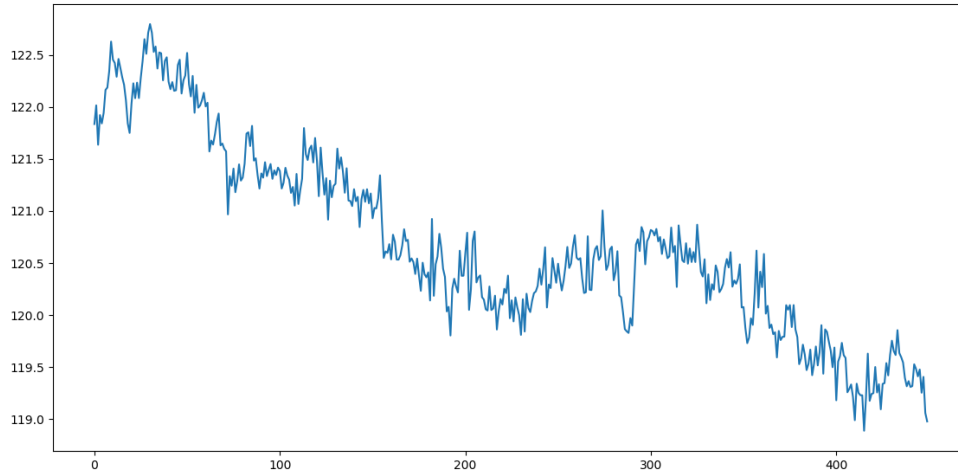
	80	90	125(*)
Lần đo 1	72.67 ± 5.68	80.80 ± 7.26	76.87 ± 0.09
Lần đo 2	83.78 ± 4.08	76.87 ± 0.09	89.02 ± 16.72

**Nhận xét:** Kết quả đo dùng thuật toán cho thấy thuật toán đo nhịp tim chưa tốt vì sai lệch nhiều, đặc biệt nhịp tim càng lớn lại càng sai nhiều. Nhịp tim trung bình tại nhịp tim 80 vẫn còn gần đúng, nhưng nhịp tim càng lớn lại vẫn quanh giá trị 75 - 90. Độ lệch chuẩn từng nhịp tim cũng khá thất thường.

## 4 Kết luận

Như vậy thuật toán của nhóm thực hiện lại có độ chính xác khá tồi khi nhịp tim càng cao, hay có thể nói rằng về mặt cơ bản thuật toán chỉ hiển thị kết quả từ 75 - 85 bpm. Dù đã tham khảo về độ tin cậy của phương pháp dùng tín hiệu PPG từ vùng da mặt, tại sao kết quả lại ra không như mong muốn?

Có thể có 2 nguyên nhân chính: một là do bộ lọc chính là vấn đề. Tuy nhiên bộ lọc của nhóm hoàn toàn dựa trên [1] và bài báo cáo cho kết quả rất tốt. Vì vậy bộ lọc không phải là vấn đề lớn. Thứ hai là chính tín hiệu PPG đầu vào. Nguyên nhân này khả thi hơn vì dựa trên tín hiệu gốc thu được, tín hiệu PPG không hề cho thấy có dấu hiệu tuần hoàn theo chu kỳ nhất định.



Hình 9: Tín hiệu PPG gốc toàn khuôn mặt

Nếu như tín hiệu gốc PPG không đảm bảo, tại sao [1] và [2] lại ra kết quả khớp với nhịp tim thực tế. Các báo cáo khảo sát các thuật toán đo nhịp tim, cụ thể nhóm dựa vào [4] đưa ra 1 số yếu tố quan trọng để các thuật toán sử dụng khuôn mặt cho kết quả chính xác như sau:

- Một số thuật toán chính xác hơn nếu được sử dụng trong điều kiện ánh sáng được kiểm soát tốt
- Thực tế cho thấy tần số trên miền thời gian lại cho kết quả chính xác hơn
- Sử dụng ICA (Independent Component Analysis) thay vì RGB gần như luôn luôn cho kết quả tốt hơn

Có thể thấy rằng chính yếu tố ánh sáng đã khiến kết quả đo nhịp tim của nhóm sai khá nhiều, việc này không được đề cập nhiều như trong [1] [2]. Và cộng thêm yếu tố sử dụng kênh màu RGB đã khiến cho tín hiệu PPG không thể hiện được chu kỳ của tim và tính toán sai.

# Tài liệu tham khảo

- [1] M. H. Janus Nørtoft Jensen, “Camera-based heart rate monitoring,” 2014.
- [2] J. S. N. Wim Verkruyse1, Lars O Svaasand, “Remote plethysmographic imaging using ambient light,” *Optics Express*, 2008.
- [3] B. Y. L. Weijia Cui, Lee E. Ostrander, “In vivo reflectance of blood and tissue as a function of light wavelength,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 1990.
- [4] G. C. Chen Wang, Thierry Pun, “A comparative survey of methods for remote heart rate detection from frontal face videos,” *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2018.