

THIẾT KẾ THIẾT BỊ THEO DÕI NHỊP TIM CÀM TAY ỨNG DỤNG CHO VIỆC THEO DÕI SỨC KHỎE TIM MẠCH KHI VẬN ĐỘNG

Phùng Trung Nghĩa, Nguyễn Sỹ Hiệp*

Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Bệnh liên quan tới tim mạch là một trong những nguyên nhân gây ra số lượng người chết hàng đầu mỗi năm ở Việt Nam cũng như trên thế giới. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về thiết bị đo có thể cho kết quả đo nhịp tim trong thời gian ngắn, có chi phí rẻ hơn nhiều so với các thiết bị hiện có trên thị trường, nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác của phép đo. Do sử dụng các linh kiện sẵn có, rẻ tiền như Arduino UNO, cảm biến nhịp tim, màn hình LCD, nên sản phẩm sau khi hoàn thiện có chi phí rẻ hơn nhiều thiết bị có sẵn trên thị trường mà vẫn đảm bảo độ chính xác. Thiết bị có thể được sử dụng cho cá nhân, chẳng hạn người tham gia vận động thể thao, hỗ trợ tập phục hồi chức năng... tránh việc vận động quá sức gây nguy hại tới cơ thể. Dữ liệu được hiển thị trực tiếp trên màn hình và có thể được lưu lại vào cơ sở dữ liệu thuận tiện cho việc kiểm tra và theo dõi hiệu quả của vận động cũng như phương pháp tập luyện.

Từ khóa: *Thiết bị theo dõi sức khỏe tim mạch; chăm sóc sức khỏe; hỗ trợ vận động và phục hồi chức năng; nhịp tim; thiết bị đo nhịp tim.*

Ngày nhận bài: 04/6/2020; Ngày hoàn thiện: 31/8/2020; Ngày đăng: 31/8/2020

DESIGNING DEVICE TO KEEP TRACK OF THE HEART RATE WHICH IS SUITABLE FOR MONITORING HEART HEALTH DURING EXERCISE

Phung Trung Nghia, Nguyen Sy Hiep*

TNU – University of Information and Communication Technology

ABSTRACT

Cardiovascular diseases are one of the main causes of deaths each year in Vietnam and around the world. This paper presents the results of a research to design a personal device which can measure heart rate quickly, with a lower cost compared to devices available on the market, but still ensuring the accuracy of the measurement. Using low-cost and available components such as Arduino UNO, heart rate Sensor, LCD monitor ..., the proposed product is cheaper than many other devices available on the market but still ensures the accuracy required. The device can be used for people participating in sports activities, doing exercise and rehabilitation ... to avoid excessive movements that cause harm to their body. The data are displayed directly on the screen and can be saved to a convenient database to check and track the effectiveness of the movement as well as the training method.

Keywords: *Devices for monitoring cardiovascular health; health care; mobility support and rehabilitation; heartbeat; heart rate monitor.*

Received: 04/6/2020; Revised: 31/8/2020; Published: 31/8/2020

* Corresponding author. Email: nshiep@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

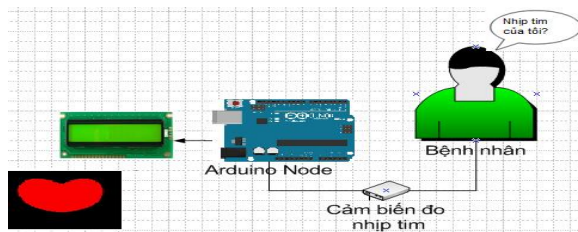
Thực trạng bệnh tim mạch hiện nay đang trở thành vấn đề được quan tâm bởi nhiều người. Có nhiều ca đột quỵ được ghi nhận khi chơi thể thao, chạy bộ để lại di chứng nặng cho người bệnh, thậm chí tử vong. Theo dõi thông số nhịp tim khi vận động là điều cần thiết để phòng ngừa rủi ro cũng như tăng tầm vận động cải thiện sức khỏe. Trên thị trường hiện có nhiều loại thiết bị giám sát nhịp tim phục vụ nhu cầu người sử dụng. Đặc điểm chung của các thiết bị ghi đo nhịp tim đối với đối tượng vận động là:

- Thiết kế nhỏ gọn: Có thể đeo lên người khi vận động mà không gây trở ngại;
- Hiện thị tức thời: Thời gian hiển thị kết quả ngắn, chỉ kéo dài sau vài giây khi tiến hành đo;
- Đơn giản dễ sử dụng: Mọi đối tượng đều có thể sử dụng;
- An toàn khi dùng: Không xâm lấn, không tiềm ẩn nguy hại tới sức khỏe.

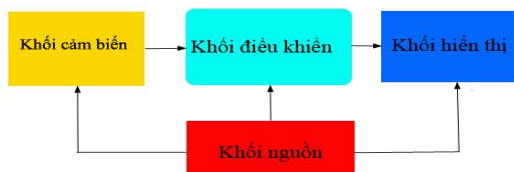
Bài báo giới thiệu về thiết bị có tính ứng dụng cao trong thực tiễn đối với việc theo dõi sức khỏe tim mạch với độ chính xác cao cùng chi phí thấp.

2. Mô hình hệ thống

Mô hình hệ thống được mô tả trên hình 1 bao gồm cảm biến nhịp tim thu nhận dữ liệu gửi về Arduino xử lý dữ liệu sau đó hiển thị kết quả lên LCD theo thời gian thực.



Hình 1. Mô hình khái niệm hệ thống
Sơ đồ khối



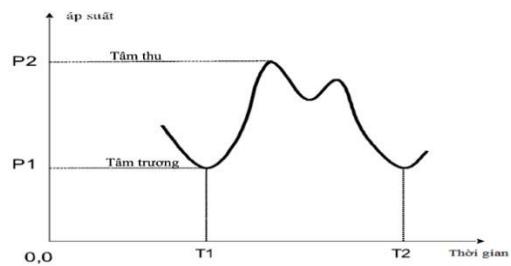
Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống

Trên hình 2 thiết bị đo nhịp tim sử dụng nguồn từ Pin lithium 3,7 V nhỏ gọn, [1] có thể sạc được nhiều lần. Cảm biến sẽ cung cấp dữ liệu về nhịp tim hiện thời của người đo. Sau đó khối điều khiển có nhiệm vụ tính toán ra số nhịp trên một phút, đưa ra cảnh báo bằng đèn led khi có bất thường.

3. Thiết kế hệ thống

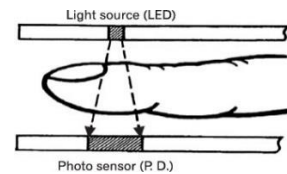
3.1. Cơ sở việc thu nhận tín hiệu

Trên hình 6 là lưu đồ thuật toán của thiết bị đo nhịp tim, tác giả sử dụng module cảm biến nhịp tim XD-58C đo được sự thay đổi về cường độ ánh sáng sau khi đi qua cơ thể người, phát ra xung tín hiệu khi có nhịp tim như trong hình 4, tín hiệu này được đưa tới bộ vi xử lý để tính toán và hiển thị kết quả lên màn hình.

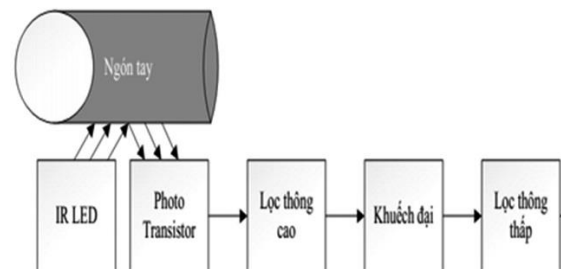


Hình 3. Dạng tín hiệu nhịp đập của nhịp tim [2]

Khi chúng ta thở oxy sẽ vào phổi. Máu - thành phần quan trọng nhất của máu là Hemoglobine (Hb) sẽ vận chuyển oxy từ phổi đến các nơi cần thiết trong cơ thể để đảm bảo sự sống [3].



Hình 4. Vị trí đặt nguồn sáng và cảm biến



Hình 5. Sơ đồ mạch cảm biến dựa trên cảm biến xung

Cảm biến được gắn trên cơ thể người sử dụng cảm biến nhịp tim được gắn ở đầu ngón tay và mạch hỗ trợ cảm biến nhịp tim được gắn quanh cổ tay. IR LED trong hình 5 được sử dụng để chiếu sáng vào ngón tay của người sử dụng bằng ánh sáng hồng ngoại. Khi đó cường độ ánh sáng hồng ngoại phản xạ lại Photo Transistor sẽ thay đổi theo huyết áp trong các đầu ngón tay [4]. Mỗi nhịp tim, máu sẽ đẩy ra các mao mạch ở ngón tay làm thay đổi cường độ phản xạ hồng ngoại, khiến điện áp đầu ra phía trên Photo Transistor thay đổi. Điện áp thay đổi sẽ được đưa qua một mạch lọc thông cao để lọc thành phần một chiều vào mạch với tần số cắt cao [3].

$$f_{cH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \approx 0,6(Hz)$$

Sau khi được lọc thông cao, tín hiệu (theo nhịp tim) sẽ được khuếch đại lên với hệ số khuếch đại tối đa K.

$$K = 1 + \frac{Rv_1}{R_0} \approx 34$$

Sau đó được lọc thông thấp với mục đích loại bỏ tạp nhiễu ở tần số cao (do ánh sáng, rung...) với tần số cắt thấp:

$$f_{cL} = \frac{1}{2\pi R_e C_n} \approx 15(Hz)$$

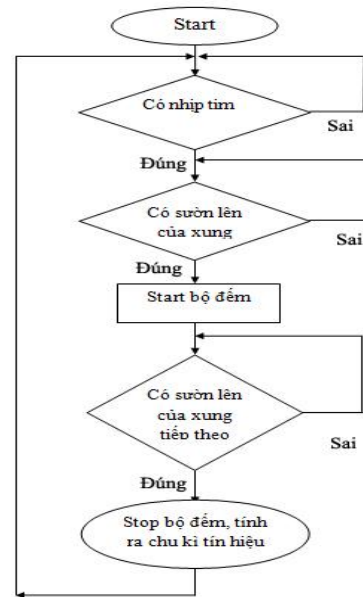
Tín hiệu cuối cùng được đưa vào so sánh với điện áp chuẩn qua mạch so sánh để chuyển đổi từ dạng điện áp tương tự sang dạng điện áp số để đưa về xử lý trong khối điều khiển. Tín hiệu cuối cùng tại đầu ra là tín hiệu mức 0 và 1, tương ứng với khi có nhịp đập thì đầu ra mức 1. Xung nhịp tim được đưa về tạo ngắt trên Arduino uno, mỗi khi có ngắt, Arduino sẽ đếm thời gian giữa hai lần xung nhịp đưa về để tính số nhịp tim mỗi phút. Nếu số nhịp tim tính được có dấu hiệu bất thường [5] thì hệ thống sẽ phát tín hiệu cảnh báo thông qua LED.

Sau khi phân tích các yêu cầu của đề tài, vi điều khiển phải thực hiện các công việc nhận và xử lý dữ liệu được gửi về từ cảm biến nhịp tim. Sau đó truyền dữ liệu, hiển thị giá trị cảm

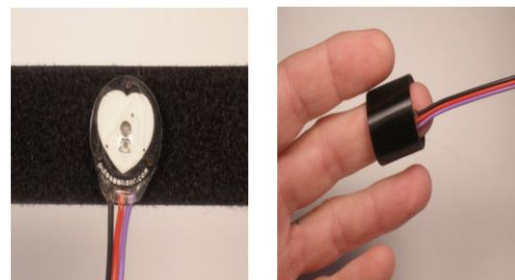
biến đo được lên LCD. Từ đó thuật toán điều khiển chương trình sẽ được biểu hiện qua lưu đồ sau.

3.2. Module cảm biến nhịp tim XD-58C

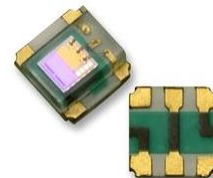
Cảm biến nhịp tim XD- 58C hình 7 sử dụng cảm biến ánh sáng APDS9008 trong hình 8 được sử dụng để kiểm tra nhịp tim xây dựng trên mạch cảm biến xung bằng hồng ngoại. Mặt trước của cảm biến tiếp xúc với da.



Hình 6. Lưu đồ thuật toán



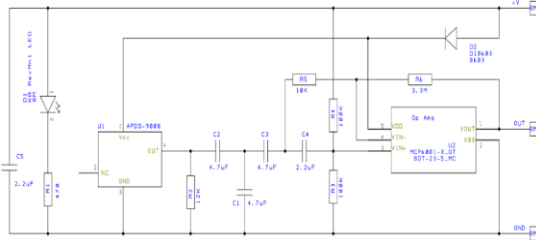
Hình 7. Module XD-58C



Hình 8. Cảm biến ánh sáng APDS9008

Bộ cảm biến ánh sáng môi trường xung quanh, các đèn LED chiếu ánh sáng vào đầu ngón tay, hoặc mô mao mạch khác và cảm

biến APDS9008 đọc ánh sáng mà bị phản xạ lại. Hình 9 là sơ đồ mạch bên trong của cảm biến APDS9008 [3].

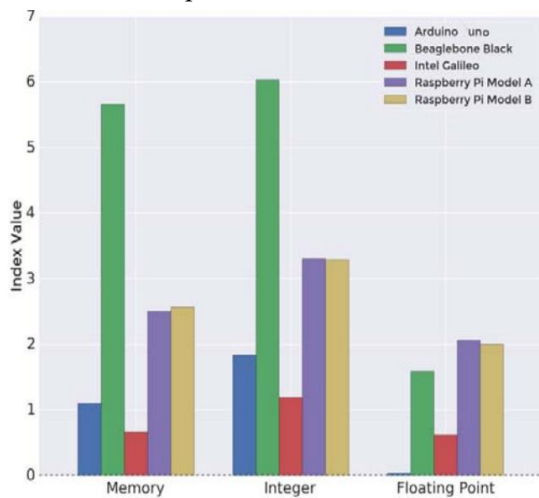


Hình 9. Mạch cảm biến APDS9008

Ban đầu LED và cảm biến đều đặt song song với nhau. Khi đặt ngón tay lên phía trên cảm biến, ánh sáng từ LED đến tay ta phản chiếu trở lại APDS9008, cảm biến phát hiện sự thay đổi ánh sáng này. Do mỗi lần tìm đập lượng máu thay đổi (đột ngột) làm ánh sáng cảm biến nhận được thay đổi. Mỗi khi phát hiện được sự thay đổi, chân Output của cảm biến được kéo lên VCC, kích mở Opamp đưa một xung vuông ra chân Output của cảm biến. Đếm số xung vuông này trong 1 khoảng thời gian sẽ thu được nhịp tim cần đo.

3.3. Khối vi xử lý

Đồ thị hình 10 cho biết kết quả của bài test giữa Arduino so với các đối thủ khác, ta biết Beagle-Bone đứng đầu trong bài test này. Trong khi arduino Uno thấp hơn so với đối thủ.



Hình 10. Đồ thị test của Benchmark giữa arduino so với các dòng khác [6]

Tuy nhiên, tác giả chọn Arduino Uno vì giá thành thấp nhất mà vẫn đảm bảo yêu cầu bài toán đưa ra.



Hình 11. Arduino UNO

Trên hình 11 là Khối vi xử lý Arduino Uno có chức năng thu thập và xử lý dữ liệu từ cảm biến, đồng thời hiển thị dữ liệu lên màn hình LCD. Kit có sẵn các jump kết nối dễ dàng với thiết bị ngoại vi.

3.4. Khối hiển thị

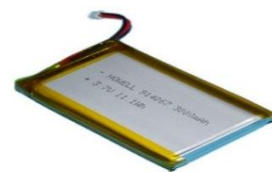
LCD 16x2 là loại màn hình tinh thể lỏng nhỏ dùng để hiển thị các dòng chữ hoặc số trong bảng mã ASCII hình 12, Dữ liệu thu về được xử lý và hiển thị trên. Text LCD được chia sẵn thành từng ô và ứng với mỗi ô chỉ có thể hiển thị một ký tự ASCII. Kích thước nhỏ gọn, tiêu tốn ít điện năng.



Hình 12. LCD 16x2

3.5. Khối nguồn

Khối nguồn sử dụng pin 3,7V trong hình 13 lithium để cung cấp điện áp cho hệ thống, đảm bảo tính nhỏ gọn, tiện lợi khi di chuyển, vận động có thể sử dụng được nhiều lần.



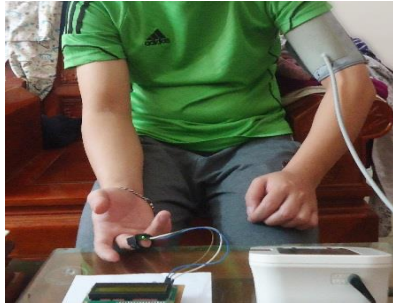
Hình 13. Pin lithium 3000mAh

4. Kết quả thực nghiệm

4.1. Kiểm thử thực tế

Tiến hành thử nghiệm: quấn miếng dính chặt vào ngón tay, đảm bảo sao cho cảm biến nhịp tim XD-58 được tiếp xúc tốt nhất với da, không bị kênh, hở khiến ánh sáng bên ngoài lọt vào. Tiến hành quấn vòng bút của máy Omron Hem-7200 vào bắp tay còn lại như hình 14. Vòng tròn bút nằm ở vị trí ngang tim. Dán miếng dính và cố định lại vòng bút.

Tiến hành 30 phép đo ngẫu nhiên với đối tượng được đo trong trạng thái nghỉ, suy nghĩ và vận động, kết quả thu được hiển thị đồng thời như trong hình 15. Nhịp tim có sự thay đổi tùy vào trạng thái hoạt động của cơ thể để đáp ứng đủ lượng nhu cầu Oxy và dinh dưỡng. Dữ liệu thu được lưu vào bảng 1 và bảng 2 với hai trường hợp để lấy dữ liệu.



Hình 14. Đo đồng thời với thiết bị của Omron



Hình 15. Kết quả đồng thời trên hai thiết bị

Trường hợp 1: Khi cơ thể ở trạng thái nghỉ ngơi, ta tiến hành đo lấy số liệu. Các lần đo được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Thử nghiệm đối với cơ thể ở trạng thái nghỉ

Lần đo	Cảm biến XD-58	$(x_i - \bar{x}_n)^2$	Omron Hem 7200	$(x_i - \bar{x}_n)^2$
1	70	6,76	73	0,09
2	69	12,96	73	0,09
3	72	0,36	74	0,49
4	65	57,76	64	86,49
5	73	0,16	75	2,89
6	72	0,36	75	2,89
7	70	6,76	68	28,09
8	75	5,76	75	2,89
9	68	21,16	68	28,09
10	67	31,36	66	53,29
11	80	54,76	77	13,69
12	75	5,76	73	0,09
13	74	1,96	75	2,89
14	71	2,56	74	0,49
15	76	11,56	78	22,09
16	70	6,76	69	18,49

Lần đo	Cảm biến XD-58	$(x_i - \bar{x}_n)^2$	Omron Hem 7200	$(x_i - \bar{x}_n)^2$
17	75	5,76	76	7,29
18	78	29,16	79	32,49
29	79	40,96	79	32,49
20	76	11,56	77	13,69
21	68	21,16	69	18,49
22	70	6,76	72	1,69
23	70	6,76	73	0,09
24	78	29,16	80	44,89
25	76	11,56	74	0,49
26	77	19,36	76	7,29
27	70	6,76	74	0,49
28	72	0,36	73	0,09
29	71	2,56	69	18,49
30	73	0,16	72	1,69
GTTB	72,6	13,96	73,3	14,75

Từ bảng 1 ta thấy, độ sai lệch khi đo bằng cảm biến XD-58 với thiết bị Omron Hem-7200 với mỗi kết quả đo tương ứng từ 0 - 4 nhịp. Và giá trị kì vọng, tức giá trị nhịp tim trung bình các lần đo sử dụng cảm biến XD-58 là 72,6 nhịp/phút. Còn với thiết bị Omron Hem-7200 là 73,3 nhịp/phút. Dựa vào phương sai đo mức độ tin cậy của kì vọng. Ta tiến hành tính phương sai của phép đo thu được ở bảng trên. Phương sai khi sử dụng cảm biến XD-58 là:

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{f}$$

$$\Rightarrow D_n = 13,96$$

Tương tự áp dụng công thức trên tính phương sai khi sử dụng thiết bị Omron Hem-7200.

$$\Rightarrow D_n = 14,75$$

Kết quả thu được ta thấy giá trị phương sai của phép đo sử dụng cảm biến XD-58 và thiết bị Omron Hem-7200 xấp xỉ bằng nhau. Và lần lượt bằng 13,96 và 14,75. Điều đó có nghĩa, kì vọng của hai giá trị có độ tin cậy tương đương nhau. Trong khi kì vọng chính là giá trị trung bình của hai phép đo sử dụng Cảm biến XD-58 và thiết bị Omron Hem-7200 có giá trị lần lượt là 72,6 nhịp/phút và 73,3 nhịp/phút cũng xấp xỉ bằng nhau. Phương sai

nào có giá trị nhỏ hơn thì có mức độ tin cậy hơn. Ở bảng số liệu này dễ dàng nhận thấy phương sai của phép đo sử dụng cảm biến XD-58 có độ tin cậy kì vọng cao hơn.

Trường hợp 2: Khi cơ thể vừa mới vận động xong.

Từ bảng 2 ta thu được giá trị nhịp tim trung bình của 2 giá trị đo xấp xỉ bằng nhau, giá trị nhịp tim trung bình đo bằng cảm biến XD-58 và thiết bị Omron Hem-7200 lần lượt bằng 103,1 nhịp/phút và 102,6 nhịp trên phút.

Bảng 2. Thử nghiệm với đối tượng vận động

Lần đo	Cảm biến XD-58	$(x_i - \bar{x}_n)^2$	Omron Hem 7200	$(x_i - \bar{x}_n)^2$
1	87	259	84	345,9
2	87	259	87	243,3
3	88	228	87	243,3
4	89	198,8	88	213,1
5	90	171,6	89	184,9
6	90	171,6	90	158,7
7	90	171,6	93	92,16
8	95	65,61	95	57,76
9	95	65,61	95	57,76
10	96	50,41	96	43,56
11	96	50,41	97	31,36
12	98	26	97	31,36
13	98	26	97	31,36
14	98	26	98	21,16
15	99	16,81	98	21,16
16	99	16,81	100	6,76
17	100	9,61	105	5,76
18	105	3,61	105	5,76
29	107	15,21	107	19,36
20	109	34,81	109	40,96
21	110	47,61	110	54,76
22	111	62,41	112	88,36
23	115	141,61	114	129,9
24	116	166,41	115	153,7
25	117	193,21	116	179,5
26	120	285,61	117	207,3
27	120	285,61	117	207,3
28	121	320,41	120	302,7
29	122	357,21	120	302,7
30	125	479,61	121	338,5
GT	103,1	140,2	102,6	127,4
TB				

Áp dụng công thức tính phương sai

$$D_n = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{f}$$

Ta thu được phương sai khi sử dụng cảm biến XD-58 là:

$$\Rightarrow D_n = 140,2$$

Và phương sai khi sử dụng thiết bị Omron Hem-7200

$$\Rightarrow D_n = 127,4$$

Giá trị nhịp tim có độ chênh lệch lớn hơn so với bảng 1 do cường độ vận động thay đổi từ vận động nhẹ cho tới vận động nặng dẫn tới nhịp tim cũng có giá trị thay đổi theo. Giá trị nhịp tim trung bình lần lượt khi sử dụng cảm biến XD-58 và Omron 7200 là 103,1 nhịp/phút và 102,6 nhịp/phút. Dựa vào phương sai có thể thấy rõ giá kì vọng của phép đo khi sử dụng thiết bị Omron Hem-7200 đáng tin cậy hơn. Tuy nhiên, 2 giá trị phương sai chênh nhau ít.

4.2. Đánh giá thực nghiệm

Thiết bị hoạt động ổn định: Sau khi tiến hành nhiều phép thử đồng thời giữa thiết bị sử dụng cảm biến XD-58 và thiết bị Omron Hem-7200 giá trị đo thu được khá gần nhau. Không có sự chênh lệch lớn kết quả của hai thiết bị trong cùng 1 lần đo. Độ tin cậy phép đo nhịp tim sử dụng cảm biến XD-58 tương đương với phép đo sử dụng thiết bị Omron Hem-7200. Các yếu tố có thể gây sai số có thể ảnh hưởng đến kết quả đo như: nhiễu ánh sáng, tiến hành phép đo chưa chính xác, nhiệt độ môi trường... Và đặc biệt là trạng thái của cơ thể như vận động, suy nghĩ... cũng dẫn tới sự thay đổi của nhịp tim, trong khoảng thời gian 1 phút giá trị của nhịp tim có thể bị ảnh hưởng bởi yếu tố kể trên. Dù có sự sai số là do các yếu tố khách quan gây ra nhưng giá trị đo có thể chấp nhận được

Thiết bị hoạt động liên tục trong thời gian 7,5 tiếng không cần sạc, thời gian sử dụng sẽ tăng lên nếu chỉ bật thiết bị lên khi cần lấy dữ liệu.

5. Kết luận

Bài báo nghiên cứu thiết kế thiết bị theo dõi nhịp tim cầm tay ứng dụng cho việc theo dõi sức khỏe tim mạch khi vận động giải quyết được yêu cầu của bài toán về độ tin cậy cũng như giá thành sản phẩm. Hỗ trợ phục hồi chức năng cũng như tăng tầm vận động, đảm bảo an toàn cho sức khỏe. Thiết bị được thiết kế có độ ổn định cao, cho kết quả nhanh chóng, dễ sử dụng phù hợp với mọi đối tượng. Bài báo có thể mở rộng tùy vào yêu cầu đặc thù đối với việc theo dõi sức khỏe. Nghiên cứu và nâng cấp hệ thống theo hướng có thể kết nối với thiết bị di động, theo dõi tình trạng tim mạch từ xa và đưa ra cảnh báo khi có dấu hiệu bất thường. Vì chi phí chỉ khoảng 250 nghìn đồng, thấp hơn rất nhiều so với các sản phẩm hiện có trên thị trường phù hợp với mức thu nhập của nhiều người.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. M. Essalat, M. Boloursaz Mashhadi, and F. Marvasti, "Supervised Heart Rate Tracking using Wrist-Type Photoplethysmographic (PPG) Signals during Physical Exercise without Simultaneous Acceleration Signals," *IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP 2016)*, USA, Dec. 2016.
- [2]. P. Davey, "A new physiological method for heart rate correction of the QT interval," *Heart*, vol. 82, no. 2, pp. 183-186, 1999.
- [3]. H. K. Azman, and A. Hafiz, "Development of a Low-Power Heart Rate Monitor Device for Observation of Heart Rate Variability," *IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 2019.
- [4]. C. J. Deepu et al., "An ECG-SoC with 535nW/channel lossless data compression for wearable sensors," in *Proc. IEEE Asian Solid-State Circuits Conf*, 2013, pp. 145-148.
- [5]. M. B. Mashhadi, M. Essalat, and M. Ahmadi, "An Improved Algorithm for Heart Rate Tracking during Physical Exercise Using Simultaneous WristType Photoplethysmographic (PPG) and Acceleration Signals," *23rd Iranian Conference on Biomedical Engineering and 2016 1st International Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME)*, 2016.
- [6]. D. S. R. Krishnan, and S. C. Gupta, "An IoT based Patient Health Monitoring System," *International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering*, 2018.