



A WEARABLE DETECTOR OF DROWSINESS DRIVER FORWARD TRANSPORTATION SAFETY

Dao Thanh Toan

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam.

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 4/12/2019

Revised: 30/12/2019

Accepted: 31/12/2019

Published online: 16/1/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.10>

* *Corresponding author*

Email: daotoan@utc.edu.vn

Abstract. Monitoring and warning of drowsiness of the driver is essential in reducing road traffic accidents. In this article, the author presents a study on manufacturing and testing wearable devices to detect and to warn driver drowsiness. Active filters, signal processing circuits, and microcontroller algorithms implemented on the devices are designed to calculate the driver's heart rate based on ECG signal which is obtained from a soft pressure sensor mounted on the wrist. The equipment is verified and compared to the accuracy of Xiaomi miband 3. Drowsiness will be detected on the basis of a driver's irregular heartbeat. The results from the test with car driver on the road show that the wearable is able to detect and alert through sound when detecting driver drowsiness.

Keywords: Drowsiness detection, transportation safety, wearable device.

© 2019 University of Transport and Communications



THIẾT BỊ ĐEO CẢNH BÁO LÁI XE BUỒN NGỦ ỨNG DỤNG TRONG AN TOÀN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ

Đào Thanh Toán

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 4/12/2019

Ngày nhận bài sửa: 30/12/2019

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2019

Ngày xuất bản Online: 16/1/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.10>

* Tác giả liên hệ

Email: daotoan@utc.edu.vn

Tóm tắt. Giám sát, cảnh báo tình trạng ngủ gật của lái xe là hết sức cần thiết trong giảm tai nạn giao thông đường bộ. Trong bài báo này, tác giả trình bày nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm thiết bị đeo nhằm phát hiện và cảnh báo tình trạng buồn ngủ của lái xe. Bộ lọc tích cực, mạch xử lý tín hiệu, thuật toán cho bộ vi điều khiển được tích hợp trên thiết bị đeo nhằm tính toán nhịp tim từ tín hiệu điện tim ECG đo trên cổ tay của lái xe. Thử nghiệm tại phòng thí nghiệm cho thấy, thiết bị có độ chính xác tương đồng với thiết bị đo nhịp tim Xiaomi miband 3 trên thị trường. Tình trạng buồn ngủ sẽ được phát hiện trên cơ sở xác định nhịp tim của lái xe khi nhỏ hơn mức ngưỡng. Kết quả thử nghiệm trên đường thực tế cho thấy thiết bị đeo có khả năng phát hiện và cảnh báo qua âm thanh khi phát hiện lái xe ngủ gật.

Từ khóa: Phát hiện buồn ngủ, an toàn giao thông, thiết bị đeo

© 2019 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lái xe buồn ngủ đề cập đến hiện tượng người lái xe rối loạn chức năng tâm lý và sinh lý sau khi lái xe liên tục, dẫn đến hiện tượng mất kiểm soát lái xe dần dần và liên tục [1]. Lái xe khi buồn ngủ là một trong những nguyên nhân chính gây nên các vụ tai nạn giao thông đường bộ tại Việt Nam cũng như trên toàn thế giới [1-3]. Vì vậy giám sát, cảnh báo tình trạng buồn ngủ, ngủ gật của lái xe là hết sức cần thiết. Bảng 1 thống kê các phương pháp cảnh báo lái xe buồn ngủ trong cả nghiên cứu cơ bản và công nghiệp [1,4]. Dưới góc độ kỹ thuật, giám sát trạng thái buồn ngủ/ngủ của các lái xe dựa trên:

- (1) Thông tin cụ thể về hành vi lái xe (góc vô lăng, độ lệch làn đường) [5];

- (2) Tín hiệu phản ứng sinh lý của lái xe (chuyển động của mắt, khuôn mặt) [6];
- (3) Tín hiệu sinh lý của lái xe (tín hiệu EEG, ECG, EMG) [7-9].

Trong đó, hai phương pháp đầu cơ bản là gián tiếp, ví dụ để phát hiện buồn ngủ của tài xế dựa trên phản ứng sinh lý qua việc tính toán tỷ lệ đóng mí mắt hay môi theo thời gian bằng thuật toán xử lý hình ảnh [6]. Phương pháp này có hạn chế là dễ bị cảnh báo nhầm trạng thái bởi vì mắt, môi của lái xe vẫn có khả năng di chuyển một cách tự nhiên ngay cả khi không buồn ngủ ví dụ dụi mắt, nói chuyện,...; ngoài ra, tài nguyên thiết bị phần cứng phục vụ bài toán xử lý ảnh thời gian thực như bộ nhớ, bộ vi xử lý là phức tạp và tốn kém, phù hợp phát triển thử nghiệm với những tập đoàn ô tô lớn như Ford, Toyota, Mercedes-Benz,...

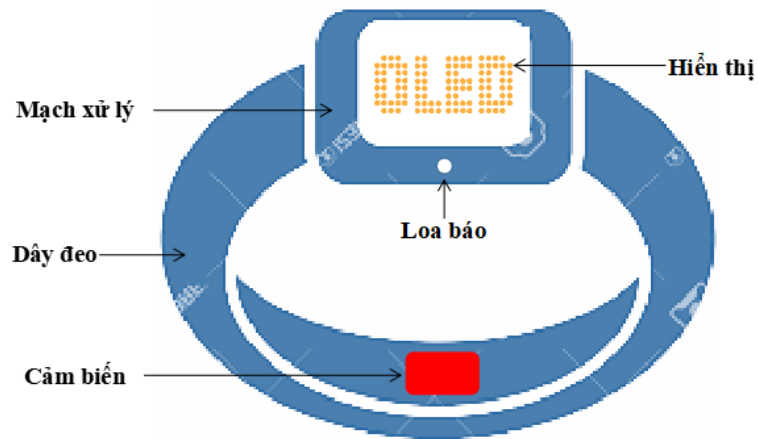
Bảng 1. Tổng hợp một số phương pháp cảnh báo lái xe buồn ngủ.

Phương pháp	Nguồn tham khảo	Cảm biến	Tham số	Công cụ cảnh báo	Chi phí R&D
(1)	Ford [1]	Camera	Vị trí làn xe	Âm thanh	Cao
	Mercedes-Benz [1]	Cảm biến gắn vô lăng	Thay đổi bất thường của vô lăng	Âm thanh-hình ảnh	Cao
	Volkswagen [1]	Cảm biến gắn vô lăng	Thay đổi bất thường của vô lăng	Âm thanh-hình ảnh	Cao
	Volvo [1]	Camera và cảm biến gắn vô lăng	Thay đổi bất thường của vô lăng	Âm thanh-hình ảnh	Cao
(2)	Toyota [1]	Camera	Thay đổi mắt và đầu tài xế	Âm thanh	Cao
(3)	Nhóm [7-9]	Điện tim ECG	Thay đổi bất thường của nhịp tim lái xe	Âm thanh	Thấp

Mặt khác, xây dựng hệ thống cảnh báo trạng thái buồn ngủ trên cơ sở phương pháp đo trực tiếp thông qua việc xử lý tín hiệu điện tim ECG ngày càng được chú ý nghiên cứu phát triển. Các nghiên cứu chỉ ra, nhịp tim con người bắt đầu giảm so với trạng thái hoạt động bình thường khi cơ thể buồn ngủ: Nhịp tim của lái xe ở tuổi trưởng thành khoảng 61 đến 80 BPM; lái xe sẽ buồn ngủ hoặc mệt mỏi nhịp tim là 50 đến 60 BPM [9,10]. Dựa vào yếu tố này, nhịp tim của tài xế được xác định mức ngưỡng nhất định tùy từng người, khi dưới mức ngưỡng sẽ đưa ra cảnh báo. Bên cạnh việc xác định được trạng thái một cách trực tiếp, hướng tiếp cận này còn đơn giản và có giá thành rẻ hơn hai phương pháp nêu trên. Những năm gần đây, các thiết bị đo dưới dạng đeo hoặc gắn trên cơ thể người đã thu hút được nhiều sự quan tâm nghiên cứu bởi vì chúng rất hữu ích cho việc theo dõi sức khỏe [11]. Thiết bị đeo đã khẳng định ưu thế nổi bật với các đặc tính là nhỏ gọn, đơn giản và linh hoạt trong sử dụng. Trong nghiên cứu gần đây, nhóm nghiên cứu chúng tôi đã thành công trong việc chế tạo thiết bị đo nhịp tim sử dụng cảm biến áp lực hữu cơ với công nghệ đơn giản và hoàn toàn chủ động [11]. Trong bài báo này, tác giả trình bày nghiên cứu ứng dụng của thiết bị đo trong lĩnh vực an toàn giao thông. Thiết bị được cải tiến thiết kế để có thể phù hợp để đeo trên tay lái xe người Việt Nam. Khi hoạt động lái xe trên đường, nhịp tim sẽ liên tục được theo dõi và so sánh với mức ngưỡng buồn ngủ/ngủ. Khi nhịp tim nhỏ hơn mức ngưỡng buồn ngủ, lái xe sẽ được cảnh báo thông qua âm thanh phát ra từ thiết bị, từ đó lái xe sẽ dừng lái tránh nguy hiểm cho bản thân và người tham gia giao thông.

2. THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ

2.1. Thiết kế tổng thể



Hình 1. Thiết kế tổng thể thiết bị đeo cảnh báo buồn ngủ.



Hình 2. Sản phẩm sau thiết kế và lắp đặt thử nghiệm cho lái xe.

Thiết kế thiết bị đeo cảnh báo buồn ngủ được mô tả ở hình 1. Tổng thể, thiết bị được thiết kế có hình dạng giống với thiết bị đeo phổ biến trên thị trường hiện nay gồm cảm biến mềm

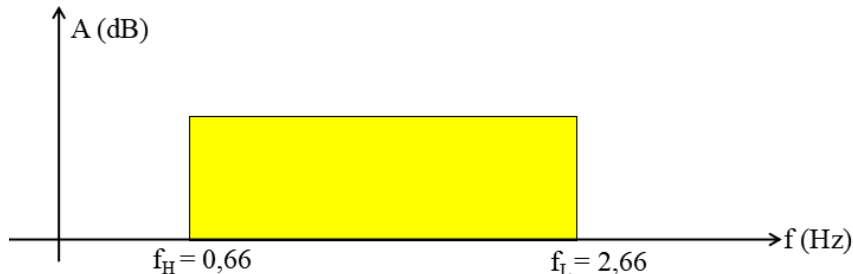
gắn trong dây đeo. Dây đeo có vai trò kết nối các khối và giữ cho phần cơ khí được đảm bảo đeo trên cổ tay và có thể lái xe bình thường, mạch xử lý, hiển thị giá trị và loa cảnh báo được đặt trong cùng khối. Thiết bị hiển thị sử dụng module OLED nhằm giảm tiêu thụ năng lượng tối đa cho thiết bị. Loa cảnh báo sử dụng loại loa ve (buzzer) để đảm bảo nhỏ gọn và phù hợp sử dụng trong không gian phương tiện và không gây nhiều tiếng ồn cho phương tiện giao thông khác khi lưu thông.

Hình ảnh sản phẩm sau thiết kế và lắp đặt thử nghiệm cho lái xe thể hiện ở Hình 2. Sản phẩm có một số tính năng như: có kích thước nhỏ gọn, dễ tháo lắp, không gây khó chịu cho lái xe, và có thể hoạt động được liên tục 2 ngày mới phải sạc pin. Để thực hiện việc đo tự động nhịp tim thì phần xử lý tín hiệu tương tự và chương trình cho chip điều khiển là quan trọng nhất và được trình bày trong các phần tiếp theo.

2.2. Bộ lọc tương tự

Tín hiệu nhịp tim đo trên cổ tay thông qua mạch trên cổ tay có biên độ cỡ μV , do vậy chịu tác động khá lớn của nhiễu tần số thấp từ: dao động các bộ cơ, dịch chuyển của cơ thể người và các nguồn nhiễu điện từ bên ngoài khác như từ phương tiện giao thông, thiết bị điện tử, từ trường trái đất,... Do vậy khâu lọc tín hiệu tương tự ngay sau khi đo là cực kỳ quan trọng nhằm đảm bảo độ chính xác của việc xác định nhịp tim lái xe.

Nhịp tim người trưởng thành nằm trong khoảng từ 40 BPM ($\sim 0,66$ Hz) đến 160 BPM ($\sim 2,66$ Hz), tùy thuộc vào các trạng thái hoạt động [8]. Như vậy, để không làm mất thông tin điện tim, cần sử dụng mạch lọc thông dải. Đặc tính mạch lọc thông dải cần thiết với tần số cắt f_H và f_L phù hợp tương ứng là 0,66 Hz và 2,66 Hz được mô tả ở hình 3.



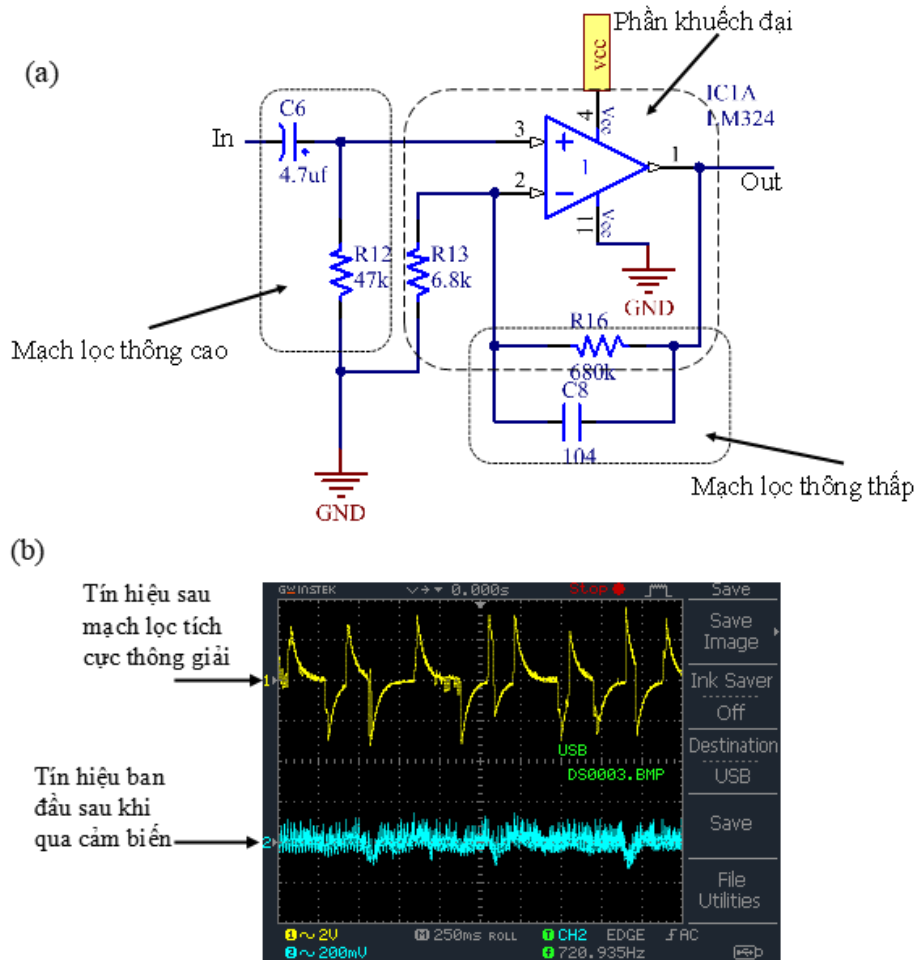
Hình 3. Đặc tính mạch lọc thông dải cần để lọc tín hiệu điện tim của lái xe.

Mặt khác, để có thể thuận lợi trong việc tích hợp trong thiết bị đeo, mạch lọc RC với IC khuếch đại thuật toán LM 324 (Texas Instruments) được lựa chọn do có kết cấu nhỏ gọn so với các loại kiến trúc mạch lọc khác. Sơ đồ mạch nguyên lý minh họa ở Hình 4a. Linh kiện được tính toán như sau: khâu thông cao bao gồm điện trở R_{12} , tụ điện C_6 và có tần số cắt

$$\omega_H = 2\pi f_H = \frac{1}{R_{12}C_6} \quad (1)$$

Để tần số cắt $f_H = 0,66$ Hz, từ công thức (1) và các tham số linh kiện trên thị trường, $R_{12} = 47$ k Ω và $C_6 = 4,7$ μF được lựa chọn. Tương tự với khâu lọc thông thấp công thức (2), giá trị các linh kiện được chọn như sau: $R_{16} = 680$ k Ω và $C_8 = 100$ nF

$$\omega_L = 2\pi f_L = \frac{1}{R_{16}C_8} \quad (2)$$

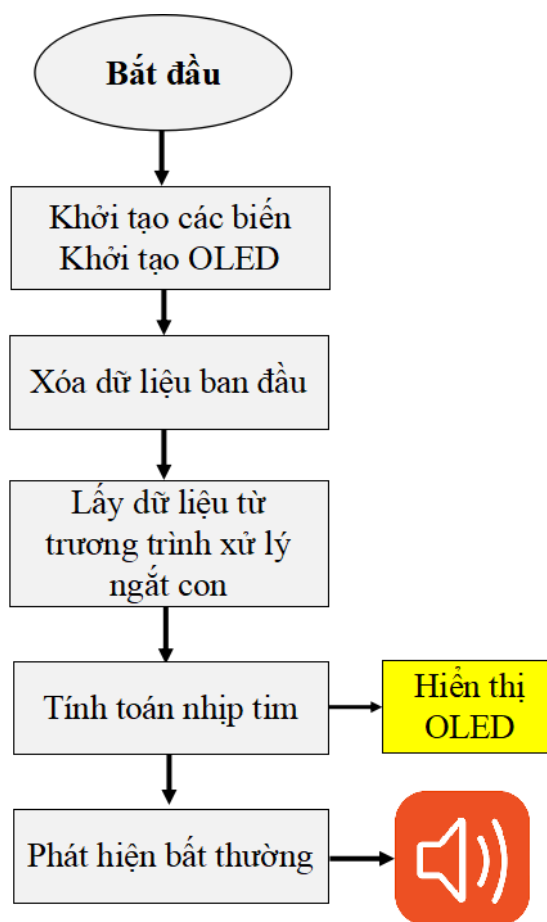


Hình 4. a, Sơ đồ nguyên lý bộ lọc tích cực. b, Tín hiệu đo được từ một tình nguyện viên 24 tuổi tại Phòng thí nghiệm Trường Đại học Giao thông vận tải.

Hình 4b biểu diễn tín hiệu nhịp tim đo lấy từ máy hiện sóng trước và sau mạch lọc. Có thể quan sát thấy rất rõ ràng là: tín hiệu nhiễu hòa trộn cùng tín hiệu chính làm mất thông tin của tín hiệu cần đo; nhưng sau khi qua mạch lọc tín hiệu với chu kỳ tuần hoàn phản ánh hoạt động bình thường của tim. Qua đây có thể thấy mạch lọc được thiết kế phù hợp và đúng đắn.

2.3. Chương trình cho bộ vi điều khiển

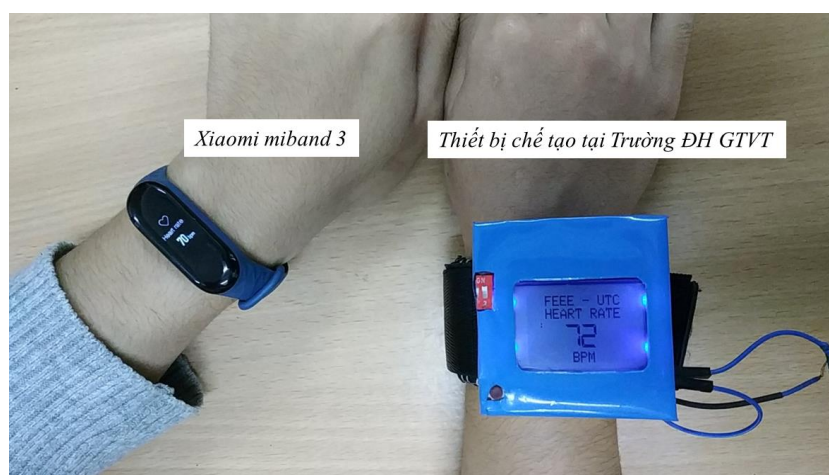
Tín hiệu tương tự sau lọc sẽ được chuyển thành tín hiệu số và sẽ tiếp tục được xử lý bởi bộ vi điều khiển ATmega328 của hãng Microchip Technology. Bộ vi điều khiển này hoạt động với công suất và kích thước thấp rất phù hợp với việc chế tạo thiết bị đeo. Sơ đồ khối mô tả chức năng của chương trình vi điều khiển được mô tả trên Hình 5. Sau khi kích hoạt chương trình (khi bật hay reset lại), module hiển thị OLED được khởi tạo và số liệu đo trước đó được xóa để đảm bảo hệ thống không hiển thị nhầm giá trị. Chương trình ngắt con sẽ luôn thực hiện quét tín hiệu từ ADC để tính toán nhịp tim và hiển thị lên module OLED. Giá trị nhịp tim tính toán (HR) sẽ được luôn so sánh với nhịp tim ngưỡng (HR_{th}). HR_{th} sẽ được cài đặt với mỗi tài xế khác nhau. Khi nhịp tim hiện tại nhỏ hơn HR_{th} , hệ thống sẽ tự kích hoạt cảnh báo trên loa cho đến khi lái xe tắt nút cảnh báo.



Hình 5. Sơ đồ khối chức năng của chương trình vi điều khiển.

3. THỬ NGHIỆM

3.1. Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm



Hình 6. Kết quả đo thử khi so sánh với thiết bị Xiaomi miband 3.

Trước hết, thử nghiệm so sánh độ chính xác của thiết bị đo với thiết bị có trên thị trường của hãng Xiaomi (miband 3) được thực hiện trong điều kiện phòng thí nghiệm. Tình nguyện

viên tuổi từ 22 đến 40 gồm cả giới tính nam và nữ được lựa chọn để thử nghiệm. Để đảm bảo tính đồng nhất, cả 2 thiết bị được sử dụng để đo nhịp tim cùng một thời điểm bằng cách đeo vào hai tay của tình nguyện viên như thể hiện ở Hình 6. Bảng 2 tổng hợp kết quả các lần đo khi các tình nguyện viên ở điều kiện làm việc bình thường hay di chuyển chậm trong phòng. Từ hai thiết bị cho thấy kết quả tương đối giống nhau, qua đó có thể nhận thấy thiết bị thiết kế chế tạo ở đây có độ tin cậy khá cao.

Bảng 2. Kết quả đo của thiết bị đeo so sánh với thiết bị thương mại.

STT	Giới tính	Tuổi	Thiết bị đo phát triển	Xiaomi miband 3
1	Nam	22	72	70
2	Nam	40	72	71
3	Nữ	30	78	78
4	Nữ	38	80	79

3.2. Thử nghiệm với lái xe

Như đã trình bày ở phần đặt vấn đề, trong khi buồn ngủ/ngủ, nhịp tim người lái xe sẽ bắt đầu chậm lại, yếu tố này được sử dụng để đưa ra cảnh báo từ thiết bị. Do mỗi người có đặc thù tâm sinh lý khác nhau, cần phải thử nghiệm với từng người cụ thể với quy trình như sau: trước hết giá trị trung bình của nhịp tim, để tìm xác giá trị ngưỡng HR_{th} ; sau đó cài đặt vào phần mềm cho vi điều khiển và tiến hành thử nghiệm. Do điều kiện về kinh phí và thời gian, trong bước này nhóm chỉ thử nghiệm được với 1 lái xe đó là lái xe có giới tính nam, 35 tuổi sức khỏe bình thường. Nhịp tim ở các trạng thái buồn ngủ/ngủ và bình thường của người này được đo kiểm một số lần (Bảng 3) để xác định giá trị ngưỡng $HR_{th} = 55$. Dựa vào số liệu này, chương trình được cài đặt với giá trị ngưỡng $HR_{th} = 55$. Lái xe được đeo thiết bị và thử nghiệm trong 1 tháng tại khu vực Hà Nội và lân cận. Thiết bị định vị cùng camera gắn trên xe cho phép kiểm tra so sánh được kết quả và xác định thời gian mỗi lần cảnh báo.

Bảng 3. Kết quả đo nhịp tim của lái xe 35 tuổi trong nghiên cứu này.

Trạng thái	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Trung bình
Buồn ngủ/ngủ	56	54	55	55	55
Bình thường	82	84	84	86	84



Hình 7. Một số hình ảnh thử nghiệm với lái xe 35 tuổi trên đường Hà Nội.

Bảng 4. Kết quả đo của thiết bị đeo so sánh với thiết bị thương mại

<i>Ca</i>	<i>Thời gian ghi nhận dữ liệu thử</i>	<i>Độ chính xác</i>
Sáng	7:30-11:30	54%
Chiều	12:30-19:30	62%

Một số hình ảnh thu được khi lái xe ở trạng thái bình thường, hay buồn ngủ thể hiện ở Hình 6. Tổng số khoảng 40 lần cảnh báo được ghi nhận từ lái xe và được phân theo khung giờ sáng và chiều trên Bảng 4. Có thể thấy độ chính xác chưa thực sự cao chỉ khoảng 54% và 62% tương ứng với thời gian thông kê sáng và chiều. Thời gian buổi chiều có độ chính xác lớn hơn, điều này có thể theo khoảng thời gian sau giờ trưa là thời gian dễ buồn ngủ trong ngày. Sai số vẫn khá lớn hiện nay đến từ các nguyên nhân: Số mẫu đo và phân tích từ lái xe chưa nhiều; độ tin cậy của báo cáo từ người lái xe. Các trường hợp cảnh báo lỗi được ghi nhận: Tài xế nghỉ ngơi bình thường; dừng xe để ngủ (không lái).

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày một số kết quả ban đầu về nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm thiết bị đeo nhằm phát hiện và cảnh báo tình trạng buồn ngủ của lái xe. Nhịp tim của lái xe được đo liên tục thông qua cảm biến áp lực mềm gắn ở cổ tay. Bộ lọc tích cực, mạch xử lý tín hiệu, thuật toán cho bộ vi điều khiển được thiết kế nhằm tính toán chính xác nhịp tim của lái xe. Tình trạng buồn ngủ được phát hiện trên cơ sở xác định nhịp tim bất thường của lái xe. Thiết bị được kiểm chứng và so sánh độ chính xác với các thiết bị chuyên dụng bán trên thị trường. Tuy độ chính xác chưa cao khoảng 54 %, kết quả thử nghiệm trên đường cho thấy thiết bị đeo có khả năng phát hiện và cảnh báo qua âm thanh khi phát hiện lái xe ngủ gật. Trong thời gian tới, thiết bị sẽ tiếp tục được nghiên cứu thử nghiệm và cải tiến nhằm nâng cao độ phù hợp, độ chính xác của thiết bị cảnh báo với lái xe là người Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2019-GHA-03 và tài trợ một phần Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2019-DT-003. Tác giả xin trân thành cảm ơn GS Vellaisamy A. L. Roy (trường Đại học Thành phố Hồng Kong) và sinh viên làm việc tại PTN Kỹ thuật Điện tử, Trường ĐH GTVT đã giúp thực hiện một số thí nghiệm trong nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Anuva Chowdhury, Rajan Shankaran, Manolya Kavakli, and Md. Mokammel Haque Sensor Applications and Physiological Features in Drivers' Drowsiness Detection: A Review, IEEE sensors Journal, 18 (2018) 3055-3067. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2807245>
- [2] WHO. Road Safety. The global status report on road safety 2018. https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/
- [3] <http://tuyengiao.vn/uy-ban-an-toan-giao-thong/trong-quy-i2019-xay-ra-tren-4-000-vu-tai-nan-giao-thong-120125>. Truy cập ngày 15 tháng 12 năm 2019.
- [4] A. Sahayadhas, K. Sundaraj, M. Murugappan, Detecting driver drowsiness based on sensors: A review, Sensors, 12 (2012) 16937-16953. <https://doi.org/10.3390/s121216937>
- [5] Chai Meng, Li shi-wu, Sun wen-cai, Guo meng-zhu, Huang meng-yuan, Drowsiness monitoring based on steering wheel status, Transportation Research Part D, 66 (2019) 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.007>

- [6] Dao Thanh, T., Thien Linh, V., A driver drowsiness and distraction warning system based on raspberry Pi 3 Kit, Tap Chí Khoa Học Giao Thông Vận Tải, 70 (2019) 184-192. <https://doi.org/10.25073/tcsj.70.3.4>
- [7] Gang Li, Wan-Young Chung, Combined EEG-Gyroscope-tDCS Brain Machine Interface System for Early Management of Driver Drowsiness, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 48 (2018) 50–62. <https://doi.org/10.1109/THMS.2017.2759808>
- [8] Herlina Abdul Rahima, Ahmad Dalimia, Haliza Jaafar, Detecting Drowsy Driver Using Pulse Sensor, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 73 (2015) 5–8
- [9] Jibo He, William Choi, Yan Yang, Junshi Lu, Xiaohui Wu, Kaiping Peng, Detection of driver drowsiness using wearable devices: A feasibility study of the proximity sensor, Applied Ergonomics, 65 (2017) 473-480. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.016>
- [10] Yasushi, Mitsuo, Yanagidaira Masatoshi, Information providing system and information providing method, United States Pioneer Corporation 20030043045, 2003. <http://www.freepatentsonline.com/y2003/0043045.html>
- [11] V. N. Quy et al., Wearable Device for Monitoring Heart Rate Based on Low-Cost Piezoresistive Sensor, in 2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies, Thessaloniki, Hy Lạp, 2019. <https://doi.org/10.1109/MOCASST.2019.8741734>