

THIẾT KẾ MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH CHỦ ĐỘNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN SIÊU ÂM VÀ CẢM BIẾN IR

DESIGN MODEL OF ACTIVE BRAKE SYSTEM USING ULTRASONIC AND IR SENSOR

Vũ Hải Quân^{1,*}, Nguyễn Minh Tiến¹,
Đặng Văn Bình¹, Nguyễn Văn Đạt¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.93>

TÓM TẮT

Tỷ lệ tai nạn đường bộ ngày càng tăng là điều đáng báo động và bất kỳ phương tiện nào không có hệ thống phanh hiệu quả đều dễ gặp tai nạn với những hậu quả về người và tài sản. Điều này là do lỗi của con người khi lái xe, liên quan đến sự chậm trễ thời gian phản ứng và mất tập trung. Hệ thống phanh thông minh (IBS) là hệ thống an toàn chủ động được trang bị trên ô tô hiện đại nhằm giảm thiểu khả năng va chạm trong khi tham gia giao thông. Hệ thống IBS giúp cảnh báo cho lái xe về một vụ va chạm sắp xảy ra, đồng thời giúp lái xe phanh với một lực tối đa hoặc tự động phanh xe ô tô trong tình huống nguy cấp. Nghiên cứu này tiến hành phân tích nguyên lý làm việc của hệ thống phanh IBS, thiết kế mô hình 3D và chế tạo mô hình thực tế hệ thống phanh thông minh. Kết quả nghiên cứu đưa ra nguyên lý làm việc của hệ thống thực tế và bảng kết quả thực nghiệm ở các dải vận tốc và khoảng cách khác nhau. Mô hình được thiết kế với 3 mức cảnh báo, các mức cảnh báo lần lượt được hiển thị và tác động tới người lái xe để người lái xe nhận biết nguy hiểm và nếu người lái xe không có tác động đến bàn đạp chân phanh thì hệ thống phanh tự kích hoạt để đảm bảo an toàn cho người ngồi trên xe. Nghiên cứu thực nghiệm đã khẳng định được hướng tiếp cận và thiết kế ban đầu của chúng tôi là đúng.

Từ khóa: Hệ thống phanh thông minh; hệ thống phanh tự động khẩn cấp; cảm biến siêu âm; cảm biến hồng ngoại.

ABSTRACT

The increasing rate of road accidents is alarming and any vehicle that does not have an effective braking system is vulnerable to an accident with human and property consequences. This is due to human error when driving, involving reaction time delays and loss of concentration. Intelligent brake system (IBS) is an active safety system equipped on modern cars to reduce the possibility of collisions while participating in traffic. The IBS system helps warn the driver of an impending collision, and helps the driver brake with maximum force or automatically brake the car in an emergency situation. This study analyzes the working principle of the IBS brake system, designs a 3D model and makes a realistic model of the intelligent brake system (IBS). The research results show the working principle of the actual system and the table of experimental results at different speed and distance ranges. The model is designed with 3 warning levels, the warning levels are displayed and affected in turn to the driver so that the driver can recognize danger and if the driver does not affect the brake pedal, then The brake system automatically activates to ensure the safety of the occupants. Experimental research has confirmed that our initial approach and design are correct.

Từ khóa: Intelligent brake system; automatic emergency braking system; ultrasonic sensor; IR sensor.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: quanvh@hau.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/8/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/11/2022

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2022

1. GIỚI THIỆU

Cơ cấu phanh là cơ cấu an toàn chủ động của ô tô, dùng để giảm tốc độ hay dừng và đỗ ô tô trong những trường hợp cần thiết. Nền công nghiệp ô tô đang ngày càng phát triển mạnh, số lượng ô tô tăng nhanh, mật độ lưu thông trên đường ngày càng lớn. Các xe ngày càng được thiết kế với công suất cao hơn, tốc độ chuyển động nhanh hơn thì yêu cầu đặt ra với cơ cấu phanh cũng càng cao và nghiêm ngặt hơn. Theo Tổ chức Y tế Thế giới, thương tích giao thông đường bộ đã gây ra khoảng 1,35 triệu ca tử vong trên toàn thế giới trong năm 2016. Tức là cứ 25 giây lại có một người mất. 74% số ca tử vong do giao thông đường bộ xảy ra ở các nước có thu nhập trung bình, chỉ chiếm 53% số phương tiện được đăng ký trên thế giới. Ở các nước thu nhập thấp, điều đó còn tồi tệ hơn. Chỉ 1% số ô tô trên thế giới đã gây ra 16% số ca tử vong do giao thông đường bộ trên thế giới. Điều này cho thấy rằng các quốc gia này chịu gánh nặng tử vong do giao thông đường bộ cao không tương xứng so với mức độ cơ giới hóa của họ. Để tránh những vụ tai nạn hay giảm thiểu độ thương vong do sự va chạm giữa các phương tiện, hệ thống phanh đóng vai trò vô cùng quan trọng. Có rất nhiều hệ thống phanh được phát triển để tạo nên hệ thống phanh mượt mà và tương thích. ABS là một trong số những ví dụ cho hệ thống phanh. Nhưng hệ thống phanh rất cần được thiết lập để có thể phanh trong khoảng thời gian phù hợp với hoàn cảnh nhất. Nếu hệ thống không được kích hoạt đúng thời gian, sẽ khó có thể ngăn chặn hay giảm thiểu khả năng va chạm giữa các phương tiện. Nhưng sự xuất hiện đột ngột của các phương tiện phía trước các phương tiện

khác có thể gây ra sự hoảng loạn cho người lái. Vì vậy để đối mặt với các vấn đề đó hệ thống phanh thông minh được ra đời. Nếu giả sử người lái xe không chú ý tới các vật cản phía trước xe, hệ thống phanh tự động có thể gửi cảnh báo tới người lái xe và trực tiếp tác động nhằm tránh các vụ va chạm tiềm ẩn. Trong công nghệ này sử dụng nhiều các thành phần như bộ điều khiển trung tâm, cảm biến siêu âm, cảm biến IR đo tốc độ, rơ le điện, mô tô điện một chiều, cơ cấu phanh và hệ thống kết nối. Việc xây dựng những phương pháp để điều khiển hệ thống phanh thông minh là yếu tố then chốt để đảm bảo tính hiệu quả của hệ thống. Với việc sử dụng hai cảm biến xa và cảm biến gần giúp cho hệ thống phát hiện chính xác vật cản phía trước để hệ thống kịp thời xử lý tín hiệu và thông báo đến lái xe. Hệ thống hoàn thiện được sử dụng để mô phỏng hệ thống điều khiển hệ thống phanh tự động.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT HỆ THỐNG PHANH THÔNG MINH

2.1. Nguyên lý hoạt động chung của hệ thống

Hệ thống phanh thông minh IBS sử dụng bộ cảm biến hoặc ra-đa lắp ở phía trước xe, một số ở phía trên kính chắn gió để theo dõi đoạn đường phía trước. Dựa vào các yếu tố bao gồm tốc độ và khoảng cách với xe chạy trước, một bộ phận kiểm soát sẽ phát hiện các nguy cơ tiềm ẩn.

Dựa vào nguyên tắc trên, lái xe được thông báo về nguy cơ xảy ra tai nạn và được yêu cầu để tác động vào bàn đạp phanh đồng thời hệ thống IBS kiểm soát phanh xe, do đó cho phép chiếc xe phản ứng kịp thời và hợp lý. Trong trường hợp lái xe không thể phản ứng kịp, công nghệ IBS có thể tác động lên hệ thống phanh với một lực vừa đủ, khiến chiếc xe dừng lại để tránh tai nạn, hay ít nhất là giảm thiệt hại.

2.2. Cơ sở lý thuyết

Khoảng cách theo thời gian thực là khoảng cách giữa xe đang chuyển động và người đi bộ và cũng là khoảng cách giữa hai xe đang chuyển động. Thời gian cần thiết cho sự chuyển động qua lại của sóng siêu âm sau khi va vào chướng ngại vật là thời gian thu nhận (thời gian cần thiết x 2). Khoảng cách thời gian thực d thu được từ cảm biến siêu âm được cho là:

$$d_{c2} = V_A t_r + \frac{(V_A - V_B) t_i}{2} + \frac{V_A^2 - V_B^2}{2\mu g} + d_{min} \tag{1}$$

Vận tốc đi bộ của người đi bộ được bỏ qua so với ô tô A và được cho là bằng không [7]. Khi đó khoảng cách phanh tới hạn giữa ô tô A và người đi bộ được cho là:

$$d_{c1} = V_A \left(t_r + \frac{t_i}{2} \right) + \frac{V_A^2}{2\mu g} + d_{min} \tag{2}$$

Phương trình này được sử dụng cho chướng ngại vật không di chuyển hoặc người đi bộ có vận tốc được giả định bằng 0. Bộ vi điều khiển đã sử dụng vận tốc của ô tô (V_A) để xác định khoảng cách phanh tới hạn (d_{c1}) được so sánh với khoảng cách thời gian thực (d) giữa xe và chướng ngại vật không di chuyển. Nếu khoảng cách thời gian thực tương

đối (d) lớn hơn khoảng cách phanh tới hạn d_{c1} , xe có thể giữ vận tốc ban đầu và người đi bộ có thể sang đường an toàn. Nếu khoảng cách tương đối thấp hơn hoặc bằng khoảng cách phanh tới hạn mà người lái xe vẫn không giảm tốc hoặc thực hiện các biện pháp an toàn khác, trạng thái này được coi là nguy hiểm và việc giảm tốc nhờ phanh tự động trên ô tô sẽ được thực hiện bằng hệ thống chống bó cứng phanh. Sau khi nhận được lệnh từ bộ điều khiển để giảm tốc độ hoặc dừng xe.

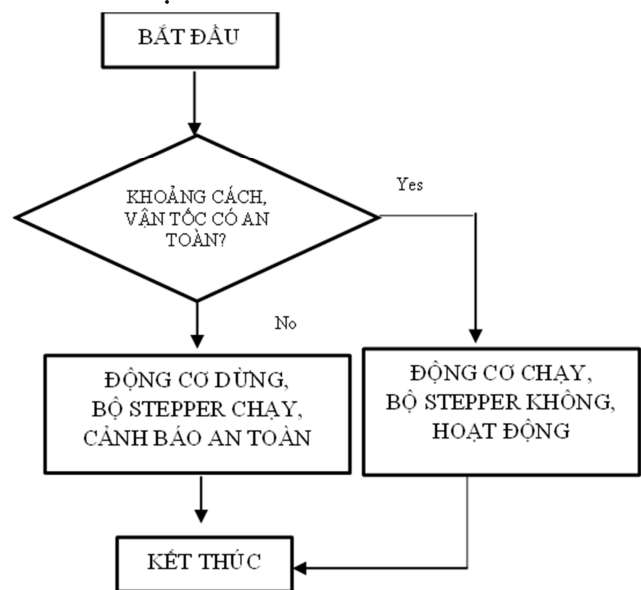
Khoảng cách phanh tới hạn giữa hai xe đang chuyển động (Xe A và Xe B) có thể được tính theo mô hình khoảng cách an toàn trong quá trình phanh như sau [7].

$$d_{c2} = V_A t_r + \frac{(V_A - V_B) t_i}{2} + \frac{V_A^2 - V_B^2}{2\mu g} + d_{min} \tag{3}$$

Trong đó, d_{c1} , d_{c2} = quãng đường phanh tới hạn để giảm tốc, V_A = vận tốc của ô tô A, V_B = vận tốc của ô tô B, μ = hệ số ma sát của đường, t_r = tổng thời gian phản ứng của người lái xe và thời gian phối hợp phanh dao động trong khoảng 0,8 giây đến 1,2 giây, t_i = thời gian tăng của giảm tốc phanh thay đổi từ 0,1 giây đến 0,2 giây, g = gia tốc trọng trường ($9,81m/s^2$) và d_{min} = khoảng cách tối thiểu giữa xe và chướng ngại vật khi dừng xe từ 1m đến 4m.

Nếu khoảng cách thời gian thực d giữa xe A và xe B lớn hơn quãng đường phanh tới hạn d_{c2} thì đó là trạng thái an toàn và xe có thể chạy với vận tốc hiện tại. Ngược lại, nếu người lái xe không giảm tốc hoặc thực hiện các biện pháp an toàn khác khi khoảng cách hiện tại thấp hơn hoặc bằng khoảng cách phanh tới hạn, trạng thái này được đánh giá là nguy hiểm và việc giảm tốc độ phanh tự động trên ô tô A cần sẽ được thực hiện ngay lập tức bằng người điều khiển để tránh va chạm với ô tô B.

2.3. Sơ đồ thuật toán



Hình 1. Sơ đồ thuật toán

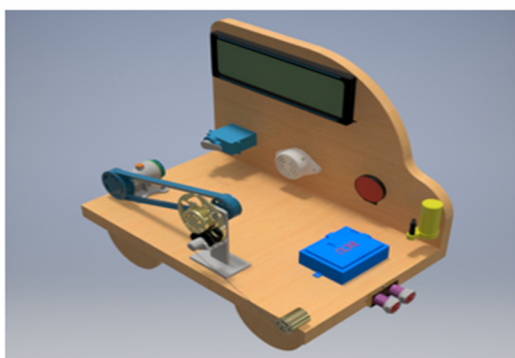
Từ lưu đồ trong hình 1, khi người lái khởi động xe, các cảm biến sẽ ở chế độ phát hiện chướng ngại vật. Hai cảm

biến sẽ phát hiện nếu không có chướng ngại vật nào thì các cảm biến sẽ tiếp tục dò cho đến khi bất kỳ cảm biến nào phát hiện ra chướng ngại vật. Nếu phát hiện chướng ngại vật, cảm biến siêu âm sẽ đo khoảng cách của chướng ngại vật. Tín hiệu từ cảm biến phía trước được gửi về, bộ điều khiển sẽ kiểm tra xem chướng ngại vật có nằm trong khoảng cách an toàn hay không để tác động lực phanh tối đa để dừng xe. Nếu không, bộ điều khiển sẽ đưa ra các tín hiệu cảnh báo theo các cấp để cảnh báo đến người lái xe. Chuỗi này tiếp tục khi cảm biến phát hiện chướng ngại vật.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHANH THÔNG MINH

3.1. Thiết kế mô hình 3D

Hệ thống IBS được thiết kế thông qua phần mềm Inventor, kết quả thu được như hình 2 là ý tưởng cho mô hình thiết kế thực tế.

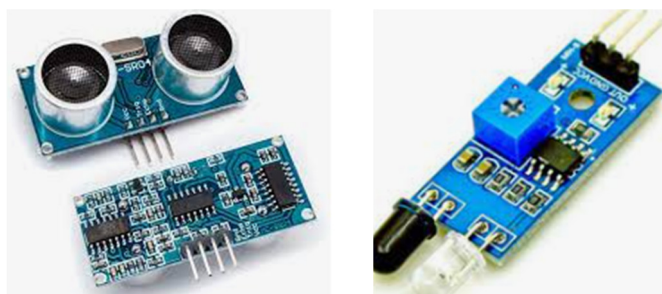


Hình 2. Mô hình 3D của hệ thống được thiết kế trên phần mềm Inventor

Mô hình gồm ba bộ phận chính là: cơ cấu chấp hành, các cảm biến và bộ điều khiển trung tâm. Một động cơ kéo chính để dẫn động cho phanh cũng như bánh xe chuyển động bằng bộ truyền đai. Một động cơ bước để điều khiển phanh.

3.2. Các thành phần chính của mô hình

3.2.1. Cảm biến siêu âm và cảm biến IR



a) Cảm biến siêu âm

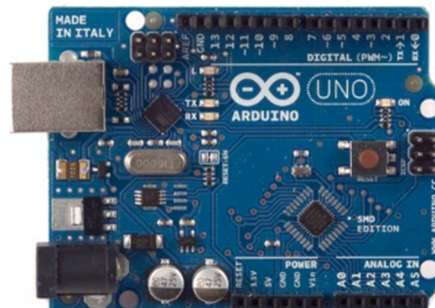
b) Cảm biến IR

Hình 3. Cảm biến siêu âm và cảm biến IR

Cảm biến Siêu âm Ultrasonic sensor với nguyên lý hoạt động dựa trên sự truyền và nhận sóng siêu âm. Khi được cấp nguồn, thiết bị sẽ phát sóng siêu âm với chu kỳ nhất định ra không gian. Khi gặp vật cản, sóng siêu âm sẽ phản xạ trở lại ngược về phía thiết bị. Cảm biến sẽ thu lại sóng phản xạ và tính thời gian từ lúc phát đi và nhận lại là bao lâu. Từ đó tính ra được khoảng cách tới vật cản là bao nhiêu milimet. Khoảng làm việc tốt nhất 0,2 - 4m.

Cảm biến IR là thiết bị điện tử, phát ra ánh sáng để cảm nhận một số đối tượng của môi trường xung quanh. Cảm biến được sử dụng để đo tốc độ quay đĩa phanh bằng việc cảm nhận bức xạ photong thay đổi khi quét qua điểm được đánh dấu trên đĩa.

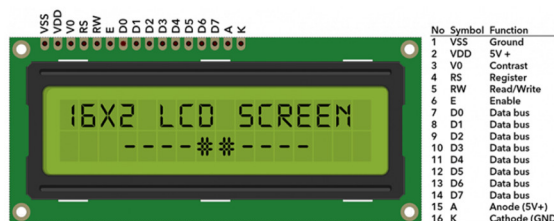
3.2.2. Bộ xử lý trung tâm và màn hình LCD



Hình 4. Bộ xử lý Arduino và màn hình LCD

Arduino UNO R3 với vi xử lý trung tâm là Atmega328 có 14 chân I/O tín hiệu số, trong đó 6 chân có thể được sử dụng làm bộ điều chế độ rộng xung PWM, 6 ngõ vào tín hiệu tương tự, sử dụng thạch anh dao động 16MHz, kết nối USB, có ICSP Header... Arduino UNO có thể sử dụng 3 vi điều khiển họ 8bit AVR là ATmega8, ATmega168, ATmega328. Bộ não này có thể xử lý những tác vụ đơn giản như điều khiển đèn LED nhấp nháy, xử lý tín hiệu cho xe điều khiển từ xa, làm một trạm đo nhiệt độ - độ ẩm và hiển thị lên màn hình LCD, hay những ứng dụng khác.

Sơ đồ chân Màn hình LCD 1602 Xanh Lá:



Hình 5. Sơ đồ chân màn hình LCD 1602

Màn hình LCD 1602 xanh lá sử dụng driver HD44780, có khả năng hiển thị 2 dòng với mỗi dòng 16 ký tự, màn hình có độ bền cao, rất phổ biến, nhiều code mẫu và dễ dàng sử dụng hơn nếu đi kèm mạch chuyển tiếp I2C.

3.2.3. Các thiết bị cảnh báo



a) Còi

b) Motor giạt dây đai

c) Motor bơm nước

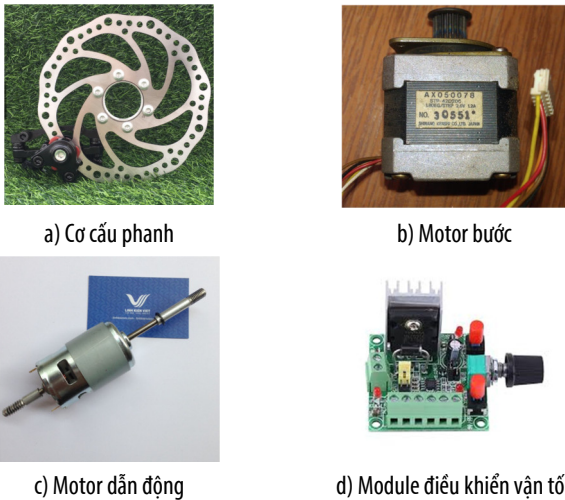
Hình 6. Các thiết bị cảnh báo

Còi Chíp SFM27: Được sử dụng trong các hệ thống cảnh báo dân dụng cũng như trong công nghiệp. Có cường độ âm ≥ 85dB chất lượng âm thanh tốt nên được sử dụng rộng rãi trên thị trường hiện nay.

Cơ cấu giạt dây đai: Động cơ RC Servo MG90S có kích thước nhỏ với bánh răng được làm bằng kim loại cho lực kéo mạnh và độ chính xác cao hơn các loại làm bằng nhựa. Bánh răng bằng kim loại cho lực kéo khỏe và độ bền cao, động cơ có kích thước nhỏ gọn, cách điều khiển giống như các động cơ RC Servo phổ biến trên thị trường hiện nay: MG996, MG995, 9G,...

Cơ cấu phun nước: máy bơm chìm mini với đầu chì dài, lưu lượng lớn, độ ồn thấp,...

3.2.4. Cơ cấu dẫn động và cơ cấu phanh



Hình 7. Motor dẫn động và cơ cấu phanh

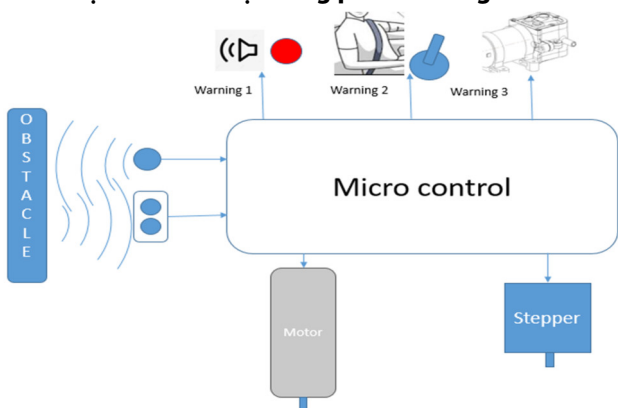
Động cơ dẫn động: Động cơ DC công suất 2,4W tốc độ tối đa 5600v/p.

Module điều khiển tốc độ Motor PWM.

Hệ thống phanh đĩa cơ khí của xe đạp để mô phỏng thay thế cho hệ thống phanh và bánh xe. Đường kính đĩa phanh là 160mm.

Động cơ dẫn động cơ cấu phanh: Động cơ bước 42HS33MF là động cơ được ứng dụng rộng rãi trong nhiều mô hình ứng dụng với độ chính xác cao, lực tác động vừa đủ.

3.3. Chế tạo mô hình hệ thống phanh thông minh



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý của mô hình hệ thống phanh thông minh

Hệ thống sử dụng cảm biến siêu âm, nếu có bất kỳ chướng ngại vật nào trên đường đi, thì sóng âm sẽ phản xạ lại. Mạch thu nhận sóng âm phản xạ này được gọi là "IR

RECEIVER". Mạch thu IR nhận các sóng IR phản xạ và đưa tín hiệu điều khiển đến mạch điều khiển. Mạch điều khiển được sử dụng để kích hoạt một số thiết bị cảnh báo như chuông, rung giạt dây đai an toàn. Nếu người lái xe vẫn chưa có biểu hiện của sự can thiệp đến hệ thống lái làm thay đổi hướng hay bàn đạp phanh để giảm tốc độ thì van điện từ được kích hoạt để tác động lên hệ thống phanh của chiếc xe.

Tín hiệu từ cảm biến khoảng cách và cảm biến tốc độ được thu thập và xử lý bởi vi điều khiển. Sau khi tính toán giữa khoảng cách so với vật cản và tốc độ hiện tại vi điều khiển đưa ra quyết định kích hoạt các mức cảnh báo phù hợp với thực trạng.

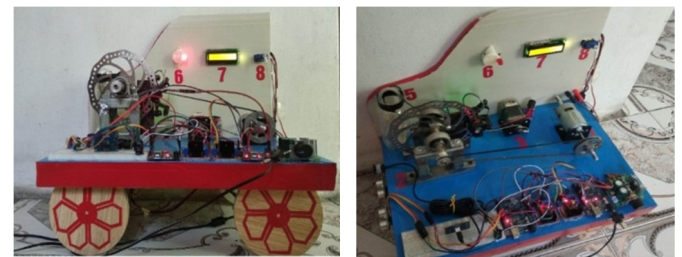
Cảnh báo số 1: Hệ thống đèn và còi sẽ được nháy liên hồi nhằm cảnh báo tới người lái xe.

Cảnh báo số 2: Motor giạt dây đai được kích hoạt kết hợp cùng với đèn còi báo hiệu cho người lái xe.

Cảnh báo số 3: Motor bơm nước được kích hoạt phun nước nhẹ lên người lái xe nhằm đánh thức tài xế trong trường hợp tài xế ngủ gật hay mất tập trung.

Kết thúc 3 lần cảnh báo trên mà tài xế vẫn chưa kích hoạt phanh hệ thống sẽ tự động kích hoạt hệ thống phanh trên xe nhằm giảm thiểu khả năng va chạm.

Mô hình thực tế của hệ thống phanh thông minh được thể hiện như hình 9.



Hình 9. Mô hình hoàn thiện hệ thống phanh thông minh

4. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình hoạt động ở nhiều dải tốc độ khác nhau, hoạt động ổn định, các mức độ cảnh báo hoạt động và đưa ra cảnh báo phù hợp với lý thuyết hoạt động của mô hình khi xây dựng. Bảng 1 thể hiện kết quả thực nghiệm.

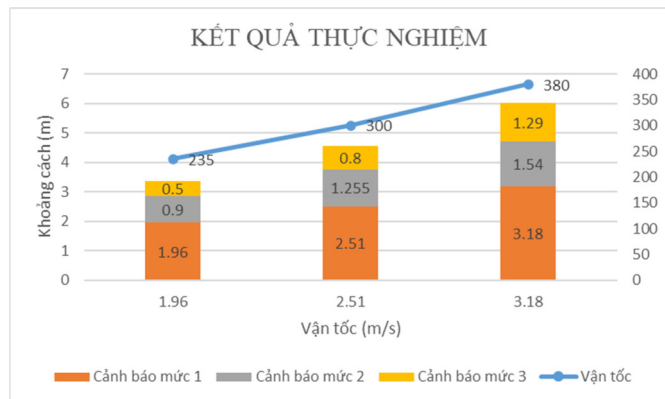
Bảng 1. Bảng kết quả thực nghiệm của mô hình

Vận tốc (m/s)	Vận tốc (rpm)	Thời điểm cảnh báo mức 1 (m)	Thời điểm cảnh báo mức 2 (m)	Thời điểm cảnh báo mức 3 (m)
1,96	235	1,96	0,9	0,5
2,51	300	2,51	1,255	0,8
3,18	380	3,18	1,54	1,29

Hình 10 là biểu đồ mô tả kết quả thực nghiệm của mô hình.

Ở vận tốc 1,96m/s, nếu hệ thống phát hiện ra bất cứ vật cản nào phía trước thì sẽ phát ra tín hiệu cảnh báo mức 1 ở khoảng cách 1,96m, cảnh báo mức 2 ở khoảng cách 0,9m,

cảnh báo mức 3 ở khoảng cách 0,5m. Chúng tôi mô phỏng trong trường hợp không có bất kì phản ứng nào của người lái xe, sau mức cảnh báo thứ 3 hệ thống sẽ tự động phanh. Tương tự ở các dải vận tốc khác nhau thì mức độ cảnh báo sẽ đưa ra tương ứng với những khoảng cách đo được từ cảm biến.



Hình 10. Biểu đồ kết quả thực nghiệm của mô hình

5. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình nghiên cứu lý thuyết, mô hình mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống phanh thông minh trên ô tô với các giai đoạn từ mô hình 3D đến mô hình thực tế đã được xây dựng. Mô hình được thiết kế với 03 mức độ cảnh báo khác nhau từ thấp đến cao nhằm giúp cảnh báo người điều khiển về rủi ro có thể xảy ra trong quá trình vận hành xe bao gồm: Mức cảnh báo 1 là cảnh báo đèn còi, mức cảnh báo 2 là cảnh báo dật dây đai, mức cảnh báo 3 là cảnh báo phun nước. Sau 3 mức cảnh báo mà người lái xe vẫn chưa ý thức được sự nguy hiểm thì hệ phanh sẽ tự động được kích hoạt.

Mô hình được chế tạo thành công, hoạt động ổn định, các mức cảnh báo phù hợp với thiết kế ban đầu. Nghiên cứu thực nghiệm đã khẳng định được hướng tiếp cận và thiết kế ban đầu.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội đã hỗ trợ kinh phí thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyen Khắc Trai, Nguyen Trong Hoan, Ho Huu Hai, Pham Huy Huong, Nguyen Van Chuong, Trinh Minh Hoang, 2009. Kat cau o to. Bach Khoa Publishing House, Hanoi.
 [2]. Nguyen Phung Quang, 2005. Matlab & Simulink. Science and Technics Publishing House, Hanoi (in Vietnamese).
 [3]. Abramov, Mannan. *Autonomous Emergency Braking System Simulation Using SIMULINK*.

[4]. C Grover, I Knight, F Okoro, I Simmons, G Couper, P Masse, B Smith, 2008. *Automated Emergency Braking Systems: Technical requirements, costs and benefits*. TRL Limited.
 [5]. Schram, et al., 2005. *Euro NCAP'S first step to assess autonomous emergency braking (aeb) for vulnerable road users*.
 [6]. *Euro NCAP Rating Review, 2012 version 2.1*. <http://www.euroncap.com/Content-Web-Page/c6f9d381-1889-4c66-bfcdc5c0a69a364d/technical-papers.aspx>
 [7]. http://www.thatcham.org/safety/pdfs/AEB_group_paper_Jun2010.pdf
 [8]. http://www.activetest.eu/pdf/adac_aebs_report_en.pdf
 [9]. Volker Sandner, 2013. *Development of a test target for AEB systems*. Proceedings of the 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (Paper 0406), Seoul.
 [10]. Alix Weekes, Colin Grover, Matthew Avery, Iain Knight, 2013. *Development of Autonomous Emergency Braking (AEB) Test Procedures*. Proceedings of the 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (Paper 0024), Seoul.
 [11]. Seong-Geun Shin, Dae-Ryong Ahn, Yun-Seok Baek, Hyuck-Kee Lee, 2019. *Adaptive AEB Control Strategy for Collision Avoidance Including Rear Vehicles*. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)
 [12]. Fildes B, 2012. *Safety Benefits of Automatic Emergency Braking Systems in France*. SAE Technical Paper.
 [13]. *Euro NCAP advance, Reward 2012*. http://www.euroncap.com/rewards/audi_pre_sense_front_plus.aspx

AUTHORS INFORMATION

Vu Hai Quan, Nguyen Minh Tien, Dang Van Binh, Nguyen Van Dat
 Hanoi University of Industry