

IMPROVING AN ULTRA-SONIC – BASED WALKING AID DEVICE FOR THE BLIND

Nguyen Chi Ngon^{1*}, Tran Thanh Tan², Van Cong Phung³, Nguyen Minh Canh⁴

¹Can Tho University, ²Long An College, ³VINAMILK - Can Tho Factory

⁴Phu Vinh Electrical Engineering Manufacturing Co. Ltd.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 27/7/2021	The electronic walking aid device using ultrasonic waves and warning of obstacles in Vietnamese was developed by our team in 2012. However, actual usage shows that the device still has false warning, because the ultrasonic sensor control algorithm is still limited. This study focuses on improving the algorithm to overcome false alarms. The hardware of the device is inherited, with the 89C2051 microcontroller, the SRF05 ultrasonic sensor modules and the Vietnamese alarm module using the ISD1420 chip. The embedded software on the microcontroller is integrated with a sensor error compensation function using the Levenberg-Marquardt non-linear least squares error algorithm. Testing experiments show that the improved algorithm can measure obstacle distances with over 96% accuracy, in useful distance ranges from 30 to 90 cm. Experimental results at the Blind Association of Can Tho City and the Blind Association of Duc Hoa District, Long An Province show that the device meets the expectations of the blind community, as well as giving them a lot of hope about a useful and low-cost product.
Revised: 27/8/2021	
Published: 27/8/2021	
KEYWORDS	
Levenberg-Marquardt	
Microcontroller	
The Blind	
Ultra-sonic	
Walking aid device	

CẢI THIỆN THIẾT BỊ HỖ TRỢ NGƯỜI KHIẾM THỊ ĐIỀU HƯỚNG ĐI CHUYÊN DÙNG SÓNG SIÊU ÂM

Nguyễn Chí Ngôn^{1*}, Trần Thanh Tân², Văn Công Phụng³, Nguyễn Minh Cảnh⁴

¹Trường Đại học Cần Thơ, ²Trường Cao Đẳng Long An

³Công ty CP Sữa Việt Nam - Nhà máy Sữa Cần Thơ

⁴Công ty TNHH SXTM Kỹ thuật điện Phú Vinh

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 27/7/2021	Thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường dùng sóng siêu âm và cảnh báo chướng ngại vật bằng tiếng Việt đã được nhóm nghiên cứu triển khai từ năm 2012. Tuy nhiên, thực tế sử dụng cho thấy thiết bị vẫn còn tình trạng cảnh báo sai, do giải thuật kiểm soát cảm biến siêu âm còn hạn chế. Nghiên cứu này tập trung cải thiện giải thuật để khắc phục tình trạng cảnh báo giả. Phần cứng của thiết bị được kế thừa lại, với vi điều khiển 89C2051, các mô-đun cảm biến siêu âm SRF05 và mô-đun cảnh báo tiếng Việt dùng chip ISD1420. Phần mềm hệ thống trên vi điều khiển được tích hợp thêm hàm bù sai số cảm biến dùng giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt. Thử nghiệm cho thấy, giải thuật cải tiến có thể đo khoảng cách chướng ngại vật với tỷ lệ chính xác đạt hơn 96%, trong dãy khoảng hữu dụng từ 30 đến 90 cm. Đồng thời thực nghiệm thiết bị tại Hội người mù Thành phố Cần Thơ và Hội người mù huyện Đức Hòa, tỉnh Long An cho thấy, thiết bị đáp ứng được sự mong đợi của cộng đồng người khiếm thị, cũng như mang lại nhiều hi vọng cho họ về một sản phẩm hữu ích giá rẻ.
Ngày hoàn thiện: 27/8/2021	
Ngày đăng: 27/8/2021	
TỪ KHÓA	
Levenberg-Marquardt	
Vi điều khiển	
Người khiếm thị	
Siêu âm	
Thiết bị hỗ trợ đi đường	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4812>

* Corresponding author. Email: ncngon@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Theo Tổ chức Y tế thế giới, toàn cầu có khoảng 2,2 tỷ người bị mù lòa hoặc suy giảm thị lực, cần được quan tâm điều trị và có giải pháp hỗ trợ tích cực [1]. Trong đó, nước ta hiện có gần 3 triệu người mù và thị lực kém, đa phần là những người nghèo không có khả năng điều trị [2]. Người mù hay người khiếm thị thường khó hòa nhập với cộng đồng, vì gặp khó khăn trong việc đi lại. Việc nghiên cứu, chế tạo các thiết bị, dụng cụ hỗ trợ người khiếm thị đi đường được nhiều nhà khoa học quan tâm.

Dòng sản phẩm kính thông minh đã được phát triển và thương mại [3]. Nổi bật trong số đó là kính thông minh của Google, dùng công nghệ xử lý ảnh. Kính Google thường được ứng dụng vào các trường hợp chuyên biệt, chẳng hạn như trong hỗ trợ phẫu thuật y tế [4]. Những năm gần đây, công ty Envision của Hà Lan đã hợp tác với Google để phát triển kính thông minh Envision dùng trí tuệ nhân tạo, để phân tích hình ảnh xung quanh và mô tả lại bằng lời cho người khiếm thị [5]. Tuy nhiên, các loại kính công nghệ cao này không phù hợp với đại bộ phận người khiếm thị, do giá thành cao và dễ bị gãy, vỡ [6]. Theo xu thế phát triển dòng mắt kính thông minh, công nghệ ánh sáng hồng ngoại đã được ứng dụng và chế tạo thử nghiệm thành công cho 1.000 mắt kính MT2FX [7]. Tuy nhiên, thị trường cho thiết bị này giới hạn, nên các nhà đầu tư không mấy quan tâm. Đó có thể là lý do cơ bản mà mắt kính MT2FX vốn được đánh giá là có nhiều tiềm năng, nhưng sau khi kết thúc dự án nghiên cứu [8], thiết bị này gần như đã bị quên lãng.

Các nghiên cứu ứng dụng sóng siêu âm để định vị chướng ngại vật [9]-[11], có thể là giải pháp phù hợp để chế tạo thiết bị hỗ trợ người khiếm thị một cách đơn giản và rẻ tiền. Trong đó, nghiên cứu trong [9] mới dừng lại ở mức độ mô hình kiểm chứng giải thuật trong phòng thí nghiệm. Trong khi, sản phẩm của [10] và [11] sử dụng công nghệ tương đồng, đã phát triển thành sản phẩm thử nghiệm thực tế. Đặc biệt, sản phẩm của [11] đã được thử nghiệm tại Hội người mù thành phố Cần Thơ. Quá trình thử nghiệm cho thấy, với giá thành chế tạo rẻ, người khiếm thị dễ tiếp cận, nhưng thiết bị này thỉnh thoảng lại “cảnh báo giả” hoặc “cảnh báo quá xa”, làm cho người sử dụng khó di chuyển. Nguyên nhân của hiện tượng này là do thiết bị [11] sử dụng mô-đun cảm biến siêu âm phổ thông SRF05, thực tế khảo sát (vì nhà sản xuất không cung cấp sơ đồ đặc tuyến của mô-đun này) cho thấy dãy đo tuyến tính của mô-đun cảm biến nằm trong khoảng từ ~0,5m đến ~1,5m, trong khi yêu cầu ứng dụng của thiết bị trong khoảng từ 0,3m đến 0,9m. Tức là cảm biến luôn vận hành trong tầm đo phi tuyến của nó, nên kết quả thu được có sai số. Ngoài ra, giải thuật đọc cảm biến trong [11] không có khả năng loại trừ được mẫu nhiễu có giá trị lớn bất thường so với mẫu dữ liệu trước đó, cũng góp phần gây ra cảnh báo giả.

Nghiên cứu tập trung vào việc cải thiện giải thuật kiểm soát các mô-đun cảm biến siêu âm SRF05, nhằm mục tiêu cải thiện thiết bị hiện có của nhóm, để nâng cao độ tin cậy cảnh báo, dựa theo ý kiến phản hồi của người dùng. Phần cứng của thiết bị [11] cơ bản được kế thừa lại, tuy nhiên, phần mềm hệ thống sẽ được nâng cấp tính năng khắc phục sai số cho các cảm biến siêu âm. Để thực hiện được yêu cầu này, các thí nghiệm thu thập dữ liệu đo khoảng cách của cảm biến được thiết lập, để so sánh với dữ liệu khoảng cách tương ứng, được đo thủ công bằng thước, nhằm đánh giá sai số. Giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt [12] được áp dụng để xây dựng hàm bù sai số cho cảm biến. Ngoài ra, giải thuật đọc cảm biến còn so sánh mẫu đọc hiện tại với mẫu đọc trước đó, để phát hiện mẫu nhiễu có giá trị bất thường để loại bỏ.

Phần còn lại của bài báo được trình bày như sau, mục 2 giới thiệu sơ lược về phần cứng, phần mềm của thiết bị, cũng như giải thuật cải thiện sai số cảm biến được bổ sung; mục 3, trình bày về kết quả thử nghiệm và thực nghiệm thực tế; và mục 4 là phần kết luận của bài báo.

2. Phương pháp thiết kế

Như đã đề cập, phần cứng thiết bị được kế thừa từ một nghiên cứu trước đây của nhóm, đã được giới thiệu trong khuôn khổ Hội nghị Cơ điện tử toàn quốc lần thứ 6 (VCM2012). Do vậy, phần này chỉ trình bày một số điểm cơ bản về phần cứng và phần mềm, để tiện theo dõi, chi tiết về thiết bị xin xem thêm tại [11]. Trọng tâm của nội dung này là trình bày phương pháp khắc

phục hiện tượng “cảnh báo giả” và/hoặc “cảnh báo quá xa” theo phản hồi của người dùng, thông qua việc nhận dạng mô hình sai số và cải tiến giải thuật đọc cảm biến.

2.1. Yêu cầu kỹ thuật

Thiết bị cần có khả năng cảnh báo bằng tiếng Việt để người khiếm thị nhận biết vật cản bên trái, bên phải và phía trước, lúc họ đeo thiết bị ở thắt lưng và di chuyển. Từ yêu cầu đó, các tiêu chí kỹ thuật của thiết bị gồm: (i) Gọn nhẹ, dùng pin, giá rẻ; (ii) Phát hiện chướng ngại vật phía trước, bên trái và bên phải người sử dụng, ở khoảng cách phù hợp; (iii) Cảnh báo chướng ngại vật bằng tiếng Việt với các âm tương ứng là “trái”, “phải” và “trước”, dùng headphone; (iv) Hạn chế tối đa tình trạng “cảnh báo giả” hoặc “cảnh báo quá xa” làm cho người khiếm thị khó di chuyển.

2.2. Thiết kế phần cứng

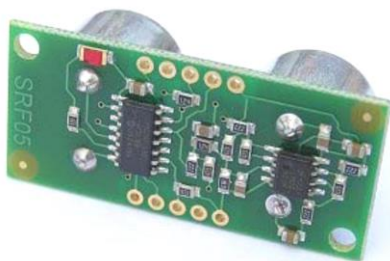
Phần cứng của thiết bị [11] gồm 3 khối chức năng cơ bản sau: (i) Khối điều khiển trung tâm dùng Atmel 89C2051 kiểm soát toàn bộ thiết bị, có thể nạp lại chương trình dễ dàng; (ii) Khối thu - phát sóng siêu âm dùng 03 mô-đun SRF05 (Hình 1), được phát triển bởi Devantech Brand Robot Electronics [13], để định vị chướng ngại vật; (iii) Khối phát âm thanh cảnh báo sử dụng chip ghi/ phát âm thanh ISD1420 [14].

Mô-đun thu - phát sóng siêu âm SRF05 [13] được minh họa trên Hình 1, với các thông số kỹ thuật nhà sản xuất cung cấp trong Bảng 1. Theo [13], SRF05 cần cung cấp một xung ngắn 10μs để kích hoạt. Khi đó, nó phát 8 chu kỳ sóng âm ở tần số 40KHz và đặt chân tín hiệu phản hồi (echo line) lên mức cao. Sau đó, SRF05 chờ tín hiệu phản xạ. Ngay khi phát hiện phản xạ, nó đặt chân phản hồi xuống mức thấp. Bằng cách đo độ rộng xung phản hồi, ta có thể để tính khoảng cách từ SRF05 đến vật phản xạ. Khi không có phản xạ, SRF05 giảm dòng phản hồi sau khoảng 30ms. SRF05 xác lập xung phản hồi tỷ lệ với khoảng cách [13], theo (1), trong đó, W là độ rộng xung phản xạ (μs); L là khoảng cách từ SRF05 đến vật phản xạ (cm).

$$L = W/58, \quad (1)$$

Bảng 1. Các chức năng của cảm biến siêu âm SRF05

Chức năng	Giá trị
Tầm hoạt động	1- 400cm
Cường độ sóng âm	65dB
Nguồn cấp điện	+5VDC
Dòng điện hoạt động	4mA
Kích thước (DxRxC)	43x20x17mm
Tần số sóng âm	40KHz



Hình 1. Mô-đun thu - phát sóng siêu âm SRF05

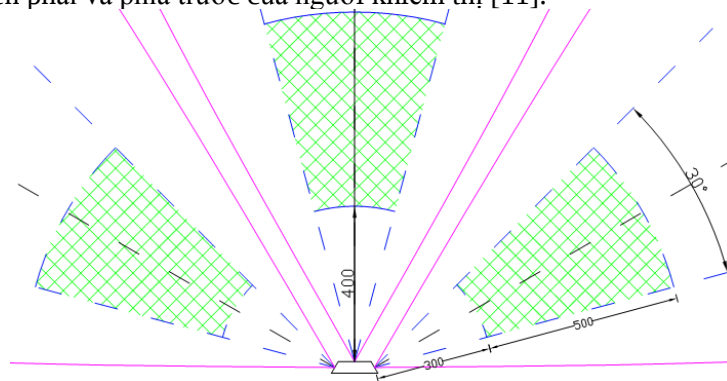
Khối cảnh báo bằng âm thanh sử dụng chip ISD1420. Chip này được phát triển bởi hãng Winbond, có khả năng thu - phát thoại một cách đơn giản, tiện lợi và chất lượng cao [14]. ISD1420 được sử dụng để phát 3 âm thanh cảnh báo, gồm “trái”, “phải” và “trước” [11].

2.3. Phần mềm hệ thống

Vi điều khiển AT89C2051 được sử dụng để quản lý toàn bộ hoạt động của thiết bị. Phần mềm hệ thống sẽ thăm dò cảm biến sau mỗi chu kỳ lấy mẫu. Tại thời điểm thăm dò, cảm biến siêu âm SRF05 sẽ được kích hoạt. Sau đó, cảm biến sẽ phát một chuỗi siêu âm tần số 40KHz. Nếu cảm biến nhận được sóng phản xạ, AT89C2051 sẽ kích hoạt chip ISD1420 phát âm cảnh báo tương ứng. Ngược lại, nếu SRF05 không nhận được sóng phản xạ, AT89C2051 sẽ dò đến cảm biến kế tiếp. Quá trình được lặp lại suốt thời gian hoạt động của thiết bị. Trường hợp có nhiều cảm biến đồng thời nhận được sóng phản xạ, bộ xử lý sẽ ưu tiên cảnh báo vật cản ở gần thiết bị nhất [11].

Việc xác định khoảng cách phù hợp để cảnh báo đã được thử sai nhiều lần theo góp ý của Hội người mù thành phố Cần Thơ. Ngoài ra, để khảo sát phạm vi nhận biết vật cản của thiết bị,

nghiên cứu này dùng một hình hộp có kích thước 5x5x5 cm đặt trong tầm quan sát của thiết bị, để xác định phạm vi phủ sóng của 3 cảm biến. Kết quả khảo sát cho thấy, tầm hoạt động của thiết bị như trên Hình 2. Di chuyển vật cản trong khoảng 30 cm đến 90 cm, trong vùng mặt phẳng 180°, để xác định tầm hoạt động của bộ cảm biến. Thực nghiệm cho thấy, với tầm hoạt động này, phần mềm hệ thống có thể loại trừ được tín hiệu phản xạ do thao tác đánh tay lúc bước đi gây ra. Đồng thời, thiết bị cũng kịp thời cảnh báo các chướng ngại vật ở khoảng cách 80-90 cm, tương ứng ở bên trái, bên phải và phía trước của người khiếm thị [11].

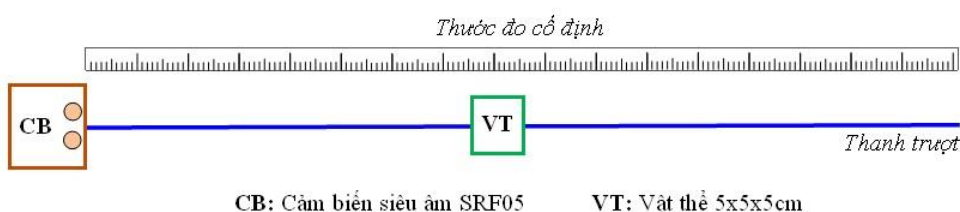


Hình 2. Tầm hoạt động của thiết bị

Tuy nhiên, do SRF05 là loại cảm biến phổ thông, rẻ tiền nên việc đọc sóng âm phản xạ từ vật cản thỉnh thoảng bị sai. Nhà sản xuất mô-đun SRF05 không cung cấp sơ đồ đặc tuyến của nó, nên nghiên cứu phải tiến hành khảo nghiệm thực tế. Kết quả cho thấy, dãy đo tuyến tính của mô-đun cảm biến nằm trong khoảng từ ~0,5 m đến ~1,5 m. Trong khi đó, yêu cầu ứng dụng của thiết bị cần đọc sóng phản xạ trong khoảng từ 0,3 m đến 0,9 m. Tức là các mô-đun cảm biến phải vận hành trong tầm đo phi tuyến của nó. Đây có thể là một nguyên nhân làm cho kết quả đo được có sai số. Ngoài ra, giải thuật đọc cảm biến trong [11] không có khả năng loại trừ được mẫu nhiễu có giá trị lớn bất thường so với mẫu dữ liệu trước đó, cũng góp phần gây ra cảnh báo giả. Nhiệm vụ cơ bản của nghiên cứu này là cải tiến phần mềm hệ thống bằng cách tích hợp thêm giải thuật bù sai số và phát hiện mẫu nhiễu có giá trị lớn bất thường.

2.4. Kiểm soát cảm biến siêu âm

2.4.1. Bố trí thí nghiệm



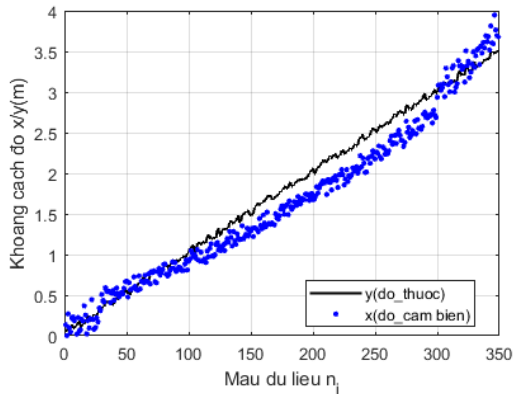
Hình 3. Lưu đồ chương trình chính

Thực tế cho thấy, người khiếm thị di chuyển rất chậm, cho nên có thể xem cảm biến siêu âm hoạt động trong trạng thái tĩnh. Để có thể nhận dạng được hàm quan hệ giữa giá trị khoảng cách đọc từ cảm biến và giá trị khoảng cách chuẩn, mô hình thí nghiệm được bố trí như Hình 3. Trong thí nghiệm Hình 3, mỗi phép đo được tiến hành như sau: (i) vật thể kích thước 5x5x5 cm được di chuyển trên thanh trượt, dọc theo một thước đo, đến khoảng cách y_i thì dừng lại; (ii) sau đó, vì điều khiển sẽ kích hoạt mô-đun cảm biến SRF05 để đo khoảng cách x_i từ vật thể đến cảm biến.

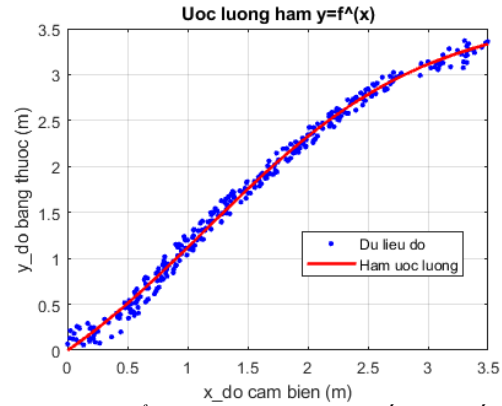
Tập hợp tất cả các điểm đo, ta thu được 2 véc-tơ dữ liệu:

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]; \quad \mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_n], \quad (2)$$

Với $n=350$ mẫu. Biểu diễn 2 véc-tơ dữ liệu (x, y) trên Hình 4, ta thấy khoảng cách đo được bằng cảm biến x_i bị sai lệch so với khoảng cách đo thủ công bằng thước y_i . Như vậy, khoảng cách đo bằng cảm biến cần phải được hiệu chuẩn theo giá trị đo bằng thước, để khắc phục sai số của SRF05.



Hình 4. Dữ liệu khoảng cách được đo đạc



Hình 5. Kiểm chứng hàm bù sai số cảm biến

2.4.2. Giải thuật bù sai số cảm biến

Mục tiêu của việc bù sai số cảm biến SRF05 là xây dựng hàm quan hệ:

$$y = \hat{f}(x, \mathbf{p}), \quad (3)$$

Với $\mathbf{p}$ là véc-tơ tham số của hàm $\hat{f}(\cdot)$.

Tập hợp n mẫu dữ liệu đo đạc (x_i, y_i) được sử dụng để nhận dạng hàm (3), bằng giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt [12]. Gọi $Err^2(\mathbf{p})$ là sai số bình phương tối thiểu:

$$Err^2(\mathbf{p}) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \hat{f}(x_i, \mathbf{p})}{\sigma y_i} \right]^2, \quad (4)$$

Trong đó, σy_i là sai số phép đo khi lấy mẫu dữ liệu y_i . Nhiệm vụ của giải thuật bình phương tối thiểu là tìm véc-tơ tham số $\mathbf{p}$ của hàm $\hat{f}(\cdot)$ để hàm mục tiêu đạt được:

$$\min_{\mathbf{p}} Err^2(\mathbf{p}) = \min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \hat{f}(x_i, \mathbf{p})}{\sigma y_i} \right]^2, \quad (5)$$

Để $Err^2(\mathbf{p})$ đạt cực tiểu thì:

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{p}} Err^2(\mathbf{p}) \rightarrow 0, \quad (6)$$

Hay

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}} Err^2(\mathbf{p}) &= 2 \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(\mathbf{p})^T \mathbf{W} \frac{\partial}{\partial \mathbf{p}} \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(\mathbf{p}) \\ &= 2 \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(\mathbf{p})^T \mathbf{W} \left[\frac{\partial \hat{\mathbf{f}}(\mathbf{p})}{\partial \mathbf{p}} \right] = 2 \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(\mathbf{p})^T \mathbf{W} \mathbf{J} \rightarrow 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Với $\mathbf{W}$ là ma trận đường chéo các trọng số $W_{ii} = 1/\sigma_{y_i}^2$ và $\mathbf{J} = [\partial \hat{\mathbf{f}} / \partial \mathbf{p}]$ là ma trận Jacobian [12].

Để tìm kiếm cực trị của $Err^2(\mathbf{p})$, ta định nghĩa tham số $\mathbf{h}$ là bước di chuyển của tham số $\mathbf{p}$ theo hướng xuống dốc về giá trị cực tiểu. Giá trị cập nhật tham số $\mathbf{h}$ để $Err^2(\mathbf{p})$ đạt cực trị được xác định từ $\partial Err^2(\mathbf{p} + \mathbf{h}) / \partial \mathbf{h}$, tức là:

$$\frac{\partial}{\partial h} Err^2(p+h) \approx 2 \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(p)^T \mathbf{W} \mathbf{J} + \mathbf{h}^T \mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J} \mathbf{h}, \quad (8)$$

Giải thuật Levenberg-Marquardt [12] cập nhật (8) theo:

$$[\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}] \mathbf{h} = \mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(p), \quad (9)$$

Trong đó, hệ số λ được khởi tạo đủ lớn để đảm bảo $\mathbf{h}$ di chuyển theo hướng xuống dốc; $\mathbf{I}$ là ma trận đơn vị đồng cấp với $\mathbf{J}$. Trong quá trình lặp, nếu xảy ra tình trạng $Err^2(p+h) > Err^2(p)$ thì tăng λ . Ngược lại, nếu $Err^2(p+h) \leq Err^2(p)$ thì giảm λ . Theo Marquardt [15], các giá trị của λ được chuẩn hóa thành các giá trị của $\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J}$, tức là:

$$[\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J} + \lambda \text{diag } \mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J}] \mathbf{h} = \mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{y} - \hat{\mathbf{f}}(p), \quad (10)$$

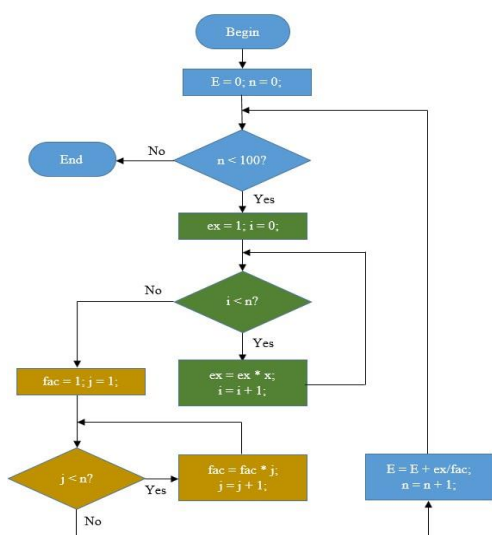
Giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt được MATLAB tích hợp vào Curve Fitting Toolbox [16]. Áp dụng công cụ này vào bài toán ước lượng hàm bù sai số cảm biến, ta dễ dàng nhận được:

$$y = \hat{f}(x, \mathbf{p}) = 3.69 - \frac{4.78}{1 + 0.29e^{1.07x}}, \quad (11)$$

Hình 5 minh họa kết quả kiểm chứng hàm (11) với dữ liệu đo đạc (2). Kết quả cho thấy, hàm này khớp với dữ liệu đo, đạt $R^2=0.9937$. Từ kết quả này, phần mềm thiết bị được cải tiến lại như sau: Ứng với mỗi giá trị cảm biến SRF05 đo được là x thì vi điều khiển sẽ hiệu chỉnh khoảng cách ước lượng là y , sau khi cập nhật giá trị x vào hàm (11).

Do Atmel 89C2051 không hỗ trợ lệnh tính toán hàm e^x nên hàm e^x trong (11) có thể viết trên ngôn ngữ C, với thư viện toán phong phú, rồi biên dịch cho vi điều khiển. Tuy nhiên, nghiên cứu này sử dụng phương pháp khai triển Taylor quen thuộc, để tính gần đúng hàm e^x như (12). Giải thuật tính e^x được minh họa trên Hình 6, trong đó, các khối màu xanh lá (green) dùng để tính lũy thừa x^n và các khối vàng (yellow) dùng để tính giai thừa $n!$, trong (12).

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots, \quad (12)$$



Hình 6. Lưu đồ giải thuật tính toán hàm e^x



Thông số kỹ thuật của sản phẩm:

Số lượng cảm biến: 03; Kích thước vật nhỏ nhất có thể phát hiện: 5x5x5 cm; Khoảng cách cảm biến trước: 30-90 cm; Khoảng cách cảm biến trái, phải: 30-80 cm; Kích thước thiết bị: 30x50x120 cm; Trọng lượng: 0,15 kg; Nguồn/ pin: 6VDC/900mAh; Thời gian hoạt động liên tục: 18 giờ/lần sạc; Dây đeo điều chỉnh: 0-120 cm

Hình 7. Sản phẩm mẫu

2.4.3. Giải thuật loại mẫu nhiễu

Việc loại mẫu nhiễu có giá trị lớn bất thường được thực hiện bằng một giải thuật rất đơn giản, như (12). Trong đó, $s(k)$ là giá trị khoảng cách đo được ở thời điểm hiện tại và $s(k-1)$ là giá trị khoảng cách đo được ở thời điểm lấy mẫu trước đó.

$$s(k) = \begin{cases} s(k-1), & \text{if } s(k) \geq \eta s(k-1) \\ s(k), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

Trong đó, $\eta \in \mathbb{R}^+$ là hệ số thực nghiệm (trong nghiên cứu, này $\eta = 5$).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Sản phẩm

Sản phẩm mẫu của nghiên cứu này là thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường được chế tạo như Hình 7, được kế thừa từ [11], đồng thời được cải tiến các giải thuật kiểm soát cảm biến siêu âm, để hạn chế hiện tượng cảnh báo giả của nó. Kết quả thử nghiệm độ chính xác của cảm biến sau khi được cải tiến giải thuật, được tiến hành như thí nghiệm Hình 3. Với dãy khoảng cách đo từ 30 cm đến 90 cm (theo yêu cầu của thiết bị), cho kết quả ở Bảng 2. Từ kết quả này ta thấy, cảm biến sau cải tiến đạt tỷ lệ chính xác hơn 96%. Tuy nhiên, do hạn chế về điều kiện triển khai nghiên cứu, nên các cảm biến hiện vẫn đang được xử lý trong điều kiện tĩnh, chưa thể triển khai được trạng thái động, mà ở đó cả cảm biến và vật cản đều di chuyển.



Hình 8. Tình nguyện viên Hội người mù Cần Thơ

Bảng 2. Các tính năng kỹ thuật của thiết bị

Số lần thí nghiệm	Khoảng cách (cm)		Tỷ lệ đúng (%)
	Chuẩn	Đo (trung bình)	
100	30	31,13	96,23
100	40	39,07	97,68
100	50	51,04	97,92
100	60	59,18	98,63
100	70	70,86	98,77
100	80	79,14	98,93
100	90	91,04	98,84

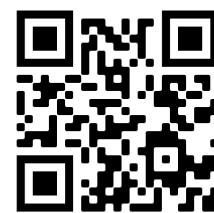
3.2. Thử nghiệm

Thiết bị này đã được kiểm nghiệm trên 3 hội viên tình nguyện thuộc Hội người mù thành phố Cần Thơ (Hình 8). Sau khi cải tiến, thiết bị tiếp tục được kiểm nghiệm trên 3 hội viên Hội người mù huyện Đức Hòa, tỉnh Long An (Hình 9). Kết quả thử nghiệm cho thấy, thiết bị phát hiện và cảnh báo kịp thời các chướng ngại vật phía trước, bên trái và bên phải, hỗ trợ hiệu quả cho quá trình di chuyển của người khiếm thị (xin quét mã QR-Code Hình 10 để xem clip thực nghiệm thiết bị).

Theo tính toán và thực tế chế tạo, thiết bị này có giá dưới 1,5 triệu đồng. Ngoài ra, nếu sản xuất hàng loạt và sử dụng vỏ hộp nhựa thay cho inox thì giá thành phẩm hoàn toàn phù hợp với khả năng trang bị của người khiếm thị Việt Nam.



Hình 9. Tình nguyện viên Hội người mù huyện Đức Hòa



(Quét mã QR-Code)

Hình 10. Clip thực nghiệm

4. Kết luận

Nghiên cứu này tập trung cải thiện phần mềm kiểm soát cảm biến siêu âm cho thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường do nhóm đã xây dựng trước đó, để khắc phục hiện tượng cảnh báo giả. Giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt được sử dụng để nhận dạng hàm quan hệ giữa giá trị khoảng cách đọc được bằng cảm biến và giá trị tiêu chuẩn. Ngoài ra, giải thuật loại trừ mẫu nhiễu có giá trị lớn bất thường cũng được áp dụng, bằng cách so với mẫu dữ liệu trước đó. Thiết bị sau cải tiến có thể phát hiện và cảnh báo chướng ngại vật ở khoảng cách từ 30 đến 90 cm bằng sóng siêu âm, trong phạm vi 150° phía trước thiết bị. Tỷ lệ chính xác của cảm biến sau cải tiến đạt trên 96%, trong điều kiện phòng thí nghiệm. Thiết bị cũng được thực nghiệm tại Hội người mù thành phố Cần Thơ và Hội người mù huyện Đức Hòa tỉnh Long An. Kết quả thực nghiệm cho thấy, thiết bị đã đáp ứng được sự mong đợi của cộng đồng người khiếm thị, với những ưu điểm sau: (i) nhỏ gọn, dùng pin và có thể đeo quanh thắt lưng; (ii) cảnh báo kịp thời chướng ngại vật phía trước, bên trái và bên phải người sử dụng bằng tiếng Việt; (iii) sử dụng dễ dàng với thời lượng pin sử dụng liên tục khoảng 18 giờ cho một lần sạc. Thời gian tới, nhóm kỳ vọng sẽ phối hợp với các doanh nghiệp để sản xuất, đồng thời tìm kiếm sự hỗ trợ từ các tổ chức quốc tế cho một chương trình tài trợ nhân đạo và phi lợi nhuận.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/REFERENCES

- [1] WHO, *Blindness and vision impairment*, World Health Organization, issued on 26 Feb 2021.
- [2] H. Phuc, "Blind people in Vietnam need more than charitable attitude," 2018. [Online]. Available: <https://e.vnexpress.net/news/news/perspectives/blind-people-in-vietnam-need-more-than-charitable-attitude-3795716.html>. [Accessed Jul. 27, 2021].
- [3] E. Cardillo and A. Caddemi, "Insight on electronic travel aids for visually impaired people: A review on the electromagnetic technology," *Electronics*, vol. 8, no. 11, p. 1281, 2019.
- [4] M. H. Iqbal, A. Aydin, A. Lowdon, H. I. Ahmed, G. H. Muir, M. S. Khan, P. Dasgupta, and K. Ahmed, "The effectiveness of Google glass as a vital signs monitor in surgery: A simulation study," *Inter. J. of Surgery*, vol. 36, Part A, pp. 293-297, 2016.
- [5] S. Khenkar, H. Alsulaiman, S. Ismail, A. Fairaq, S. K. Jarraya, and H. Ben-Abdallah, "Envision: Assisted navigation of visually impaired smartphone users," *Procedia Computer Science*, vol. 100, pp. 128-135, 2016.
- [6] P. S. Arockia, K. Tamilselvi, K. Vani, M. Pattabi, R. V. Arnold, S. Nandhini, and L. Muthumeenal, "Google glass technology," *Inter. Research J. of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, no. 8, pp. 1121-1124, 2017.
- [7] B. H. Nguyen, M. T. Nguyen, V. L. Pham, and P. V. Le, "The development of a wearable device for blind people," *Vietnam journal of Mechanical Engineering*, no. 4, pp. 130-136, 2017.
- [8] Ministry of Science and Technology, *Information on the results of the national research project "Research on completing the design and manufacture of electronic glasses to warn of obstacles for blind people"*, Project no. DTDL.CN-69/15, 2017.
- [9] I. E. Onwuka, O. Oladepo, A. John, and A. Mark, "A mobility support device (smart walking stick) for the visually impaired," *Inter. J. of Computer and Information Technology*, vol. 6, no. 4, pp. 196-202, 2017.
- [10] O. O. Oladayo, "A multidimensional walking aid for visually impaired using ultrasonic sensors network with voice guidance," *I.J. Intelligent Systems and Applications*, no. 8, pp. 53-59, 2014.
- [11] C. N. Nguyen, "An electronic walking aid device for the blind," *Proc. of 6th Vietnam Conference on Mechatronics – VCM 2012*, VNU Press, Ha Noi, 2012, pp. 13-18.
- [12] H. P. Gavin, *The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least squares curve-fitting problems*, Duke University, September 18, 2020.
- [13] Robot Electronics, "SRF05 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification," 2006. [Online]. Available: <https://www.robot-electronics.co.uk/html/srf05tech.htm>. [Accessed Jul. 26, 2021].
- [14] Winbond Electronic Corp., *ISD1400 series single-chip voice record/playback devices*, 2004.
- [15] D. W. Marquardt, "An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters," *J. of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 11, no. 2, pp. 431-441, 1963.
- [16] The MathWorks, Inc., *Curve Fitting Toolbox™ User's Guide*, 2021.