

GIẢI PHÁP BÙ SAI SỐ CẢM BIẾN SIÊU ÂM TRÊN THIẾT BỊ HỖ TRỢ NGƯỜI KHIẾM THỊ DI CHUYỂN

A METHOD OF ERROR COMPENSATION OF ULTRASONIC SENSORS ON WALKING AIDED DEVICE FOR THE BLINDS

TRẦN THANH TÂN^{1*}, NGUYỄN CHÍ NGÔN²

¹Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Vĩnh Long; ²Trường Đại học Cần Thơ

Email*: tranthanhtandt@gmail.com SĐT 0908140608

Nhận bài (received): 07/3/2022; Phản biện (revised): 23/3/2022; Chấp nhận (accepted): 06/4/2022

TÓM TẮT

Bài báo trình bày giải pháp bù sai số cảm biến siêu âm cho thiết bị đeo có chức năng phát hiện chướng ngại vật phía trước, bên trái và bên phải bằng sóng siêu âm, đồng thời cảnh báo cho người khiếm thị bằng tiếng Việt. Phần mềm hệ thống trên vi điều khiển được tích hợp hàm bù sai số cảm biến, nhận dạng được từ dữ liệu thực nghiệm, bằng giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt. Thử nghiệm thiết bị với người khiếm thị cho thấy giải thuật bù sai số hoạt động hiệu quả và khả năng hoàn thiện sản phẩm giá rẻ là hoàn toàn khả thi.

Từ khóa: Giải thuật Levenberg-Marquardt, vi điều khiển, người khiếm thị, cảm biến siêu âm, thiết bị hỗ trợ đi đường.

ABSTRACT

This paper presents a method of error compensation of ultrasonic sensors on a wearable device that has functions of detecting obstacles ahead, left and right by ultrasonic waves, and create alerts in Vietnamese for the blinds. The operation system of microcontroller is integrated with the sensor error compensation function identified from experimental data, using the Levenberg-Marquardt least square algorithm. Experiments on the blinds indicate that error compensation algorithm can operate efficiently in real conditions, and the ability on development of a low-cost device is absolutely feasible.

Keywords: Levenberg-Marquardt algorithm, Microcontroller, the blind, ultrasonic sensor, walking aided device.

1. Giới thiệu

Hiện nay, trên thế giới có khoảng 314 triệu người mù và thị lực kém, trong đó, Việt Nam có khoảng 2 triệu người và 1/3 trong số đó không có khả năng điều trị [1]. Người mù hay người khiếm thị gặp nhiều khó khăn trong đi lại. Đa số họ phải sử dụng gậy dò đường thủ công vốn có nhiều trở

ngại như: mất phương hướng khi đi vào ngõ cụt, khi liên tục thay đổi hướng đi do không biết được phương án tối ưu để né tránh chướng ngại vật [2]. Những năm qua đã có nhiều thiết bị được nghiên cứu và chế tạo để hỗ trợ người khiếm thị, như: gậy, các phần mềm máy tính, sách chữ nổi,...[3]. Những thiết bị này có giá thành cao, làm cho người

khuyết tật thu nhập thấp khó tiếp cận [2].

Nhóm nghiên cứu đã phát triển thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường [3]. Tuy nhiên, quá trình thử nghiệm thiết bị [3] cho thấy thỉnh thoảng thiết bị có hiện tượng “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 [3] sử dụng cảm biến phổ thông SRF05, thực tế khảo sát 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 [3] 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 này nhằm cải thiện giải thuật kiểm soát các mô-đun cảm biến siêu âm SRF05, để nâng cao độ tin cậy cảnh báo. Phần cứng của thiết bị [3] 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. Giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt [4, 5] 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.

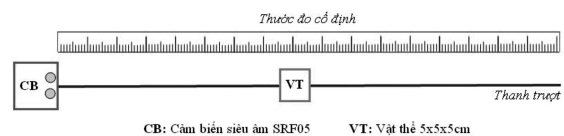
Phần còn lại của bài báo được cấu trúc như sau: Phần 2 trình bày về phương pháp thực hiện; Phần 3 trình bày kết quả thực nghiệm và phần 4 là kết luận của nghiên cứu.

2. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

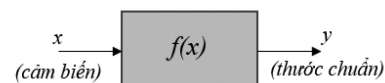
2.1. Bố trí thí nghiệm

Nhiệm vụ của nghiên cứu này là khắc phục sai số của cảm biến siêu âm SRF05, bằng cách ước lượng hàm bù sai số giữa khoảng cách đo bằng cảm biến và giá trị

đo được bằng thước chuẩn. Thực tế người khiếm thị di chuyển chậm 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 1. Trong đó, mỗi phép đo được tiến hành như sau: (i) vật thể kích thước 5x5x5cm được di chuyển trên thanh trượt, dọc theo một thước chuẩn, 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.



Hình 1: Bố trí thí nghiệm



Hình 2: Quan hệ vào ra cảm biến – thước chuẩn

Bảng 1: Dữ liệu đo đạc bằng cảm biến và thước chuẩn

Mẫu đo	Đo bằng SRF05 x_i (m)	Đo bằng thước y_i (m)
1	0.1342	0.05
2	0.0023	0.06
...	...	...
349	3.6943	3.49
350	3.6794	3.50

Tập hợp 350 điểm đo ở bảng 1, ta thu được 2 véc-tơ dữ liệu (1) và nhận thấy khoảng cách đo được bằng cảm biến x_i bị sai lệch so với khoảng cách đo thủ công bằng thước y_i .

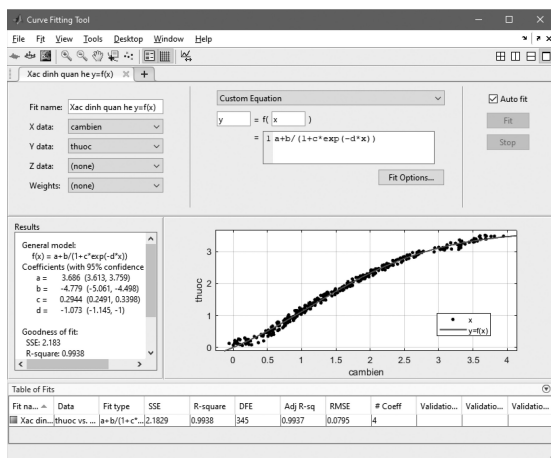
$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_{350}]; \quad \mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_{350}] \quad (1)$$

2.2. Giải thuật bù sai số cảm biến

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

như mô tả trên Hình 2. Tức là ước lượng quan hệ $y = f(x)$ để bù được sai số của cảm biến, dựa theo khoảng cách chuẩn được đo đạc bằng thước. Giải thuật bình phương tối thiểu Levenberg-Marquardt được MATLAB tích hợp vào Curve Fitting Toolbox [6], cho phép sử dụng lệnh trực tiếp hoặc công cụ *cftool* để xác định quan hệ này. Sử dụng công cụ *cftool* [6] với hàm quan hệ (2) ta sẽ tìm được bộ tham số $p = [a, b, c, d]$ với giải thuật Levenberg-Marquardt, được minh họa như trên Hình 3.

$$y = \hat{f}(x, p) = a + \frac{b}{1 + ce^{-dx}} \quad (2)$$



Hình 3: Công cụ *cftool* của MATLAB

Với bộ tham số tìm được bằng công cụ *cftool*, hàm bù sai số cảm biến được ước lượng là:

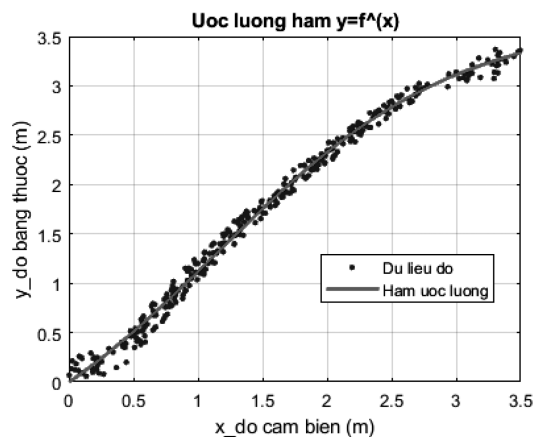
$$y = \hat{f}(x) = 3.69 - \frac{4.78}{1 + 0.29e^{1.07x}} \quad (3)$$

Hình 4 minh họa kết quả kiểm chứng hàm (3) với dữ liệu đo đạc (1) cho kết quả khớp với dữ liệu đo, đạt $R^2=0.99$. Từ kết quả này, phần mềm thiết bị [3] được cải tiến lại như sau: Ứng với mỗi giá trị cảm biến SRF05 đo được là x , thì vi điều khiển sẽ hiệu khoảng cách ước lượng là y , sau khi cập nhật giá trị x vào hàm (3).

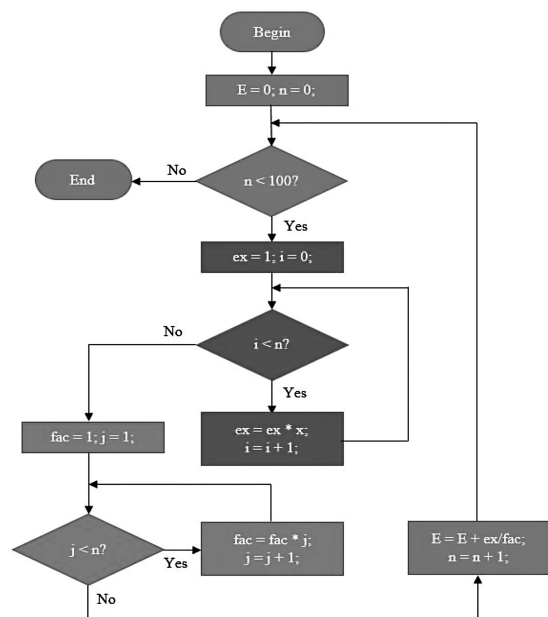
Một vấn đề phát sinh là vi điều khiển

Atmel 89C2051 của thiết bị [3] không hỗ trợ lệnh tính toán hàm e^x , nên hàm e^x trong (3) 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 (4). Giải thuật tính e^x được minh họa trên Hình 5, 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 (4).

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots \quad (4)$$



Hình 4: Kiểm chứng hàm bù sai số cảm biến



Hình 5: Lưu đồ giải thuật tính toán hàm e^x

2.3. 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 (5). Trong đó, mẫu $s(k)$ là giá trị khoảng cách đo được ở thời điểm hiện tại và mẫu $s(k-1)$ là giá trị khoảng cách đo được ở thời điểm lấy mẫu trước đó.

$$s(k) = \begin{cases} s(k-1), & \text{if } s(k) \geq \eta s(k-1) \\ s(k), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

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 6, với các tính năng kỹ thuật của thiết bị mẫu được mô tả trong Bảng 2.

Bảng 2: Các tính năng kỹ thuật của thiết bị

Tính năng kỹ thuật	Thông số
Số cảm biến siêu âm	3
Kích thước vật nhỏ nhất có thể phát hiện được (DxRx C)	5x5x5cm
Khoảng cách cảm biến trước	30-90cm
Khoảng cách cảm biến trái, phải	30-80cm
Kích thước thiết bị (DxRx C)	30x50x120cm
Trọng lượng	0,15kg
Nguồn cấp điện/Dung lượng pin	6VDC/900mAh
Thời gian hoạt động liên tục	18 giờ/lần sạc
Nguồn nuôi bộ sạc pin	220V/50Hz
Dây đeo có thể điều chỉnh	0-120cm



Hình 6: Sản phẩm mẫu

3.2. Thực nghiệm

Thiết bị này đã được kiểm nghiệm trên 3 hội viên tình nguyện thuộc Hội người mù Thành phố Cần Thơ. 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 7). 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 ở Hình 8 để xem clip thực nghiệm thiết bị).



Hình 7: Tình nguyện viên Hội người mù huyện Đức Hòa



Hình 8: Clip thực nghiệm

4. Kết luận

Giải pháp bù sai số cảm biến siêu âm SRF05 đã được triển khai thành công trong nghiên cứu này. Hàm bù sai số được xây dựng từ dữ liệu thực nghiệm, dùng công cụ *cftool* của MATLAB. Hàm bù sai số này thực chất là hiệu chỉnh mềm kết quả đo được từ cảm biến vốn sai số, do

được khai thác ngoài tầm đo tuyến tính của nó. Ngoài ra, giải thuật loại mẫu nhiễu có độ lớn bất thường cũng được áp dụng nhằm hạn chế tình trạng cảnh báo giả trên thiết bị hỗ trợ người khiếm thị di chuyển. Kết quả cho thấy hàm bù sai số đạt độ tin cậy $R^2=0.99$ và hoạt động tốt trên thiết bị thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Hiền, “Việt Nam có khoảng 2 triệu người mù và thị lực kém thị lực.” Trung tâm truyền thông - giáo dục sức khỏe trung ương, Bộ Y tế, 2019, [Online]. Available: <http://t5g.org.vn/viet-nam-co-khoang-2-trieu-nguoi-mu-va-thi-luc-kem>. (truy cập tháng 9/2021).
- [2] D. T. H. Nguyễn Xuân Tiến, Mai Văn Đăng, Trần Văn Kiên, “Nghiên cứu phát triển gậy thông minh dành cho người khiếm thị.” Tập san Sinh viên nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, trang 9-11, Số 9.2019.
- [3] N. C. Ngôn, “Thiết bị hỗ trợ người khiếm thị đi đường.” Kỷ yếu Hội nghị Cơ điện tử toàn quốc lần thứ 6 – VCM 2012, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, pp. 13–18, doi: ISBN: 978-604-62-0753-5.
- [4] H. P. Gavin, “The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least squares curve-fitting problems.” Duke University, September 18, 2020.
- [5] D. W. Marquardt, “An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters.” J. of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 11(2):431-441, 1963.
- [6] I. The MathWorks, “The MathWorks, Inc., ‘Curve Fitting Toolbox™ User’s Guide,’ 2021.” Curve Fitting Toolbox™ User’s Guide,” 2021.

Thông tin phản biện: TS. Nguyễn Xuân Vinh; TS. Phạm Thanh Tùng