Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường
website: ctujsvn.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.002

HỆ THỐNG ĐẾM DỪA TRÁI BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH VA ĐẬP

Nguyễn Chánh Nghiệm[1*] và Nguyễn Thanh Tuấn[2]
[1]*Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ*
[2]*Ban Quản lý Dự án ODA, Trường Đại học Cần Thơ*
[*]*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Chánh Nghiệm (email: ncnghiem@ctu.edu.vn)*

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 30/11/2018
Ngày nhận bài sửa: 03/12/2018
Ngày duyệt đăng: 26/02/2022

Title:
Novel coconut counting system by collision analysis

Từ khóa:
Cảm biến lực, dừa trái, va đập, xung lực

Keywords:
Coconut, collision, impulse, load cell

ABSTRACT

The aim of this project is to study the collision of falling hard objects to develop an algorithm with high efficiency and accuracy for counting postharvest fruit and vegetables that are resistant to damage from collision. A conveyor system has been designed and developed with a plate that had been attached with a load cell and installed at the conveyor output port so that fruit can collide with when falling out. Load cell signals obtained from fruit collision are collected by MyRIO and processed in real-time using LabVIEW software. The preliminary results show that the proposed counting system can count 11,640 coconuts per hour with the accuracy of 97%, which is promising for developing a counting system with high efficiency for real application at current coconut wholesale facilities.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này khảo sát quá trình va đập của vật rơi từ đó phát triển giải thuật đếm số lượng các sản phẩm củ, quả sau thu hoạch chịu được va đập, cụ thể là ứng dụng đếm dừa trái với kỳ vọng đạt năng suất và độ chính xác cao. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát nhu cầu thực tế, thống kê phổ khối lượng trái, các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng đếm, thiết kế một hệ thống băng tải vận chuyển dừa với các tấm chắn có lắp load cell được đặt tại cửa chặn của băng tải để dừa trái va đập vào khi rơi xuống. Tín hiệu va đập được thu thập bằng thiết bị myRIO và xử lý thời gian thực bằng phần mềm LabVIEW. Kết quả ban đầu cho thấy hệ thống đếm dừa bằng phương pháp phân tích lực va đập dùng cảm biến lực đạt được năng suất 11.640 trái trên giờ với độ chính xác 97%, là tiền đề cho việc phát triển hệ thống đếm năng suất cao bằng phương pháp phân tích va đập để có thể ứng dụng đếm thực tế tại các cơ sở thu mua hiện nay.

1. GIỚI THIỆU

Dừa ba da là loại dừa đã được lột vỏ ngoài bằng cây nầm, nhưng vẫn còn một chỏm xơ trên đỉnh trái. Đây là cách làm truyền thống vì vỏ dừa cần bán cho nơi làm chỉ xơ dừa, nhưng trái dừa được bán tập trung cho các công ty lớn để các công ty chế biến sản phẩm từ trái. Việc chừa chỏm trên có ý nghĩa quan trọng về mặt sinh hóa quá trình bảo quản trái, khi đến nhà máy người ta mới làm công đoạn tách chỏm xơ này ra.

Theo số liệu khống kê của Công ty Cổ phần Xuất nhập khẩu Bến Tre (Betrimex), tỉnh Bến Tre - "Thủ phủ" dừa lớn nhất tại Việt Nam - chiếm đến 40% tổng sản lượng cả nước với sản lượng 410 triệu

quả/năm (Betrimex, n.d.). Hiện nay hàng ngày tại các cơ sở thu mua dừa trên địa bàn tỉnh Bến Tre giao thương hàng triệu trái dừa, hầu hết công đoạn đếm đều bằng thủ công, người đếm là bên mua hay bên bán là vấn đề nhiều tranh cãi, đặc biệt nhiều công ty lớn các hao hụt này rất lớn. Đã có nhiều công nghệ được áp dụng nhưng không thành công, trong đó kể đến đếm bằng cảm biến quang như trong kiểm tra số chai tại các nhà máy sản xuất rượu bia.

Đếm số lượng sản phẩm trong quá trình sản xuất không mới ở các nước trên thế giới, nhưng đếm số lượng bằng xung lực gây ra do quá trình va đập rất ít được ứng dụng. Bước đầu tìm hiểu cho thấy phần lớn các nghiên cứu chỉ dừng lại ở đo xung lực va đập. Năm 1989, Ingle et al. đã được US Patent cấp bằng sáng chế Hệ thống đo động lực bằng cảm biến. Năm 2006, Fujii và Valera đã sử dụng lực quán tính và số hóa để đo lực tác động dựa vào giá trị đỉnh nhỏ và độ dốc lớn. Năm 2009, Peterson et al. đã được US Patent cấp bằng sáng với hệ thống vận chuyển và đếm gia cầm trên không bằng phương pháp đo lực va đập.

Hệ thống đếm số lượng sản phẩm đã được nhiều công ty phát triển và ứng dụng tại các Nhà máy sản suất tại Việt Nam để quản lý sản suất và đếm sản phẩm như Công ty Vietcontrol với hệ thống đếm bao sử dụng công nghệ siêu âm kết hợp cảm biến đo chiều dài đã được lắp đặt nhiều tại các nhà máy ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (Vietcontrol, n.d.). Cảm biến quang cũng được sử dụng trong hệ thống giám sát năng suất sản xuất và đếm sản phẩm ATP-ASC được sử dụng tại Công ty Tiger Việt Nam (ATPRO, n.d.).

Quá trình tìm hiểu bước đầu cho thấy ở Việt Nam chưa có công trình nghiên cứu hay sáng chế nào phát triển hệ thống đếm sản phẩm bằng phương pháp phân tích xung lực va đập. Xuất phát từ thực tế trái dừa ba da có thể chịu được va đập, phương pháp đếm dựa vào xung lực từ các lần va đập được đề xuất với kỳ vọng năng suất đếm đạt 10 ngàn trái trên giờ và độ chính xác cao nhằm giải quyết khó khăn trong khâu đếm dừa tại các cơ sở thu mua dừa và ứng dụng đếm các sản phẩm tương tự khác.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

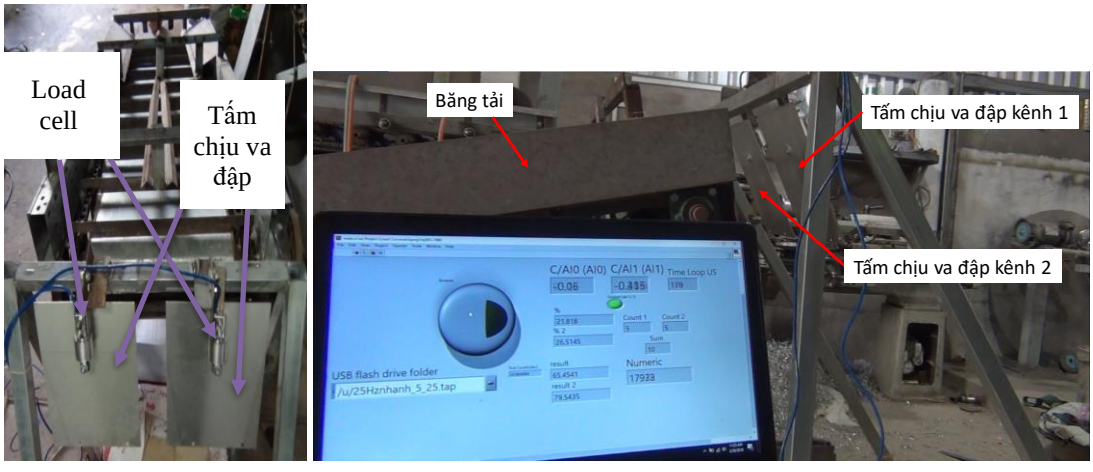
2.1. Tổng quát về hệ thống

Ý tưởng của hệ thống đếm dừa trái được đề xuất là dùng băng tải để vận chuyển dừa lên đến một độ cao nhất định và để trái dừa tự rơi ra ngoài. Khi đó, với một vận tốc ban đầu và khối lượng nhất định, trái dừa có thể tạo một lực va đập đủ lớn để có thể dựa vào đó xác định được số lượng trái dừa đã rơi ra khỏi băng tải và va đập vào một tấm kim loại chịu va đập.

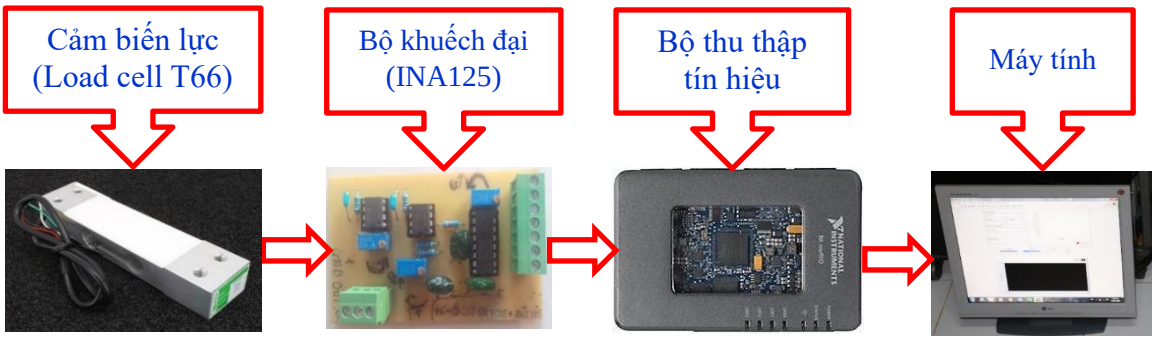
Với ý tưởng như trên, hệ thống đếm dừa đề xuất được thiết kế với hai thành phần chính gồm:

Băng tải vận chuyển dừa từ thấp lên cao và được phân thành hai luồng để tăng năng suất đếm. Hai tấm chịu va đập được đặt ở phía bên ngoài khu vực nơi dừa được băng tải đẩy ra ngoài ở một độ cao và góc nghiêng nhất định (Hình 1).

Hệ thống thu thập dữ liệu bao gồm: cảm biến lực (load cell) được lắp vào tấm chịu va đập để thu thập thông tin độ lớn lực va đập của dừa; bộ khuếch đại tín hiệu load cell; bộ thu thập và xử lý tín hiệu; chương trình máy tính hiển thị kết quả đếm được cài đặt trên máy tính. Sơ đồ tổng quát của hệ thống được minh họa ở Hình 2.



Hình 1. Băng tải hoàn chỉnh và cơ cấu phân luồng đếm 2 kênh



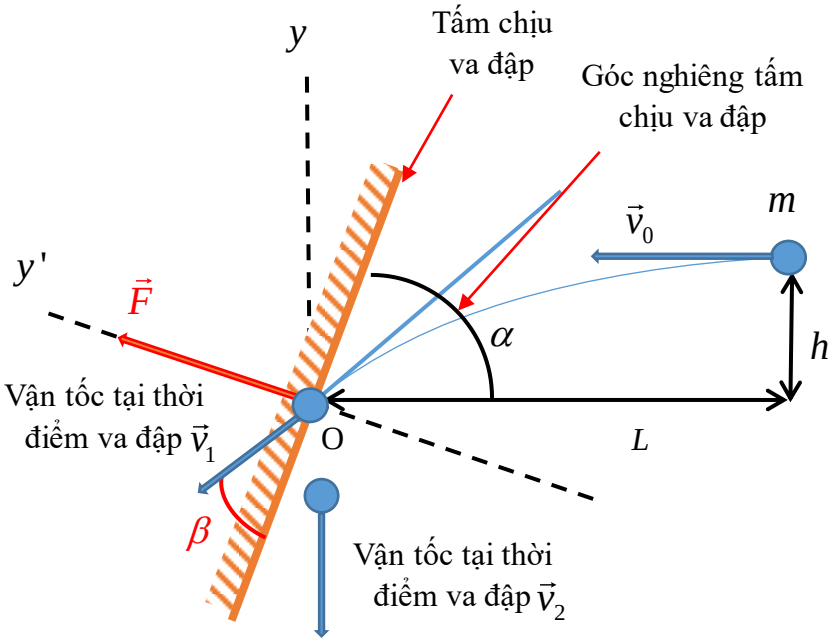
Hình 2. Sơ đồ tổng quát hệ thống thu thập dữ liệu.

2.2. Thí nghiệm tìm các thông số thiết kế tối ưu

Xét một trái dừa có khối lượng *m* rơi ra khỏi băng tải với vận tốc ban đầu là vận tốc dài của băng tải $\vec{v}_0$, va đập vào tấm chịu va đập tại vị trí O với vận tốc $\vec{v}_1$ và rơi xuống với vận tốc $\vec{v}_2$ như Hình 3. Một tấm kim loại chịu va đập tạo bởi phương ngang một góc α, đặt cách băng tải khoảng cách *L*, với *h* là độ cao dừa rơi ra khỏi băng tải tính từ vị trí va đập trên tấm kim loại.

Để có được lực tác động $\vec{F}$ lớn nhất đo được bởi load cell, việc xác định độ các thông số v_0, góc α, và khoảng cách *L* có ý nghĩa quan trọng. Vì thế, các thí nghiệm được bố trí để xác định các giá trị tối ưu. Trong nghiên cứu này, giá trị *h* được chọn cố định là 100 mm để phù hợp với điều kiện thiết kế hệ thống và đảm bảo lực va chạm đo được bởi load cell vẫn đủ lớn.

Đối tượng đếm là "dừa ba da" theo tên gọi của địa phương. Đây là trái dừa được lột bỏ lớp vỏ bên ngoài, chỉ còn lại một chỏm dừa như được mô tả ở Hình 4.



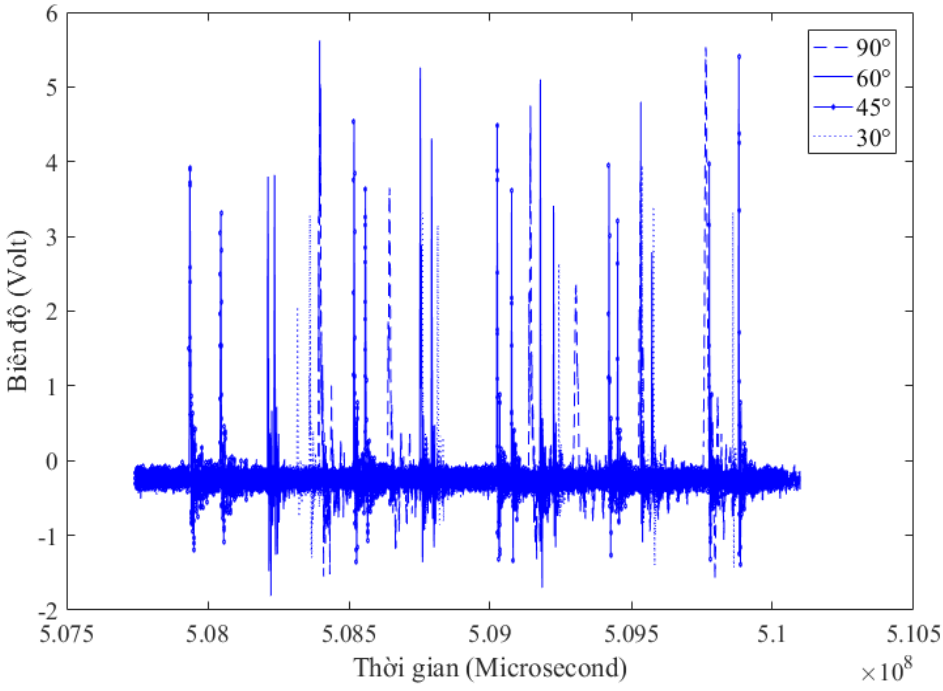
Hình 3. Mô tả chuyển động của dừa trái lên tấm chịu va đập

Hình 4. Đối tượng "dừa ba da" cần đếm trong nghiên cứu

2.3. Khảo sát góc nghiêng của tấm chịu va đập

Thí nghiệm được thực hiện để tìm vị trí lắp đặt góc nghiêng của tấm chịu va đập tối ưu nhằm thu được tín hiệu tốt nhất mà không sản sinh tín hiệu nhiễu làm ảnh hưởng đến độ chính xác của giải thuật đếm. Trong thí nghiệm này, bốn giá trị góc nghiêng của tấm chịu va đập được khảo sát lần lượt là 30°, 45°, 60° và 90°.

Kết quả thí nghiệm khảo sát xung lực dừa với các góc va đập khác nhau được mô tả ở Hình 5 và được thống kê ở Bảng 1. Kết quả cho thấy với góc va đập từ 45° đến 60° cho tín hiệu đáp ứng đầy đủ các tiêu chí cần thiết (tín hiệu đủ lớn, biên độ nhiễu nhỏ, ít phát sinh tín hiệu thứ cấp do tấm chịu va đập tạo ra) cho giải thuật nhận dạng và đếm.



Hình 5. Đồ thị xung lực thu được với các góc va đập khác nhau

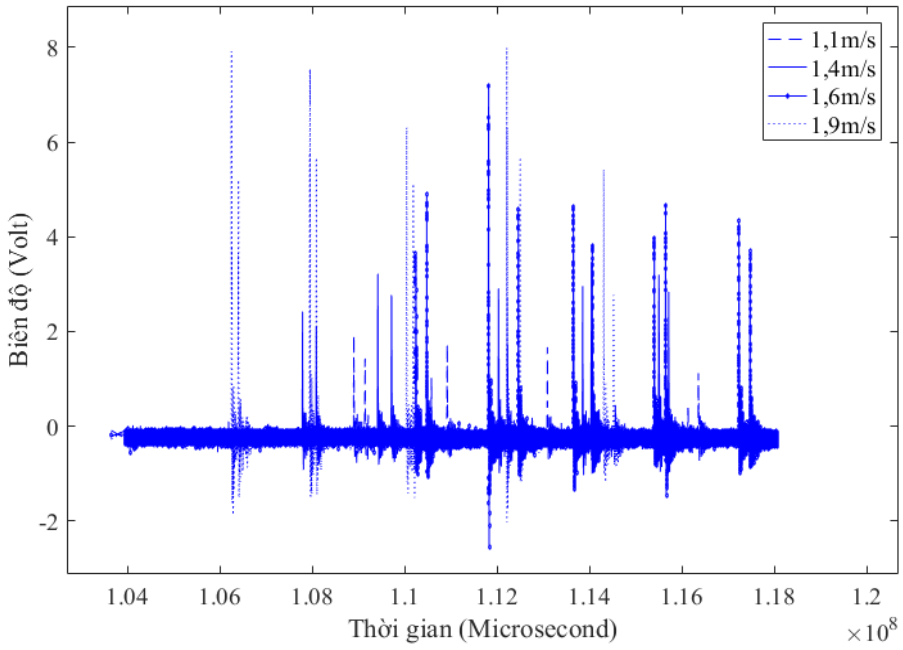
Bảng 1. Thống kê kết quả khảo nghiệm khi thay đổi góc nghiêng của tấm chịu va đập

Tên tiêu chí \ Góc nghiêng	30^0	45^0	60^0	90^0
Tín hiệu đủ lớn	Không Đạt	Đạt	Đạt	Đạt
Biên độ nhiễu nhỏ	Đạt	Đạt	Đạt	Không đạt
Không có tín hiệu thứ cấp	Đạt	Đạt	Đạt	Không đạt

2.4. Khảo nghiệm vận tốc băng tải và xung lực va đập

Thí nghiệm được thực hiện để tìm vận tốc tối ưu cho băng tải hoạt động. Trong thí nghiệm này, khoảng cách L (Hình 3) từ băng tải đến tấm chịu va đập theo phương ngang được cố định là L = 250 mm, góc nghiêng $\alpha = 60°$, nhưng vận tốc băng tải lần lượt là 1,1 m/s; 1,4 m/s; 1,6 m/s và 1,9 m/s. Kết quả tín hiệu thu được ở Hình 6 cho thấy độ lớn xung lực tỉ lệ thuận với vận tốc băng tải.

Kết quả thống kê được trình bày ở Bảng 2 cho thấy tín hiệu va đập tốt khi băng tải chạy với vận tốc từ 1,4 m/s đến 1,9 m/s. Tuy nhiên, với vận tốc 1,9 m/s, lực va đập của dừa trái lên tấm va đập lớn và bắt đầu xuất hiện hiện tượng nứt trái. Vì vậy, vận tốc băng tải nên được chọn trong khoảng từ 1,4 đến 1,6 m/s với khoảng cách lắp tấm chịu va đập so với băng tải là 250 mm.



Hình 6. Đồ thị xung lực thu được với vận tốc băng tải khác nhau

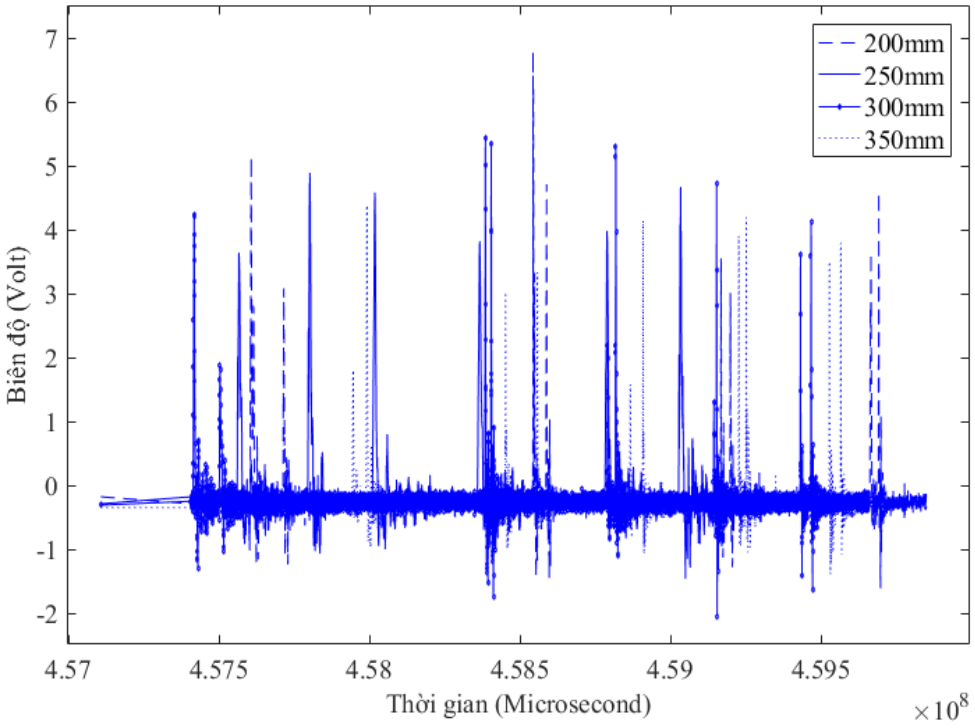
Bảng 2. Thống kê kết quả khảo nghiệm khi thay đổi vận tốc băng tải

Tiêu chí \ Vận tốc (m/s)	1,1	1,4	1,6	1,9
Tín hiệu đủ lớn	Không Đạt	Đạt	Đạt	Đạt
Biên độ nhiễu nhỏ	Đạt	Đạt	Đạt	Không Đạt
Không có tín hiệu thứ cấp	Đạt	Đạt	Đạt	Không Đạt

2.5. Khảo nghiệm khoảng cách từ tấm chịu va đập đến với băng tải

Thí nghiệm được thực hiện để tìm khoảng cách L tối ưu. Tấm chịu va đập có góc nghiêng so với phương ngang $\alpha = 60°$. Bốn giá trị L được chọn khảo sát là 200 mm, 250 mm, 300 mm và 350 mm. Dựa vào kết quả khảo nghiệm vận tốc băng tải, vận tốc băng tải được cố định là 1,6 m/s.

Kết quả cho thấy khoảng cách va đập cho tín hiệu tốt nhất từ 200 mm đến 300 mm (Hình 7). Tuy nhiên, với trường hợp khoảng cách L = 200 mm, lực va đập có thể rất lớn làm nứt dừa. Lực va đập thu được ở khoảng cách L = 350 mm nhìn chung có biên độ thấp hơn nên khoảng cách này không phù hợp cho việc đếm dừa dựa vào biên độ lực va đập.



Hình 7. Đồ thị xung lực thu được khi thay đổi khoảng cách từ tấm chịu va đập đến băng tải

3. ĐỀ XUẤT GIẢI THUẬT

Gọi *x(t)* là tín hiệu một lần va đập được thu thập bởi cảm biến lực. Gọi *y(t)* là tín hiệu được khuếch đại từ tín hiệu *x(t)*. Xét một tín hiệu va đập đã được khuếch đại *y(t)* có dạng xung nhọn có biên độ đỉnh là *A* như được mô tả ở Hình 8. Gọi N_1 là ngưỡng để loại bỏ tín hiệu nhiễu, S_1 là diện tích vùng tính toán được tính dựa trên biên độ đỉnh A và khoảng thời gian Δt khi $y(t) \geq N_1$. Diện tích S_1 được xác định bởi:

$$S_1 = (A - N_1) * \Delta t \quad (1)$$

Gọi S_2 là diện tích vùng tạo bởi tín hiệu va đập đã được khuếch đại *y(t)* có biên độ lớn hơn ngưỡng N_1 trong khoảng thời gian Δt. Diện tích S_2 được tính bởi:

$$S_2 = \int_{\Delta t} y(t)\,dt - N_1 \Delta t \quad (2)$$

Độ lớn xung lượng J của va đập xét trên phương Oy' (Hình 3) được tính bởi:

$$J = \int_{\Delta t} F dt \quad (3)$$

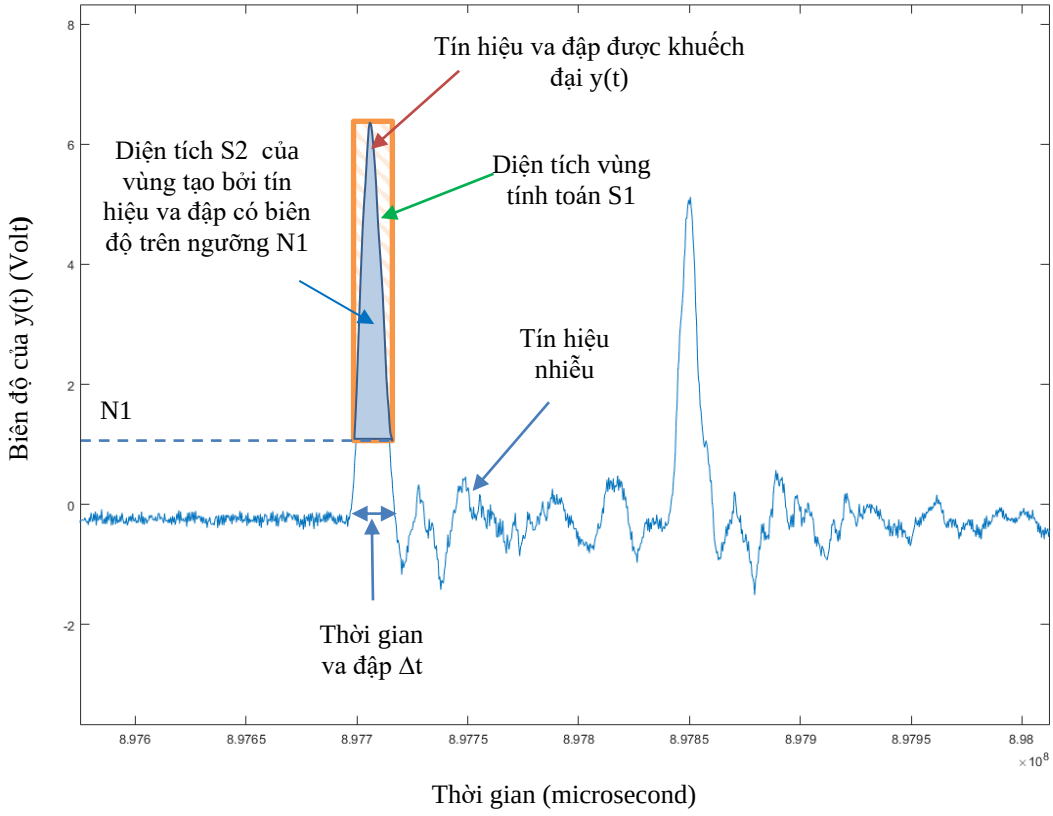
Do x(t) là tín hiệu thu được từ cảm biến lực nên $x(t)$ và lực va đập F tỉ lệ với nhau. Vì thế, tín hiệu $y(t)$ được khuếch đại từ $x(t)$ cũng có mối quan hệ tỉ lệ với F. Như vậy, thành phần $\int_{\Delta t} y(t)\,dt$ trong (2) tỉ lệ với xung lượng J. Xung lượng J càng lớn

thì diện tích S_2 của vùng tạo bởi tín hiệu $y(t)$ càng lớn. Nói cách khác, lực va đập F càng lớn thì S_2 có giá trị càng lớn.

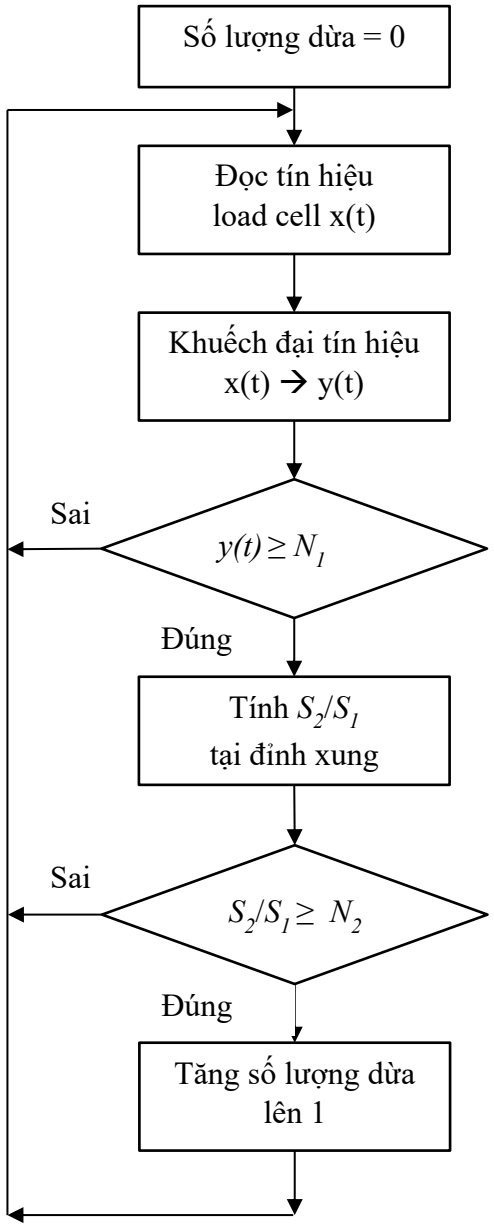
Một tín hiệu xung nhọn được xem là tín hiệu va đập nếu biên độ của tín hiệu đủ lớn (lớn hơn một giá trị ngưỡng nhiễu N_1) và xung lượng của lần va đập đó đủ lớn trong khoảng thời gian xảy ra va đập, nghĩa là S_2 phải đủ lớn trong khoảng thời gian xảy ra va đập Δt. Điều này có thể được xác định nếu tỉ số diện tích S_2/S_1 lớn hơn một giá trị ngưỡng N_2, thể hiện bởi:

$$\frac{S_2}{S_1}100\% > N_2 \quad (4)$$

Lưu đồ giải thuật đếm dừa đề xuất được mô tả ở Hình 8. Giải thuật được xây dựng sử dụng phần mềm LabVIEW và cài đặt ở MyRIO trong thời gian thực có chu kỳ xử lý 200 micro giây. Giá trị các ngưỡng tối ưu được chọn dựa vào kết quả thực nghiệm là $N_1 = 1{,}0$ và $N_2 = 15\%$.



Hình 8. Mô tả giải thuật lấy tích phân với một tín hiệu va đập



Hình 9. Lưu đồ giải thuật đếm đề xuất

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

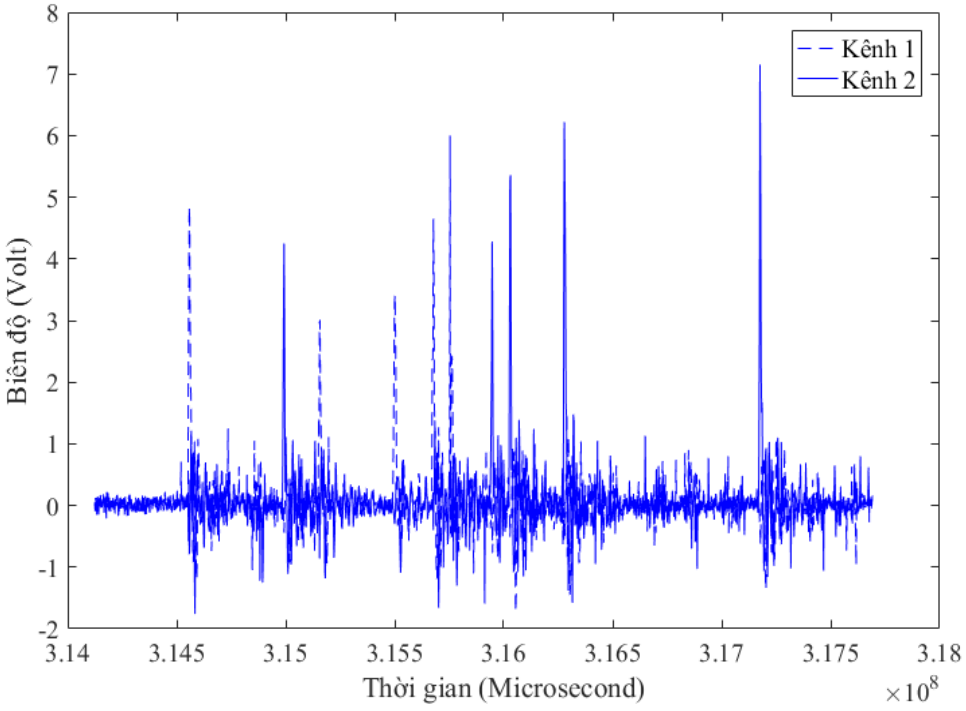
Thông qua thí nghiệm tìm các thông số tối ưu của hệ thống, các thông số được chọn như sau:

– -Khoảng cách từ băng tải đến tấm chịu va đập L = 250 mm,

– Góc nghiêng của tấm chịu va đập α = 60°,

– Vận tốc băng tải là 1,6 m/s.

Thí nghiệm đếm đã được thực hiện với 10 lần đếm, mỗi lần đếm 10 trái dừa ba da (loại dừa được mô tả ở Hình 4). Đồ thị xung lực thu thập được từ hai kênh cảm biến lực của một lần đếm được minh họa ở Hình 10. Kết quả thực nghiệm đếm 100 trái dừa cho thấy năng suất đếm hệ thống đạt 11.640 trái/giờ, với độ chính xác 97%. Quá trình thực nghiệm cho thấy lực va đập thu được có biên độ nhỏ hơn đối với các trường hợp dừa va đập tại vị trí chỏm dừa. Với cấu trúc của chỏm dừa, chỏm dừa đóng vai trò như một hệ thống giảm chấn động nên dễ dàng hấp thu một phần ngoại lực va đập vì thế có khả năng dẫn đến tình trạng hệ thống đếm sót khi dừa va đập tại vị trí chỏm dừa.



Hình 10. Đồ thị xung lực va đập 10 trái dừa thu thập được trên hai kênh

Bảng 3. Thống kê kết quả thí nghiệm đếm dừa

STT	Số lượng đếm (trái)	Kết quả (trái)	Thời gian (giây)
1	10	10	2,7
2	10	10	3,5
3	10	10	2,3
4	10	10	3,0
5	10	10	3,0
6	10	10	3,0
7	10	9	2,5
8	10	10	4,0
9	10	9	2,0
10	10	9	4,0
Tổng	100	97	30
Năng suất trung bình (trái/giây)			3.233
Năng suất trung bình (trái/giờ)			11.640
Độ chính xác trung bình			97,0%

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã đề xuất giải thuật và xây dựng thành công hệ thống đếm dừa ba da mới và hiệu quả dựa trên nguyên lý va đập. Kết quả ban đầu cho thấy hệ thống có thể đạt năng suất đến 11.640 trái trên giờ với độ chính xác 97%, có thể phát triển hoàn thiện để ứng dụng đếm thực tế tại các cơ sở thu mua hiện nay. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu còn là tiền đề cho việc phát triển hệ thống đếm năng suất cao cho các đối tượng tương tự có thể chịu va đập.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự hỗ trợ kinh phí từ Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Trường, Trường Đại học Cần Thơ (Mã đề tài: T2017-01). Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Tiến sĩ Võ Minh Trí, Thạc sĩ Nguyễn Thanh Nhã, Bộ môn Tự động hóa – Khoa Công Nghệ, sinh viên Lê Việt Anh (B1305770) ngành cơ điện tử Khoa Công nghệ đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

ATPRO (Quản lý Giám sát năng suất-Đếm sản phẩm) (n.d.). *Hệ thống đếm sản phẩm – Bộ đếm sản phẩm.* https://quanlygiamsatnangsuat.wordpress.com/tag/he-thong-dem-san-pham-2/.

Betrimex. (n.d.). *Bến Tre – Thủ phủ dừa*. https://www.betrimex.com.vn/vi/page/vung-dua-ben-tre.html.

Fujii, Y., & Valera, J. D. R. (2006). Impact force measurement using an inertial mass and a digitizer. *Measurement Science and Technology, 17*(4), 863-868.

Ingle, L. D., Allen, H. V., & Knutti, J. W. (1989). Dynamic force measurement system. *Google Patents.* https://patents.google.com/patent/US4884223A.

Peterson, J. A., Porter, B., & Scott, R. (2009). Overhead poultry conveying and counting system. *Google Patents.* https://patents.google.com/patent/US7572176.

Vietcontrol (n.d.). *Bộ đếm bao cao cấp VBC-V3*. http://vietcontrol.vn/details.aspx?lang=1&IDNews=126&Type=1.