

Ứng dụng xử lý ảnh cho tay máy nhận dạng và gắp chai nước đã qua sử dụng di chuyển trên băng chuyền.

Lê Đức Hạnh^{1,2,*}, Võ Duy Công^{2,3}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Bộ môn Cơ Điện tử, Khoa Cơ khí, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM, Việt Nam

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Trung tâm Đào tạo Bảo dưỡng Công nghiệp, Trường Đại học Bách khoa TP.HCM, Việt Nam

Liên hệ

Lê Đức Hạnh, Bộ môn Cơ Điện tử, Khoa Cơ khí, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM, Việt Nam

Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: ldhanh@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 04-12-2023
- Ngày chấp nhận: 28-7-2024
- Ngày đăng:

DOI:



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Việc phân loại rác thải chai nhựa đã qua sử dụng là một trong những nghiên cứu dành được nhiều sự quan tâm hiện nay. Tuy nhiên, hiện nay, việc phân loại này vẫn đang được thực hiện một cách thủ công và do công nhân làm. Ngoài ra, cũng có một số nghiên cứu thực hiện nhận dạng bằng phương pháp xử lý ảnh truyền thống. Tuy nhiên, việc này đem lại hiệu quả nhận dạng không cao do hình dạng chai nhựa rất phức tạp, nó còn được để lẫn lộn trong các loại rác thải khác. Bài báo này sẽ trình bày phương pháp tự động nhận dạng chai nước đã qua sử dụng khi di chuyển trên băng chuyền sử dụng kỹ thuật học máy. Phương pháp nhận dạng tự động này có thể hỗ trợ cho người công nhân trong công việc nặng nhọc phân loại rác thải hiện nay. Đầu tiên, các hình ảnh về chai nước được thu thập và tiền xử lý bằng phương pháp xử lý ảnh thông thường, sau đó các hình ảnh đã qua xử lý này được lưu lại thành bộ dữ liệu để phục vụ cho quá trình học máy. Bộ dữ liệu được chia thành 2 loại: chai dơ và chai sạch. Hệ thống bao gồm một tay máy công nghiệp 6 bậc tự do, một camera cố định gắn trên cao để quan sát vùng làm việc. Camera sẽ thu nhận hình ảnh và tính toán tọa độ của các chai nhựa và ra lệnh cho tay máy gắp chúng. Qua thực nghiệm kiểm chứng, với độ chính xác hơn 90%, cũng như thời gian nhận dạng nhanh khoảng 200ms, hệ thống chứng minh là có khả năng áp dụng vào môi trường công nghiệp phân loại chất thải dạng chai nhựa.

Từ khoá: thị giác máy tính, phân loại chai, tay máy, học máy, xử lý ảnh

1 GIỚI THIỆU

2 Bảo vệ môi trường là một trong những nhiệm vụ quan
3 trọng và trọng tâm của thành phố hiện nay. Có rất
4 nhiều cách để bảo vệ môi trường nhưng cách gần gũi
5 và đơn giản nhất là tái sử dụng, tái chế các vật dụng
6 đã cũ hay không còn sử dụng nữa như các chai nhựa
7 đựng nước uống. Hiện nay, các chai nhựa này được
8 thu gom với số lượng lớn và thường được để lẫn lộn
9 với các vật khác¹. Sau đó, rác thải được đưa vào hệ
10 thống tự động xử lý mùi, giảm kích thước v.v... và
11 được đưa ra băng tải để phân loại. Do đặc thù là
12 rác thải sinh hoạt ở nước ta chưa được phân loại tại
13 nguồn, nên hiện nay, ở trong nước, việc phân loại
14 riêng và lấy các chai nhựa ra vẫn sử dụng phương pháp
15 thủ công do con người tiến hành trong các nhà máy².
16 Việc này làm cho năng suất phân loại không cao, hơn
17 nữa người phân loại phải tiếp xúc với môi trường ô
18 nhiễm độc hại, ảnh hưởng đến sức khỏe. Việc tự động
19 hóa quá trình này trở nên cần thiết và hữu ích. Ứng
20 dụng công nghệ thị giác máy tính để tự động hóa việc
21 phân loại chai nhựa là một trong những giải pháp đầy
22 hứa hẹn được sử dụng nhiều trên thế giới³. Phương
23 pháp phân loại chai nhựa được sử dụng rộng rãi hiện
24 nay trong các nghiên cứu là dựa trên màu sắc của chai

như Jiao cùng các cộng sự⁴, Özkan và các cộng sự⁵.
Các nghiên cứu này thực hiện như sau: sau khi chai
nhựa được làm sạch và chuyển đến băng chuyền phân
loại, hình ảnh của những chai này trên băng chuyền
được một camera cố định trên cao chụp. Sau đó, các
chai này được nhận dạng bằng các hình thái đặc trưng
như hình dạng, kích thước, màu sắc. Sau đó, tọa độ
dựa trên hình ảnh của chúng được tính toán. Tùy
theo các cơ cấu chấp hành ở cuối băng tải, chai nhựa
sẽ được phân loại bằng cách gắp ra như dùng robot
công nghiệp hay bị đẩy ra bằng hệ thống đẩy sử dụng
khí nén. Gần đây, trong nước, các tác giả cũng ứng
dụng công nghệ xử lý hình ảnh nhận dạng màu sắc
để nhận biết vật thể⁶. Một cánh tay máy được tích
hợp thêm camera để thực hiện quá trình xử lý ảnh
phân loại màu dựa trên thư viện xử lý ảnh của Lab-
VIEW. Trong nghiên cứu⁷, các tác giả ứng dụng trí
tuệ nhân tạo để nhận biết hàng hóa, giúp ích cho việc
thanh toán nhanh hơn. Nghiên cứu sử dụng các mạng
YOLOv4, TRResNet và FAISS lần lượt ở các giai đoạn
phát hiện vật thể, trích xuất đặc trưng, phân loại hình
ảnh đầu ra. Với kết quả thử nghiệm ban đầu, bộ nhận
dạng có độ chính xác trung bình 94,54%. Ngoài ra,
các tác giả trong nghiên cứu⁸ ứng dụng công nghệ xử
lý hình ảnh kết hợp A.I để nhận biết và phân loại hạt

Trích dẫn bài báo này: Hạnh L D, Công V D. Ứng dụng xử lý ảnh cho tay máy nhận dạng và gắp chai nước đã qua sử dụng di chuyển trên băng chuyền. . Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech. 2024; (1):1-9.

50 điều trên băng chuyền. Nghiên cứu đã xây dựng một
 51 tập dữ liệu để phân loại hạt điều tốt, hoặc bị vỡ hoặc bị
 52 sót vỏ (chưa tách hết vỏ lụa). Thực nghiệm cho thấy,
 53 thuật toán đề xuất có khả năng nhận dạng hạt điều với
 54 độ chính xác 97,34%.

55 Tuy trong nước đã có một số nghiên cứu về vấn đề này,
 56 nhưng chúng vẫn chỉ dừng ở mức nhận dạng trên máy
 57 tính. Trên thế giới cũng có một số nghiên cứu đáng
 58 ghi nhận. Maganda và các cộng sự⁹ phát triển giải
 59 thuật xử lý ảnh kết hợp với các camera IR để tái tạo
 60 lại hình ảnh chai nước. Hình ảnh đầu vào có độ phân
 61 giải cao 8K. Tuy nhiên, thời gian xử lý quá lâu dẫn
 62 đến việc ứng dụng trong thực tế không khả thi. Trong
 63 nghiên cứu¹⁰, một hệ thống dùng để phân loại hình
 64 ảnh chai nhựa đã được đề xuất bằng cách sử dụng 5
 65 phương pháp trích xuất. Chúng bao gồm phân tích
 66 thành phần chính (PCA), phân tích phân biệt tuyến
 67 tính của Fisher (FLDA), phân tách giá trị số ít (SVD)
 68 và bản đồ bản địa Laplacian (LEMAP). Sau đó giải
 69 thuật Support vector machine (SVM) được dùng để
 70 thực hiện việc phân loại.

71 Việc sử dụng kiến trúc mạng có tên là RecycleNet để
 72 phân loại các lớp đối tượng có thể tái chế đã được
 73 thực hiện¹¹. Phương pháp được đề xuất làm giảm các
 74 tham số cần thiết trong kiến trúc CNN thông thường,
 75 nhưng nhược điểm của nó là lượng dữ liệu cần thiết
 76 cho đào tạo là rất lớn, ngay cả với phiên bản được tối
 77 ưu hóa do các tác giả đề xuất. Xiangyu cùng các công
 78 sự¹² đã đề xuất phương pháp trích xuất vùng quan
 79 tâm trong ảnh chai nhựa dựa trên phân đoạn ngưỡng
 80 kép. Trong đó ba kênh của ảnh nền được hàm Gauss
 81 điều chỉnh để xác định ngưỡng cao và thấp cho phân
 82 đoạn. Sau đó, trọng tâm của mỗi chai nhựa thu được
 83 bằng phương trình trọng tâm sau khi có được vùng
 84 quan tâm.

85 Các nghiên cứu trong và ngoài nước trên bước đầu
 86 đã có kết quả khả quan, tuy nhiên việc thực hiện này
 87 chỉ được thực hiện trên máy tính, chưa có sự kết hợp
 88 với cơ cấu chấp hành để tạo thành một hệ thống hoàn
 89 chỉnh. Nghiên cứu này sẽ giải quyết vấn đề về sự kết
 90 hợp giữa phần cứng và phần mềm trong hệ thống. Hệ
 91 thống sẽ bao gồm một camera ứng dụng học máy, xử
 92 lý hình ảnh, và kết hợp với tay máy để gắp vật. Camera
 93 có vai trò như một cảm biến phát hiện chai nhựa trong
 94 rác thải để gắp ra. Tay máy có vai trò như một cơ cấu
 95 chấp hành để gắp các chai nhựa phát hiện được. Do
 96 robot có thể làm việc ngày đêm và thay thế con người,
 97 nên năng suất, cũng như việc hạn chế tiếp xúc với môi
 98 trường độc hại của con người được giảm thiểu tối đa.
 99 Đây chính là nhu cầu cấp thiết, cũng như là phương án
 100 bền vững và lâu dài mà các doanh nghiệp hay thành
 101 phố đang cần đến

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để tay máy có thể gắp được chai nhựa đang di chuyển,
 giải thuật bao gồm: xử lý ảnh, tinh chỉnh camera và
 tính toán tốc độ chai di chuyển trong thời gian thực.

Xử lý ảnh

Tiền xử lý

Mục tiêu là đưa ra được bức ảnh nhị phân có chứa
 các vùng đối tượng độc lập. Do đặc thù của đề tài
 là các chai nhựa di chuyển trên băng tải có phổ màu
 không cố định, các phương pháp phân ngưỡng thông
 thường sẽ không cho ra các ảnh nhị phân có đặc tính
 tốt. Do đó, ta chọn phương pháp trừ hình nền. Giải
 thuật được nghiên cứu thực hiện với sự hỗ trợ của thư
 viện mã nguồn mở OpenCV¹³:

- Bước 1: Dùng thư viện để khởi tạo hình nền. Bước này lúc đầu sẽ lấy khung hình đầu tiên để làm hình nền.
- Bước 2: Tìm sự khác biệt giữa hình nền và tiền cảnh. Dùng thư viện để thực hiện phép tính trừ các giá trị giữa ảnh khung hình và ảnh nền để tìm được ảnh khác biệt với ngưỡng là khoảng pixel đủ nhỏ.
- Bước 3: Xử lý đưa ra ảnh nhị phân. Sau khi tìm được ảnh khác biệt thì tiến hành chuyển đổi sang ảnh gray, tìm ngưỡng bằng phương pháp Otsu và đưa ra ảnh nhị phân. Phương pháp Otsu sẽ cho ra được giá trị phân ngưỡng tối ưu nhất, từ đó cho ra ảnh nhị phân mong muốn.
- Bước 4: Tiến hành lọc nhiễu bằng giải thuật Morphology (erode và dilate). Các đối tượng sẽ nổi lên với giá trị pixel là 1, nền băng tải mang giá trị pixel là 0.
- Bước 5: Cập nhật hình nền sau đó quay lại bước 2. Các bước cứ lặp lại cho đến khi người thực hiện dừng chương trình

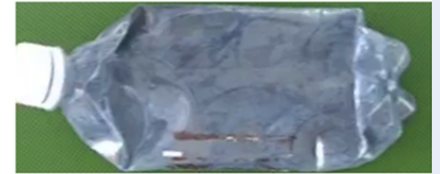
Thu thập dữ liệu cho học máy

Đối tượng phân loại của nghiên cứu là các chai nhựa
 rỗng đã làm xẹp tương đối. Do đó, ta có thể phân
 chúng ra thành 2 loại như Hình 1.

- Loại tái chế được: Loại chai này trong suốt, không bị dơ, đục và chứa tạp chất bên trong. Loại này tiếp tục đi theo băng tải chuyển qua công đoạn tái chế tiếp theo.
- Loại không tái chế được: chứa dị vật bên trong, đục màu, bẩn. Các chai này được robot gắp ra và loại bỏ khỏi băng chuyền.



Loại tái chế



Loại không tái chế

Hình 1: 2 đối tượng chai nhựa phân loại

148 **Tinh chỉnh camera**

149 Camera calibration là một quá trình chuyển đổi tọa
 150 độ từ hệ tọa độ pixel (u,v) qua hệ tọa độ ngoại là hệ tọa
 151 độ của checker board (X,Y,Z). Đầu tiên, các hình ảnh
 152 được thu thập tại các vị trí bất kỳ trên băng tải như
 153 Hình 2a và lấy một hình làm gốc tọa độ như Hình 2b.
 154 Sau đó, sử dụng công cụ của Matlab để tính toán thông
 155 số nội K và thông số ngoại [R T] như công thức (1).
 156 Từ đó, có thể tính được tọa độ pixel tương ứng với tọa
 157 độ thật trên băng tải tương ứng với độ cao Z
 158 Công thức tổng quát:

$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} R & T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

159 Sau khi áp dụng các bước trên, ta có được kết quả như
 160 sau

$$K = \begin{bmatrix} 572.5 & 0 & 324.5 \\ 0 & 572.6 & 197.1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 0.999 & -0.0044 & 0.0153 \\ 0.0045 & 0.999 & -0.0121 \\ -0.0152 & 0.0121 & 0.999 \end{bmatrix}$$

$$T_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} -0.822 & -125.02 & 416.139 \end{bmatrix}'$$

161 Để kiểm nghiệm sai số của camera, quá trình được
 162 thực hiện bằng cách sử dụng bàn cờ vua đã biết trước
 163 kích thước từng ô (15mm). Đầu tiên, bàn cờ được
 164 đặt song song với các phương xy. Sau đó, thuật toán
 165 Corner Detector được sử dụng để xác định các góc
 166 bàn cờ trên hệ tọa độ pixel. Từ các góc đã xác định,
 167 lấy tọa độ thực để tính khoảng cách giữa hai điểm trên
 168 bàn cờ. Sai số theo phương xy của camera được xác
 169 định như Hình 3.

170 **Xác định vận tốc băng tải bằng camera**

171 Quá trình tính toán vận tốc được kích hoạt qua điều
 172 kiện “Check speed”. Chương trình sẽ liên tục lấy dữ
 173 liệu vị trí và thời gian của đối tượng trên băng tải. Khi
 174 kết thúc quá trình này, kết quả sẽ tính ra vận tốc của

băng tải qua hồi quy tuyến tính. Giá trị vận tốc được
 175 cập nhật lên hệ thống để dùng cho các mục đích tính
 176 toán khác
 177 Ta giả định việc setup vận tốc băng tải được thực hiện
 178 qua núm xoay biến trở và trong quá trình hoạt động,
 179 vận tốc băng tải không đổi bởi các điều kiện khác
 180 nhau. Ở phần trước, việc tiền xử lí ảnh đưa ra được
 181 các đối tượng trên băng tải, ta có thể tìm được tâm của
 182 đối tượng đó qua việc tính các moment ảnh ở mỗi thời
 183 điểm khác nhau. Khi một đối tượng di chuyển trên
 184 băng tải, với vận tốc v là hằng số ta có phương trình:
 185

$$X = vt + x_0 \quad (2)$$

Từ đó, ta thu thập được Bảng 1.

Bảng 1: Bảng số liệu thu thập

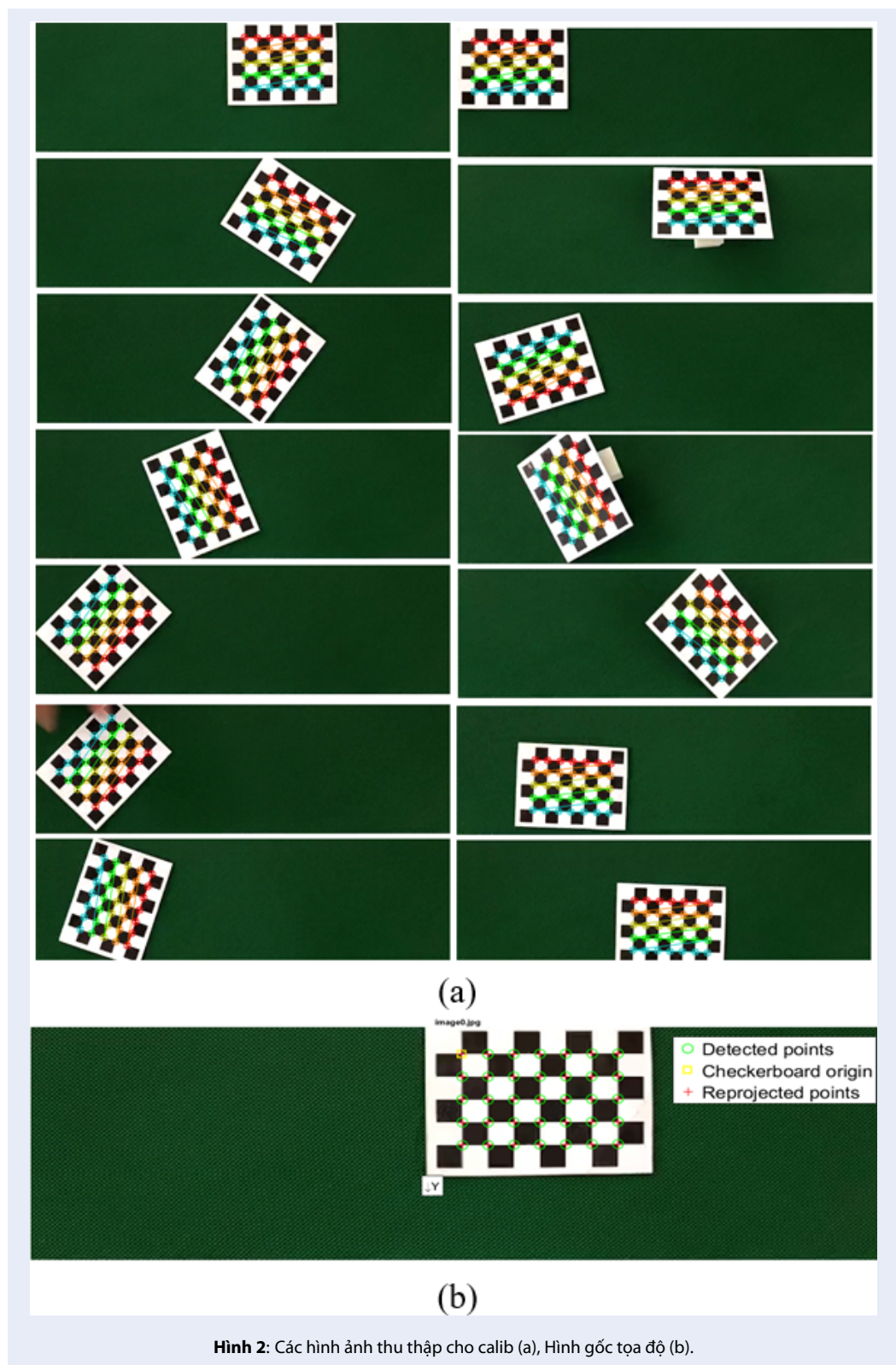
Vị trí	Thời gian
X1	T1
X2	T2
.....
X4	T4

Do hệ thống tách biệt vùng làm việc của camera và
 187 vùng làm việc của robot, nên việc xác định vận tốc của
 188 của băng tải hết sức quan trọng. Nó là một thông số
 189 quan trọng để xác định vị trí của vật theo thời gian và
 190 phải có sai số nhỏ để đảm bảo robot có thể bắt chính
 191 xác được vị trí của vật.
 192

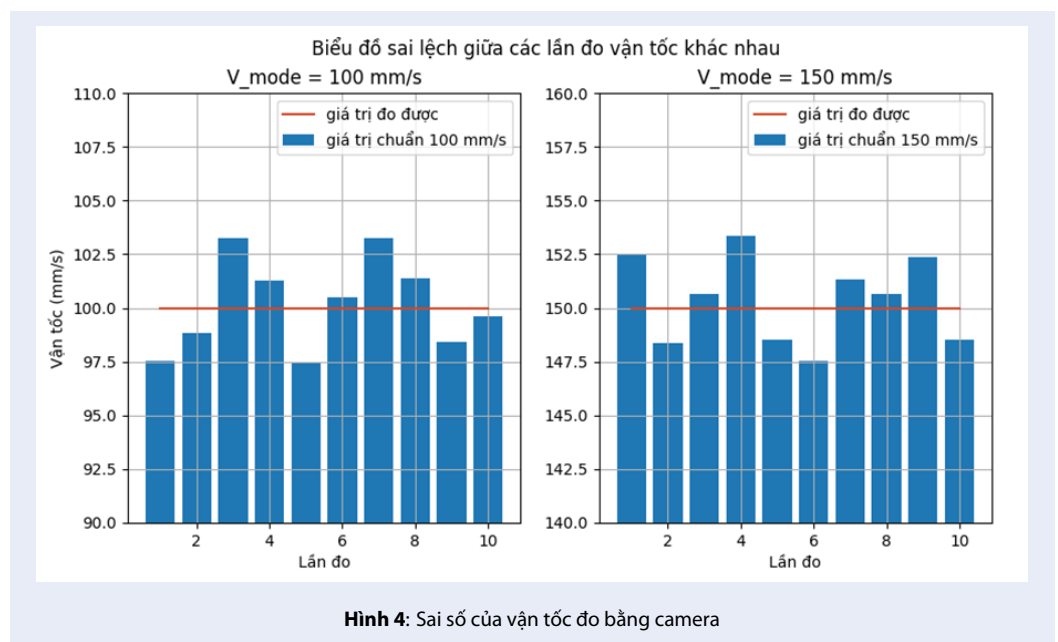
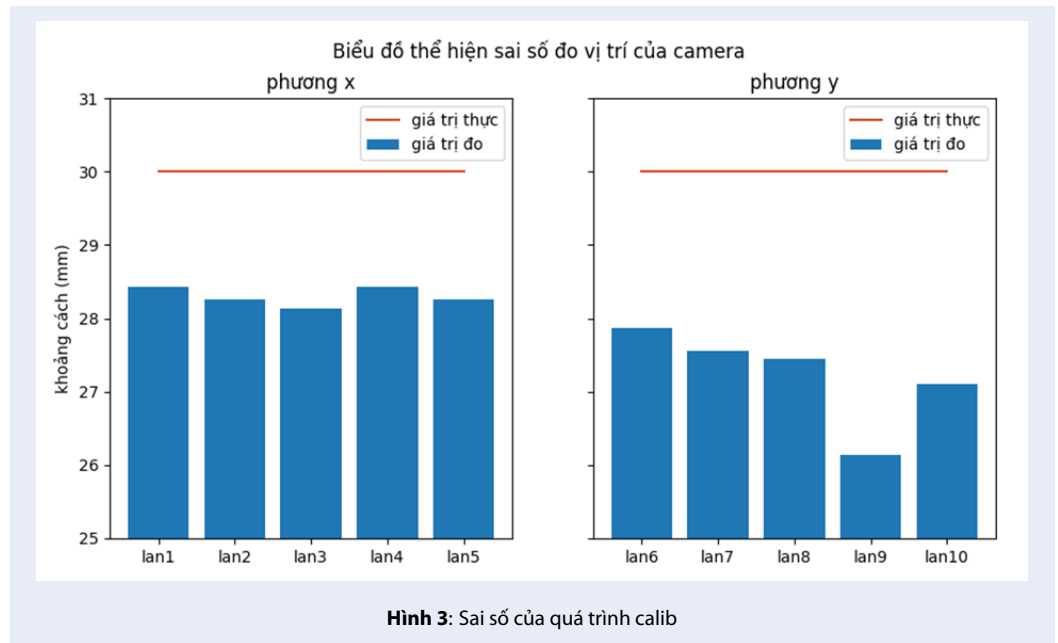
Để xác định chỉ tiêu này, ta sử dụng thêm một encoder
 193 ngoài hệ thống và cho băng tải chạy ở các mức vận tốc
 194 khác nhau để tiến hành so sánh kết quả giữa hai phép
 195 đo như Hình 4.
 196

197 **Multi-class Support Vector Machine**

Phương pháp Support Vector Machine được xây dựng
 198 nhằm giải quyết bài toán Binary Classification, tức
 199 bài toán phân lớp với chỉ hai classes. Việc này cũng
 200 tương tự như Percetron Learning Algorithm hay Lo-
 201 gistic Regression vậy. Các mô hình làm việc với bài
 202



Hình 2: Các hình ảnh thu thập cho calib (a), Hình gốc tọa độ (b).



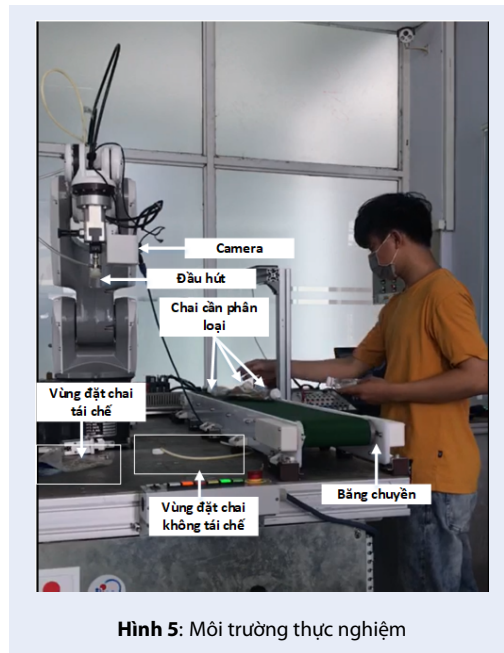
203 toán có 2 classes còn được gọi là Binary classifiers.
 204 Một cách tự nhiên để mở rộng các mô hình này, nó
 205 được áp dụng cho các bài toán multi-class classifica-
 206 tion, tức có nhiều classes dữ liệu khác nhau. Phương
 207 pháp được sử dụng nhiều nhất là one-vs-rest (một số
 208 tài liệu gọi là ove-vs-all, one-against-rest, hoặc one-
 209 against-all). Cụ thể, nếu có C classes thì ta sẽ xây
 210 dựng C classifiers, mỗi classifier tương ứng với một
 211 class. Classifier thứ nhất giúp phân biệt class 1 vs not
 212 class 1, tức xem một điểm có thuộc class 1 hay không,

hoặc xác suất để một điểm rơi vào class 1 là bao nhiêu. 213
 Tương tự như thế, classifier thứ hai sẽ phân biệt class 214
 2 vs not class 2, ... Kết quả cuối cùng có thể được xác 215
 định bằng cách xác định class mà một điểm rơi vào 216
 với xác suất cao nhất. 217
 Sau khi thu thập dữ liệu của hai classes phân loại 218
 trên bao gồm 50 ảnh của class 1 và 50 ảnh của class 219
 2, ta tiến hành training model SVM với các thông 220
 số: DATA_SIZE = 100 (ảnh), TRAINING_SIZE 221
 = 0.7*DATA_SIZE = 70 (ảnh). TEST_SIZE = 222

223 0.3*DATA_SIZE = 30 (ảnh). Kết quả huấn luyện này
 224 được trình bày trong Bảng 2.
 225 Độ chính xác của model đạt mức 0.93% so với mức
 226 chính xác chung của model SVM. Để nâng cao cải
 227 thiện model ta có thể thực hiện bằng cách thu thập
 228 nhiều ảnh huấn luyện hơn để đạt được model tốt hơn.
 229

230 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

231 Quá trình thực nghiệm được thực hiện trên robot
 232 Nachi 6 bậc tự do, camera 2D được đặt trên khâu cuối
 233 của robot và chai nhựa cần phân loại được đặt trên
 234 băng tải di động như Hình 5. Có 2 loại chai nhựa đặt
 235 trên băng tải là loại tái chế được và không tái chế được
 236 như hình 1. Quá trình phát hiện chai nhựa và gắp
 237 được tóm tắt như Hình 6. Đầu tiên, các loại chai nhựa
 238 được đặt trên băng tải xem kẽ chai phân loại và không
 239 phân loại được cùng một lúc như Hình 5, sau đó hệ
 240 thống camera sẽ nhận dạng loại chai và tính toán tọa
 241 độ cho robot. Kế tiếp robot sẽ tiến hành gắp và bỏ vào
 242 đúng chỗ phân loại chai tái chế được như Hình 6a và
 243 Hình 6b. Sau đó hệ thống sẽ tiếp tục nhận dạng và lặp
 244 lại và đặt vào chỗ phân loại chai không tái chế được
 245 như Hình 6c và Hình 6d. Kết quả phân loại cũng như
 246 tốc độ xử lý của hệ thống được trình bày trong Bảng 3
 247 và Bảng 4.



Hình 5: Môi trường thực nghiệm

248 Với model SVM đã được training ở phần trước, ta kiểm
 249 tra khả năng nhận dạng của model với mẫu thử là 20
 250 loại chai khác nhau đã biết trước loại đối tượng, một
 251 trong số đó được thể hiện như Hình 7.

Nhận xét :

- Trong 20 mẫu đánh giá, model chỉ nhận dạng đúng được 18 /20 mẫu, kết quả nhận dạng thấp hơn so với độ chính xác của model.
- Nguyên nhân gây ra sai số mẫu thử khá lớn là do ảnh hưởng của điều kiện sáng khác nhau ở mỗi thời điểm làm thực nghiệm, chúng làm model dự đoán sai. Để khắc phục điều này, hệ thống cần đồng nhất điều kiện sáng của hệ thống camera.
- Thời gian xử lý ảnh tổng cộng không vượt quá 0.5s, ứng dụng có thể chạy thời gian thực rất tốt.
- Thời gian thực thi của robot trung bình khoảng 3.8s. Vì an toàn nên tốc độ tay máy trong nghiên cứu chỉ ở mức 60% tốc độ tối đa. Tốc độ này có thể được điều chỉnh nhanh hơn để phù hợp với yêu cầu đưa ra của sản xuất.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày một phương pháp hiệu quả để tự động hóa quá trình phân loại chai nhựa bằng cách sử dụng robot công nghiệp và thị giác máy tính. Qua thực nghiệm có thể thấy, phương pháp có thể thay thế việc phân loại thủ công hiện nay của người lao động, tăng năng suất cho quá trình phân loại cũng như bảo vệ sức khỏe người lao động tốt hơn. Cách làm cũng đơn giản và dễ thực hiện cũng như dễ bảo trì. Để tăng độ chính xác, hệ thống camera có thể dễ dàng thay đổi cũng như có thể thu thập thêm dữ liệu phục vụ cho quá trình huấn luyện

GHI NHẬN TÀI TRỢ

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

- Lê Đức Hạnh: đưa ra ý tưởng, phân tích và viết bài.
- Võ Duy Công: thực nghiệm và thu thập dữ liệu và phân tích.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

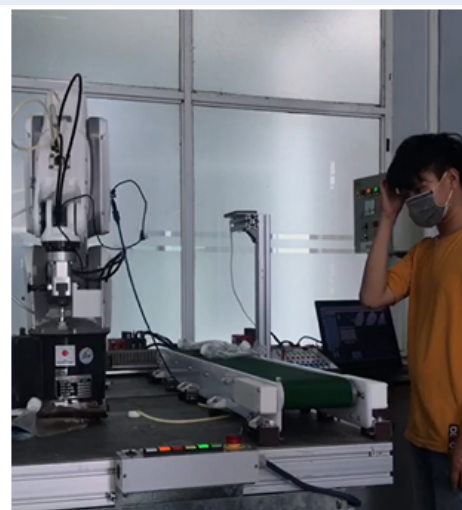
1. Tài nguyên và môi trường. Thị trường tái chế nhựa tại Việt Nam vẫn đang bỏ ngõ. Accessed 20 Dec 2023; Available from: <https://tainguyenvamoitruong.vn/thi-truong-tai-che-nhua-tai-viet-nam-van-dang-bo-ngo-cid15722.html>.
2. NIKKEI Asia. Thailand's Indorama makes \$1.5bn green bet on plastics recycling; Available from: <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Thailand-s-Indorama-makes-1.5bn-green-bet-on-plastics-recycling>.
3. Vietnam plus. Australia phát triển công nghệ mới tái chế các loại rác thải nhựa; Available from: <https://www.vietnamplus.vn/australia-phat-trien-cong-nghe-moi-tai-che-cac-loai-rac-thai-nhua/608525.vnp>.

Bảng 2: Kết quả của quá trình huấn luyện

	Precision	Recall	F1_score	support
Class 1	0.95	1	0.92	15
Class 2	0.92	1	0.88	15
Avg	0.93	1	0.9	30



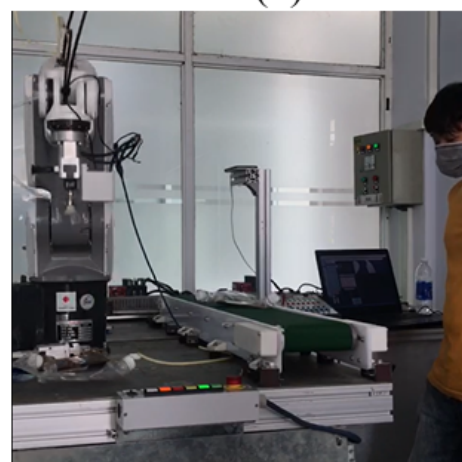
(a)



(b)



(c)



(d)

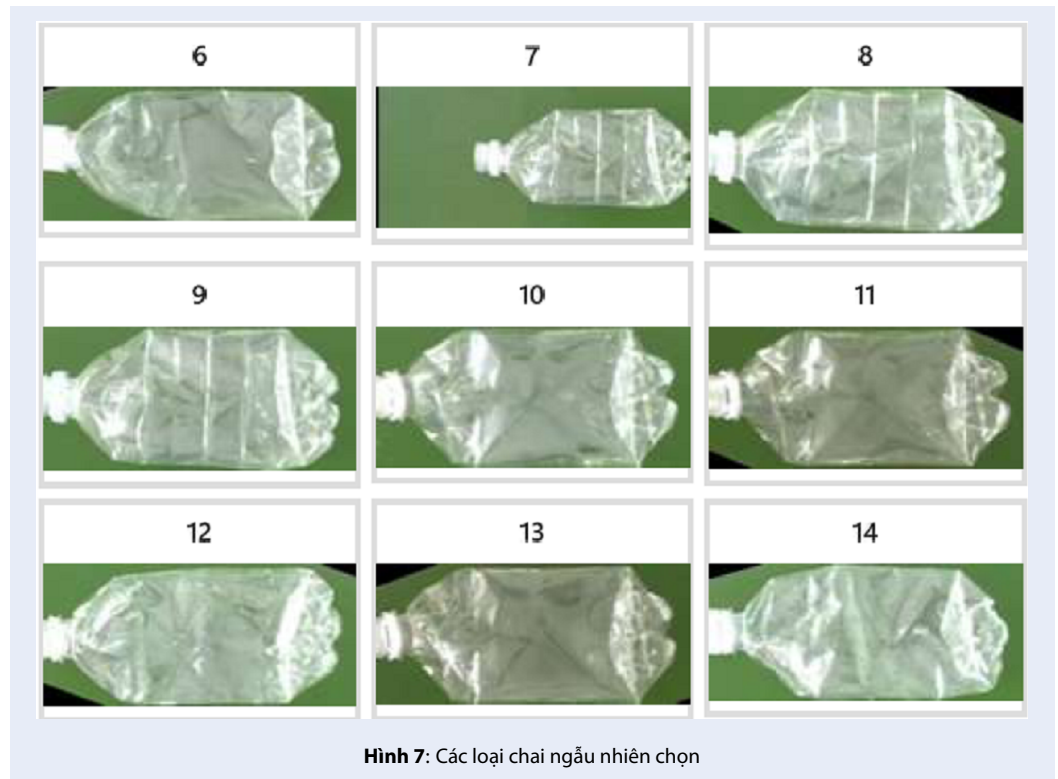
Hình 6: Quá trình nhận dạng và gấp chai nhựa

Bảng 3: Kết quả nhận diện thực nghiệm trên băng tải

Lần	Loại nhãn		Kết quả theo SVM		score
	Class1	Class2	Class1	Class2	
1	x		x		Đ
2	x		x		Đ
3	x		x		Đ
4				x	
5	x		x		Đ
6	x		x		Đ
7	x		x		Đ
8	x		x		Đ
9	x		x		Đ
10	x		x		Đ
11		x		x	Đ
12		x		x	Đ
13		x		x	Đ
14		x		x	Đ
15		x		x	Đ
16		x		x	Đ
17		x		x	Đ
18		x		x	Đ
19		x	x		
20		x		x	Đ

Bảng 4: Thời gian xử lý của hệ thống

	Thời gian tiền xử lí ảnh (ms)	Thời gian nhận dạng đối tượng(ms)	Thời gian robot thực thi. (s)
Lần 1	87.13	164.67	3.84
Lần 2	87.21	180.23	3.84
Lần 3	87.13	201.45	3.81
Lần 4	87.13	180.1	3.69
Lần 5	88.12	188.39	3.67
Lần 6	88.21	160.97	3.57
Lần 7	88.21	188.31	3.84
Lần 8	88.21	178.86	3.84
Lần 9	88.13	212.38	3.90
Lần 10	88.13	218.75	3.79



Hình 7: Các loại chai ngẫu nhiên chọn

- 304 4. Jiao Z, Sun Y. A real-time renewable plastic particles sorting
305 algorithm based on image processing. MATEC Web
306 Conf. 2016;44:01049;Available from: [https://doi.org/10.1051/
307 mateconf/20164401049](https://doi.org/10.1051/mateconf/20164401049).
- 308 5. Özkan K, Ergin S, Işık Ş, Işikli İ. A new classification scheme
309 of plastic wastes based upon recycling labels. Waste Manage.
310 2015;35:29-35;PMID: 25453316. Available from: [https://doi.org/10.1016/j.
311 wasman.2014.09.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.030).
- 312 6. Thịnh PT, Quang ĐV. Điều khiển và phân loại vật thể dựa
313 trên màu sắc sử dụng cánh tay robot 3 bậc tự do của Fischer-
314 technik. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. 2020;56(1):11-
315 20;Available from: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.002>.
- 316 7. Nguyễn Trí Bằng, Nguyễn Đình Vinh, Trần Trọng Đức. Nghiên
317 cứu ứng dụng học sâu xây dựng bộ nhận dạng vật thể Giúp
318 Thanh toán hàng hóa Nhanh. Tạp Chí Khoa học Và Công nghệ
319 - Đại học Đà Nẵng. 2021;19(9):31-6;Available from: [https://jst-
320 ud.vn/jst-ud/article/view/7578](https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/7578).
- 321 8. Đinh Quốc Quân, Nguyễn Thu Hà, Nguyễn Đình Bảo, Nguyễn
322 Vũ Linh, Phạm Văn Hùng. Nhận dạng hạt điều trong dây
323 chuyền đóng gói và kiểm tra chất lượng sản phẩm dựa trên
324 mạng nơ ron tích chập. Khoa học và Công nghệ (Đại học Công
325 nghiệp Hà Nội). 2022;4:65-69;Available from: [https://doi.org/
326 10.57001/huinh5804.10](https://doi.org/10.57001/huinh5804.10).
- 327 9. Nuño-Maganda MA, Jiménez-Arteaga JH, Barron-Zambrano
328 JH, et al. Implementation and integration of image processing
329 blocks in a real-time bottle classification system. Sci Rep.
330 2022;12:4868;Available from: [https://doi.org/10.1038/s41598-
331 022-08777-x](https://doi.org/10.1038/s41598-022-08777-x).
- 332 10. Özkan K, Ergin S, Işık Ş, Işikli İ. A new classification scheme
333 of plastic wastes based upon recycling labels. Waste Manage.
334 2015;35:29-35;Available from: [https://doi.org/10.1016/j.
335 wasman.2014.09.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.030).
- 336 11. Bircanoğlu C, Atay M, Beşer F, Genç O, Kızrak MA. Recy-
337 clenet: Intelligent waste sorting using deep neural networks.
338 In: 2018 Innovations in Intelligent Systems and Applications
339 (INISTA). IEEE; 2018. p. 1-7;Available from: [https://doi.org/10.
340 1109/INISTA.2018.8466276](https://doi.org/10.1109/INISTA.2018.8466276).
- 341 12. He X, He Z, Zhang S, Zhao X. A novel vision-based PET bottle
342 recycling facility. Meas Sci Technol. 2017;Available from: <https://doi.org/10.1088/1361-6501/aa500f>.
- 343 13. Opencv Team. Documents. Accessed 20 Dec 2023;Available
344 from: <https://opencv.org/>.
345

Computer vision for plastic bottle classification moving on conveyor

Le Duc Hanh^{1,2,*}, Vo Duy Cong^{2,3}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Waste classification of used plastic bottles is one of the researches that have received much attention today. However, at present, this classification is still done manually by workers. In addition, there are also a number of studies that perform identification by traditional image processing methods. However, this does not bring about high identification efficiency because the shape of the plastic bottle is very complicated and it is also mixed in other types of waste. This paper will present a method to automatically recognize used water bottles when moving on a conveyor belt using machine learning techniques. This automatic identification method can assist workers in today's hard work of sorting waste. First, images of bottles are collected and preprocessed by conventional image processing methods, then these processed images are saved into a dataset for machine learning. The dataset is divided into 2 types of dirty bottles and clean bottles. The accuracy and processing time of recognition are verified experimentally. A 6-degree-of-freedom industrial manipulator with a camera fixed above the work area recognizes the coordinates of these plastic bottles and picks them up. Through experimental verification, accuracy of over 90% as well as identification time 200ms, the system proves to be applicable to the industrial environment of waste classification in the form of plastic bottles.

Key words: computer vision, bottle classification, manipulator, machine learning, image processing

¹*Mechatronics Department, Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh city University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet, District 10, Ho Chi Minh city, Vietnam*

²*VietNam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam*

³*Industrial Maintenance Training Center (IMTC), Ho Chi Minh city University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet, District 10, Ho Chi Minh city, Vietnam*

Correspondence

Le Duc Hanh, Mechatronics Department, Faculty of Mechanical Engineering, Ho Chi Minh city University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet, District 10, Ho Chi Minh city, Vietnam

VietNam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: ldhanh@hcmut.edu.vn

History

- Received: 04-12-2023
- Accepted: 28-7-2024
- Published Online:

DOI :



Cite this article : Hanh L D, Cong V D. **Computer vision for plastic bottle classification moving on conveyor.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; ():1-1.