

# PHÁT TRIỂN THUẬT TOÁN XỬ LÝ ẢNH VÀ MÁY HỌC ĐỂ NHẬN DẠNG KHIẾM KHUYẾT TRÊN BỀ MẶT GẠCH MEN

Trương Quốc Bảo<sup>1</sup>, Võ Thành Lâm<sup>2</sup>, Võ Văn Phúc<sup>3</sup>, Trương Quốc Định<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

<sup>2</sup> Khoa Điện, Trường Cao đẳng nghề An Giang, Tỉnh An Giang, Việt Nam

<sup>3</sup> Trung tâm Tin học Nam Việt, Thành phố Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long, Việt Nam

<sup>4</sup> Khoa Công nghệ thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

tqbao@ctu.edu.vn, vothanhlamtcdnag@gmail.com, vphucvo@gmail.com, tqdinh@cit.ctu.edu.vn

**TÓM TẮT**— Nghiên cứu này đề xuất một giải thuật xử lý ảnh kết hợp với máy học để phát hiện và nhận dạng khiếm khuyết trên bề mặt gạch men. Đầu tiên, gạch sẽ được tách khỏi nền và tính toán đặc trưng ảnh dựa trên histogram và kết cấu bề mặt để nhận dạng loại mẫu của gạch dùng mạng neural. Tiếp theo, tiến hành trừ ảnh mẫu gạch và gạch mẫu để nhận dạng lỗi sử dụng kỹ thuật xử lý hình thái. Kết quả thực nghiệm được tiến hành trên tập dữ liệu 150 ảnh viên gạch thuộc 15 loại mẫu khác nhau với tổng cộng 292 loại lỗi cần nhận dạng. Kết quả nhận dạng của hệ thống đạt 96.92% với 100% số gạch mẫu được nhận dạng đúng. Thời gian nhận dạng trung bình khoảng 1s cho một mẫu gạch đã khẳng định tính hiệu quả của hệ thống được đề nghị.

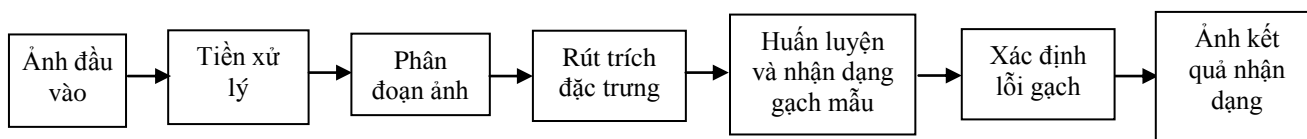
**Từ khóa**— Nhận dạng mẫu, mạng neural, trừ nền, khiếm khuyết bề mặt, gạch men.

## I. GIỚI THIỆU

Sản xuất gạch men và ốp lát tại Việt Nam là một trong số ít các ngành công nghiệp vươn lên tầm cỡ khu vực và thế giới. Theo số liệu thống kê năm 2015 tổng công suất hiện đạt tới 500 triệu m<sup>2</sup>/năm, đứng đầu Đông Nam Á và thứ 6 thế giới. Sản phẩm gạch men không chỉ được tiêu thụ trong nước mà còn được xuất khẩu ra nước ngoài. Việt Nam cũng là nhà xuất khẩu gạch ốp lát top 10 thế giới. Hiện tại, khoảng 15% sản lượng của Việt Nam được xuất khẩu đi các nước trên thế giới [1].

Nghiên cứu các phương pháp và các kỹ thuật cho việc kiểm tra đánh giá lỗi bề mặt trong sản xuất theo dây chuyền tự động và xây dựng hệ thống phát hiện và nhận dạng lỗi trên bề mặt sản phẩm nói chung và gạch men nói riêng đã và đang là một vấn đề được quan tâm đối với ngành công nghiệp của nhiều nước. Tuy nhiên, chưa có công bố nào hoàn chỉnh về vấn đề này. Các nghiên cứu hoặc chỉ dừng lại ở đề xuất thuật toán phân đoạn ảnh để phát hiện vùng chứa khuyết điểm trên bề mặt [2] hay chỉ phát hiện các sai lệch về độ dày, mỏng, độ cong vênh trên biên của viên gạch [3]. Một số hệ thống thực nghiệm thì chỉ đơn giản là nhận dạng gạch có lỗi hay không lỗi [4] hoặc chỉ phân loại khuyết điểm với các mẫu lỗi đã xử lý trước [5]. Phần lớn các nghiên cứu này đều có một khuyết điểm rất lớn là không có chức năng nhận dạng gạch mẫu nên hệ thống không có tính tổng quát cao chỉ xét một số mẫu gạch với hoa văn đơn giản, đồng nhất, các loại gạch đa họa tiết hay bề mặt có các họa tiết phức tạp với độ tương phản cao về độ sáng hay màu sắc chưa được xét đến. Riêng ở nước ta, các nghiên cứu để áp dụng cho các ứng dụng này vẫn chưa phổ biến, chủ yếu là các phương pháp truyền thống thường được thực hiện do con người trực tiếp quan sát bề mặt của sản phẩm, để đánh giá phân loại chất lượng cho các sản phẩm gạch men vì vậy, nghiên cứu này là rất cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

Bài báo này đề xuất một giải thuật máy học và xử lý ảnh mới để phát hiện và nhận dạng khuyết điểm trên bề mặt gạch men sử dụng kỹ thuật nhận dạng gạch mẫu dựa trên mạng nơ-ron với bộ đặc trưng cơ bản về thông tin hình học kết hợp với các đặc trưng về histogram và kết cấu của ảnh. Tiếp theo, các lỗi khuyết điểm trên bề mặt gạch men sẽ được xác định bằng kỹ thuật phân đoạn ảnh, trừ nền và xử lý hình thái. Quy trình xử lý tổng quát của phương pháp được trình bày như hình 1. Mục tiếp theo của bài viết mô tả chi tiết nội dung của phương pháp được đề xuất. Các kết quả thực nghiệm và thảo luận được trình bày trong mục III. Kết luận và các định hướng nghiên cứu tiếp theo được đưa ra trong mục IV của bài báo.



Hình 1. Quy trình xử lý tổng quát của phương pháp được đề nghị

## II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

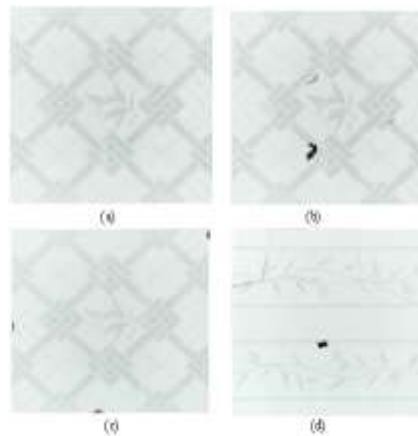
### A. Giới hạn và phạm vi nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, chúng tôi xét bài toán phát hiện và nhận dạng lỗi trên bề mặt gạch men ceramic là loại gạch được sản xuất và tiêu thụ với sản lượng lớn nhất ở Việt Nam hiện nay. Chúng tôi xét 15 loại gạch mẫu có kích thước, màu sắc, hình dáng và độ phức tạp khác nhau của họa tiết. Hình ảnh minh họa cho các loại gạch này được trình bày như ở Hình 2.



**Hình 2.** Các loại gạch mẫu được sử dụng trong thực nghiệm hệ thống

Các lỗi khiếm khuyết được thử nghiệm cho hệ thống bao gồm sai mẫu, đốm hoặc trầy men gạch, bề hay mẻ trên đường biên của gạch và lỗi nứt gạch như trình bày ở Hình 3.



**Hình 3.** Các loại khiếm khuyết trên bề mặt gạch men được xét trong hệ thống

**B. Tiền xử lý**

1. Thu nhận ảnh mẫu gạch

Gạch di chuyển trên băng tải được đưa vào buồng chụp và thu nhận ảnh bằng camera Logitech HD Pro C920. Đây là loại camera có thể thu nhận được ảnh với độ phân giải 15 Megapixels, có khả năng tự lấy nét và bù sáng, tốc độ thu nhận ảnh tối đa là 30 frame ảnh/s.

2. Tách mẫu gạch khỏi băng tải

Ảnh đầu vào được thu từ buồng chụp, nền của ảnh mẫu gạch là băng tải, để xử lý ảnh mẫu gạch trước tiên cần tách ảnh khỏi nền băng tải. Quá trình được thực hiện thông qua các bước sau:

- **Bước 1:** Xác định giới hạn biên trái, phải của ảnh đầu vào.
- **Bước 2:** Chuyển đổi ảnh sang ảnh xám, phân đoạn ảnh với ngưỡng động bằng thuật toán OTSU [6].
- **Bước 3:** Xác định vùng ảnh chứa viên gạch.
- **Bước 4:** Cắt ảnh gạch khỏi nền băng tải

Kết quả minh họa cho quá trình xử lý tách ảnh viên gạch ra khỏi nền băng tải được thể hiện như ở Hình 4a và Hình 4b.



**Hình 4.** a. Ảnh viên gạch trên băng tải; b. Ảnh viên gạch được tách khỏi băng tải c. Vùng chứa ảnh viên gạch

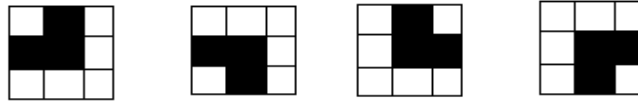
### 3. Tìm xương của ảnh viên gạch

Nhằm mục đích loại bỏ các thông tin dư thừa về hình dạng của ảnh mẫu gạch chúng tôi áp dụng thuật toán làm mỏng nét [7] để tìm xương của ảnh viên gạch (Hình 7a). Bước xử lý này giúp giảm thiểu ảnh hưởng của độ méo của hoa văn trên ảnh viên gạch giúp tăng độ chính xác nhận dạng và giảm thời gian tính toán đặc trưng ảnh.

### 4. Làm mịn xương

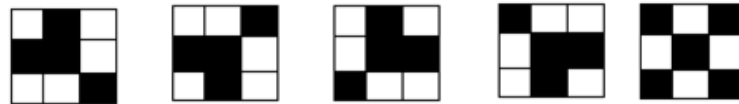
Xương của ảnh mẫu gạch sau khi tìm được vẫn còn một số trường hợp cần được xử lý để xương mảnh đến khi chỉ còn 1 hoặc 2 điểm ảnh trong 8 điểm lân cận xung quanh một điểm đang xét. Để làm mịn xương của xương ảnh viên gạch chúng tôi sử dụng các mặt nạ  $3 \times 3$  để xác định các giao điểm nào trên xương của ảnh cần xóa hay giữ lại.

Nếu có trạng thái 3 điểm đen như Hình 5 thì điểm tâm của mặt nạ  $3 \times 3$  đang xét sẽ được chuyển thành điểm màu trắng bất kể các điểm đen còn lại ở vị trí nào trong mặt nạ này.



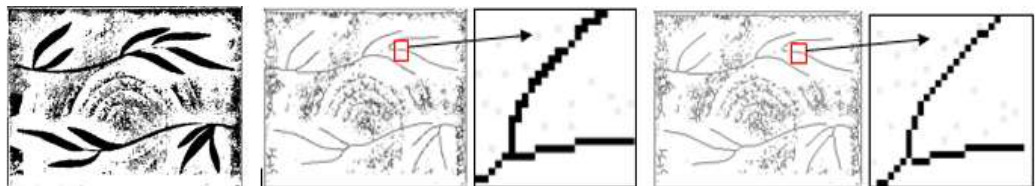
Hình 5. Các trường hợp cần xóa điểm tâm để làm mịn xương

Tuy nhiên, nếu xét trên toàn mẫu gạch cần chú ý đến các giao điểm là các điểm giao 3, 4 trong trường hợp thỏa mãn điều kiện trên nhưng nếu xóa đi giao điểm này sẽ làm đứt khúc đường cong thì tâm giao điểm cần được giữ lại được minh họa ở Hình 6.



Hình 6. Các trường hợp cần giữ điểm tâm để không làm đứt khúc đường cong của xương

Xương mẫu gạch được làm mịn để tính một số đặc trưng liên quan đến xương: độ dài xương, sắp xếp thứ tự các điểm ảnh trên các đường cong được phân rã từ điểm đầu đến điểm cuối. Từ đó, cực trị của đường cong được tìm trên các đường cong có thứ tự này. Một ví dụ minh họa cho quá trình làm mịn xương được trình bày như ở Hình 7b và Hình 7c.



a. Ảnh nhị phân viên gạch; b. Ảnh xương của ảnh viên gạch; c. Ảnh làm mịn xương của ảnh viên gạch

Hình 7. Kết quả tìm xương và làm mịn xương của xương ảnh mẫu gạch

## C. Phân đoạn ảnh

Dựa vào đặc tính vật lý của ảnh, người ta có nhiều kỹ thuật phân đoạn ảnh: phân đoạn dựa theo miền liên thông, phân đoạn dựa vào biên (phân vùng biên), phân đoạn dựa trên lược đồ mức xám (histogram). Ngoài ra còn có các kỹ thuật phân vùng khác dựa vào biên độ, phân vùng dựa theo kết cấu. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng kỹ thuật phân đoạn ảnh dựa trên lược đồ mức xám histogram, phân đoạn dựa trên các vùng liên thông, xét các giao điểm biên để phân rã đường cong tại giao điểm, tách vùng liên thông để tách các đường cong,...

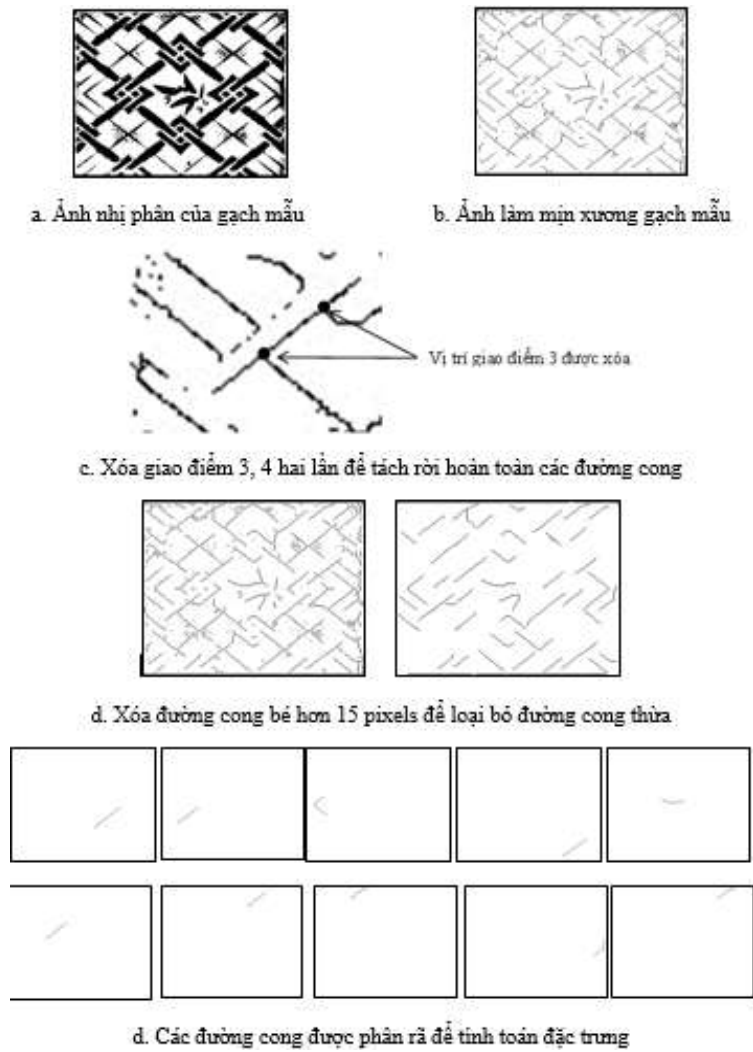
### 1. Phân đoạn dựa trên ngưỡng mức xám

Phân đoạn ảnh bằng lược đồ mức xám histogram theo khoảng mức xám. Các nhóm mức độ sáng tối của ảnh được phân theo ngưỡng mức xám là 30, 80, 128, 180, 240 như được trình bày trong [8].

### 2. Phân đoạn dựa trên các vùng liên thông

Phân đoạn ảnh dựa trên tính liên thông của các vùng trên ảnh và gán nhãn cho các vùng liên thông. Từ đó có thể tính toán các đặc trưng liên thông, bao đóng của các vùng trên ảnh. Từ các vùng liên thông này chúng ta cũng có thể tiến hành phân rã đường cong để tính toán các đặc trưng liên quan như số lượng đường cong, số cực trị của đường cong, chu vi, độ dài đường cong,...

Một ví dụ minh họa cho việc phân đoạn ảnh dựa trên các vùng liên thông và phân rã ảnh thành các đường cong được minh họa như ở Hình 8.



**Hình 8.** Phân đoạn ảnh dựa trên vùng liên thông và phân rã đường cong

**D. Trích đặc trưng ảnh**

Để biểu diễn ảnh gạch mẫu, chúng tôi đề xuất bộ đặc trưng được xây dựng bằng cách kết hợp 24 đặc trưng cơ bản kết hợp với 64 đặc trưng dựa trên histogram và kết cấu bề mặt (được phân tích trên 04 ảnh gồm: Ảnh mức xám, ảnh kênh Red, Green và Blue).

**1. Các đặc trưng cơ bản**

Sau khi tiến hành các thao tác tiền xử lý và phân đoạn ảnh chúng tôi tiến hành rút trích 24 đặc trưng cơ bản từ các ảnh kết quả của gạch mẫu. Tên và công thức tính toán của 24 đặc trưng cơ bản được liệt kê trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Danh sách 24 đặc trưng cơ bản

STT	Tên đặc trưng	Công thức, giải thuật tính đặc trưng	Ký hiệu và tỉ lệ cơ giá trị
1	Tỉ lệ chiều rộng trên chiều cao	$w/h$	tl_wh
2	Tỉ lệ diện tích trên chu vi	$wh/2(h+w)$	tl_dt_cv/10
3	Số điểm cuối	Giải thuật đếm số điểm cuối	Gdcuoi
4	Tỉ lệ tổng số điểm ảnh màu đen trên diện tích	$SumA/(wh)$	tl_sumA_dt * 10
5	Tỉ lệ độ dài xương đã làm mịn trên diện tích	$DoDaiXuong/(wh)$	tl_xng_dt*100
6	Số vùng liên thông	Giải thuật đếm vùng liên thông	sovunglienthong
7	Số vùng bao đóng	Giải thuật đếm vùng bao đóng	sovungbaodong
8	Số đường cong chính lớn hơn 15 pixel	Giải thuật tìm và đếm đường cong	SoDgCong
9	Tổng số cực trị của các đường cong chính trên gạch mẫu	Tìm cực trị và đếm số cực trị	SoCucTri
10	Tọa độ x1 của trọng tâm chính T1	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x1/100
11	Tọa độ y1 của trọng tâm chính T1	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y1/100

STT	Tên đặc trưng	Công thức, giải thuật tính đặc trưng	Ký hiệu và tỉ lệ cơ giá trị
12	Tọa độ x2 của trọng tâm trái T2	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x2/100
13	Tọa độ y2 của trọng tâm trái T2	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y2/100
14	Tọa độ x3 của trọng tâm phải T3	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x3/100
15	Tọa độ y3 của trọng tâm phải T3	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y3/100
16	Tọa độ x4 của trọng tâm trái phía trên T4	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x4/100
17	Tọa độ y4 của trọng tâm trái phía trên T4	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y4/100
18	Tọa độ x5 của trọng tâm trái phía dưới T5	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x5/100
19	Tọa độ y5 của trọng tâm trái phía dưới T5	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y5/100
20	Tọa độ x6 của trọng tâm phải phía trên T6	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x6/100
21	Tọa độ y6 của trọng tâm phải phía trên T6	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y6/100
22	Tọa độ x7 của trọng tâm phải phía dưới T7	Trung bình tọa độ x của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	x7/100
23	Tọa độ y7 của trọng tâm phải phía dưới T7	Trung bình tọa độ y của tất cả các điểm trong phạm vi đang xét	y7/100
24	Khoảng cách trung bình từ các trọng tâm đến tâm hình học	Tính khoảng cách trung bình của các trọng tâm đến tâm.	KCTB_tam/10

## 2. Đặc trưng kết cấu bề mặt

### 2.1. Định nghĩa kết cấu (texture)

Kết cấu (texture) liên quan đến các đặc điểm bề mặt của một vật thể (tự nhiên hoặc nhân tạo) và có kích thước, hình dáng, mật độ, sự sắp xếp, tỷ lệ các thành phần cơ bản của vật thể. Một kết cấu thường được miêu tả là mịn hay gồ ghề, mềm hay cứng, thô hay bóng...

### 2.2. Phân tích kết cấu

Cách tiếp cận để phân tích kết cấu thường được phân loại thành: cấu trúc (structural), thống kê (statistical), dựa trên cơ sở mô hình và các phương pháp biến đổi ảnh.

Có nhiều phương pháp thống kê khác nhau được sử dụng để phân tích kết cấu của ảnh như: đặc trưng dựa trên lược đồ thứ tự đầu tiên (First-order histogram based) [9], đặc trưng dựa trên ma trận xuất hiện đồng thời (Co-occurrence matrix) [9, 10], đặc trưng đa tỉ lệ (Multiscale) [9], ma trận khác biệt tông màu xám (Grey-Tone Difference Matrix (GTDM)) [9]... Để tính toán hiệu quả đặc trưng theo màu sắc, độ đậm nhạt, họa tiết đa dạng của ảnh gạch mẫu, chúng tôi đã chọn lựa phương pháp thứ nhất để tính các đặc trưng kết cấu dựa trên lược đồ mức xám áp dụng trên cả 4 ảnh mức xám trên các kênh Red, Green và Blue của gạch mẫu.

### 2.3. Đặc trưng dựa trên lược đồ thứ tự đầu tiên (First-order histogram based features)

Ta biểu diễn một ảnh là một hàm  $f(x, y)$  với 2 biến không gian  $x$  và  $y$ ,  $x = 0, 1, \dots, N-1$  và  $y = 0, 1, \dots, M-1$ . Trong đó:  $N, M$  lần lượt là số dòng và số cột của ảnh. Hàm  $f(x, y)$  có thể mất giá trị rời rạc  $i = 0, 1, \dots, G-1$ , trong đó  $G$  là tổng số số mức cường độ trong hình ảnh, với ảnh mức xám ta có  $G=256$ . Biểu đồ biểu thị mức cường độ (histogram) biểu thị với mỗi mức cường độ là số điểm ảnh có cùng cường độ trên toàn bộ ảnh:

$$h(i) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \delta(f(x, y), i), \text{ trong đó } \delta(i, j) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (1)$$

Bằng cách chia giá trị  $h(i)$  cho tổng số điểm ảnh có trong ảnh ta có được mật độ xác suất xấp xỉ xuất hiện của các cường độ  $p(i)$ :

$$p(i) = \frac{h(i)}{M * N}, \quad i = 0, 1, \dots, G-1 \quad (2)$$

Hầu hết các thông số tính được đều được gọi là mô-men trung tâm (central moments) và là cơ sở để tính các đặc trưng kết cấu, các đặc trưng này được tính bởi các phương trình sau:

$$\text{Mean: } \mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i) \tag{3}$$

$$\text{Variance: } \sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^2 p(i) \tag{4}$$

$$\text{Kurtosis: } \mu_4 = \sigma^{-4} \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^4 p(i) - 3 \tag{5}$$

$$\text{Energy: } E = \sum_{i=0}^{G-1} [p(i)]^2 \tag{6}$$

$$\text{Entropy: } H = -\sum_{i=0}^{G-1} p(i) \log_2 [p(i)] \tag{7}$$

Một số đặc trưng khác có thể tính thêm từ biểu đồ biểu thị mức cường độ hoặc biểu đồ biểu thị mức phân phối là: giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, trung vị, giá trị của các khoảng. Các đặc trưng dựa trên histogram và kết cấu bề mặt được liệt kê chi tiết trong Bảng 2.

**Bảng 2.** Thống kê các đặc trưng dựa trên histogram và kết cấu bề mặt

STT	Tên đặc trưng	Công thức, giải thuật tính đặc trưng	Ký hiệu và tỉ lệ cơ giá trị
1	Tỉ lệ của tổng số điểm ảnh nhị phân threshold mức 30 trên tổng số điểm ảnh nhị phân mức 240	L30/L240	t130
2	Tỉ lệ của tổng số điểm ảnh nhị phân threshold mức 80 trên tổng số điểm ảnh nhị phân mức 240	L80/L240	t180
3	Tỉ lệ của tổng số điểm ảnh nhị phân threshold mức 128 trên tổng số điểm ảnh nhị phân mức 240	L128/L240	t1128
4	Tỉ lệ của tổng số điểm ảnh nhị phân threshold mức 180 trên tổng số điểm ảnh nhị phân mức 240	L180/L240	t1180
5	Tính trung bình Mean cho kết cấu bề mặt ảnh dựa trên tỉ lệ phân phối sắp xỉ mức xám	Công thức (3)	Mean/10
6	Phương sai	Công thức (4)	Variance/1000
7	Độ nhọn, độ nhám	Công thức (5)	Kurtosis
8	Năng lượng	Công thức (6)	Energy*1000
9	Tính đồng nhất	Công thức (7)	Entropy
10	Tỉ lệ phân phối lớn nhất	Max (P(i))	MaxP*100
11	Tỉ lệ phân phối trung vị	Median(P(i))	MedianP*100
12	Tổng tỉ lệ phân phối trong khoảng 0 đến 49 trên mảng tỉ lệ phân phối P[i]=H[i]/N, với N là tổng số điểm ảnh, i=0..254.	Sum(P[i]), i=0..49	r1*100
13	Tổng tỉ lệ phân phối trong khoảng 50 đến 99 trên mảng tỉ lệ phân phối P[i]=H[i]/N, với N là tổng số điểm ảnh, i=0..254.	Sum(P[i]), i=50..99	r2*100
14	Tổng tỉ lệ phân phối trong khoảng 100 đến 149 trên mảng tỉ lệ phân phối P[i]=H[i]/N, với N là tổng số điểm ảnh, i=0..254.	Sum(P[i]), i=100..149	r3*100
15	Tổng tỉ lệ phân phối trong khoảng 150 đến 199 trên mảng tỉ lệ phân phối P[i]=H[i]/N, với N là tổng số điểm ảnh, i=0..254.	Sum(P[i]), i=150..199	r4*100
16	Tổng tỉ lệ phân phối trong khoảng 200 đến 249 trên mảng tỉ lệ phân phối P[i]=H[i]/N, với N là tổng số điểm ảnh, i=0..254.	Sum(P[i]), i=200..249	r5*10

**E. Nhận dạng gạch mẫu**

Chúng tôi xây dựng mạng Nơ-ron nhân tạo có 88 giá trị đầu vào, 250 Nơ-ron lớp ẩn và 7 Nơ-ron lớp đầu ra để nhận dạng loại mẫu của gạch với bộ dữ liệu có 150 mẫu gạch thuộc 15 loại mẫu gạch khác nhau.

Phụ thuộc vào tập dữ liệu có bao nhiêu mẫu gạch, ta có số thứ tự là mã nhận dạng gạch mẫu. Mã này là một số nguyên N. Ta có số Nơ-ron lớp đầu ra x thỏa điều kiện sau: 2<sup>x</sup> >= N. Mỗi đầu ra của mạng được biểu diễn bằng một bit có 2 trạng thái 0 hoặc 1. Chúng tôi chọn số đầu ra của mạng huấn luyện là tổ hợp 7 bits đầu ra sẽ là mã nhận dạng gạch mẫu trong cơ sở dữ liệu. Với 7 bit đầu ra, hệ thống có thể nhận dạng 2<sup>7</sup>-1 =127 loại gạch mẫu khác nhau.

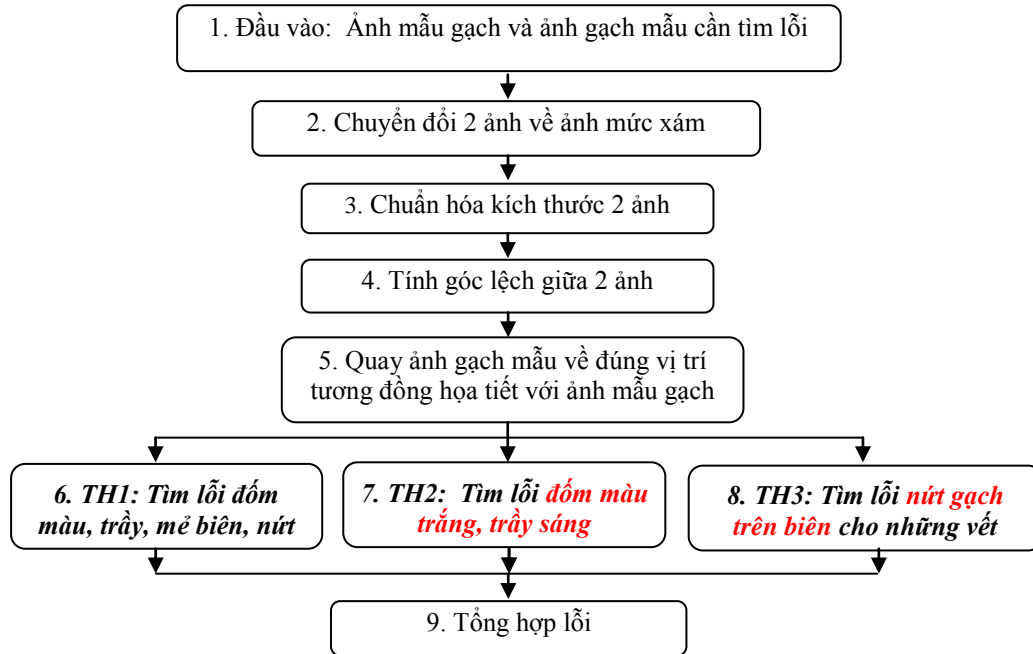
Cơ sở dữ liệu huấn luyện sẽ được sắp xếp ngẫu nhiên theo số thứ tự và được chia làm 3 tập dữ liệu gồm: tập huấn luyện, tập kiểm tra huấn luyện và tập kiểm thử sau huấn luyện theo tỉ lệ 60%, 20%, 20% tổng số mẫu tin của tập

cơ sở dữ liệu huấn luyện, các tập dữ liệu này độc lập với nhau. Kết quả huấn luyện mạng đạt kết quả chính xác hoàn toàn 100% đã khẳng định sự phù hợp và tính hiệu quả của bộ đặc trưng ảnh cũng như cấu trúc mạng nơ-ron do chúng tôi đề xuất.

### F. Nhận dạng lỗi trên bề mặt gạch men

#### 1. Lưu đồ tổng quát giải thuật tìm lỗi

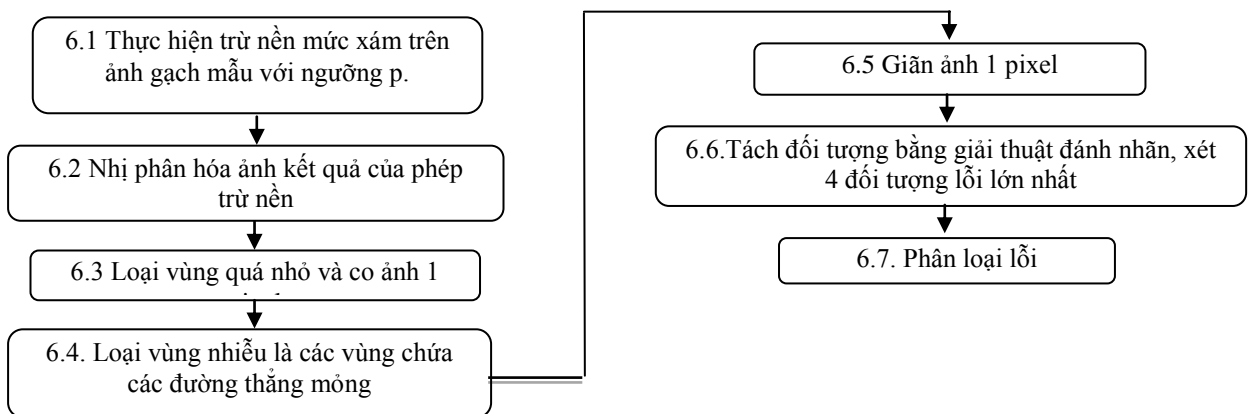
Sau khi nhận dạng được gạch mẫu, hệ thống có được ảnh gạch mẫu và mẫu gạch cần nhận dạng lỗi. Hình 9 minh họa sơ đồ tổng quát của quá trình tìm lỗi trên mẫu gạch:



Hình 9. Sơ đồ tổng quát của quá trình tìm lỗi trên mẫu gạch

#### 2. Giải thuật cho trường hợp 1 (TH1) tìm lỗi đốm, trầy, mẻ biên, nứt gạch

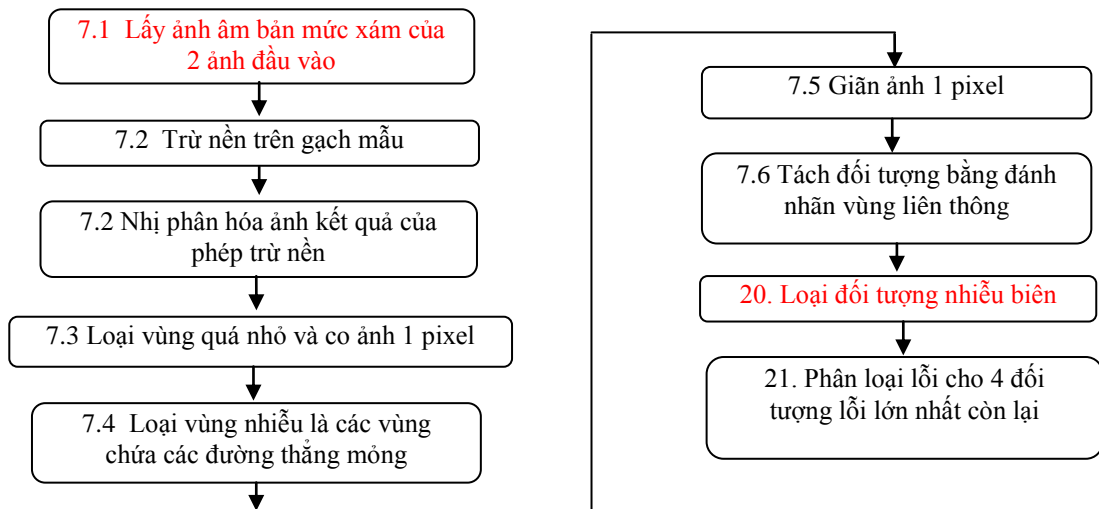
Trong trường hợp này giải thuật sẽ tính toán trên 2 ảnh xám của ảnh mẫu gạch và ảnh gạch mẫu cần kiểm tra, hai ảnh này đã được chuẩn hóa cùng kích thước và quay ảnh tương đồng vị trí họa tiết. Xem ảnh mẫu gạch cần kiểm tra là ảnh đối tượng cần xét (foreround image) có nền là ảnh gạch mẫu (background image), đối tượng lỗi là các vùng ảnh đen trên nền trắng. Giải thuật được trình bày chi tiết như ở Hình 10.



Hình 10. Sơ đồ xử lý tìm lỗi đốm màu, trầy, mẻ biên, nứt gạch

#### 3. Giải thuật cho trường hợp 2 (TH2) tìm lỗi đốm màu trắng, trầy sáng

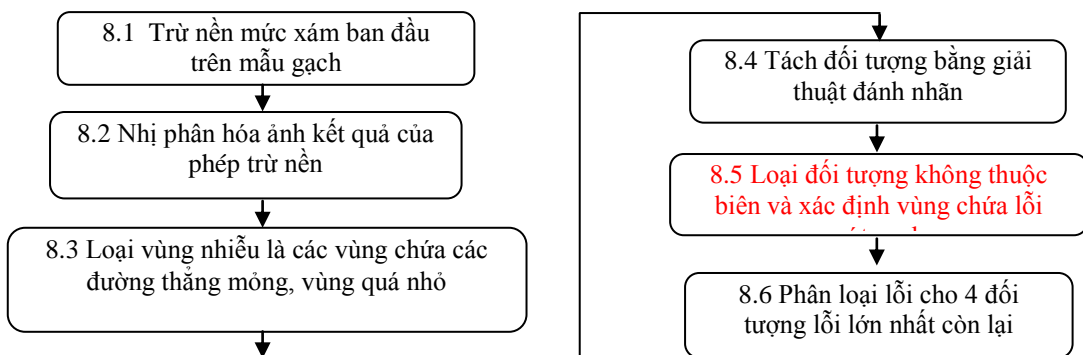
Thuật toán tương tự như trường hợp 1 nhưng do lỗi là dạng đốm trắng và trầy sáng nên ta cần tiến hành lấy ảnh âm bản của 2 ảnh xám đầu vào (ảnh mẫu gạch cần kiểm tra và ảnh gạch mẫu) để làm nổi bật đối tượng lỗi. Các đối tượng lỗi này không liên quan đến biên của gạch. Vì vậy giải thuật sẽ không xét các đối tượng thuộc biên của ảnh. Giải thuật được trình bày chi tiết như ở Hình 11.



Hình 11. Sơ đồ xử lý của quá trình tìm lỗi đốm màu trắng, trắng sáng

4. Giải thuật cho trường hợp 3 (TH3) tìm lỗi nứt gạch trên biên cho những vết nứt mỏng

Thuật toán tương tự như trường hợp 1. Tuy nhiên, do đối tượng lỗi nứt gạch là các đối tượng thuộc biên nên ta sẽ loại bỏ các đối tượng khác không liên quan đến biên. Giải thuật được trình bày chi tiết như ở Hình 12.



Hình 12. Sơ đồ tổng quát của quá trình tìm lỗi nứt gạch trên biên

III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

1. Điều kiện thực nghiệm

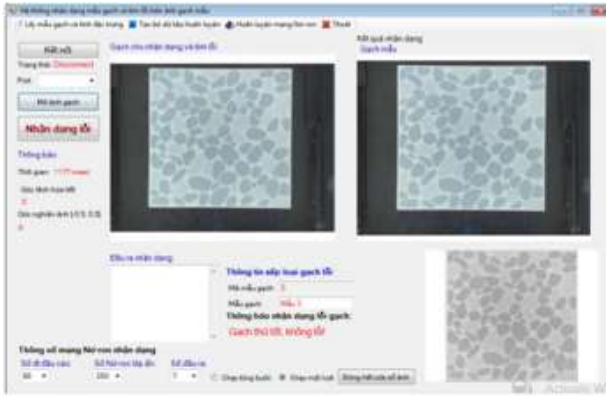
Cơ sở dữ liệu gạch mẫu bao gồm 15 loại mẫu, mỗi loại mẫu sẽ được lấy mẫu 10 ảnh từ thiết bị thu ảnh, tạo được tổng cộng 150 gạch mẫu. Tất cả các ảnh gạch mẫu sẽ được lấy đặc trưng và được đánh nhãn kết quả đầu ra để phục vụ cho việc huấn luyện và kiểm thử. Các mẫu gạch cần kiểm tra sẽ được chia thành 5 tập con:

- Tập 1 bao gồm các mẫu gạch không có lỗi nào cần nhận dạng. Tập này được dùng cho mục đích nhận dạng gạch mẫu.
- Tập 2 bao gồm các mẫu gạch có 1 loại lỗi trong số 4 loại khiếm khuyết cần nhận dạng.
- Tập thứ i bao gồm các mẫu gạch có i - 1 loại lỗi trong số 4 loại khiếm khuyết cần nhận dạng (i = 3..6).

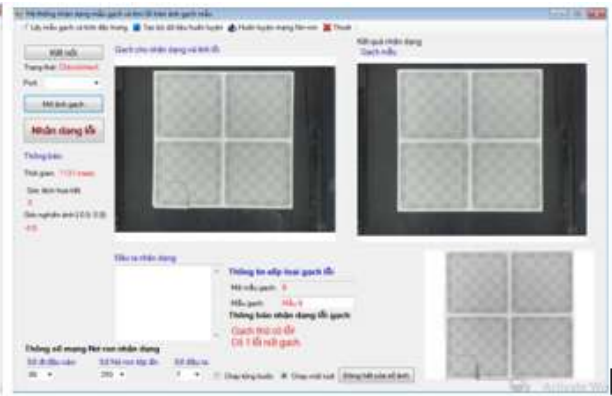
2. Kết quả thực nghiệm

Kiểm thử hệ thống bằng cách cho hệ thống nhận dạng lỗi khuyết điểm trên bề mặt viên gạch theo từng nhóm theo số lượng lỗi trên các mẫu gạch cần kiểm tra để xác định lỗi, tính toán thời gian thực hiện của hệ thống đối với từng mẫu gạch và từng loại gạch mẫu. Dưới đây là một số minh họa kết quả thực nghiệm hệ thống được trình bày ở Hình 13.





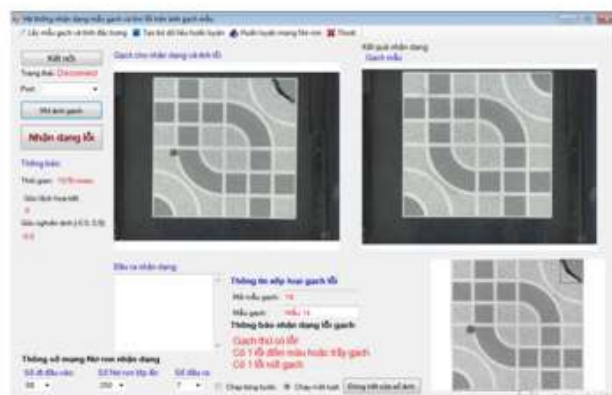
(a) Mẫu gạch không lỗi



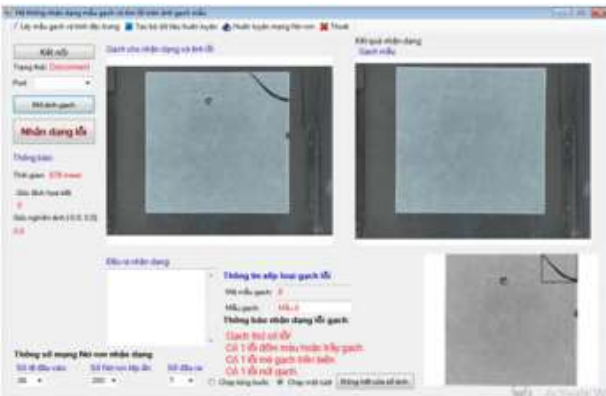
(b) Mẫu gạch có 1 lỗ nứt gạch



(c) Mẫu gạch có 2 lỗ đốm hoặc trầy men và nứt gạch



(d) Mẫu gạch có 2 lỗ đốm và nứt gạch tệp màu nền



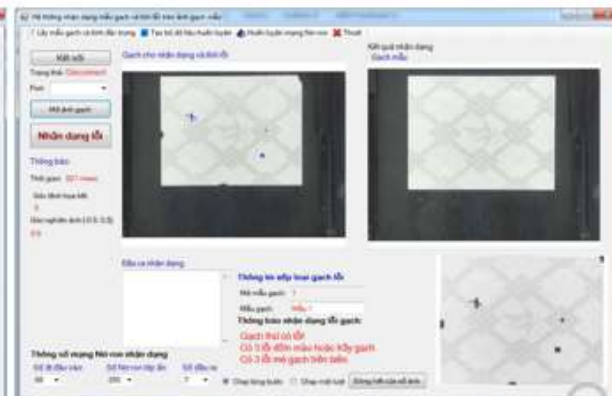
(e) Mẫu gạch có 3 lỗ đốm, mẻ và nứt gạch



(f) Mẫu gạch có 4 lỗ đốm hoặc trầy men gạch



(g) Mẫu gạch có 5 lỗi: 2 đốm hoặc trầy men, 3 mẻ gạch



(h) Mẫu gạch có 6 lỗi: 3 đốm hoặc trầy men, 3 mẻ

Hình 13. Minh họa một số kết quả thực nghiệm hệ thống.

Ở đây, chúng tôi minh họa một số gạch mẫu có lỗi đã kiểm tra với các mẫu gạch khác nhau (màu sắc, kích thước, hoa văn khác nhau) được chọn ngẫu nhiên trong cơ sở dữ liệu để thấy được tính tổng quát và tiềm năng của hệ thống đề nghị. Thời gian nhận dạng trung bình dưới 1s cho 1 mẫu kiểm tra.

Hệ thống làm việc rất tốt trên các loại gạch mẫu khác nhau về màu sắc, độ sáng tối và phức tạp của hoa văn. Tuy nhiên, trong một số trường hợp vẫn có thể nhận dạng thiếu hoặc thừa lỗi như ví dụ minh họa ở Hình 14.



(a) Nhận dạng thiếu 1 lỗi mè biên nhỏ lỗi nhỏ, màu sáng nhạt

(b) Nhận dạng thừa lỗi do mẫu gạch lệch sáng so với mẫu gốc

**Hình 14.** Minh họa một số trường hợp nhận dạng thiếu hoặc thừa lỗi.

Các hạn chế này có thể được giải quyết nếu chúng ta sử dụng camera tốt hơn với độ phân giải cao hơn hoặc thiết kế, bố trí nguồn sáng trong buồng chụp tối ưu hơn để nhận được ảnh mẫu gạch sắc nét hơn.

3. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Tổng hợp kết quả kiểm thử hệ thống được trình bày như ở bảng 3.

**Bảng 3.** Tổng hợp kết quả kiểm thử hệ thống

Số lượng lỗi trên gạch	0 lỗi	1 lỗi	2 lỗi	3 lỗi	4 lỗi	5 lỗi	6 lỗi	Tổng	Tỷ lệ
Số lượng ảnh mẫu	17	42	45	28	15	2	1	150	
Nhận dạng được mẫu gạch	17	42	45	28	15	2	1	150	
Số lượng lỗi	0	42	90	84	60	10	6	292	
Nhận dạng đúng mẫu có lỗi	17	42	42	26	13	1	1	142	94.67%
Nhận dạng sai mẫu có lỗi (một phần hoặc sai hoàn toàn)	0	0	3	2	2	1	0	8	5.33%
Nhận dạng sai mẫu hoàn toàn	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Số lượng lỗi nhận dạng đúng	0	42	84	78	52	5	6	267	91.44%
Số lượng lỗi nhận dạng đúng một phần	0	0	3	4	5	4	0	16	5.48%
Số lượng lỗi nhận dạng thiếu	0	0	3	2	3	1	0	9	3.08%
Số lỗi phát sinh ngoài ý muốn	0	7	15	5	0	0	0	27	8.46%
Số lỗi sai hoàn toàn	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Tổng số lỗi nhận dạng đúng	0	42	87	82	57	9	6	283	96.92%
Tổng số lỗi nhận dạng sai	0	0	3	2	3	1	0	9	3.08%

Từ kết quả thống kê trong Bảng 1 chúng ta có một số nhận xét, đánh giá về hệ thống như sau:

- Nếu xét về nhận dạng gạch mẫu (các mẫu có số lỗi là 0) hệ thống của chúng tôi nhận dạng đúng chính xác 100%. Kết quả cho thấy hệ thống nhận dạng gạch mẫu tuyệt đối chính xác đồng nghĩa với bộ đặc trưng và cấu trúc mạng nơ-ron huấn luyện do chúng tôi đề xuất là rất phù hợp với vấn đề nghiên cứu.

- Nếu xét về nhận dạng mẫu gạch có lỗi hay không có lỗi hệ thống nhận dạng chính xác hoàn toàn 142 mẫu gạch đạt tỷ lệ 94.67%, có 8 mẫu là nhận dạng thừa hoặc thiếu lỗi khuyết điểm và 0 mẫu không có lỗi mà bị nhận dạng ra có lỗi. Điều này chứng tỏ hệ thống hoạt động phù hợp với thực tế. Vì trong thực tế nếu gạch không lỗi bị nhận dạng ra có lỗi sẽ không được chấp nhận.
- Ở đây nếu chúng ta xét vấn đề là cần biết số lượng lỗi của từng loại lỗi và xác định dạng lỗi nào thường xảy ra để có thể tư vấn cho công ty có thể tiến hành kiểm tra hoặc cải tiến công đoạn cần thiết trong quá trình sản xuất gạch men. Đồng thời nếu xét tổng thể tổng số lượng lỗi cần nhận dạng là 292 lỗi thì hệ thống nhận dạng đúng tổng cộng 283 lỗi khuyết điểm đạt độ chính xác 96.92%, nhận dạng thiếu 9 lỗi với sai số là 8.03%. Số lỗi dư thừa phát sinh trong quá trình nhận dạng là 27 lỗi với sai số là 8.46%. Kết quả này cho thấy hiệu quả nhận dạng của hệ thống là rất cao.

Từ các kết quả phân tích nêu trên chúng tôi có thể khẳng định nghiên cứu bước đầu đã đạt kết quả khá quan cả về độ chính xác nhận dạng khoảng 94.67% nếu xét trên số mẫu gạch cần nhận dạng lỗi và khoảng 96.92% nếu tính trên toàn bộ lỗi của cơ sở dữ liệu. Thời gian nhận dạng một mẫu gạch thay đổi trong khoảng từ 700ms đến 1200ms tùy theo độ phức tạp của hoa văn trên mẫu gạch và trung bình dưới 1s cho một lần nhận dạng.

#### IV. KẾT LUẬN

Một kỹ thuật hiệu quả để phát hiện và nhận dạng khiếm khuyết trên bề mặt sản phẩm là yêu cầu chính cho hệ thống phân loại chất lượng sản phẩm gạch men trong sản xuất công nghiệp. Nghiên cứu này đề xuất một giải thuật xử lý ảnh và nhận dạng mới để nhận dạng loại gạch mẫu và các khuyết điểm phổ biến trong quá trình sản xuất gạch men Ceramic. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã đề xuất được bộ đặc trưng ảnh và cấu trúc mạng nơ-ron phù hợp cho bài toán nhận dạng gạch mẫu. Đồng thời đề xuất các thuật toán nhận dạng các lỗi thông dụng trên bề mặt gạch men như đốm, trầy men, mẻ cạnh, nứt gạch,... Thực nghiệm được tiến hành trên tập dữ liệu 150 ảnh tự tạo với tổng cộng 292 vùng ứng với lỗi khuyết điểm bề mặt cần nhận dạng và phân loại. Độ chính xác của hệ thống đạt được là 96.92% và thời gian nhận trung bình dưới 1s cho một mẫu gạch cần kiểm tra đã khẳng định tính hiệu quả của giải thuật được đề nghị. Kết quả đạt được là rất hứa hẹn cho việc áp dụng vào hệ thống kiểm tra chất lượng sản phẩm gạch men một cách tự động.

Trong tương lai, chúng tôi sẽ thu thập số liệu ảnh lớn hơn, bổ sung thêm các dạng lỗi khiếm khuyết khác trên bề mặt gạch men để hoàn thiện hệ thống. Đồng thời, tiến hành phân tích, so sánh với một số phương pháp phát hiện và nhận dạng khác nhằm thấy rõ hơn ưu, khuyết điểm của phương pháp được đề xuất. Nghiên cứu, cải tiến bộ đặc trưng ảnh hiệu quả hơn cũng như sử dụng phương pháp phân lớp bằng mô hình máy học vector hỗ trợ (SVM) để nâng cao hiệu suất nhận dạng cũng như giảm thời gian thực hiện của hệ thống.

#### V. LỜI CẢM ƠN

Nội dung được trình bày trong bài báo là một phần kết quả của đề tài nghiên cứu cấp cơ sở do Trường Đại học Cần Thơ chủ trì. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ kinh phí cho đề tài nghiên cứu T2015-24 để chúng tôi có điều kiện hoàn thành và công bố nghiên cứu của nhóm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tạp chí gốm sứ xây dựng số 89, quý I, 2016.
- [2] Hui-Fuang Ng \*, "Automatic thresholding for defect detection", Journal of Pattern Recognition Letters, Science Direct, vol.36, no.1, pp.1644-1649, 2006.
- [3] Ehsan Golkar, Ahmed Patel, Leila Yazdi, Anton Satria Prabuwono, "Ceramic Tile Border Defect Detection Algorithms in Automated Visual Inspection System", Journal of American Science, vol.7, no.6, pp.542-550, 2011.
- [4] Roberto Márcio de Andrade, Alexandre Carlos Eduardo, "Methodology for automatic process of the fired ceramic tile's internal defect using IR images and artificial neural network", Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, vol. XXXIII, no. 1, pp.67-73, 2011.
- [5] S. Bhuvanewari, J. Sabarathinam, Pondicherry, "Defect Analysis Using Artificial Neural Network, International journal of Intelligent Systems and Applications", vol.5, no.1, pp.33-38, 2013.
- [6] Nobuyuki Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol.9, no.1, pp.62-66, 1979.
- [7] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns", Communications of the ACM, vol.27, no.3, pp.236-239, 1984.
- [8] Trương Quốc Bảo, Đào Thị Xuyên, Võ Văn Phúc, "Xây dựng tập đặc trưng mới cho bài toán nhận dạng chữ ký sử dụng mạng nơron nhân tạo", Hội nghị toàn quốc lần thứ 7 về Cơ điện tử - VCM 2014, pp.115-122, 2014.

- [9] A. Materka, M. Strzelecki, “Texture Analysis Methods – A Review”, Technical University of Lodz, Institute of Electronics, COST B11 report, Brussels, 1998.
- [10] Babak Rezaei, Oscar E. Ramos, “Scene Segmentation and Interpretation Image characterization - Texture analysis”, MSc in Computer Vision and Robotics Universitat de Girona, Spain 2010.

## FORMAT FOR PREPARATION OF PAPER FOR PUBLICATION IN THE PROCEEDING’S FAIR

**Truong Quoc Bao, Vo Thanh Lam, Vo Van Phuc, Truong Quoc Dinh**

**ABSTRACT**— *In this paper, we propose the computer vision algorithms combined with machine learning technique to detect and recognize defects on the surface of Ceramic Tiles. Firstly, the Ceramic Tiles will be extracted from background image and computed proposed features set based on histogram and texture of image surface to identify the Ceramic Tiles’ template using neural network. Next, we take subtraction between testing sample and corresponding template of tile image to recognize surface defects of Ceramic Tiles using morphology techniques. The experiment is performed on 150 our-self images data belongs to 15 different categories which has about 292 defects candidates need to identify. The accuracy of our system is about 96.92% and 100% of Ceramic Tiles’ template are recognized correctly. The average time recognition about 1s for an image of Ceramic Tiles’ has confirmed the effectiveness of the proposed algorithms.*

**Keywords**— *Pattern recognition, neural network, background subtraction, surface defect, ceramic tiles.*