

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN XỬ LÝ ẢNH TẠO VEC-TƠ ĐẶC TÍNH PHÂN LOẠI CHẤT LƯỢNG GẠCH CERAMIC

APPLICATION OF IMAGE PROCESSING TO GENERATE THE FEATURE VECTORS TO CLASSIFY THE QUALITY OF CERAMIC BRICK

Đinh Văn Nhượng
Trường CĐCN Sao Đỏ

Phạm Thị Ngọc Yến, Trần Hoài Linh
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo đã nghiên cứu và đề xuất ứng dụng một số thuật toán xử lý hình ảnh thu được từ camera số để tạo vec-tơ đặc tính phân loại chất lượng gạch ceramic. Từ ảnh của mỗi mẫu gạch vec-tơ đặc tính sẽ được tính toán và đưa ra gồm các thành phần như độ sai lệch kích thước, mẻ cạnh, sứt góc, độ vuông góc của các cạnh tương ứng và có kể đến vết sạn, vết xước bề mặt. Các vec-tơ đặc tính này có thể được sử dụng để xây dựng các mô hình nhận dạng đạt hiệu quả cao. Kết quả nghiên cứu này phối hợp với mô hình mạng nơ ron logic mờ TSK, đã được kiểm nghiệm trên 340 mẫu gạch ceramic của nhà máy gạch Sao Đỏ- Hải Dương cho kết quả tốt, tỷ lệ chính xác trong phân loại đạt 97,8%. Mô hình có thể được triển khai để xây dựng các thiết bị tự động phân loại gạch ceramic một cách hiệu quả, nhằm khắc phục cách phân loại thủ công mà hiện nay các nhà máy đang thực hiện.

ABSTRACT

This paper proposes some algorithms to generate the feature vectors of the ceramic tiles from their image acquired from digital camera. For the picture of each ceramic tile a feature vector is calculated containing different features such as error of dimensions, chipped sides, chipped angle, the angle of correspond sides and other defects (scratches, grits). These feature vectors are later used in pattern recognition system with Takaga-Sugeno-Kang (TSK) fuzzy-neural network to detect the class of the ceramic tiles. With the accuracy about 97,8% for the testing set of data (340 samples of ceramic tiles produced by the Sao Do Ceramic Tile company in Hai Duong province). The solution can be used effectively in an automatic sorting system of ceramic tiles to replace the human workers.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành sản xuất gạch ceramic ở Việt Nam được hình thành cách đây 15 năm và đang phát triển mạnh mẽ. Từ 2 nhà máy gạch ra đời năm 1992-1994, đến năm 2005 cả nước có trên 50 nhà máy gạch với công suất 150 triệu m²/năm. Đến năm 2007 các nhà máy, công ty mở rộng sản xuất, đưa công suất lên trên 200 triệu m²/năm. Doanh nghiệp Nhà nước chiếm 33,4%, doanh nghiệp tư nhân chiếm 45,8%, doanh nghiệp 100% vốn nước ngoài chiếm 20,8% [3]

Trong các dây chuyền sản xuất gạch ceramic các công đoạn của quá trình sản xuất đã được tự động hóa rất cao. Công đoạn phân loại sản phẩm còn thực hiện thủ công do con người đảm nhận trong việc xác định một số thông số kỹ thuật như: Sứt góc, mẻ cạnh, vết sạn, vết xước, vết nứt nên tỷ lệ chính xác trong phân loại chưa cao, ước chừng 94-95% [5]. Để khắc phục tồn tại này, trong bài báo tác giả đề xuất các thuật toán ứng dụng xử lý ảnh tạo vec-

tơ đặc tính phân loại chất lượng gạch ceramic dựa trên ảnh chụp từ camera số và kết hợp mạng nơron TSK (Takaga-Sugeno-Kang) trong xử lý vec-tơ đặc tính đưa ra kết quả

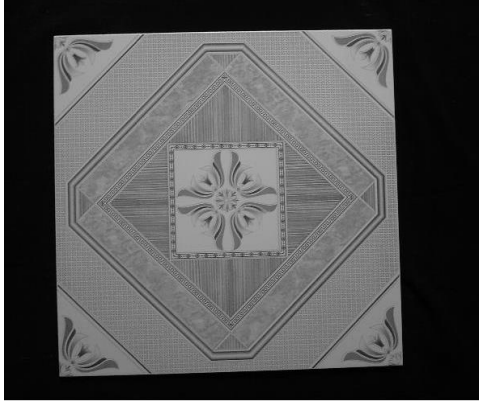
II. MÔ HÌNH CÁC BƯỚC XỬ LÝ ẢNH



Hình 1. Sơ đồ khối mô hình nhiệm vụ

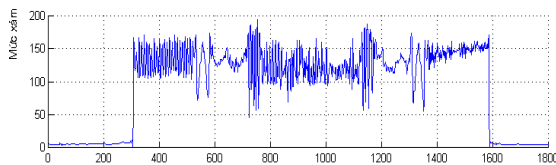
2.1 Phát hiện biên (tách đối tượng)

Đã có một số phương pháp phát hiện biên được đưa ra như phương pháp toán tử Laplace, phương pháp gradient, toán tử Sobel,[1].



Hình 2. Ảnh gốc chuyển về dạng xám

Dựa vào đặc tính chênh lệch màu của nền và đối tượng gạch nên ta sẽ đặt ngưỡng để phát hiện biên: [7]

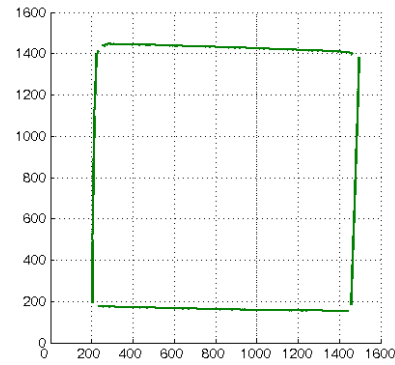


Hình 3. Mức xám tại một hàng của ma trận ảnh

Từ hình ảnh này ta có thể đặt ngưỡng cho việc phát hiện biên. Theo hình trên thì ngưỡng đặt tốt nhất là $N=100$. Như vậy khi tiến hành quét ảnh từ trên xuống dưới, mức sáng sẽ tăng đột ngột khi gặp đối tượng, sự thay đổi này phát hiện dựa theo ngưỡng đặt, các giá trị min, max tương ứng chính là biên đối tượng như hình 3. Thuật toán cụ thể phát hiện biên trên và dưới như sau:

- Nhập ảnh đầu vào
- Xét lần lượt từng cột của ma trận ảnh
- Xét tất cả các điểm ảnh thuộc cột này, tại điểm nào có giá trị mức xám lớn hơn giá trị ngưỡng đặt trước thì lưu lại
- Giá trị min của tập hợp điểm này là biên của cạnh trên. Giá trị max của tập hợp điểm này là biên của cạnh dưới.

Hình 4 là biên của đối tượng được tách theo phương pháp phân ngưỡng.



Hình 4. Khung đối tượng đã được tách

Do các cạnh của gạch bao giờ cũng có độ cong, vênh nhất định để tiện cho việc xử lý các đặc tính ta chuyển các cạnh này gần đúng là các đường thẳng. Giả sử ta cần chuyển bộ số này về đường thẳng có dạng:

$$y = ax + b \quad (1)$$

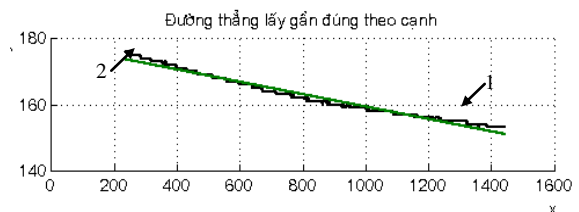
Các hệ số a , b được tìm theo phương pháp bình phương cực tiểu. Tức là cần tìm các hệ số a , b sao cho sai số E tính theo công thức sau đạt nhỏ nhất.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Sai số E sẽ đạt cực tiểu khi a , b là nghiệm của hệ phương trình:

$$\begin{bmatrix} \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) & n \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right) & \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

Kết quả hoạt động của hàm được mô tả trên hình 5. Trong đó, đường số 1 là các điểm biên cần xác định cạnh, còn đường số 2 là cạnh biên thẳng tính theo đường bình phương cực tiểu.



Hình 5. Đường thẳng xấp xỉ theo cạnh biên

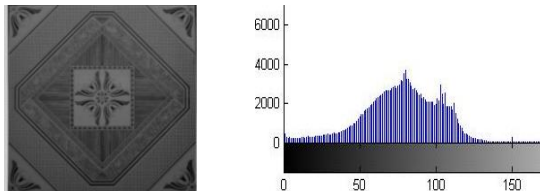
2.2 Chuẩn độ sáng

Phương pháp: Chọn ảnh mẫu đầu vào có mức sáng giữa các phần của gạch là đều nhau, ta chuyển đổi mức sáng của các mẫu khác theo mẫu này, quá trình chuyển đổi này được thực hiện theo hàm tuyến tính $f = ax + b$ với x là mức sáng của đối tượng cần chỉnh, f là mức sáng của đối tượng sau khi chỉnh. Ứng với gạch mẫu có các giá trị độ sáng d ta tìm các hệ số a , b sao cho $f \approx d$. Các hệ số a, b được xác định theo phương pháp bình phương cực tiểu như trên cho một số điểm được lựa chọn mẫu trước có mức xám đặc trưng cho toàn ảnh và được chọn như trên hình 6.

Tuyến tính hóa mức xám tại các điểm này giữa các ảnh khác nhau ta thu được các hệ số a , b . Giả sử ảnh cần xử lý ta gặp phải là ảnh được chụp trong điều kiện độ sáng kém. Thể hiện cụ thể trong lược đồ mức xám histogram và trên bề mặt hoa văn như hình 7 [4,6].

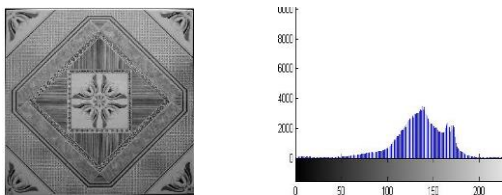


Hình 6. Vị trí các vùng được chọn để chuẩn sáng



Hình 7. Ảnh có ánh sáng kém và histogram

Theo lược đồ histogram thì các điểm đã co dần về gốc 0. Độ sáng của ảnh giảm xuống rõ rệt. Kết quả sau khi chuẩn hóa mức sáng, ảnh tối có mức sáng được cải thiện hơn rất nhiều.



Hình 8. Ảnh đã được chỉnh ánh sáng và histogram

2.3 Phân tích đặc tính sứt góc mé cạnh

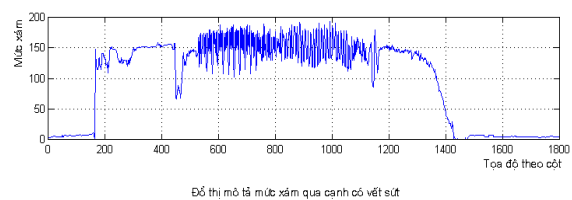
*Mề cạnh

Xét mẫu gạch có vết mề tại cạnh như hình 9:



Hình 9. Gạch có vết sứt lớn ở cạnh

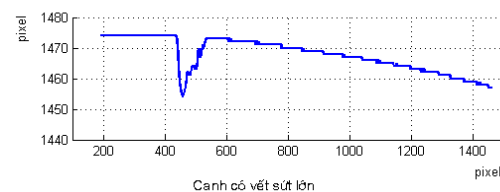
Trước tiên ta sẽ chuyển ảnh về mức xám, sau đó lấy mức xám tại cạnh qua vết sứt ta có được đồ thị như hình 10



Đồ thị mô tả mức xám qua cạnh có vết sứt

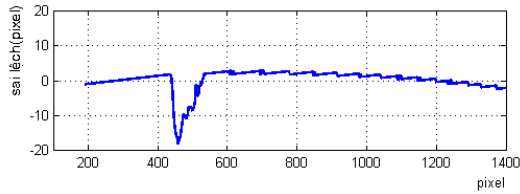
Hình 10. Đồ thị mức xám thay đổi tại vị trí có vết sứt

Để có thể đưa ra được thông số của vết sứt ta tiếp tục lọc cạnh theo phương pháp thay đổi ngưỡng. Kết quả, ta nhận được đồ thị với vết sứt được hiện lên khá rõ.



Hình 11. Hình ảnh vết sứt khi lọc cạnh theo phương pháp phân ngưỡng

Để xác định kích thước vết sứt, ta xác định đường thẳng xấp xỉ biên cạnh tốt nhất theo công thức bình phương cực tiểu (2). Sai lệch giữa đường thẳng được chuẩn hóa và cạnh thực tế đặc trưng đặc tính sứt góc của đối tượng như hình 12:

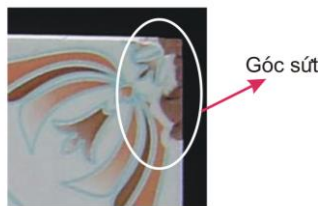


Hình 12. Đồ thị sai lệch của cạnh có vết nứt so với đường thẳng xấp xỉ

Các vết nứt cạnh được lọc ra và ghi lại theo các thông số: Ma trận dữ liệu có cấu trúc gồm 4 cột, mỗi cột lưu thông số cần đưa vào mạng của 1 cạnh của đối tượng. Mỗi hàng tương ứng biểu diễn đặc tính của một đối tượng. Tại mỗi cạnh ta lưu tổng diện tích các vết nứt. Đối với trường hợp cạnh cong vênh lớn được coi như là một vết nứt lớn.

* **Sứt góc:**

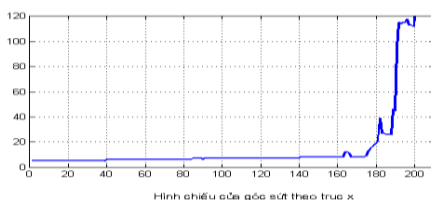
Theo quy định thì loại gạch mà có vết nứt tối đa là 3÷10 (mm) thì thuộc loại 4 vì vậy ta cắt các góc với các chiều theo từng cạnh là 15x15 (mm) để đảm bảo phân loại đúng gạch khi có góc nứt lớn



Hình 13. Hình ảnh gạch có góc nứt lớn

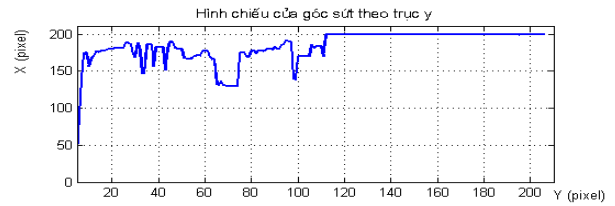
Việc phát hiện góc nứt cũng tương tự như việc phát hiện các vết nứt cạnh, vết nứt của góc cũng được phát hiện thông qua việc đặt ngưỡng để phát hiện ra biên thật của cạnh tại lân cận góc, đường biên này sẽ mang thông tin của vết nứt. Hình ảnh vết nứt theo trục x và y của góc nứt trên như trên hình 13.

Lọc cạnh theo trục x ta được hình ảnh đường biên cạnh như sau:



Hình 14. Đồ thị vết nứt cạnh theo trục x được lọc theo phương pháp phân ngưỡng

Lọc cạnh theo trục y ta được hình ảnh đường biên cạnh như sau:



Hình 15. Đồ thị vết nứt cạnh theo trục y được lọc theo phương pháp phân ngưỡng

Theo góc nứt trên ta có các thông số của góc này : Ma trận dữ liệu đưa vào mạng có dạng $m \times 4$ với m là số hàng ứng với mỗi hàng là đặc tính của một đối tượng gạch, 4 cột ứng với diện tích góc nứt của 4 góc. Diện tích góc nứt được tính gần đúng theo công thức: $S = 0,5 \cdot x \cdot y$

2.4 Phân tích đặc tính sai lệch kích thước

Sai lệch kích thước là sai lệch của các cạnh so với chiều dài quy định và sai lệch giữa các cạnh với nhau.

Trước hết ta tính khoảng cách thật của cạnh, đó là khoảng cách giữa hai điểm góc liên tiếp của đối tượng

$$C_k = d(A_k, A_{k \bmod 4 + 1}); k = \overline{1, 4}; \quad (4)$$

Sau đó tính kích thước chuẩn của cạnh Δ , kích thước chuẩn này ứng với gạch loại 1.

Sai số cần lưu:

$$E_k = \frac{|C_k - \Delta|}{\Delta} \quad (5)$$

Ma trận dữ liệu đưa vào véc-tơ đặc tính có dạng $m \times 4$ với m là số hàng ứng với mỗi hàng là đặc tính của một đối tượng gạch, 4 cột ứng với sai lệch của 4 cạnh so với chuẩn (lấy trị tuyệt đối). Sai lệch này là thông số E_k tính như trên. Gạch có chất lượng tốt thì tỉ lệ này sẽ xấp xỉ bằng 0.

Một trong những đặc tính đi kèm với đặc tính sai lệch kích thước là đặc tính vuông góc của hai cạnh kề nhau. Hai đường thẳng $y = a_1x + b_1$ và $y = a_2x + b_2$ vuông góc với nhau thì tích hai hệ số góc $a_1 \cdot a_2 = -1$. Trong bài toán này các đối tượng xét có các cạnh gần song song với các trục nên các hệ số $a \rightarrow 0$

ứng với đường thẳng song song với trục x và $a \rightarrow \infty$ ứng với đường thẳng song song với trục y để tránh trường hợp $a \rightarrow \infty$ ta đưa dạng đường thẳng về dạng sau.

Đối với đường thẳng song song với trục x ta đưa về dạng $y = a_1x + b_1$

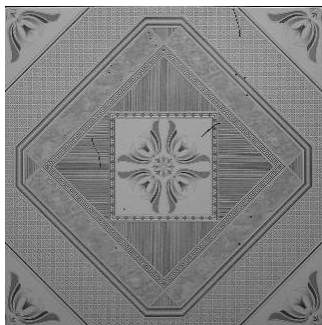
Đối với đường thẳng song song với trục y ta đưa về dạng $x = a_2y + b_2$

Với các hệ số $a \rightarrow 0$, vì vậy kiểm tra đặc tính vuông góc trong trường hợp này ta xét tương quan giữa hai hệ số a_1 và a_2

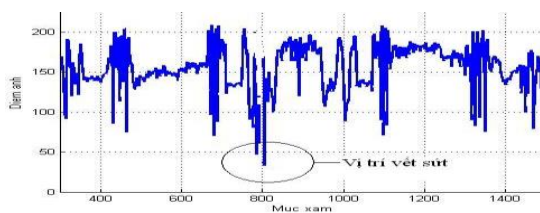
Cụ thể thông số lưu vào ma trận trong số liệu có dạng $m \times 4$ với m ứng với số lượng các đối tượng, 4 cột ứng với hiệu $E = |a_i - a_j|$ với i, j là chỉ số của hai hệ số góc của hai cạnh kề nhau. Như vậy sản phẩm đạt chất lượng tốt nếu như $E \rightarrow 0$

2.5 Phân tích đặc tính vết sạn và vết xước

Hình ảnh gạch có vết các vết sạn và vết xước trên bề mặt hoa văn



Hình 16. Ảnh đối tượng có vết sạn và vết xước



Hình 17. Đồ thị mức xám qua vị trí có vết sạn

Ta thấy tại những điểm có vết sạn, xước nền màu thay đổi đột ngột, mức xám tại chỗ vết sạn, xước giảm xuống rõ rệt như hình 17.

Đây là những điểm không có quy luật, vì vậy ta đề xuất hai phương pháp để lọc vết sạn, xước ra khỏi đối tượng như sau:

Phương pháp thứ nhất: Trừ ảnh. Ảnh xét sẽ được so sánh và trừ đi ảnh mẫu, tại những vị trí có vết sạn, xước mức xám sẽ thấp nhất sau phép trừ, ứng dụng phương pháp lọc phân ngưỡng (threshold) ta sẽ lọc được vết sạn, xước ra. Để phương pháp này thực hiện tốt, trước khi lọc vết sạn ta cần có quá trình tiền xử lý tốt.

Phương pháp thứ hai: Lọc dựa vào đặc tính đối xứng của hoa văn. Bản thân hoa văn của gạch ceramic là đối xứng qua tâm vì vậy khi ta xoay gạch đi 90° hoặc 180° thì vị trí hoa văn vẫn không thay đổi. Tiếp tục ứng dụng phương pháp trừ ảnh, trừ ảnh đối tượng xét và bản thân nó khi đã được xoay với góc 90° hoặc 180° các đặc tính đối xứng sẽ bị triệt tiêu. Các vết lỗi sẽ còn lại trên nền. Tiếp tục áp dụng phương pháp lọc ta sẽ lọc, phân ngưỡng ta thu được các vết sạn, xước [1],[4]

Kết quả của phương pháp này được thể hiện ở hình sau:



Hình 18. Gạch có vết sạn và vết xước Hình 19. Các lỗi còn lại sau khi lọc

Do mức sáng giữa các hoa văn trong các ảnh vẫn có sự chênh lệch nên sau phép trừ ảnh còn lại vẫn chưa hiện rõ vết sạn và vết xước. Tiếp tục áp dụng lọc, phân ngưỡng để lọc các thành phần nhiễu còn lại và chuyển ảnh về nhị phân khi đó các phần tử có mức xám thấp sẽ bị lọc còn lại tại vị trí các vết xước, vết sạn mức xám cao sẽ ứng với mức 1. Khi ta sẽ lọc được vết sạn và vết xước. Đối với hai đặc tính này ta lưu số pixel có mức sáng =1 (ứng với mức sáng) số pixel này càng lớn, số vết sạn, xước càng nhiều và tỉ lệ nghịch với chất lượng gạch

III. KẾT QUẢ CÁC VEC-TƠ ĐẶC TÍNH

Các vec-tơ đặc tính được tạo ra với 16 chiều, cụ thể như sau:

1. Các chiều từ 1 đến 4 là đặc tính sai lệch kích thước của 4 cạnh. Chiều 1 ứng với cạnh thứ nhất, chiều 4 ứng với cạnh thứ 4.
2. Các chiều từ 5 đến 8 là đặc tính bề mặt của gạch mỗi chiều tương ứng với một cạnh.
3. Các chiều từ 9 đến 12 là đặc tính sườn góc của đối tượng. Mỗi chiều ứng với đặc tính sườn góc của một góc.
4. Các chiều từ 13 đến 16 là đặc tính vuông góc của đối tượng. Bắt đầu từ chiều thứ 13 ứng với đặc tính vuông góc của góc thứ nhất, chiều 16 ứng với đặc tính vuông góc của góc thứ 4.

Tập số liệu vào bao gồm hai tập số liệu được chia ngẫu nhiên từ tập 340 mẫu gạch ban đầu: 225 mẫu gạch cho quá trình học, số còn lại được dùng cho quá trình kiểm tra. Ứng với mỗi

mẫu gạch, véc-tơ đầu vào gồm 16 chiều như đã mô tả ở trên, đầu ra ứng với 4 mức cụ thể: $d = 0$ (ứng với gạch loại 1), $d = 0,33$ (ứng với gạch loại 2), $d = 0,66$ (ứng với gạch loại 3) và $d = 1$ (ứng với gạch loại phế phẩm).

IV. KẾT LUẬN

Phương pháp xử lý hình ảnh và tính toán các véc-tơ đặc tính gạch ceramic trình bày trong bài báo đã cho phép xác định véc-tơ đặc tính của ảnh đầu vào đối tượng nhận dạng là gạch ceramic. Các véc-tơ này cho phép chúng ta sử dụng để xây dựng các mô hình nhận dạng đạt hiệu quả cao. Thực tế đã được kiểm nghiệm với mô hình mạng nơ ron TSK [8] với 340 mẫu gạch Nhà máy gạch Sao Đỏ - Hải Dương cho kết quả tốt. Tỷ lệ chính xác trong phân loại đạt 97,8%

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Lương Mạnh Bá, Nguyễn Thế Thủy*; Nhập môn xử lý ảnh số; NXBKHK, 2003
2. *Nguyễn Phùng Quang*; Matlab & Simulink; NXBKHK, 2003
3. <http://www.vnchannet.net/news/kinh-te/200709/thi-truong-gom-su>
4. Tổng quan xử lý ảnh <http://vocw.edu.vn/content/m11079/latest>
5. Nuovafima http://www.nuovafima.it/uploads/pdf/NF_ADVANCHECK_IT-ENbassa.pdf
6. Images Processing Toolbox for Use with Matlab, www.mathworks.com
7. *Trần Hoài Linh, Đinh Văn Nhượng, Nguyễn Thành Trung*; Mô hình tạo đặc tính phân loại chất lượng gạch ceramic bằng xử lý hình ảnh; Hội nghị KH lần thứ 20, ĐHBK Hà Nội, 2006
8. *Đinh Văn Nhượng, Phạm Thị Ngọc Yến, Trần Hoài Linh*; Phương pháp ước lượng cấu hình mạng TSK và ứng dụng trong bài toán nhận dạng; Tạp chí KHCN các trường ĐHK, 67/2008, trang 30 – 35, 2008

Địa chỉ liên hệ: **Đinh Văn Nhượng** - Tel: 0912.246.513, email: dvnuongsd@yahoo.com.vn
 Trường Cao đẳng Công nghiệp Sao Đỏ