

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

ĐINH VĂN NHƯỢNG

**PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG HỆ THỐNG NHẬN DẠNG SỬ DỤNG
LOGIC MỜ TRONG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM GẠCH ỐP LÁT**

**Chuyên ngành: Đo lường
Mã số: 62.52.62.01**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà nội, năm 2010

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Phạm Thị Ngọc Yến

2. PGS.TSKH Trần Hoài Linh

Phản biện 1: PGS.TS Nguyễn Quang Hoan – Học viên Công nghệ Bru
chính viễn thông

Phản biện 2: PGS.TS Phan Xuân Minh – Trường Đại học Bách khoa Hà
Nội

Phản biện 3: PGS.TS Ngô Quốc Tạo – Viện CNTT – Viện KH&CNVN

Luận án sẽ được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án cấp trường.

Họp tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Vào hồigiờ.....ngày.....tháng.....năm.....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Trần Hoài Linh, Đinh Văn Nhượng, *Ứng dụng mạng TSK trong nhận dạng chất lượng gạch Ceramic*, Hội nghị khoa học lần thứ 20 trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 10/2006.

2. Trần Hoài Linh, Đinh Văn Nhượng, Nguyễn Thành Trung, *Mô hình tạo đặc tính phân loại chất lượng gạch Ceramic*, Hội nghị khoa học lần thứ 20 trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 10/2006.

3. Tran Hoai Linh, Dinh Van Nhuong, *Application Of Neural Network In Sensor Characteristic Linearization And Its Implementation In Artificial Nose*, The Second International Conference on Communications and Electronics, Hoi An, Viet Nam, June 4-6, 2008.

4. Đinh Văn Nhượng, Trần Hoài Linh, *Vấn đề khởi tạo mạng TSK và ứng dụng trong bài toán nhận dạng*, Hội thảo khoa học quốc gia lần thứ 4 về nghiên cứu, phát triển và ứng dụng CNTT và truyền thông (ICT.rda'08) tháng 8 năm 2008

5. Đinh Văn Nhượng, Phạm Thị Ngọc Yên, Trần Hoài Linh, *Phương pháp ước lượng cấu hình mạng TSK và ứng dụng trong bài toán nhận dạng*, Tạp chí khoa học công nghệ các trường đại học kỹ thuật số 67/2008

6. Đinh Văn Nhượng, Phạm Thị Ngọc Yên, Trần Hoài Linh, *Ứng dụng thuật toán xử lý ảnh tạo véc tơ đặc tính phân loại chất lượng gạch ceramic*, Tạp chí khoa học công nghệ các trường đại học kỹ thuật số 71/2009

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Các nhà khoa học đã nghiên cứu và xây dựng nhiều mô hình điều khiển dựa trên các quy tắc suy luận của trí tuệ nhân tạo. Một trong hệ thống điều khiển đó là hệ thống điều khiển mờ. Điều khiển mờ đã đem lại chất lượng điều khiển tốt, đặc biệt đối với bài toán nhận dạng mà tín hiệu đầu vào có nhiều thông số. Một trong những bài toán đó phải kể đến bài toán nhận dạng phân loại sản phẩm công nghiệp nói chung và các sản phẩm xây dựng nói riêng. Đó cũng chính là lý do tác giả chọn nội dung đề tài: **“Phương pháp xây dựng hệ thống nhận dạng sử dụng logic mờ trong phân loại sản phẩm gạch ốp lát”** để nghiên cứu

2. Mục đích nghiên cứu

a. Phân tích nhiệm vụ phân loại gạch ốp lát để đưa ra mô hình bài toán logic mờ với ý tưởng **“mắt nhân tạo”** áp dụng hệ chuyên gia ứng dụng mạng nơ ron logic mờ TSK.

b. Nghiên cứu mạng nơ ron logic mờ TSK trong đó giải quyết một vấn đề vẫn còn tồn tại của mạng là: Ước lượng số luật phù hợp với bài toán nhận dạng thông qua việc phối hợp 6 chỉ số thống kê

c. Xây dựng thuật toán xử lý ảnh số tạo vectơ đặc tính mẫu gạch thỏa mãn điều kiện kinh tế, kỹ thuật của mô hình.

d. Thử nghiệm trên tập số liệu mẫu

3. Đối tượng nghiên cứu

- Mạng nơ ron logic mờ TSK : Phân tích và đề xuất các giải pháp nhằm thích nghi và triển khai ứng dụng trong nhận dạng, phân loại sản phẩm gạch ốp lát.

- Ứng dụng xử lý ảnh xác định đồng thời nhiều thông số khác (vectơ đặc tính) của mỗi mẫu gạch ốp lát để làm cơ sở cho nhận dạng

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Đề xuất, xây dựng mô hình **“mắt nhân tạo”** cho hệ thống nhận dạng và phân loại sản phẩm

- Đề xuất phương pháp ước lượng số lượng các luật mờ đưa vào 6 chỉ số thống kê: $V_b, D_A, D_w, t_A, PBM, DN$ để tính chỉ số tổng hợp α

- Phương pháp tự động khởi tạo giá trị ban đầu cho các tham số của mạng TSK phù hợp với bài toán nhận dạng phân loại sản phẩm gạch ốp lát

- Xây dựng phương pháp tối ưu hoá các tham số của mạng điều khiển mờ qua quá trình học có hướng dẫn bằng một thuật toán giảm bước cực đại

- Đề xuất giải pháp thu thập nhiều thông số khác nhau của một đối tượng dựa vào kỹ thuật xử lý ảnh tạo vectơ đặc tính mẫu gạch gồm 17 thành phần $x = [x_1, x_2, \dots, x_{17}]$

- Xây dựng các chương trình phần mềm và chạy mô phỏng chương trình trong môi trường Matlab. Kết quả được kiểm chứng trên cơ sở hàm phi tuyến và thực nghiệm nhận dạng một số mẫu gạch ốp lát

Nội dung gồm

Chương I: Thực trạng phân loại sản phẩm công nghiệp và bài toán phân loại sản phẩm gạch ốp lát.

Chương II: Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ ron logic mờ TSK để xây dựng mô hình nhận dạng

Chương III: Thuật toán xử lý ảnh ứng dụng tạo vectơ đặc tính phân loại gạch ốp lát.

Chương IV: Kết quả tính toán mô phỏng

Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG I

THỰC TRẠNG PHÂN LOẠI SẢN PHẨM

CÔNG NGHIỆP VÀ BÀI TOÁN PHÂN LOẠI SẢN PHẨM GẠCH ỐP LÁT

1.1 Mô hình nhận dạng và các phương pháp tiếp cận

1.1.1 Nhận dạng và mô hình nhận dạng

Nhận dạng là quá trình phân loại các đối tượng được biểu diễn theo một mô hình nào đó và gán cho chúng vào một lớp dựa theo các quy luật và các mẫu chuẩn

1.1.2 Các phương pháp tiếp cận

Trong lý thuyết nhận dạng nói chung, nhận dạng ảnh nói riêng có 3 cách tiếp cận khác nhau [1], [10]

1.2. Nhận dạng sử dụng ảnh số

Một trong những hướng nghiên cứu đang được đầu tư phát triển đó là các mô hình nhận dạng với tín hiệu đầu vào là ảnh của đối tượng. Nhiệm vụ trích chọn vectơ đặc tính của đối tượng sẽ được thực hiện thông qua các thuật toán phân tích ảnh và các thuật toán xử lý tín hiệu 2-D (ảnh tĩnh), 3-D (ảnh động).

1.3 Phân tích bài toán phân loại gạch ốp lát

1.3.1. Quy trình công nghệ

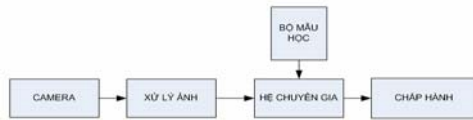
Quy trình sản xuất gạch ốp lát đã được giới thiệu trong luận án

1.3.2. Quá trình phân loại:

Hiện nay các nhà máy sản xuất gạch ốp lát ở nước ta cơ bản thực hiện phân loại bằng thủ công dựa vào ước lượng và kinh nghiệm của công nhân

1.4. Phương án đề xuất

Xây dựng mô hình “mắt nhân tạo” ứng dụng mạng TSK



Hình 1.3 Mô hình hệ thống phân loại tự động

KẾT LUẬN CHƯƠNG I

Qua việc phân tích bài toán phân loại gạch ốp lát, từ đó đề xuất mô hình bài toán với ý tưởng “**mắt nhân tạo**” để giải quyết bài toán nhận dạng và tự động phân loại sản phẩm gạch ốp lát, thay cho việc nhận dạng phân loại thủ công mà hiện nay các nhà máy đang thực hiện

Hệ chuyên gia được sử dụng trong bài toán phân loại sản phẩm gạch ốp lát là ứng dụng mạng nơ ron logic mờ (chọn mạng nơ ron logic mờ TSK để nghiên cứu) sẽ được đề cập tại chương II.

Xác định các thông số nhằm đảm bảo các yêu cầu trên bằng phương pháp xử lý ảnh thông qua bộ thu thập là camera kỹ thuật số. các thuật toán được trình bày chương III

CHƯƠNG II

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RÔN LOGIC MỜ TSK ĐỂ XÂY DỰNG MÔ HÌNH NHẬN DẠNG

2.1 Mô hình mạng nơ ron

- Mạng nơ ron một lớp: Đây là cấu trúc mạng nơ ron đơn giản nhất, mạng nơ ron này chỉ gồm 1 lớp xuất, không có lớp ẩn.

- Mạng nơ ron nhiều lớp có thể giải quyết các bài toán phi tuyến nhờ vào hàm truyền đạt phi tuyến của các nơ ron trong mạng. Càng nhiều lớp ẩn thì khả năng mở rộng thông tin càng cao và xử lý tốt bài toán có nhiều tín hiệu vào và ra [2], [3]

2.2 Một số mạng nơ ron thường được sử dụng trong bài toán nhận dạng

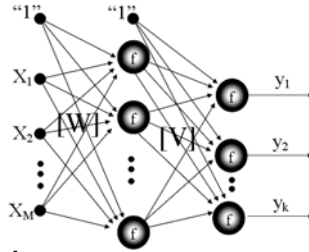
2.2.1 Mạng Kohonen

Mạng Kohonen [1], [90] hoạt động theo nguyên tắc “tự tổ chức”, có nghĩa là mạng chỉ hoạt động với vectơ đầu vào $x^{(i)}$ mà không có các mẫu đầu ra $d^{(i)}$. Trong mạng Kohonen ta có thể lưu trữ thông tin của K trọng tâm $c^{(i)}$. Khi cho vectơ $x^{(i)}$ vào mạng Kohonen, mạng sẽ chỉ ra được nơ ron trọng tâm $c^{(i)}$ gần nhất với $x^{(i)}$ so với các nơ ron trọng tâm còn lại. Các nơ ron trọng tâm $c^{(i)}$ được xác định trên cơ sở xác định giá trị cực tiểu của hàm mục tiêu:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^K \|x^{(i)} - c^{(j)}\|^2 \rightarrow \min \quad (2.1)$$

2.2.2 Mạng MLP(Multilayer perceptrons Network)

Cấu trúc một mạng MLP với 1 lớp ẩn được thể hiện trên hình 2.4 với W là ma trận các trọng số kết nối giữa lớp đầu vào và lớp ẩn, V là ma trận các trọng số kết nối giữa lớp ẩn và lớp đầu ra [56], [83].



Hình 2.4. Cấu trúc mạng MLP với một lớp ẩn

Mặc dù hai mạng trên đã có rất nhiều ứng dụng trong thực tế với kết quả tốt, tuy nhiên khi so sánh với thể hệ mạng mới sử dụng logic mờ, ví dụ như mạng TSK thì hai mạng trên có nhiều hạn chế: Mạng MLP có tất cả các tham số tham gia quá trình học là tham số phi tuyến, vì vậy đối với các mạng lớn, quá trình học sẽ dài và xác suất quá trình thích nghi bị rơi vào điểm cực trị địa phương kém sẽ tăng cao. Mạng Kohonen chỉ xử lý các vectơ đầu vào nên trong trường hợp các mẫu tín hiệu có đầu vào xấp xỉ nhau thì việc phân biệt bằng mạng Kohonen sẽ yêu cầu số lượng trọng tâm lớn và khi đó quá trình học cũng trở nên dài hơn và khó thành công hơn. Mạng TSK sử dụng logic mờ sẽ khắc phục được các nhược điểm trên

2.3 Mô hình nhận dạng bằng mạng nơ ron logic mờ

2.3.1. Khái niệm logic mờ

Khái niệm “logic mờ” dùng để chỉ việc xử lý các thông tin mà giá trị logic không thể xác định rõ, hoặc biến thiên theo điều kiện bên ngoài [5].

2.3.2. Biểu thức giá trị mờ

Để tìm hiểu về biểu thức giá trị mờ, sẽ xem xét 3 dạng biểu thức mờ cơ bản sau [5], [14]

- x nhỏ hơn nhiều so với A : $x \ll A$
- x xấp xỉ bằng A : $x \approx A$
- x lớn hơn nhiều so với A : $x \gg A$

hàm liên thuộc của biểu thức giá trị mờ được trình bày trong luận án

2.4 Mạng TSK

2.4.1 Mô hình mạng TSK

2.4.1.1 Các luật suy luận TSK

Một quy tắc suy luận mờ của TSK có dạng như sau:

$$\text{if } x \approx C \text{ then } y \approx f(x) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_Nx_N \quad (2.21)$$

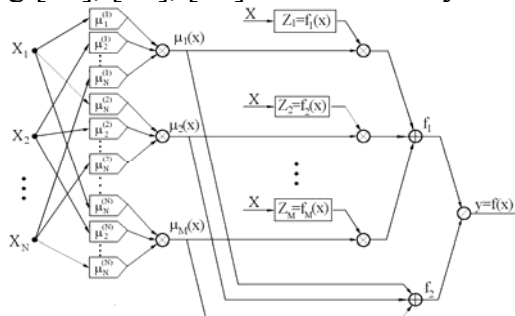
Trong đó $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]$, $C = [C_1, C_2, \dots, C_N] \in \mathcal{D}^N$

Để có thể tổng hợp lại và đưa ra được một đáp ứng duy nhất, các tác giả đã đề xuất lấy trung bình trọng số của các đáp ứng riêng lẻ.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^M W_{o,C_i}(x) f_i(x)}{\sum_{i=1}^M W_{o,C_i}(x)} \quad (2.24)$$

2.4.1.2 Cấu trúc chung mạng nơ ron logic mờ TSK

Phát triển từ hệ suy luận các tác giả Takaga, Sugeno và Kang đã đề xuất mô hình mạng TSK để mô phỏng hệ suy luận. Mạng này thuộc hệ thống các hệ suy luận mờ, ngày nay được áp dụng rộng rãi trong kỹ thuật. Để mô phỏng hoạt động của hệ thống ta có cấu trúc mạng [61], [87], [88] được trình bày cụ thể như hình vẽ 2.11a:



Hình 2.11a. Mô hình mạng TSK

2.4.1.3 Cải tiến cấu trúc kinh điển và thuật toán xây dựng mạng TSK [61], [83]

Trong mẫu truyền thống, độ mạnh của quy tắc mờ thứ i phụ thuộc khoảng cách giữa véc tơ đầu vào và mẫu của quy tắc và được tính toán bằng

$$\mu_i(x) = \prod_{j=1}^N \mu_{ij}(x_j) = \prod_{j=1}^N \frac{I}{I + \left(\frac{(x_j - c_{ij})}{\sigma_{ij}} \right)^{2b_{ij}}} \quad (2.26)$$

Để làm giảm số lượng các tham số phi tuyến ta sử dụng một công thức đo khoảng cách. Phương pháp này được thể hiện dạng tổng quát như sau:

$$d^2(x, c) = (x - c)^T \times S \times (x - c) \quad (2.27)$$

Trong đó S là ma trận xác định dương, đối xứng.

Hàm mờ hiệu chỉnh được xác định là

$$\mu_i(x) = \frac{I}{I + \left(\frac{\|x - c_i\|}{\sigma_i} \right)^{2b_i}} \quad (2.28)$$

mẫu hiệu chỉnh mạng TSK chỉ có $M \times (N + 2)$ tham số điều chỉnh phi tuyến. Hiệu chỉnh thực hiện theo các bước:

1. Hiệu chỉnh các tham số tuyến tính a_{ij} của các hàm TSK tại các giá trị cố định của các tham số phi tuyến.

2. Hiệu chỉnh các tham số phi tuyến tại các giá trị cố định của tham số tuyến tính. Các tham số phi tuyến được hiệu chỉnh bằng cách sử dụng phương pháp bước giảm cực đại

$$c_{\alpha\beta}(t+1) = c_{\alpha\beta}(t) - \eta_c \frac{\partial E(t)}{\partial c_{\alpha\beta}} \quad (2.35)$$

$$\sigma_\alpha(t+1) = \sigma_\alpha(t) - \eta_\sigma \frac{\partial E(t)}{\partial \sigma_\alpha} \quad (2.36)$$

$$b_\alpha(t+1) = b_\alpha(t) - \eta_b \frac{\partial E(t)}{\partial b_\alpha} \quad (2.37)$$

2.4.2. Khởi tạo tự động của các quy tắc suy luận mờ, thuật toán Gustafson – Kessel

Thuật toán G-K được thể hiện với các bước sau [61], [86], [87]:

1. Khởi tạo tạm thời một cách ngẫu nhiên các trọng tâm c_i với $i = 1, 2, \dots, M$, tính ma trận U .
2. Xác định vị trí các trọng tâm theo công thức

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^p u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^p u_{ij}^m} \quad (2.44)$$

2. Tính các hiệp biến nhóm $F^{(i)}$ và ma trận S_i ($i = 1, 2, \dots, M$) theo

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^p u_{ij}^m (x_j - c_i)(x_j - c_i)^T}{\sum_{j=1}^p u_{ij}^m} \quad (2.45)$$

$$S_i = \sqrt{\det(F_i)} \cdot [F_i]^{-1} \quad (2.46)$$

3. Ước tính khoảng cách d_{ij}^2 ($i = 1, 2, \dots, p$) giữa véc tơ đầu vào x_j và các mẫu nhóm c_i

$$d_{ij}^2 = (x_j - c_i)^T \times S_i \times (x_j - c_i) \quad (2.47)$$

4. Xác định các ma trận đầu vào theo

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^M \left(\frac{d_{ij}}{d_{kj}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (2.48)$$

2.4.3. Xác định số lượng nhóm thông qua việc phối hợp 6 chỉ số thống kê

1. Chỉ số thể tích mờ của nhóm V_h

$$V_h = \sum_{i=1}^M \sqrt{\det(\mathbf{F}_i)} \quad (2.49)$$

2. Chỉ số mật độ phân bố mờ trung bình D_A

$$D_A = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{SS_i}{\sqrt{\det(\mathbf{S}_i)}} \quad (2.50)$$

3. Trung bình khoảng cách nhóm D_w

$$D_w = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\sum_{k=1}^p u_{ik}^m d_{ik}^2}{\sum_{k=1}^p u_{ik}^m} \quad (2.51)$$

4. Trung bình độ phẳng của nhóm t_A

$$t_A = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M t_i \quad (2.52)$$

5. Chỉ số PBM [79]

$$PBM(k) = \left[\frac{1}{k} \frac{E_1}{E_k} D_k \right]^2 \quad (2.53)$$

6. Chỉ số DN [34]

$$DN(U, C) = \begin{cases} 0 & DC = NM = 0 \\ 2 * DC * NM & \text{các trường hợp khác} \\ DC + NM \end{cases} \quad (2.67)$$

Để phối hợp đồng thời 6 chỉ số, luận án đề xuất công thức tính chỉ số tổng hợp α

$$\alpha = a_1 V_h - a_2 D_A - a_3 D_w + a_4 t_A - a_5 PBM + a_6 DN \quad (2.68)$$

2.4.4 Đặt giá trị ban đầu cho các hàm suy luận

Tác giả đề xuất phương pháp đặt giá trị ban đầu cho các giá trị của σ . Thuật toán như sau:

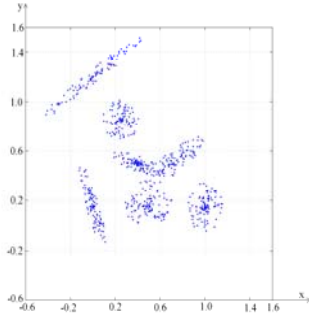
1. Đối với mỗi một trọng tâm c_i , tính khoảng cách cho tất cả các mẫu khác sử dụng.

2. Tính hệ số tỷ lệ $R_{ef}^{(i)}$ bằng cách lấy khoảng cách trung bình từ trọng tâm c_i tới K_i (thường chọn $K=5$) mẫu số liệu gần nhất khi có hơn 5 trọng tâm hoặc $K=M-1$ khi số trọng tâm $M < 6$.

3. Đặt giá trị ban đầu σ_i tới $R_{ef}^{(i)}/k$, hệ số b_i chọn bằng 1 để có được hàm dạng hình chuông

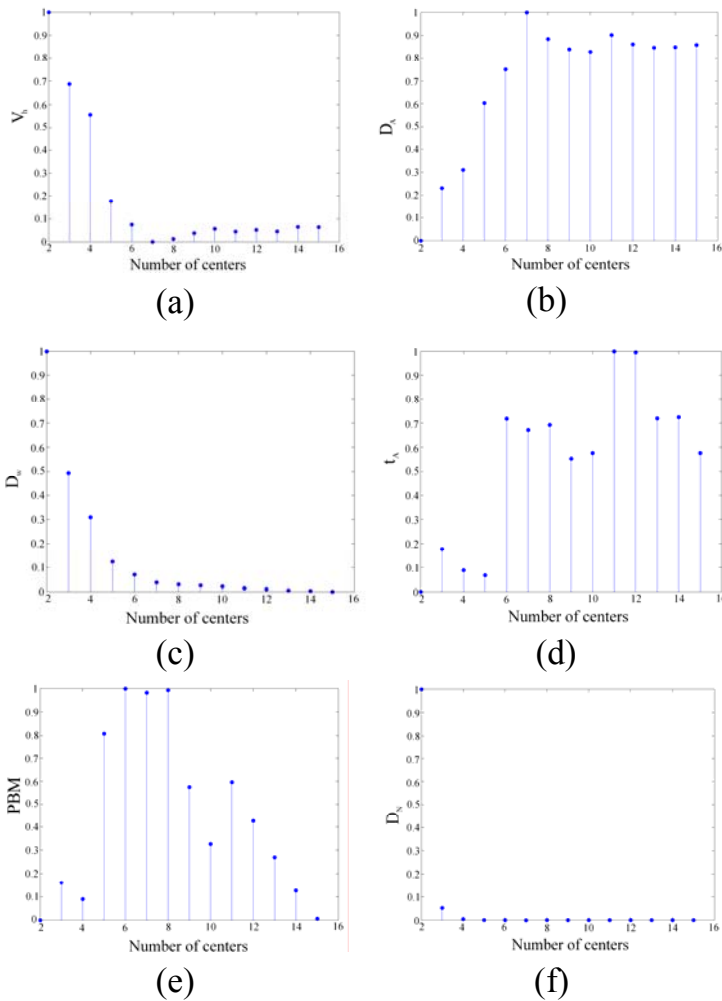
2.4.5. Kết quả thử nghiệm

Thử nghiệm 2: số liệu với phân bố như trên hình 2.22



Hình 2.22. Tập số liệu mẫu với 7 nhóm số liệu

Thuật toán tính toán các thông số thống kê đã được áp dụng cho số trọng tâm biến thiên từ 2 đến 15. Kết quả thu được được trình bày trên hình 2.23



Hình 2.23. Giá trị của các thông số thống kê V_h

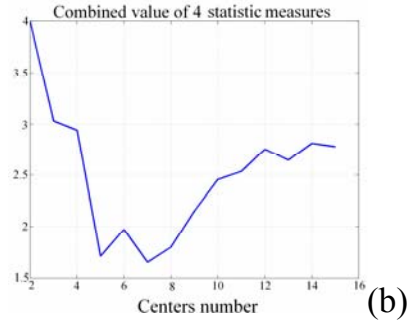
(a), D_A

(b), D_W (c), t_A (d), PBM (e) và DN (f)

Để thuận tiện cho việc so sánh về chất lượng sử dụng phối hợp các thông số thống kê, phương pháp sử dụng 6 thông số đồng thời sẽ được so sánh với phương pháp sử dụng 4 thông số. Các giá trị biến thiên của hai thông số này được trình bày trên hình 2.24.



(a)

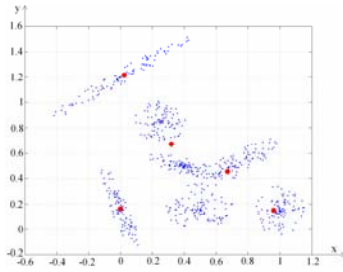


(b)

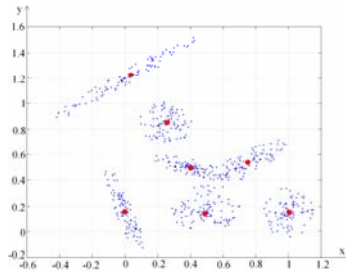
Hình 2.24. Sự biến thiên chỉ số tổng hợp khi phối hợp các chỉ số khác nhau:

Phối hợp 4 chỉ số (a) và phối hợp 6 chỉ số (b)

Hình 2.25 cho thấy chỉ số tổng hợp 6 thông số đã phát hiện chính xác số vùng số liệu là 7



(a)



(b)

Hình 2.25. Các trọng tâm cho bộ số liệu ứng với số trọng tâm bằng 5 (a) và trọng tâm bằng 7 (b)

KẾT LUẬN CHƯƠNG II

Trong nội dung chương này tác giả nghiên cứu mô hình mạng TSK gồm các nội dung cơ bản:

- Mô hình và thuật toán học mạng TSK
- Xác định số nhóm (số luật) TSK thông qua việc phối hợp 6 chỉ số thống kê: V_h , D_A , D_w , t_A , PBM, DN để tính chỉ số tổng hợp α

$$\alpha = a_1 V_h - a_2 D_A - a_3 D_w + a_4 t_A - a_5 PBM + a_6 DN$$

Các chương trình tương ứng đã được lập trình trong Matlab [4], [6], [60]

1. Hàm xác định các trọng tâm của các vùng số liệu theo phương pháp Gustaffson - Kessel:
2. Các hàm xác định 6 chỉ số thống kê:
3. Hàm xác định chỉ số thống kê tổng hợp:
4. Hàm xây dựng mạng TSK trên cơ sở một bộ số liệu cho trước
5. Hàm kiểm tra mạng TSK trên cơ sở một bộ số liệu cho trước

CHƯƠNG III

THUẬT TOÁN XỬ LÝ ẢNH

ỨNG DỤNG TẠO VECTƠ ĐẶC TÍNH PHÂN LOẠI GẠCH ỐP LÁT

3.1. Mô hình các bước xử lý ảnh



Hình 3.1. Sơ đồ các khối mô hình nhiệm vụ

3.2 Tiền xử lý ảnh

3.2.1. Khoanh vùng đối tượng

3.2.1.1 Phát hiện biên

Kết quả đầu ra là 4 vectơ chứa các điểm biên *trái, phải, trên, dưới* [1], [12]

3.2.1.2 Xoay chuẩn đối tượng

Xoay chuẩn đối tượng thực chất là một phép biến đổi hệ tọa độ.

Phương pháp biến đổi phổ biến hay được dùng là phương pháp *affine transform* theo phương pháp này thì:

$$[x \ y \ 1] = [w \ z \ 1] \times T = [w \ z \ 1] \times \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

Các phép chuyển đổi thông thường có thể là: scale, rotation translation, [1], [12].

3.2.1.3 Tịnh tiến ảnh

Tịnh tiến cũng là 1 trường hợp của phép biến đổi *affine transform* ứng với ma trận biến đổi T

3.2.2 Chuẩn kích thước và độ sáng

3.2.2.1. Chuẩn kích thước

Chuẩn kích thước là một phép biến đổi *affine* tương ứng với phép scale với ma trận T như sau:

$$T = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

3.2.2.2. Chuẩn độ sáng

Quá trình chụp thủ công trong điều kiện ánh sáng không được tốt. Vì vậy giữa các phần của ảnh và giữa các ảnh khác nhau có hiện tượng không đồng đều về ánh sáng nên cần phải điều chỉnh ánh sáng [12], [60].

3.3 Phân tích và trích chọn vectơ đặc tính đối tượng

3.3.1 Phân tích đặc tính sứt góc mở cạnh

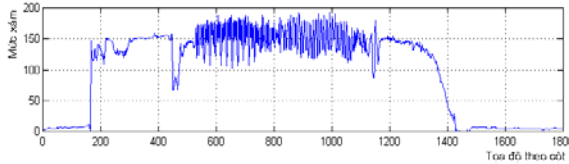
3.3.1.1 Mở cạnh

Xét mẫu gạch có vết mở tại cạnh như hình 3.16.



Vị trí mẻ cạnh

Hình 3.16: Cạnh dưới của gạch bị mẻ cạnh



Hình 3.17: Đồ thị mức xám thay đổi tại vị trí có vết nứt

3.3.1.2 Sứt góc

Việc phát hiện sứt góc cũng tương tự như việc phát hiện các vết sứt cạnh, vết sứt của góc cũng được phát hiện thông qua việc đặt ngưỡng

Diện tích góc sứt được tính gần đúng theo công thức: $S = 0,5 \cdot x \cdot y$

3.3.2 Phân tích đặc tính sai lệch kích thước

Tính khoảng cách thật của cạnh

$$C_k = d(A_k, A_{k \bmod 4 + 1}); k = \overline{1, 4} \quad (3.13)$$

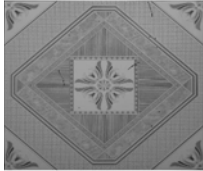
Sai số cần xác định được tính theo công thức:

$$E_k = \frac{|C_k - \Delta|}{\Delta} \quad (3.14)$$

Vector đặc tính có 4 giá trị 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.

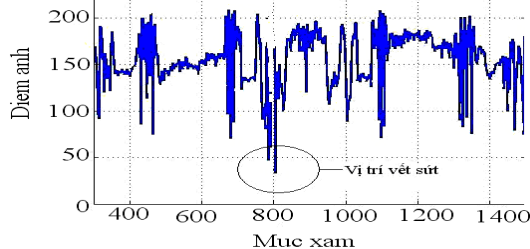
3.3.3 Phân tích đặc tính vết sạn và vết xước

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



Hình 3.24: Hình ảnh đối tượng có vết sạn và vết xước

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 3.25.



Hình 3.25: Đồ thị mức xám qua vị trí có vết sạn

đây là những điểm không có quy luật, vì vậy trong luận án này đề xuất hai phương pháp để lọc vết sạn, xước ra khỏi đối tượng như sau:

Phương pháp thứ nhất Trừ ảnh

Phương pháp thứ hai: Lọc dựa vào đặc tính đối xứng của hoa văn.

KẾT LUẬN CHƯƠNG III

Đề xuất mô hình giải pháp ứng dụng kỹ thuật xử lý hình ảnh để xác định vectơ đặc tính của ảnh đầu vào đối tượng nhận dạng gạch ốp lát gồm 17 thành phần $x = [x_1, x_2, \dots, x_{17}]$. Các vectơ đặc tính được sử dụng để xây dựng mô hình nhận dạng

Đề xuất một số thuật toán được phát triển trong môi trường Matlab, cụ thể là:

1. Hàm khoanh vùng đối tượng:
2. Hàm xác định đường thẳng xấp xỉ theo phương pháp bình phương cực tiểu:
3. Hàm quay ảnh:
4. Hàm chỉnh độ sáng của ảnh:
5. Hàm trích và phân tích góc của đối tượng:
6. Hàm trích và phân tích điểm sạn của đối tượng: Các thuật toán đã được kiểm nghiệm trên một số mẫu gạch khác nhau được sản xuất tại nhà máy gạch Sao Đỏ - Chí Linh - Hải Dương kết đáng tin cậy, tỷ lệ chính xác đạt 96,4%

CHƯƠNG IV

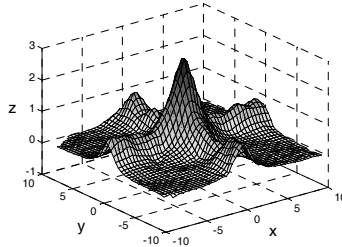
KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG

4.1 Kết quả tính toán mô phỏng hàm phi tuyến

* Xét hàm phi tuyến theo công thức 4.1

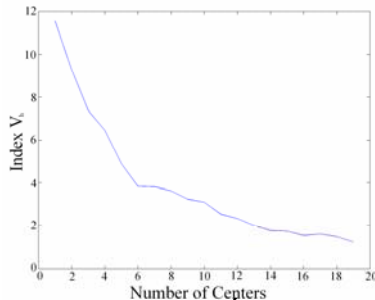
$$z(x,y) = \frac{\sin(x) \times \sin(y)}{x \times y} + \frac{1}{1+x^2} + \frac{1}{1+y^2} \quad (4.1) \quad \text{với giá trị } x \text{ và } y$$

biến thiên trong khoảng $[-10,10]$. Hàm mẫu 3D của hàm số 4.1 vẽ trong môi trường Matlab được biểu diễn như hình 4.1

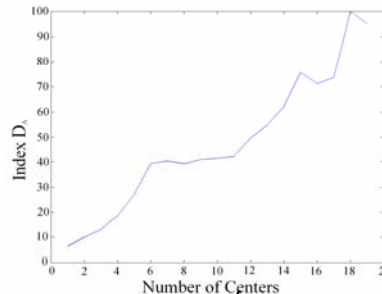


Hình 4.1. Hàm mẫu 3-D của hàm phi tuyến

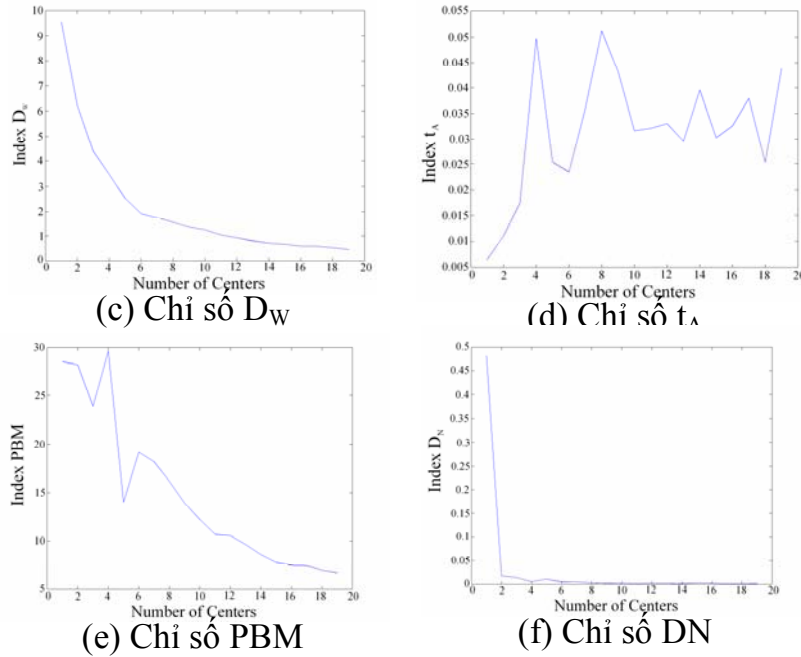
Một bộ số liệu mẫu gồm 400 điểm đã được tạo ngẫu nhiên.. Các chỉ số thống kê theo các công thức từ 2.49 đến 2.53 và 2.67 được tính toán cho số trọng tâm của mạng biến thiên từ $M = 3$ đến 20. Với 6 chỉ số thống kê, kết quả có đồ thị biến thiên của từng chỉ số thống kê theo hình 4.2



(a) Chỉ số V_h



(b) Chỉ số D_A

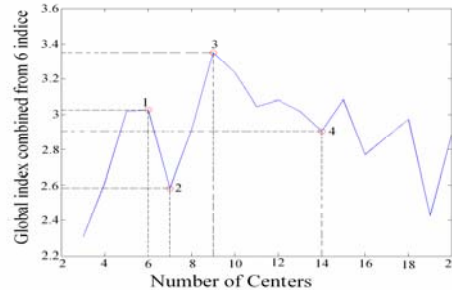


Hình 4.2. Biểu đồ biến thiên của 6 chỉ số thống kê

Sử dụng theo công thức 2.68 là

$$\alpha = a_1 V_h - a_2 D_A - a_3 D_W + a_4 t_A - a_5 PBM + a_6 DN$$

Để kiểm tra lại kết quả, xét một số trường hợp nhóm khác nhau: lần lượt xây dựng mạng TSK với số luật mờ là $M = 6, 7, 9$ và 14 .



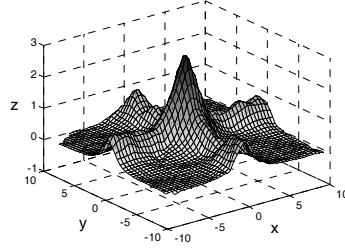
Hình 4.3. Biểu đồ chỉ số tổng hợp biến thiên theo số trọng tâm của bộ mẫu

Các kết quả sai số của mạng TSK với một số nhóm khác nhau được tổng kết theo bảng 4.1 sau;

Bảng 4.1: Kết quả kiểm tra mạng TSK với một số nhóm khác nhau

Số nhóm	Sai số học	Sai số kiểm tra
6	10,987	17,514
7	7,413	10,310
9	6,231	11,215
14	6,318	10,388

bảng 4.1 cho thấy sai số kiểm tra của mạng với số luật $M=7$ là nhỏ nhất. Khi đó đáp ứng đầu ra của mạng TSK sẽ là hàm phi tuyến được thể hiện như hình 4.4



Hình 4.4. Kết quả tái tạo ảnh xạ phi tuyến hàm gốc

Sai số trung bình của một mẫu là

$$E_{tbhoc} = \sqrt{\frac{7,413}{400}} = 0,1 \quad \text{và} \quad E_{tbkt} = \sqrt{\frac{10,31}{400}} = 0,161$$

4.2. Kết quả ứng dụng trong mô hình nhận dạng phân loại gạch ốp lát

Các thuật toán tự động xây dựng mô hình nhận dạng đã được kiểm nghiệm trên hai loại gạch ốp lát hiện đang được sản xuất tại Nhà máy Gạch Sao Đỏ (Hải Dương).



(a)



(b)

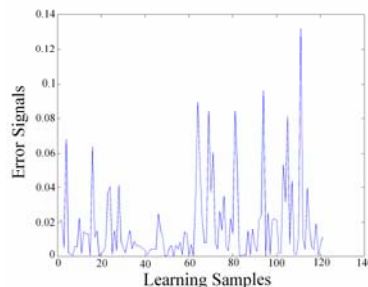
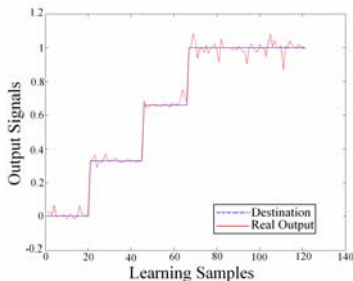
Hình 4.13. Hai mẫu gạch ceramics được sử dụng trong Luận án

Loại gạch (hoa văn 4.13a) có 225 mẫu gạch, được chia thành 2 tập hợp: ảnh của 121 viên được sử dụng để xây dựng mô hình (tập số liệu học), ảnh của 104 viên còn lại được sử dụng để kiểm tra mô hình (tập số liệu kiểm tra).

Tập số liệu học 121 mẫu bao gồm: 20 mẫu loại 1, 25 mẫu loại 2, 21 mẫu loại 3 và 55 mẫu loại 4.

Tập số liệu kiểm tra 104 mẫu bao gồm: 34 mẫu loại 1, 21 mẫu loại 2, 34 mẫu loại 3 và 24 mẫu loại 4.

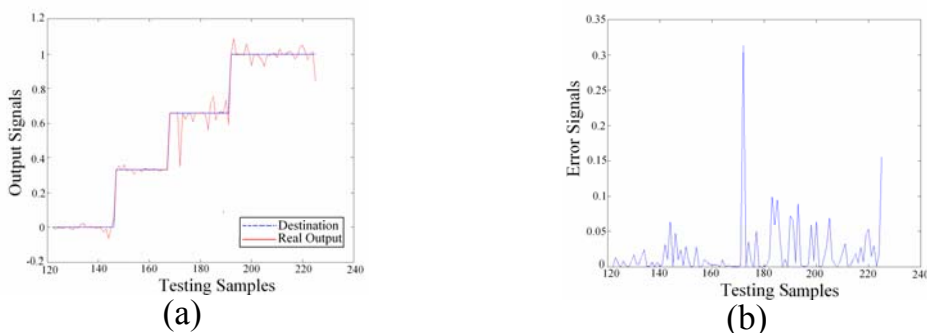
Mô hình nhận dạng bằng mạng TSK đã được xây dựng trong môi trường Matlab được sử dụng với $M = 14$ quy tắc suy luận. Quá trình học được thực hiện với 100 lần lặp, kết quả của quá trình học được thể hiện trên hình 4.14. (Các giá trị đích là 0; 0,33; 0,66 hoặc 1 ứng với 4 loại gạch). Từ trên hình vẽ 4.14 ta có đầu ra của mạng TSK đã bám sát với các giá trị đích, các sai số đều nhỏ hơn 0,16 là giá trị ngưỡng của sai số nhận dạng (do tín hiệu đầu ra của mạng ta sẽ làm tròn về giá trị đích gần nhất).



(a) (b)

Hình 4.14. Đồ thị đầu ra tín hiệu đích và đầu ra tín hiệu từ mạng TSK cho các số liệu “học” (a) và sai số giữa hai tín hiệu (b)

Mạng sau khi được huấn luyện đã được kiểm tra với tập 104 số liệu khác với các mẫu đã học. Hình 4.15 mô tả đầu ra của mạng cùng với các giá trị đích và sai số giữa hai tín hiệu này.



Hình 4.15. Đồ thị đầu ra tín hiệu đích và đầu ra tín hiệu từ mạng TSK cho các số liệu “kiểm tra” (a) và sai số giữa hai tín hiệu (b)

Từ đồ thị sai số ở hình 4.15b, ta thấy chỉ có 2 trường hợp tín hiệu vượt ngưỡng 0,16, đó là trường hợp nhận dạng nhầm gạch A3 thành gạch A2 và nhận dạng nhầm gạch A4 thành A3. Với các kết quả như trên, cả trong trường hợp xây dựng cũng như kiểm tra, mô hình TSK đều cho kết quả nhận dạng chính xác cao.

$$E_{hoc} = \frac{0}{121} \cdot 100\% = 0\%, \quad E_{KT} = \frac{2}{104} \cdot 100\% = 1,92\% .$$

Với loại gạch thứ hai (hoa văn 4.1b). Ta có bộ số liệu tổng cộng 304 mẫu, được chia làm hai tập hợp. Tập dùng để xây dựng mô hình bao gồm 165 mẫu, tập dùng để kiểm tra mô hình gồm 139 mẫu. Các mẫu được chia thành hai tập hợp số liệu theo tỷ lệ tương đối là 55% mẫu để học, 45% mẫu để kiểm tra, cụ thể là:

Tập 165 mẫu học bao gồm: 33 mẫu loại A1, 50 mẫu loại A2, 39 mẫu loại A3 và 43 mẫu loại A4.

Tập 139 mẫu kiểm tra bao gồm: 27 mẫu loại A1, 42 loại mẫu A2, 33 mẫu loại A3 và 37 mẫu loại A4.

Sau khi xây dựng mô hình mạng TSK cho bộ số liệu học ta có kết quả học cho tập 165 mẫu có 2 mẫu bị nhận dạng sai,

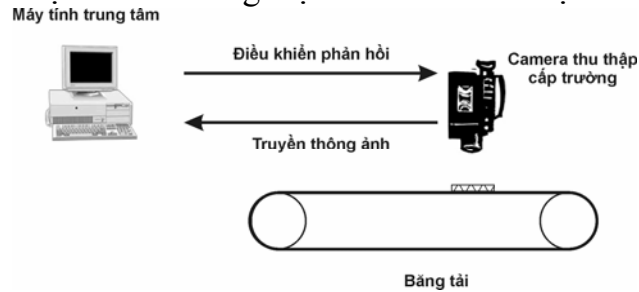
$$E_{hoc} = \frac{2}{165} \cdot 100\% = 1,21\% .$$

Mạng TSK này được kiểm tra trên 139 mẫu còn lại ta có 5 mẫu bị nhận dạng sai

$$E_{ktra} = \frac{5}{139} \cdot 100\% = 3,60\% .$$

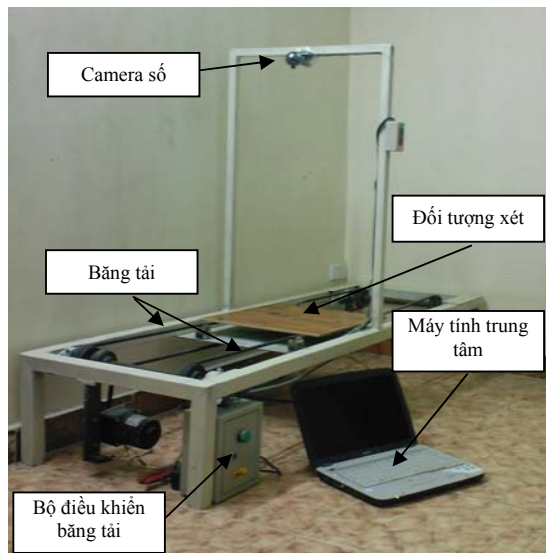
4.3. Mô hình phân cứng

Mô hình phần cứng hệ thống nhằm mục đích thử nghiệm thực tế, làm sáng tỏ phân lý thuyết, các giải pháp thuật toán đã được đề xuất trong luận án dùng để kiểm chứng các giải pháp được đưa ra trong luận án. Mô hình được thể hiện như hình 4.16



Hình 4.16. Sơ đồ mô hình hệ thống

Thiết bị đã được thiết kế và xây dựng như trên hình 4.17.



Hình 4.17. Mô hình kiểm nghiệm

KẾT LUẬN CHƯƠNG IV

Trong nội dung chương này tác giả sử dụng một số hàm đã đề xuất ở chương II là:

1. Hàm xác định trọng tâm số liệu theo thuật toán G-K
2. Sáu hàm tính toán các giá trị thống kê V_h , D_a , D_w , t_A , PBM, DN để ước lượng số luật phù hợp
3. Hàm tính toán giá trị hệ số tổng hợp α

4. Hàm xây dựng mạng TSK trên cơ sở tối ưu hóa sai số trên một bộ số liệu cho trước

5. Hàm kiểm tra chất lượng hoạt động của mạng TSK cho một bộ số liệu mới để tính toán mô phỏng một số hàm phi tuyến

$$z(x, y) = \frac{\sin(x) \times \sin(y)}{x \times y} + \frac{1}{1+x^2} + \frac{1}{1+y^2}$$

$$z(x, y) = -\sin\left(1 + \frac{x^2}{15}\right) - \sin\left(1 + \frac{y^2}{15}\right)$$

Kết quả thực nghiệm đã chứng minh mạng hiệu chỉnh hoạt động tốt. Tác giả đã sử dụng một số hàm đề xuất trong chương III là:

1. Hàm khoanh vùng đối tượng
2. Hàm xác định đường thẳng xấp xỉ theo phương pháp bình phương cực tiểu
3. Hàm quay ảnh
4. Hàm chỉnh độ sáng của ảnh
5. Hàm trích và phân tích góc của đối tượng
6. Hàm trích và phân tích điểm sạn của đối tượng

để kiểm nghiệm chạy mô phỏng một số mẫu gạch trên mô hình. Kết quả tỷ lệ chính xác đạt 96,4%

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những đóng góp của luận án

Luận án: “Phương pháp xây dựng hệ thống nhận dạng sử dụng logic mờ trong phân loại sản phẩm gạch ốp lát” tập trung vào giải quyết một số vấn đề sau:

- Luận án đã đề xuất xây dựng hệ chuyên gia “**mắt nhân tạo**” cho mô hình hệ thống đánh giá và phân loại sản phẩm gạch ốp lát. Đây là giải pháp hoàn toàn có khả năng áp dụng trong dây chuyền tự động mà các giải pháp trước đây chưa khả thi về mặt kỹ thuật hoặc kinh tế - kỹ thuật.

- Nghiên cứu lý thuyết hiện đại mạng TSK thích hợp cho bài toán điều khiển quá trình công nghệ kiểm tra phân loại sản phẩm trong dây chuyền sản xuất gạch ốp lát.

- Phối hợp 6 chỉ số đặc tính thông kê: Chỉ số thể tích mờ V_h (2.49); Chỉ số mật độ phân bố mờ trung bình D (2.50); Chỉ số trung bình khoảng cách D_w (2.51); Chỉ số trung bình độ phẳng t (2.52); Chỉ số PBM (2.53); Chỉ số DN (2.67) để tính “chỉ số tổng hợp” α (2.68), “chỉ số tổng hợp” đạt: “*giá trị min ứng với số nhóm tốt*”.

- Phương pháp tự động khởi tạo giá trị ban đầu cho các tham số của mạng nơ ron logic mờ TSK phù hợp với bài toán phân loại chất lượng sản phẩm.

- Xây dựng phương pháp tối ưu hoá các tham số của mạng điều khiển mờ qua quá trình học có hướng dẫn bằng một thuật toán giảm bước cực đại.

- Thu thập và tổng hợp nhiều thông số khác nhau của một đối tượng dựa vào kỹ thuật xử lý ảnh tạo vector đặc tính mẫu gạch gồm 17 thành phần $x = [x_1, x_2, \dots, x_{17}]$ làm cơ sở cho quá trình nhận dạng phân loại

- Xây dựng phần mềm tiện ích dựa trên nền Matlab, bao gồm:

- Các hàm thu thập tín hiệu ảnh số từ camera/webcam bên ngoài vào máy tính: các hàm này được xây dựng dựa trên thư viện *Image Acquisition Toolbox* của Matlab.

- Các hàm chuyên đổi và chuẩn hóa tín hiệu hình ảnh: các hàm này được xây dựng dựa trên thư viện *Image Processing Toolbox* của Matlab.

- Các hàm tiền xử lý ảnh bao gồm: cắt đối tượng khỏi khung nền, xoay thẳng và chuẩn lại kích thước ảnh sau khi cắt được xây dựng từ các thuật toán do tác giả đề xuất.

- Các hàm tính toán đặc tính của gạch: chiều dài 4 cạnh viên gạch, độ lớn 4 góc viên gạch, tổng các vết mẻ dọc cạnh, tổng các vết nứt ở góc cạnh, tổng số điểm kỳ dị trên viên gạch, tổng số điểm sạn trên gạch được xây dựng từ các thuật toán do tác giả đề xuất.

- Các hàm tính toán các đặc tính thống kê của bộ số liệu mẫu, từ đó ước lượng số luật suy luận của mạng TSK được xây dựng từ các thuật toán do tác giả đề xuất.

- Các hàm khởi tạo và mô phỏng quá trình học thích nghi của mạng TSK cho một bộ số liệu mẫu cho trước được xây dựng từ các thuật toán do tác giả đề xuất.

Các chương trình trên đều đã được ứng dụng cho hai bộ ảnh mẫu và các kết quả tính toán trình bày chi tiết trong luận án.

- Về thực nghiệm;

- Xây dựng mô hình thí nghiệm hệ thống nhận dạng chất lượng gạch ốp lát từ ảnh số.

- Xây dựng toàn bộ chương trình tính toán kết nối ngoại vi trên nền Matlab.

Chất lượng giải pháp được kiểm chứng trên hàm phi tuyến và các mẫu gạch thực tế của nhà máy gạch Sao Đỏ - Chí Linh - Hải Dương cho kết quả đáng tin cậy.

2. Đề xuất, kiến nghị về hướng nghiên cứu tiếp theo

Luận án đã đề xuất và triển khai được một số kết quả về lý thuyết mạng TSK và về bài toán nhận dạng chất lượng gạch ốp lát từ ảnh đầu vào. Tuy nhiên trong lĩnh vực nghiên cứu còn một số tồn tại cần được tiếp tục được nghiên cứu và giải quyết để có thể tiếp tục đưa ra được các giải pháp chính xác, tin cậy và ổn định hơn.

- Về mặt thiết bị: Tìm kiếm và triển khai các giải pháp có tốc độ xử lý và tính toán cao hơn, đủ đảm bảo đáp ứng được hệ hoạt động cho thời gian vận hành thực của dây chuyền. Trong số các giải pháp này có thể cần nhắc tới việc ứng dụng các hệ vi xử lý và xử lý tín hiệu thế hệ mới như FPGA, DSP có khả năng tính toán song song để nâng được tốc độ hoạt động. Tiên tiến xây dựng các hệ thống có thể hoạt động độc lập sử dụng các vi xử lý đời mới, không cần tới sự hỗ trợ của các máy PC nhằm dễ dàng cho việc vận hành trong môi trường công nghiệp.

- Về mặt ứng dụng: Triển khai xây dựng các mô hình nhận dạng cho nhiều loại gạch khác nhau, nhất là các loại gạch trang trí theo dạng màu loang (có hoa văn không giống nhau trên từng viên gạch). Đồng thời mở rộng các ứng dụng của bài toán nhận dạng trên cơ sở hình ảnh cho các đối tượng khác của công nghiệp (đánh giá nhiệt độ của lò thông qua ảnh hồng ngoại, ước lượng mức độ ô nhiễm thông qua màu của nước thải, phân loại các đối tượng chuyên động trong thị trường của camera,...).

- Về mặt giải pháp nhận dạng: Triển khai thực hiện ý tưởng phối hợp hoạt động song song của nhiều giải pháp nhận dạng để có thể khắc phục được nhược điểm của từng giải pháp và phát huy được ưu điểm của chúng, từ đó tổng hợp đưa ra được kết quả nhận dạng ổn định và có độ tin cậy cao hơn.