

## HỆ THỐNG KIỂM TRA LINH KIỆN TRÊN BO MẠCH ĐIỆN TỬ SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ẢNH

### DEVELOPMENT OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR ELECTRONIC PCB COMPONENT INSPECTION

Nguyễn Việt Thắng<sup>1</sup>, Lê Thanh Tùng<sup>2</sup>, Mai Văn Nam<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Công ty TNHH Panasonic AVC Việt Nam

Ngày tòa soạn nhận bài 22/12/2015, ngày phản biện đánh giá 06/01/2016, ngày chấp nhận đăng 18/02/2016

#### TÓM TẮT

Quy trình sản xuất bo mạch in điện tử, gọi tắt là PCB (Printed Circuit Bo), là một quy trình phổ biến, thường đòi hỏi rất nhiều ứng dụng công nghệ cao. Trong đó, việc kiểm tra một PCB với đầy đủ linh kiện là một việc làm khó khăn với người lao động do tính chất đòi hỏi sự tập trung cao và bền bỉ của công nhân. Để giải quyết vấn đề này, nhiều giải pháp đã được đề xuất, trong đó công nghệ xử lý ảnh nổi lên như một phương án tốt nhất với các ưu điểm như tốc độ xử lý nhanh và độ chính xác cao. Tuy nhiên, giá thành của các hệ thống này thường khá cao. Bài báo này trình bày một giải pháp để kiểm tra những linh kiện bị thiếu trên các PCB hoàn chỉnh. Theo đó, một giải thuật phù hợp được đề xuất cho camera giá thành thấp, cho phép xây dựng một quy trình kiểm tra có tính đơn giản và kinh tế hơn.

**Từ khóa:** kiểm tra quang; kiểm tra bo mạch in; linh kiện thiếu; xử lý ảnh, camera giá thành thấp.

#### ABSTRACT

The manufacturing process of Printed Circuit Board (PCB) nowadays requires several high-tech procedures. Among them, components inspection on PCB usually requires high attention concentration and labor persistence. Solutions were suggested to solve this problem, among which computer vision emerged as one of the most suited with high speed and precise detection capacity, but usually high cost. This paper presents a solution to detect missing components on PCB using low cost camera and an appropriate algorithm that meets the requirements of the producer.

**Keywords:** visual inspection; printed circuit board checking; missing component; image processing; low cost camera.

#### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ xử lý ảnh không phải là một công nghệ mới xuất hiện trên thế giới. Ở thập niên 80, công nghệ này đã được ứng dụng để kiểm tra các mạch in điện tử, kiểm tra chip, chất lượng bề mặt vật liệu, thức ăn [1], [2]. Tuy gặp nhiều hạn chế [3], nhưng công nghệ này vẫn được cải tiến không ngừng và sử dụng ngày càng nhiều trong công nghiệp [4]. Trong dây chuyền sản xuất các bo mạch điện tử, công nghệ này đặc biệt tỏ ra hữu ích trong việc kiểm tra các đường mạch in [5] hay kiểm tra bảo đảm linh kiện trên bo không bị bỏ sót

[6]. Trong nội dung bài báo này, nhóm tác giả tập trung vào việc xây dựng giải thuật xử lý cùng với một mô hình phần cứng thích hợp để kiểm tra.

##### 1.1 Các phương án thiết kế phần cứng:

Theo [7], việc lựa chọn thiết bị cho hệ thống xử lý ảnh có nhiều phương án, bao gồm:

- Sử dụng ánh sáng thường (ánh sáng người nhìn thấy, có bước sóng từ 0,4 - 0,75  $\mu\text{m}$ ). Hệ thống này dùng để kiểm tra những lỗi bề mặt như kiểm tra bo lúc chưa gắn linh kiện, kiểm tra mỗi hàn

chì, kiểm tra thiếu linh kiện [8].

- Dùng tia X (X quang, có bước sóng từ 0,01 đến 10 nm (nanomet)). Hệ thống xử lý ảnh dạng này được dùng để thực hiện những phép đo nhanh và chính xác cho những bo nhiều lớp [9].
- Dùng siêu âm: Bằng cách phát ra dải sóng siêu âm và nhận tín hiệu phản hồi, hệ thống này có thể phát hiện lỗi ở các mối hàn chì [10].
- Ảnh nhiệt: Sử dụng công nghệ laser hoặc ánh sáng hồng ngoại, hệ thống được dùng để đo các điểm sinh nhiệt khi bo mạch đang hoạt động, kiểm tra các vị trí ngắn mạch hoặc quá nhiệt [11].

## 1.2 Các phương án trong giải thuật xử lý:

Các phương pháp kiểm tra chất lượng của một PCB dùng một camera thường khá đa dạng. Tuy nhiên, có thể phân tích thành hai nhóm phương pháp chính hiện nay là: phương pháp có tham khảo dữ liệu ảnh mẫu và phương pháp không tham khảo dữ liệu ảnh mẫu.

### *a/ Phương pháp có tham khảo dữ liệu ảnh mẫu:*

Phương pháp này yêu cầu phải có một ảnh chuẩn (không có khuyết điểm nào). Khi tiến hành kiểm tra, ảnh cần kiểm được đưa vào phân tích cùng với ảnh chuẩn. Phép trừ ảnh chuẩn với ảnh kiểm tra là một phương pháp phổ biến được sử dụng trong các nghiên cứu [12]. Theo đó, ảnh kiểm tra được cân chỉnh lại sao cho tương đồng với ảnh chuẩn (do sai lệch khi chụp ảnh). Sau đó, phép trừ ảnh chuẩn với ảnh kiểm tra được tiến hành và cho ra kết quả là ảnh âm và ảnh dương. Những ảnh này lại được phân ngưỡng, nhị phân hóa, lọc nhiễu và cuối cùng được đánh giá, xếp loại mức khuyết điểm. Một số tác giả khác sử dụng thêm các phép biến đổi như biến đổi Fourier [13] hay Haar Wavelet [13] để phân tích những đặc trưng khác nhau.

### *b/ Phương pháp không tham khảo dữ liệu ảnh mẫu:*

Thay vì phương pháp so sánh với ảnh chuẩn, phương pháp này sử dụng một bộ các

quy tắc thiết kế (có được khi thiết kế mạch) để kiểm tra bo mạch, bao gồm những tiêu chuẩn về kích thước, vị trí, hướng của linh kiện, để tiến hành kiểm tra trên ảnh thu được.

Ngoài ra, nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra hiệu quả của việc kết hợp cả 2 phương pháp trên, nghĩa là sử dụng cả bản thiết kế và ảnh chuẩn để kiểm tra bo mạch [14], [15].

## 1.3 Lựa chọn phương án

Trong phạm vi nghiên cứu này, nhóm tác giả chỉ tập trung vào việc giải quyết vấn đề thiếu linh kiện trên bo mạch. Xét theo tiêu chí kinh tế, cũng như độ linh hoạt của thiết bị, thì phương án xử lý ảnh dùng camera thường (camera với cảm biến có thể nhận được ánh sáng trong vùng nhìn thấy) là phương án tốt nhất. Bên cạnh đó, nhờ sự phát triển của khoa học kỹ thuật, những camera ngày nay có độ phân giải cao, thời gian truyền nhận dữ liệu nhanh, góp phần tối ưu chất lượng và thời gian kiểm tra trên dây chuyền.

Về giải thuật xử lý, nhóm tác giả chọn phương án kiểm tra có sự tham khảo dữ liệu ảnh mẫu. Nguyên nhân là vì trong thực tế, do tính chất bảo mật, bản thiết kế chuẩn của PCB thường không được công bố rộng rãi.

## 2. XÂY DỰNG GIẢI THUẬT NHẬN DẠNG PCB THIẾU HAY ĐỦ LINH KIỆN

Giải thuật kiểm tra các linh kiện trên PCB được đề xuất xây dựng dựa trên 2 pha: Pha huấn luyện và pha kiểm tra. Pha huấn luyện chính là quá trình tạo nguồn cơ sở dữ liệu cho máy tính. Ngược lại, pha kiểm tra là pha xử lý dữ liệu mới dựa trên cơ sở đã có.

### 2.1 Pha huấn luyện: Xây dựng cơ sở dữ liệu cho máy phân biệt bo mạch đạt chuẩn và không đạt chuẩn

Quá trình huấn luyện là quá trình tạo cơ sở dữ liệu nhằm giúp hệ thống có thể phân biệt rõ các đặc điểm khác nhau giữa một bo bị lỗi thiếu linh kiện và một bo chuẩn. Quá trình này thực hiện trước khi bắt đầu công đoạn kiểm tra. Do đó không yêu cầu thời gian xử lý nhanh, nhưng cần sự chính xác trong việc

phân biệt bo mạch lỗi hay không lỗi. Quá trình thực hiện bao gồm các bước sau:

- **Bước 1:** Chụp ảnh PCB lỗi (khi chưa có linh kiện nào) và PCB chuẩn (có đầy đủ linh kiện theo thiết kế) làm mẫu.
- **Bước 2:** Chọn vùng cần kiểm tra. Vị trí các vùng chính là vị trí các linh kiện cần kiểm tra. Quá trình chọn này có thể được thực hiện bằng tay hoặc tự động. Tuy nhiên, quá trình chọn tự động không chính xác do sai số cơ khí và cũng không làm thay đổi đến thời gian thực thi khi kiểm tra. Vì vậy, phương án chọn bằng tay, với ưu điểm là độ linh động cao, được sử dụng.
- **Bước 3:** Khử nhiễu sơ bộ trên ảnh lỗi và ảnh chuẩn bằng cách áp dụng bộ lọc Gaussian 2 chiều kích thước 5x5 lên ảnh. Bộ lọc Gaussian 2 chiều có tác dụng làm giảm nhiễu trong ảnh. Trong không gian 2 chiều, hàm phân phối Gaussian  $G(x, y)$  được định nghĩa theo công thức sau:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

với  $\sigma$  là phương sai của phân phối.

- **Bước 4:** Lưu trữ dữ liệu gồm ảnh chuẩn, ảnh lỗi, và các thông số liên quan đến vùng cần kiểm tra.

## 2.2 Pha kiểm tra: Kiểm tra PCB dựa trên cơ sở dữ liệu đã có từ pha huấn luyện

Pha kiểm tra là quá trình nhận dạng một bo mạch mới được đưa vào hệ thống dựa trên cơ sở dữ liệu đã có. Pha kiểm tra là quá trình cần giảm thiểu thời gian xử lý nhằm đáp ứng yêu cầu sản xuất nhưng vẫn đảm bảo chất lượng theo yêu cầu. Quá trình này được đề xuất gồm các bước sau:

- **Bước 1:** Ảnh PCB cần kiểm tra sẽ được khử nhiễu bằng cách đưa qua bộ lọc Gaussian.
- **Bước 2:** Xác định lại vị trí của bo mạch. Do những sai số cơ khí (sai số chế tạo, sai số do dịch chuyển bo...) nên bo cần kiểm tra có thể được đặt không hoàn

toàn khớp với lúc đặt bo chuẩn. Việc đặt bo không đúng vị trí có thể gây sai số khi nhận dạng. Để khắc phục, phương pháp khớp mẫu (template matching) với phép đo hệ số tương quan (Correlation Coefficient) được dùng để xác định lại vị trí đúng của bo mạch.

*Phép tính hệ số tương quan cho phương pháp khớp mẫu được định nghĩa như sau:*

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x+x', y+y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \sum_{x', y'} I(x+x', y+y')^2}} \quad (2)$$

với:

$$I(x+x', y+y') = I(x+x', y+y') - \frac{1}{w \cdot h} \sum_{x'', y''} I(x+x'', y+y'')$$

$$T(x', y') = T(x', y') - 1/(w \cdot h) \cdot \sum_{x'', y''} T(x'', y'')$$

*Trong đó: T là ảnh bo chuẩn, I là ảnh cần kiểm tra được lấy từ camera (xem hình 2)*

Quá trình dò vị trí bo mạch trên ảnh kiểm tra được xem như việc lập biểu đồ tương quan (correlation map) giữa ảnh của bo chuẩn với ảnh kiểm tra. Trên hình 3, hai trục theo phương ngang là hai chiều của ảnh, trong khi trục đứng (trục z) là trục biểu thị độ tương quan giữa bo chuẩn với từng vùng của bo kiểm tra. Điểm có giá trị cao nhất (tương ứng với hệ số tương quan lớn nhất) được xem là vị trí của bo mạch trong ảnh kiểm tra.

- **Bước 3:** Mỗi linh kiện (đã được chọn trong pha huấn luyện) sẽ được tách rời khỏi ảnh PCB lớn và đưa vào bộ so sánh với cơ sở dữ liệu gốc (đã được tạo trong pha huấn luyện). Phương án so sánh được chọn là đo độ tương quan giữa histogram của ảnh kiểm tra với histogram của ảnh chuẩn và ảnh lỗi.

*Cách tính histogram của ảnh như sau: Gọi H là histogram của ảnh T, thì  $H[i]$  là số lượng pixel có mức xám i trong ảnh T.*

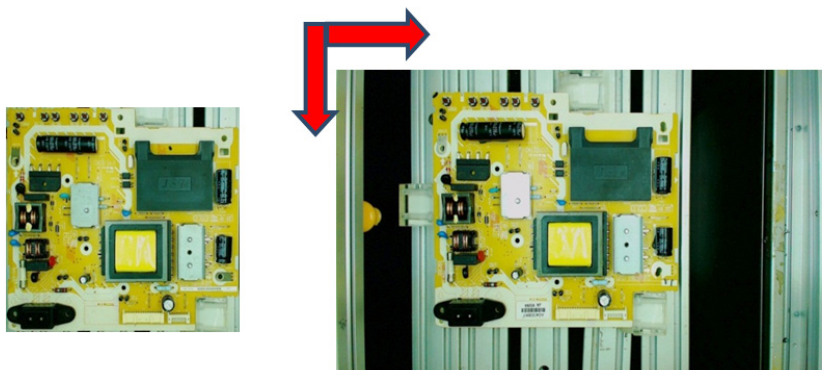
Phép đo độ tương quan của histogram được thực hiện theo công thức sau:

$$d(H_1, H_2) = \frac{\sum_I (H_1(I) - \bar{H}_1) \cdot (H_2(I) - \bar{H}_2)}{\sqrt{\sum_I (H_1(I) - \bar{H}_1)^2 \sum_I (H_2(I) - \bar{H}_2)^2}} \quad (3)$$

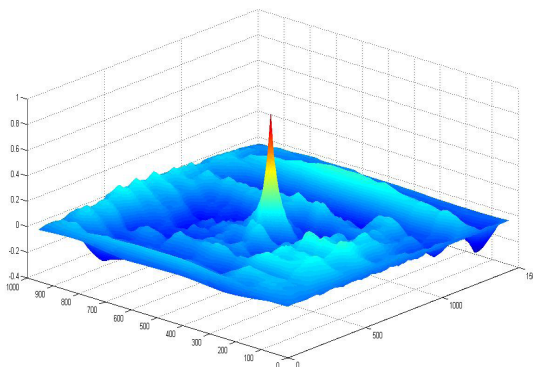
Với  $\bar{H}_k = \frac{1}{N} \sum_J H_k(J)$ , N là số mức xám.

### 2.3 Lưu đồ giải thuật tổng quát

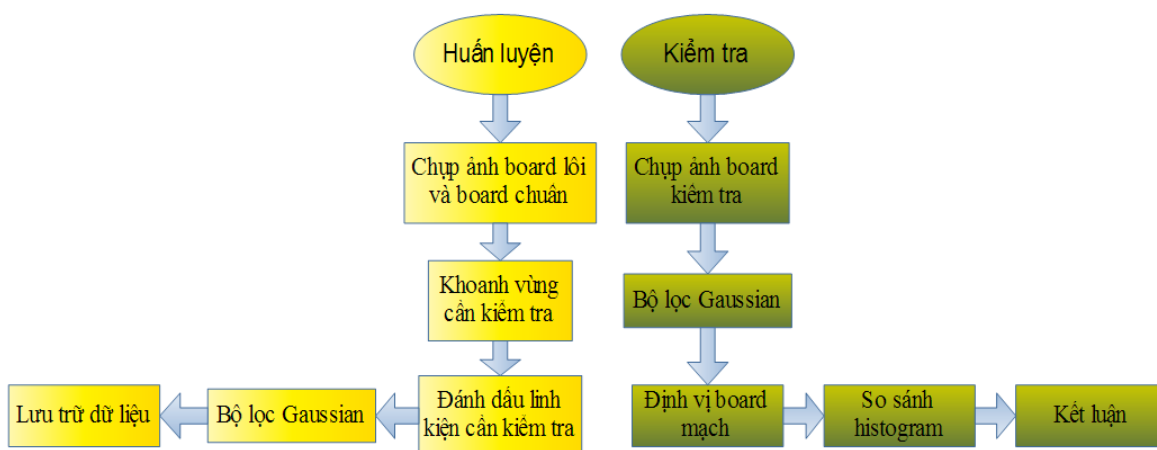
Giải pháp kiểm tra linh kiện thiếu trên bo mạch điện tử bao gồm hai pha là pha huấn luyện và pha kiểm tra như đã trình bày ở mục 1 và mục 2. Lưu đồ giải thuật của pha huấn luyện và pha kiểm tra được trình bày tóm tắt ở hình 4.



**Hình 1.** Xác định vị trí bo mạch trong ảnh đầu vào. Hình trái: Ảnh chuẩn bo mạch. Hình phải: Quá trình dò vị trí bo mạch trên ảnh kiểm tra.



**Hình 2.** Bản đồ tương quan (correlation map) giữa ảnh của bo chuẩn với ảnh kiểm tra



**Hình 3.** Lưu đồ giải thuật kiểm tra linh kiện bị thiếu trên PCB. Hình bên trái: Lưu đồ của pha huấn luyện. Hình bên phải: Lưu đồ của pha kiểm tra

### 3. MÔ HÌNH HỆ THỐNG VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM :

#### 3.1 Mô hình hệ thống thực nghiệm:

Mô hình thực nghiệm gồm một camera được đặt ở vị trí phù hợp, một hệ thống chiếu sáng và chắn ánh sáng gây nhiễu từ bên ngoài. Mô hình cũng bao gồm một khay đỡ có thể di chuyển được để đưa bo mạch ra vào.

#### 3.2 Kết quả thực nghiệm:

Nhóm tác giả đã thử nghiệm với chương trình được chạy trên máy tính có cấu hình CPU Core I5, RAM 3GB, camera có độ phân giải 1920 x 1080 pixels. PCB thực nghiệm được chọn là một bo có tổng số linh kiện cần kiểm tra là 48. Việc thực nghiệm được tiến hành trên 5 bo mạch có đầy đủ linh kiện và 5 bo mạch không có đủ linh kiện.

*Thống kê kết quả thực nghiệm:*

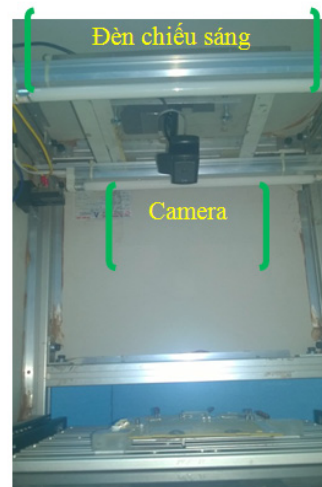
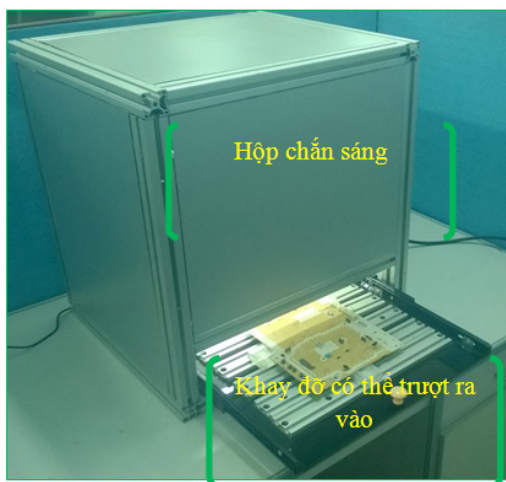
- Với 5 bo mạch có đủ 48 linh kiện: Hệ thống báo lỗi giả 2 lần như hình 5. Ở bo báo lỗi giả thứ nhất, nguyên nhân vì linh kiện này có độ sáng bóng giảm hơn nhiều so với linh kiện chuẩn. Ở bo báo lỗi giả thứ 2, nguyên nhân là vì linh kiện bị sai lệch vị trí so với bo chuẩn. Do đó, hệ thống kiểm tra đã nhận định rằng trường hợp này thiếu linh kiện (hình 5).
- Với 5 bo mạch thiếu linh kiện: Hệ thống luôn nhận dạng đúng là bo lỗi. Với mỗi

bo, hệ thống cũng chỉ ra đúng vị trí cũng như tên của từng linh kiện bị thiếu (hình 6).

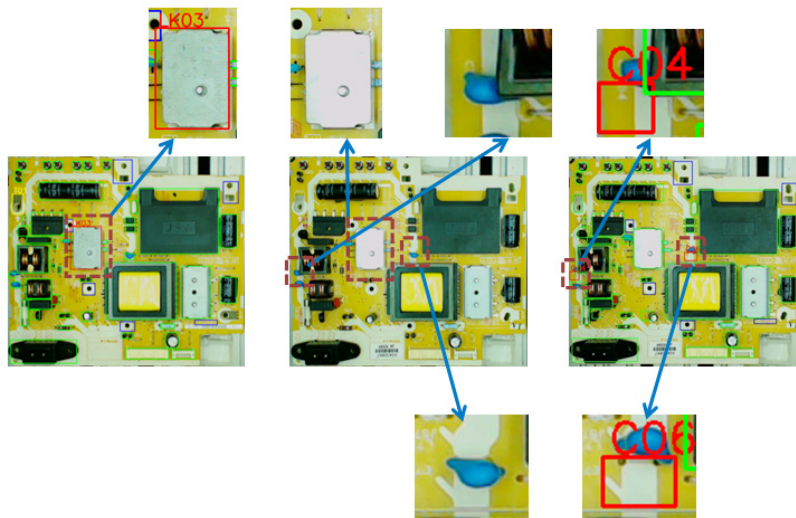
- Thời gian xử lý: Thời gian để máy tính nhận dữ liệu từ camera là xấp xỉ 0.1 giây. Thời gian xử lý dữ liệu ảnh và đưa ra kết quả kiểm tra là xấp xỉ 0.5 giây. Như vậy, tổng thời gian xử lý cho mỗi PCB đưa vào là ít hơn 1 giây.

### 4. KẾT LUẬN

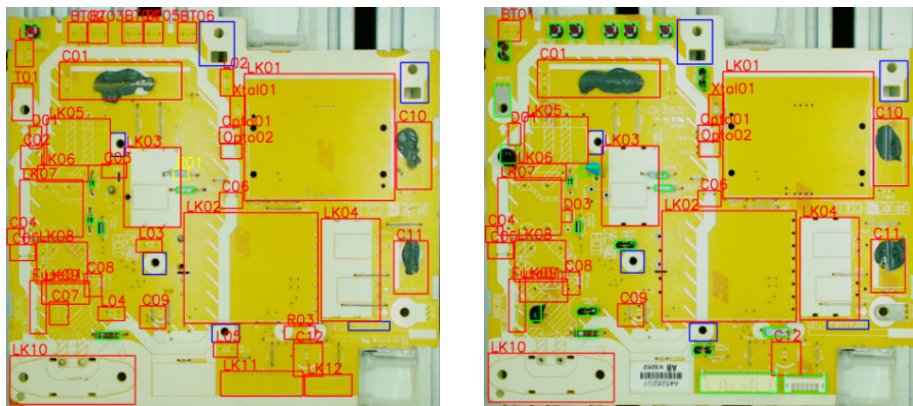
Bài báo mô tả một giải pháp giúp giảm chi phí và thời gian xử lý cho quá trình nhận dạng và kiểm tra việc thiếu linh kiện trên bo mạch. Kết quả của bài báo có thể áp dụng vào việc phát triển hệ thống nhận dạng và kiểm tra các lỗi khác của bo mạch điện tử, bao gồm các lỗi như kiểm tra linh kiện dán (với kích thước rất nhỏ, số lượng lớn nên không thể dùng mắt thường để kiểm tra), kiểm tra điểm hàn chì ở chân linh kiện, độ lệch của các linh kiện, hay kiểm tra các đường mạch trên PCB, v.v... Mở rộng ra, kết quả này tạo tiền đề cho việc phát triển các ứng dụng xử lý ảnh để kiểm tra các chi tiết, các sản phẩm lỗi trong những dây chuyền sản xuất công nghiệp. Tuy nhiên, việc cải tiến hệ thống chiếu sáng và camera, đi kèm với việc phát triển các giải thuật tính toán chính xác và tối ưu, vẫn cần được nghiên cứu nhiều hơn để đạt hiệu quả cao hơn trong quá trình kiểm tra.



**Hình 4.** Mô hình hệ thống thử nghiệm. Hình bên trái: Mô hình nhìn từ bên ngoài. Hình bên phải: Hệ thống chiếu sáng và camera được gá bên trong mô hình.



**Hình 5.** Một số kết quả thực nghiệm với bo có đủ linh kiện. Hình giữa: Bo chuẩn. Hình bên trái: Bo kiểm tra với việc báo lỗi giả (tại vị trí ô chữ nhật màu đỏ) do linh kiện đã bị oxy hóa và tối màu. Hình bên phải: Bo kiểm tra với việc báo lỗi giả do linh kiện bị sai vị trí.



**Hình 6.** Một số ảnh kết quả thực nghiệm với bo thiếu linh kiện. Các ô chữ nhật màu xanh báo hiệu có linh kiện ở vị trí đó. Các ô chữ nhật màu đỏ báo hiệu thiếu linh kiện.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Timothy S. Newman, *A survey of automated visual inspection*, Computer Vision and Image Understanding, Vol. 61, No. 2, pp. 231-262, 1995.
- [2] Rolan T.Chin, *Automatic visual inspection techniques and application: a bibliography*, Pattern Recognition, Vol. 15, No. 4, pp. 343- 357, 1982.
- [3] C.J. Smith and K.Adendorff, *Advantages and limitations of an automated visual inspection system*, Journal of Industrial Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 27-36, 1991.
- [4] Elias N. Malamasa, Euripides G.M. Petrakisa, Michalis Zervakisa, Laurent Petitb, Jean-Didier Legatb, *A survey on industrial vision systems, applications and tools*, Image and Vision Computing, pp. 171–188, 2003.
- [5] Wen-Yen Wu, Mao-Jim J.Wang, Chih-Ming Liu, *Automated inspection of printed circuit boards through machine vision*, Computers in Industry, pp. 103- 111, 1996.

- [6] K. Sundaraj, Jejawi, Perlis, *PCB inspection for missing or misaligned components using background subtraction*, Journal WSEAS Transactions on Information Science and Applications, Vol. 6, pp. 778-787, 2009.
- [7] Madhav Moganti, Fikret Ercal, Cihan H. Dagli, Shou Tsunekawa, *Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey*, Computer Vision and Image Understanding Volume 63, Issue 2, pp. 287–313, 1996.
- [8] David M. Walker, Stephen R. McNeill, Glen Davis, and Mike A. Sutton, *A system for inspection of surface mount PC boards*, Vision Conference Proceedings, pp. 11.1–11.11, 1987.
- [9] Gerald Jacob, *Advances in board inspection*, Eval. Eng., pp. 126–133 ,1992.
- [10] Robert M. Savage, *NASA evaluates automated inspection systems*, Test Meas. World, pp. 59–64, 1993.
- [11] Walter H. Schwartz, *Vision systems for PC board inspection*, Assem. Eng, pp. 18–21, 1986.
- [12] I. Ibrahim, S.A. Rahman, S.A. Bakar, M.M. Mokji, J.A.A Mukred, Z. Yusof, Z. Ibrahim, K.Khalil, M.S. Mohamad, *A printed Circuit Board Inspection System with Defect Classification Capability*, International Journal of Innovative Management, Information & Production ISME International, Vol. 3, No. 1, pp.82-87, 2012.
- [13] Chin-Sheng Chen, Chun-Wei Yeh, Peng-Yeng Yin, *A novel Fourier Descriptor Based Image Alignment Algorithm for Automatic Optical Inspection*, Elsevier Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 20, Issue 3, pp. 178–189, 2009.
- [14] Yu Cai, Yanjin Huang, Shugong Zhang, *Research of Defect Inspection and Processing in PCB Automatic Optical Inspection*, Proceeding ICECC '12 Proceedings of the 2012 International Conference on Electronics, Communications and Control, Zhoushan China, pp. 803-806, 2012.
- [15] A. J. Crispin & V. Rankov, *Automated inspection of PCB components using a genetic algorithm template-matching approach*, Springer International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 35, pp. 293-300, 2007.