

TỔNG QUAN VỀ TỰ ĐỘNG PHÁT HIỆN LỖ VẢI TRONG SẢN XUẤT DỆT MAY

OVERVIEW OF AUTOMATIC FABRIC DEFECTS DETECTION IN TEXTILE PRODUCTION

ThS. Đào Anh Tuấn

Khoa Dệt may Thời trang, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

Email: datuan@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Những khiếm khuyết trong quá trình sản xuất dệt may dẫn đến lãng phí lớn tài nguyên và ảnh hưởng hơn nữa đến chất lượng của sản phẩm dệt may. Đảm bảo chất lượng tự động của vật liệu vải dệt là một trong những nhiệm vụ thị giác máy tính quan trọng và đòi hỏi khắt khe nhất trong sản xuất dệt may thông minh. Khảo sát này trình bày tổng quan kỹ lưỡng về các thuật toán phát hiện lỗi vải. Nghiên cứu này giới thiệu ngắn gọn tầm quan trọng và tính tất yếu của việc phát hiện lỗi vải trong kỷ nguyên sản xuất trí tuệ nhân tạo. Các phương pháp phát hiện lỗi được phân loại thành các thuật toán truyền thống và thuật toán dựa trên học tập, và các thuật toán truyền thống được phân loại thành các thuật toán thống kê, cấu trúc, quang phổ và dựa trên mô hình. Các thuật toán dựa trên học tập được chia thành các thuật toán thông thường và thuật toán sâu phổ biến gần đây. Việc triển khai các thuật toán phát hiện lỗi vải sẽ được thảo luận trong nghiên cứu này. Nghiên cứu cung cấp tài liệu tham khảo cho các nhà nghiên cứu và kỹ sư về phát hiện khuyết tật của vải trong sản xuất dệt may.

Từ khóa: Phát hiện lỗi vải; Kiểm tra hàng dệt; Nhận dạng lỗi vải; Sản xuất hàng dệt tự động.

ABSTRACT

Defects in the textile manufacturing process lead to huge waste of resources and further affect the quality of textile products. Automated quality assurance of textile materials is one of the most important and demanding computer vision tasks in smart textile manufacturing. This survey presents a thorough overview of fabric defect detection algorithms. This study briefly introduces the importance and inevitability of fabric defect detection in the era of artificial intelligence manufacturing. Fault detection methods are classified into traditional algorithms and learning-based algorithms, and traditional algorithms are classified into statistical, structural, spectral, and model-based algorithms. Learning-based algorithms are divided into conventional algorithms and recently popular deep algorithms. The implementation of fabric defect detection algorithms will be discussed in this study. The study provides reference for researchers and engineers on fabric defect detection in textile production.

Keywords: Fabric defect detection; Textile inspection; Identify fabric defects; Automated textile production.

1. GIỚI THIỆU

Ảnh hưởng của trí tuệ nhân tạo đến lĩnh vực công nghiệp đã vượt xa sự mong đợi của chúng ta [1, 2]. Số lượng lớn các nhà nghiên cứu và kỹ sư không ngừng thúc đẩy sự phát triển của trí tuệ công nghiệp. Năm 2010, Đức đã đưa ra nền Công nghiệp 4.0 và nền công nghiệp này đã được thúc đẩy và áp dụng rộng rãi trong các quốc gia thành viên Liên minh Châu Âu. Sau đó, Hoa Kỳ và Trung Quốc đưa ra các kế hoạch và chính sách tương ứng cho sản xuất thông minh. Công nghiệp 4.0 là xu hướng tất yếu của sự phát triển tương lai của ngành sản xuất [3].

Trí tuệ nhân tạo công nghiệp là ngành liên ngành điển hình, kết hợp kiến thức về cơ khí, khoa học dữ liệu, mạng, truyền thông, bảo mật thông tin và các ngành khác, nhằm mục đích sử dụng các thuật toán trí tuệ nhân tạo để giải quyết các vấn đề công nghiệp và nâng cao hiệu quả cũng như an ninh của sản xuất [4]. Hướng tới công nghiệp 4.0, ngành sản xuất dệt may cũng cần tìm hướng đi riêng để thích ứng với quy trình sản xuất. Sản xuất dệt may là một ngành công nghiệp có quy mô lớn và phức tạp. Quy trình sản xuất bao gồm một loạt các quy trình phức tạp và có trật tự, chủ yếu bao gồm kéo sợi, dệt, nhuộm, in và hoàn thiện sản xuất hàng may mặc.

Nói chung, các khuyết tật của vải dệt là các khuyết tật trên bề mặt vải. Có rất nhiều loại lỗi vải, hầu hết là do vấn đề về quy trình và trục trặc của máy. Khiếm khuyết sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm cuối cùng, dẫn đến lãng phí lớn tài nguyên [5]. Trong quá trình sản xuất vải, những sai sót ở công đoạn trước sẽ ảnh hưởng đến công đoạn sau. Vì vậy, việc phát hiện sớm các khuyết tật của vải có thể giảm tổn thất cho doanh nghiệp sớm hơn và nhanh hơn [6].

Trong sản xuất dệt may hiện đại, phát hiện lỗi vải tự động là một cách quan trọng để đảm bảo chất lượng dệt may [7]. Về lâu dài, việc phát hiện lỗi vải được thực hiện bằng cách kiểm tra trực quan thủ công, phương pháp này hiện nay chưa đầy đủ và tốn kém. Theo đó, việc phát hiện lỗi vải tự động là cần thiết cho ngành dệt may để giảm chi phí và tăng năng suất. Cốt lõi của hệ thống phát hiện lỗi vải dệt trực tuyến hoàn chỉnh là các thuật toán phát hiện.

2. PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN LỖI VẢI

Các thuật toán phát hiện lỗi vải được chia thành hai loại trong nghiên cứu này, thuật toán truyền thống và thuật toán dựa trên học tập. Hầu hết các thuật toán truyền thống đều dựa trên kỹ thuật tính năng với kiến thức có sẵn, bao gồm các phương pháp thống kê, cấu trúc, quang phổ và dựa trên mô hình.

2.1. Thuật toán truyền thống

Thuật toán thống kê: Các phương pháp thống kê sử dụng sự phân bố không gian của các giá trị màu xám trong hình ảnh [8]. Raheja và cộng sự trình bày một hệ thống phát hiện lỗi vải tự động sử dụng GLCM. Theo cách tiếp cận này, biểu đồ tín hiệu được xây dựng với số liệu thống kê GLMC và khoảng cách giữa các pixel. Kết luận được đưa ra là các thuật toán dựa trên GLCM tạo ra độ chính xác phát hiện cao hơn và độ phức tạp tính toán ít hơn [9]. Anandan và cộng sự [10] kết hợp GLCM và biến đổi đường cong (CT) bằng cách trích xuất véc-tơ riêng của khuyết tật làm cho các đặc điểm khuyết tật của vải trở nên rõ ràng hơn.

Kumar và cộng sự [11] thiết kế một phương pháp thống kê để xác định các khiếm khuyết trong hình ảnh vải bằng cách sử dụng giá trị riêng. Sử dụng hệ số biến thiên, các phần

bị lỗi của hình ảnh vải được xác định. Phương pháp này đơn giản, dễ sử dụng theo các thí nghiệm trong sản xuất.

Phương pháp quang phổ: Li và cộng sự [12] đề xuất một thuật toán sử dụng biến đổi wavelet đa tỷ lệ và mô hình hỗn hợp Gaussian để phát hiện lỗi vải tự động. Rebhi và cộng sự [13] trình bày một phương pháp phát hiện lỗi vải bằng cách sử dụng thông tin đồng nhất cục bộ và biến đổi cosine rời rạc (DCT).

Phương pháp dựa trên mô hình: Loại phương pháp này dựa trên giả định rằng hình ảnh có hoa văn có thể được chia thành các mạng và họa tiết, và năng lượng tiếp theo của phép trừ chuyển động được tính toán để phân biệt vùng có khuyết tật và không có khuyết tật. Lucia và cộng sự đề xuất thuật toán phát hiện các khuyết tật của vải trong ảnh vải dệt có cấu trúc đồng nhất. Thuật toán bao gồm hai giai đoạn: giai đoạn trích xuất đặc trưng và giai đoạn nhận dạng lỗi. Thuật toán này được thiết kế trên cơ sở bản vá và được chứng minh là có hiệu quả trên cơ sở dữ liệu TILDA công cộng [14].

Đối với hàng dệt thân thiện với môi trường, Shu et al [15] áp dụng thuật toán dựa trên phân tích thành phần chính và lọc trung bình không tiêu điểm để nâng cao kết cấu vải và giảm nhiễu. Phương pháp này được sử dụng để tính toán độ tương tự; do đó có thể phân biệt được các khu vực bị lỗi và không bị lỗi.

Một số nhà nghiên cứu coi vấn đề phát hiện lỗi vải là một cách phân loại một lớp. Để phát hiện các loại vải có hoa văn, Tsang et al [16] đề xuất một phương pháp có tên là Xếp hạng Elo (ER). Các hình ảnh vải được chia thành các phân vùng có kích thước tiêu chuẩn.

2.2. Thuật toán dựa trên học tập

Thuật toán học máy cổ điển: Thuật toán dựa trên học tập từ điển. Nhiều nhà nghiên cứu đã xác nhận tính hiệu quả của các thuật toán dựa trên việc học từ điển xử lý các vấn đề phát hiện lỗi của vải dệt [17]. Gần đây, nhiều thuật toán dựa trên biểu diễn cấp thấp đã được đưa ra ứng dụng kiểm tra lỗi vải. Để giải bài toán tối ưu hóa hàm mục tiêu, nhiều phương pháp đưa bài toán phân rã bậc thấp về bài toán cực tiểu hóa hạt nhân (NNM).

Li và cộng sự đề xuất một thuật toán trên cơ sở mô hình thị giác sinh học. Độ nổi bật trực quan sinh học được mô hình hóa bằng biểu diễn cấp thấp (LRR); do đó hình ảnh vải bị phân hủy thành các vùng có khuyết tật nổi bật và nền không có khuyết tật [18].

Các thuật toán học máy truyền thống, như KNN [19] và mạng lưới thần kinh [20], được sử dụng rộng rãi trong các vấn đề phát hiện lỗi vải.

Tian và Li [21] đề xuất một phương pháp dựa trên bộ mã hóa tự động để phát hiện lỗi vải bằng cách khám phá những điểm tương đồng giữa các bản vá hình ảnh. Yapi và cộng sự [22] coi bài toán này là bài toán nhị phân. Một bộ tính năng nhỏ gọn và chính xác được trích xuất bằng mô hình thống kê về phân rã đường viền đa tỷ lệ, sau đó sử dụng bộ phân loại Bayes (BC) để phân loại các lớp khuyết tật và các lớp không khuyết tật. Thuật toán này thu được khả năng phát hiện có độ chính xác cao với hiệu quả theo thời gian thực.

Thuật toán học sâu: Gần đây, nhiều nhà nghiên cứu đã áp dụng kỹ thuật học sâu vào các vấn đề phát hiện lỗi của vải và đã đạt được kết quả khả quan [23] trong việc cải thiện

chất lượng sản phẩm dệt và hiệu quả sản xuất [24]. Mặc dù các phương pháp học sâu đã được chứng minh là có hiệu quả khi giải quyết các vấn đề về phân đoạn và phân loại, nhưng vẫn còn một số vấn đề trong ứng dụng thực tế của các ngành cụ thể [25]. Trước hết, dây chuyền sản xuất dệt may thực tế đòi hỏi thuật toán phải có hiệu suất thời gian thực cao, tức là đòi hỏi hiệu quả thực thi cao. Hơn nữa, so với các mẫu không có khiếm khuyết thông thường, dữ liệu hình ảnh bị lỗi rất khó thu được, điều này mang lại thách thức cho quá trình đào tạo học cao.

3. THẢO LUẬN

Các khuyết tật của vải tương ứng với các khuyết tật trên bề mặt vải dệt. Hầu hết các lỗi của vải là do lỗi và trục trặc của máy hoặc quy trình. Sự tồn tại của các khuyết tật về vải làm giảm đáng kể việc sử dụng hàng dệt may. Các công ty sản xuất dệt may cần nâng cấp thiết bị, công nghệ để duy trì tăng trưởng và sức cạnh tranh.

Khả năng cảm biến, lưu trữ và tính toán của hệ thống phát hiện vải tự động dựa trên thị giác máy tính sẽ tiếp tục được cải thiện. Sự phát triển của phần cứng và thuật toán sẽ ảnh hưởng lớn đến độ chính xác của việc phát hiện và dễ triển khai.

Bên cạnh giai đoạn phát hiện lỗi vải được thảo luận trong khảo sát này, còn có rất nhiều công việc cần phải thực hiện trong toàn bộ quá trình sản xuất hàng dệt may. Rất nhiều công trình nghiên cứu đã được đề xuất về quy trình sản xuất sợi, sản xuất vải và hoàn thiện bằng phương pháp học tập. Các nhà nghiên cứu đề xuất một phương pháp dự đoán lỗi vải trực tuyến dựa trên các mô hình mạng lưới thần kinh lan truyền ngược. Dữ liệu thu được được thu thập dưới dạng chuỗi thời gian và sau đó được

chuyển đổi thành dữ liệu khu vực dựa trên biểu đồ kiểm soát. Mô hình đề xuất có thể dự đoán trước các loại lỗi và do đó có thể giảm khối lượng công việc kiểm soát chất lượng trong quá trình sản xuất.

Trong tương lai, cần phát triển hơn nữa trong quá trình hướng tới Công nghiệp 5.0. Sản xuất thông minh tích hợp nhiều công nghệ khác nhau, bao gồm robot, CPS, IoT, phân tích dữ liệu data, điện toán đám mây và trí tuệ nhân tạo AI.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này trình bày tổng quan tài liệu một cách có hệ thống về các phương pháp phát hiện lỗi vải tự động của ngành sản xuất thông minh ngành dệt may. Tất cả các phương pháp được đề cập trong công việc này được phân loại đại khái thành hai loại chính, đó là thuật toán truyền thống và thuật toán dựa trên học tập. Không có ranh giới rõ ràng giữa các loại khác nhau. Để nhận ra kết quả phát hiện tốt hơn, các nhà nghiên cứu thường kết hợp các thuật toán khác nhau. Kết quả nghiên cứu của cuộc khảo sát này cũng khẳng định rằng có thể đạt được kết quả tốt hơn bằng cách kết hợp các phương pháp khác nhau và từ đó đưa ra những gợi ý và ý tưởng cho nghiên cứu tiếp theo. Các thuật toán phát hiện lỗi vải chính xác, hiệu quả và mạnh mẽ là cần thiết để phát triển các hệ thống phát hiện web hoàn toàn tự động.

Công nghệ phát hiện lỗi vải dệt tự động dựa trên thị giác máy tính đã thu hút được sự quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu. Với sự phát triển của các thuật toán phát hiện đối tượng mới, khả năng tính toán, công nghệ cảm biến và ngành công nghiệp, các kỹ thuật phát hiện lỗi dệt dựa trên thị giác máy tính sẽ tiếp tục phát triển với tốc độ cao. ❖



Ngày nhận bài: 20/01/2025

Ngày phản biện: 16/02/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. Lee, "Industrial AI". Springer Singapore, Singapore, 2020.
- [2]. K. Yan, L. Liu, Y. Xiang, and Q. Jin, "Guest editorial: AI and machine learning solution cyber intelligence technologies: New methodologies and applications". IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 16, no. 10, pp. 6626-6631, 2020.
- [3]. K.-D. Thoben, S. Wiesner, S. Wiesner, and T. Wuest, "'Industrie 4.0' and smart manufacturing - A review of research issues and application examples". International Journal of Automation Technology, vol. 11, no. 1, pp. 4-16, 2017.
- [4]. X. Xu, D. Cao, Y. Zhou, and J. Gao, "Application of neural network algorithm in fault diagnosis of mechanical intelligence". Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 141, p. 106625, 2020.
- [5]. J. Bullon, A. Gonza'lez Arrieta, A. Herna'ndez Encinas et al., "Manufacturing processes in the textile industry. Expert Systems for fabrics production". ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 2017.
- [6]. K. Singh, J. Kaleka, and J. Kaleka, "Identification and classification of fabric defects". International Journal of Advanced Research, pp. 1137-1141, 2016.
- [7]. L. Song, R. Li, and S. Chen, "Fabric defect detection based on membership degree of regions". IEEE Access, vol. 9, p. 1, 2020.
- [8]. M. T. Habib, S. B. Shuvo, M. S. Uddin et al., "Automated textile defect classification by bayesian classifier based on statistical features". In Proceedings of the 2016 International Workshop on Computational Intelligence (IWCI), Dhaka, Bangladesh, December 2016.
- [9]. J. L. Raheja, S. Kumar, and A. Chaudhary, "Fabric defect detection based on GLCM and Gabor filter: A comparison". Optik, pp. 6469-6474, 2013.
- [10]. R. S. Sabeenian, "Fabric defect detection using discrete curvelet transform". Procedia Computer Science, vol. 133, pp. 1056-1065, 2018.
- [11]. P. Senthil Kumar and H. Hafedh, "Detection of defects in knitted fabric images using Eigen values". International Journal Computer Science Engineering-IJASCSE, vol. 2, no. 3, pp. 7-10, 2013.
- [12]. P. Li, H. Zhang, J. Jing, R. Li, and J. Zhao, "Fabric defect detection based on multi-scale wavelet transform and Gaussian mixture model method". The Journal of The Textile Institute, vol. 106, no. 6, pp. 587-592, 2015.
- [13]. A. Rebhi, I. Benmhammed, S. Abid, and F. Fnaiech, "Fabric defect detection using local homogeneity analysis and neural network". Journal of Photonics, Article ID 376163, 9 pages, 2015.
- [14]. L. Bissi, G. Baruffa, P. Placidi, E. Ricci, A. Scorzoni, and P. Valigi, "Automated defect detection in uniform and structured fabrics using Gabor filters and PCA". Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 24, no. 7, pp. 838-845, 2013.
- [15]. Y. Shu, L. Zhang, D. Zuo et al., "Analysis of texture enhancement methods for the detection of eco-friendly textile fabric defects". Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, pp. 1-11, 2021.
- [16]. C. S. C. Tsang, H. Y. T. Ngan, and G. K. H. Pang, "Fabric inspection based on the Elo rating method". Pattern Recognition, vol. 51, pp. 378-394, 2016.
- [17]. X. Kang and E. Zhang, "A universal and adaptive fabric defect detection algorithm based on sparse dictionary learning". IEEE Access, vol. 9, p. 1, 2020.
- [18]. C. Li, G. Gao, Z. Liu, M. Yu, and D. Huang, "Fabric defect detection based on biological vision modeling". IEEE Access, vol. 6, pp. 27659-27670, 2018.
- [19]. Y. Wang, N. Deng, and B. Xin, "Investigation of 3D surface profile reconstruction technology for automatic evaluation of fabric smoothness appearance". Measurement, vol. 166, p. 108264, 2020.
- [20]. S. Kulkarni, K. Jojare, V. Bhosale, and P. Arude, "Textile fabric defect detection". IJARCCCE, vol. 5, no. 12, pp. 476-478, 2016.
- [21]. H. Tian and F. Li, "Autoencoder-based fabric defect detection with cross-patch similarity". In Proceedings of the 2019 16th International Conference on Machine Vision Applications (MVA), Tokyo, Japan, May 2019.
- [22]. D. Yapi, M. Mejri, M. S. Allili, and N. Baaziz, "A learning-based approach for automatic defect detection in textile images". IFAC-PapersOnLine, vol. 48, no. 3, pp. 2423-2428, 2015.
- [23]. S. Das, A. Wahi, S. Keerthika, and N. Thulasiram, "Defect analysis of textiles using artificial neural network". Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering, vol. 6, no. 1, 2020.
- [24]. S. Barua, H. Patil, P. D. Desai et al., "Deep learning-based smart colored fabric defect detection system". Applied Computer Vision and Image Processing, pp. 212-219, 2020.
- [25]. X. Zhou, Y. Li, and W. Liang, "CNN-RNN based intelligent recommendation for online medical pre-diagnosis support". IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, p. 1, 2020.