

# PHÂN TÍCH HỆ THỐNG CƠ KHÍ VÀ CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT TÍCH HỢP CHO DỆT MAY KỸ THUẬT CAO ỨNG DỤNG VẬT LIỆU THÔNG MINH

MECHANICAL SYSTEM ANALYSIS AND INTEGRATED MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR HIGH-TECH TEXTILES USING SMART MATERIALS

ThS. Lưu Thị Mai Lan

Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

Email: [ltmlan@uneti.edu.vn](mailto:ltmlan@uneti.edu.vn)

## TÓM TẮT

Công nghệ vật liệu thông minh (smart textiles) đang là xu hướng phát triển chính trong ngành dệt may, đòi hỏi sự tích hợp của các hệ thống cơ khí chính xác và tự động hóa trong sản xuất. Bài báo này trình bày tổng quan các ứng dụng và phân tích cơ sở kỹ thuật liên quan, bao gồm: nguyên lý đổi màu nhiệt sắc, vật liệu chuyển pha điều chỉnh nhiệt và thiết kế sợi dẫn điện. Những nguyên lý này làm nổi bật yêu cầu nghiêm ngặt về độ chính xác của thiết bị và quy trình công nghệ trong việc nhúng, phủ và tích hợp vật liệu. Tại Việt Nam, thách thức lớn nằm ở công nghệ lõi, chi phí đầu tư lớn vào dây chuyền sản xuất hiện đại và sự thiếu hụt nhân lực liên ngành (cơ khí – điện tử). Nghiên cứu đề xuất định hướng chuyển dịch sang mô hình sản xuất dựa trên tri thức, tập trung vào nghiên cứu và phát triển (R&D) hệ thống cơ khí, tự động hóa để làm chủ công nghệ, từ đó nâng cao năng lực cạnh tranh cho sản phẩm dệt may kỹ thuật cao.

**Từ khóa:** Vật liệu thông minh; Dệt may kỹ thuật cao; Công nghệ mới; Vật liệu chức năng; Dệt may Việt Nam.

## ABSTRACT

Smart textiles technology is a major development trend in the textile industry, requiring the integration of precision mechanical systems and automation in production. This paper presents an overview of applications and analysis of related technical bases, including: thermochromic color change principles, thermally adjustable phase change materials and conductive fiber design. These principles highlight the strict requirements for equipment accuracy and technological processes in dipping, coating and integrating materials. In Vietnam, the major challenges lie in core technology, high investment costs in modern production lines and the shortage of interdisciplinary human resources (mechanical - electronic). The study proposes a shift to a knowledge-based production model, focusing on research and development (R&D) of mechanical and automation systems to master the technology, thereby improving the competitiveness of high-tech textile products.

**Keywords:** Smart textiles; Advanced textiles; Emerging technologies; Functional materials; Vietnam textile industry.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong những thập niên gần đây, sự phát triển vượt bậc của khoa học vật liệu, kỹ thuật điện tử và công nghệ tự động hóa đã làm thay đổi đáng kể ngành dệt may toàn cầu [1]. Ngành công nghiệp này đang chuyển dịch mạnh mẽ từ sản xuất truyền thống sang việc tích hợp các vật liệu thông minh (Smart Materials) và công nghệ cao, nhằm tạo ra các sản phẩm dệt may kỹ thuật cao (High-Tech Textiles) [2]. Sự chuyển dịch này không chỉ tạo ra các loại vải có đặc tính cơ bản như độ bền và độ thoáng khí, mà còn cho phép vật liệu tương tác với môi trường và người dùng thông qua các chức năng phức tạp như cảm biến sinh học, tự điều chỉnh nhiệt độ, chống tia UV, và kháng khuẩn [3], [4].

Vải thông minh (Smart Textiles) đại diện cho đỉnh cao của sự tích hợp liên ngành, khi vật liệu và thiết bị điện tử/cảm biến được nhúng hoặc dệt trực tiếp vào sợi. Điều này đòi hỏi các hệ thống cơ khí, cơ-điện tử và công nghệ sản xuất tự động phải đạt độ chính xác cao. Cụ thể, việc nhúng các vật liệu như vi nang chuyển pha (PCM) hoặc các hợp chất nhiệt sắc vào sợi vải yêu cầu thiết bị cơ khí điều khiển chính xác về áp suất, nhiệt độ, và tốc độ khuấy/phun để đảm bảo phân tán đồng đều [5]. Tương tự, việc tích hợp sợi dẫn điện để tạo ra các ứng dụng cảm biến sinh học (e-textiles) đòi hỏi quy trình dệt may được kiểm soát nghiêm ngặt để duy trì tính chất cơ học và điện của vật liệu [6], [7].

Theo dự báo, ngành dệt may thông minh toàn cầu sẽ tiếp tục tăng trưởng mạnh mẽ, phản ánh xu hướng dịch chuyển từ công nghiệp lao động dân dụng sang công nghiệp dựa trên tri thức và công nghệ cao.

Đối với Việt Nam, dệt may là một trong những ngành kinh tế mũi nhọn, tuy nhiên, phần

lớn doanh nghiệp vẫn chủ yếu tập trung vào gia công, xuất khẩu sản phẩm có giá trị gia tăng thấp, dựa trên lợi thế lao động phổ thông. Thực trạng này đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc nghiên cứu và đầu tư vào công nghệ sản xuất, hệ thống cơ khí chính xác và tự động hóa để làm chủ quy trình tích hợp vật liệu thông minh, từ đó nâng cao chất lượng và giá trị cạnh tranh cho sản phẩm.

Từ những phân tích trên, bài báo này đặt mục tiêu nghiên cứu là phân tích các nguyên lý kỹ thuật cốt lõi của vật liệu thông minh trong ngành dệt may, đồng thời làm nổi bật yêu cầu về hệ thống cơ khí và quy trình công nghệ (như in ấn, mạ hóa học, dệt) cần thiết cho việc tích hợp. Trên cơ sở đó, nghiên cứu tiến hành đánh giá tiềm năng và thách thức về mặt công nghệ sản xuất và chi phí đầu tư thiết bị đối với ngành dệt may Việt Nam. Cuối cùng, bài báo sẽ đề xuất một số định hướng phát triển nhằm tập trung vào R&D hệ thống cơ khí, tự động hóa để thúc đẩy quá trình chuyển dịch sang mô hình sản xuất có giá trị gia tăng cao.

## 2. NGUYÊN LÝ KỸ THUẬT VÀ CƠ SỞ KHOA HỌC CỦA DỆT MAY THÔNG MINH

Vật liệu thông minh (Smart Materials) là các loại vật liệu có khả năng thay đổi tính chất (cơ học, nhiệt, điện, quang học, màu sắc, độ thấm khí) khi chịu tác động của môi trường bên ngoài như nhiệt độ, ánh sáng, điện trường, từ trường hoặc hóa chất.

Trong ngành dệt may, các loại vật liệu thông minh chủ yếu gồm: Vật liệu hay đổi màu sắc (photochromic, thermochromic), vật liệu có khả năng điều chỉnh nhiệt (phase change materials – PCM), vật liệu dẫn điện và cảm biến (conductive textiles), vật liệu siêu thấm – chống thấm (superhydrophobic textiles).

Ứng dụng vật liệu thông minh trong ngành dệt may cụ thể như sau: Trong may mặc thể thao có các loại áo quần có khả năng điều hòa nhiệt, hút ẩm nhanh, thay đổi màu theo nhiệt độ cơ thể, trong y tế có vải dẫn điện để đo tín hiệu sinh học (ECG, EMG), băng vết thương đổi màu khi nhiễm trùng, trong thời trang có các loại áo thay đổi màu sắc theo ánh sáng, vải phát quang nhờ sợi quang học, trong bảo hộ lao động có vải chống cháy, chống tia UV, vải phát tín hiệu cảnh báo.

### 2.1. Hiệu ứng đổi màu nhiệt sắc (Thermochromic)

Hiệu quả của vật liệu thông minh được mô tả bằng các công thức liên hệ tính chất – tác động [4]:

$$\Delta C = f(T)$$

Trong đó:

- $\Delta C$ : Mức độ thay đổi màu;
- $T$ : Nhiệt độ môi trường.

Ý nghĩa: Mức độ thay đổi màu sắc ( $\Delta C$ ) là hàm số của nhiệt độ môi trường  $T$ .

Khi nhiệt độ vượt qua ngưỡng nhất định, cấu trúc phân tử của chất màu nhiệt sắc thay đổi  $\rightarrow$  sự hấp thụ và phản xạ ánh sáng thay đổi  $\rightarrow$  vải đổi màu.

Ứng dụng: Quần áo thể thao, áo bảo hộ lao động (cảnh báo nhiệt độ cao).

Ví dụ: Áo thể thao đổi màu từ xanh sang trắng khi nhiệt độ cơ thể vượt  $37,5^{\circ}\text{C}$  để cảnh báo người mặc.

### 2.2. Vật liệu chuyển pha (Phase Change Materials – PCM [6])

$$Q = m \cdot L$$

Ý nghĩa: Nhiệt lượng  $Q$  mà vật liệu trao đổi khi chuyển từ trạng thái rắn  $\rightarrow$  lỏng (hoặc ngược lại) phụ thuộc vào:

- $m$ : Khối lượng vật liệu;
- $L$ : Nhiệt ẩn chuyển pha (J/kg).

Trong dệt may, các vi nang PCM được nhúng vào sợi vải. Khi nhiệt độ môi trường tăng, PCM hấp thụ nhiệt để tan chảy  $\rightarrow$  giúp làm mát cơ thể. Khi môi trường lạnh, PCM đông đặc và giải phóng nhiệt  $\rightarrow$  giữ ấm.

Ứng dụng: Áo khoác giữ nhiệt, quần áo phi hành gia, đồng phục ngoài trời.

### 2.3. Vật liệu dệt dẫn điện (Conductive Textiles [5])

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Ý nghĩa: Điện trở  $R$  của sợi dẫn điện phụ thuộc vào:

- $\rho$ : Điện trở suất ( $\Omega \cdot \text{m}$ );
- $l$ : Chiều dài sợi;
- $A$ : Tiết diện mặt cắt ngang của sợi.

Để vải dẫn điện tốt cần chọn sợi có  $\rho$  (ví dụ: bạc, đồng, graphene),  $l$  ngắn và  $A$  lớn để giảm điện trở.

Ứng dụng: Áo giám sát nhịp tim, găng tay cảm ứng, vải tích hợp mạch in điện tử (e-textiles).

## 3. PHÂN TÍCH HỆ THỐNG CƠ KHÍ VÀ CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT TÍCH HỢP CHO DỆT MAY KỸ THUẬT CAO ỨNG DỤNG VẬT LIỆU THÔNG MINH

Việc chuyển đổi từ sản xuất dệt may truyền thống sang sản xuất dệt may thông minh



đòi hỏi sự đầu tư và làm chủ các hệ thống cơ khí chính xác, tự động hóa và điều khiển số để xử lý các vật liệu chức năng phức tạp (nano, vi nang) và đảm bảo chất lượng, độ bền của sản phẩm cuối cùng.

### 3.1. Hệ thống cơ khí chính xác trong xử lý vật liệu nano và vi nang

Sản phẩm dệt may thông minh thường sử dụng các vật liệu ở cấp độ nano hoặc vi nang (PCM, nano bạc, graphene) [7].

#### 3.1.1. Thiết bị phủ/in chính xác

Việc nhúng hoặc phủ các vật liệu này lên sợi vải đòi hỏi hệ thống phun/in (Coating/Printing Systems) được điều khiển bằng máy tính (ví dụ: máy in kỹ thuật số công nghiệp, máy phủ vật liệu CVD/PVD Hình 1). Các hệ thống này cần có cơ cấu chuyển động tuyến tính và hệ thống điều khiển dòng chảy để vật liệu được đặt/phủ lên bề mặt vải với độ dày và mật độ micromet, đảm bảo tính chất đồng nhất trên toàn bộ bề mặt.

#### 3.1.2. Máy cắt tự động

Khi xử lý các loại vải tích hợp linh kiện điện tử (e-textiles), cần sử dụng Máy cắt CNC (Computer Numerical Control) hoặc Máy cắt Laser (Hình 2) được điều khiển bằng hệ thống CAD/CAM. Việc này nhằm đảm bảo các mạch điện tử và cảm biến không bị hư hại trong quá trình cắt, đồng thời tối ưu hóa việc sử dụng vật liệu đắt tiền.



Hình 1. Máy phủ PVD/thiết bị phủ tần số trung đa chức năng



Hình 2. Máy cắt vải 1 lớp Laser

### 3.2. Hệ thống cơ-điện tử trong quy trình dệt và cắt (Hình 3)

#### 3.2.1. Tích hợp sợi dẫn điện (e-Textiles)

Để tạo ra vải dẫn điện ứng dụng trong y tế và thể thao [6], quá trình dệt cần tích hợp sợi dẫn điện theo mô hình thiết kế cụ thể.

Yêu cầu cơ khí-điện tử: Các máy dệt công nghiệp (Industrial Looms) cần được trang bị hệ thống điều khiển số (CNC) và cảm biến lực căng (Tension Sensors) để kiểm soát lực kéo sợi dẫn điện. Sự kiểm soát này nhằm ngăn chặn hư hại cơ học cho sợi (tránh làm tăng điện trở R) trong khi dệt, đồng thời đảm bảo vị trí dệt chính xác của các mạch cảm biến (Hình 4).

#### 3.2.2. Máy cắt và định hình tự động (CAD/CAM/CNC)

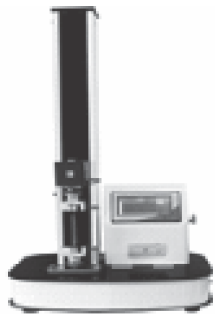
Việc gia công sản phẩm dệt may thông minh sau khi tích hợp linh kiện điện tử (ví dụ: cảm biến, pin mềm) là một thách thức cơ học lớn.

Yêu cầu cơ khí: Cần sử dụng máy cắt CNC hoặc máy cắt laser được điều khiển bằng phần mềm CAD/CAM để cắt vải (Hình 5). Các hệ thống này cung cấp độ chính xác cao hơn so với máy cắt truyền thống, đảm bảo các mạch

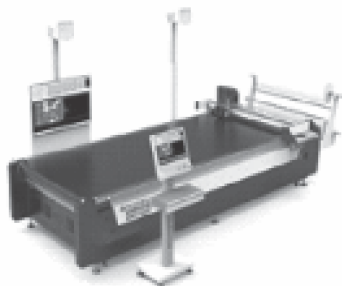
điện tử nhưng không bị hư hại trong quá trình cắt, giảm thiểu phế liệu của vật liệu thông minh đắt tiền.



Hình 3. Hệ thống co-điện tử trong quy trình dệt và cắt



Hình 4. Máy đo lực kéo đứt sợi chỉ trong dệt, may mặc



Hình 5. Máy cắt và định hình tự động

### 3.3. Kiểm soát chất lượng và tự động hóa quy trình

Do tính chất liên ngành của dệt may thông minh, quy trình kiểm soát chất lượng cần được tự động hóa để đánh giá cả tính chất dệt, cơ học và điện tử (Hình 6, 7).

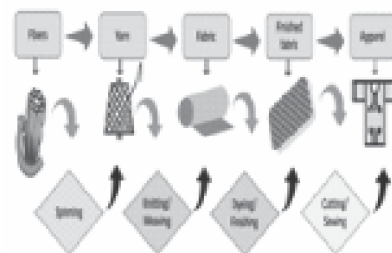
Kiểm tra cơ lý tính tự động: Các thiết bị như máy đo độ bền kéo (Tensile Tester) và máy đo độ ma sát cần được tự động hóa và tích hợp vào dây chuyền sản xuất để đánh giá độ bền cơ học của sợi sau khi nhuộm vật liệu.

Đo lường tính năng điện/nhiệt: Cần sử dụng hệ thống đo điện trở tự động để kiểm tra tính dẫn điện R của sợi [6]. Đồng thời, các thiết bị đo nhiệt tự động sẽ kiểm tra khả năng trao đổi nhiệt Q của PCM và phản ứng đổi màu của vật liệu nhiệt sắc dưới các điều kiện nhiệt độ khác nhau. Việc tự động hóa giúp kiểm soát chất lượng liên tục, đảm bảo tính ổn định của sản phẩm.

Hệ thống quản lý dây chuyền (SCADA/MES - Hình 8): Cần tích hợp các hệ thống tự động hóa cấp cao để giám sát và điều khiển toàn bộ quy trình sản xuất theo thời gian thực, từ khâu xử lý vật liệu thô đến khâu hoàn thiện, đảm bảo các thông số kỹ thuật được tuân thủ chính xác.

| Quality Control    | Quality Assurance  |
|--------------------|--------------------|
|                    |                    |
| Focused on Product | Focused on Process |
| Reactive           | Pro-active         |
| End Function       | Start Function     |
| Find Defects       | Prevent Defects    |
| Testing            | Quality Analysis   |

Hình 6. Kiểm soát chất lượng (QC) và Đảm bảo chất lượng (QA) trong dệt may



Hình 7. Kiểm soát quá trình sản xuất trong dệt may



Hình 8. Tự động hóa chuyển đổi sản xuất dệt may

## 4. TIỀM NĂNG, THÁCH THỨC VỀ CÔNG NGHỆ VÀ ĐỊNH HƯỚNG TẠI VIỆT NAM

### 4.1. Tiềm năng

Ngành dệt may Việt Nam hiện là một trong những trụ cột kinh tế, đóng góp khoảng 12-16% GDP và luôn nằm trong nhóm 5 quốc gia xuất khẩu dệt may lớn nhất thế giới [4, 10]. Sự hội nhập sâu rộng thông qua các hiệp định thương mại tự do (CPTPP, EVFTA, RCEP) mở ra cơ hội lớn để doanh nghiệp Việt tiếp cận công nghệ mới và mở rộng thị trường tiêu thụ sản phẩm có hàm lượng khoa học cao. Bên cạnh đó, Việt Nam có nguồn lao động dồi dào, tay nghề may công nghiệp tốt, chi phí nhân công cạnh tranh, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thử nghiệm và mở rộng sản xuất các dòng sản phẩm ứng dụng vật liệu thông minh.

Ngoài ra, sự phát triển mạnh mẽ của các lĩnh vực cơ khí chế tạo, điện tử, IoT và công nghệ nano cũng hỗ trợ trực tiếp cho ngành dệt may. Một số doanh nghiệp tiên phong đã bắt đầu thử nghiệm tích hợp công nghệ CAD/CAM, máy cắt vải CNC, và hệ thống sản xuất thông minh trong khâu thiết kế và gia công, tạo nền tảng để chuyển dịch sang sản phẩm thông minh trong thời gian tới [5], [9].

### 4.2. Thách thức về công nghệ

Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ vật liệu thông minh trong ngành dệt may Việt Nam còn gặp nhiều rào cản:

Hạn chế về nghiên cứu và phát triển (R&D): Các doanh nghiệp may trong nước chủ yếu gia công theo đơn đặt hàng, ít đầu tư vào nghiên cứu công nghệ lõi và vật liệu mới. Điều này dẫn đến sự phụ thuộc lớn vào nguyên phụ liệu nhập khẩu [7], [9].

Chi phí đầu tư cao: Sản xuất vật liệu thông minh đòi hỏi dây chuyền thiết bị hiện đại, vốn đầu tư ban đầu lớn, trong khi lợi nhuận thu về chưa chắc chắn khiến nhiều doanh nghiệp e ngại.

Thiếu nguồn nhân lực chất lượng cao: Kỹ sư, nhà nghiên cứu có kiến thức liên ngành (cơ khí – điện tử – dệt may – công nghệ nano) còn rất hạn chế. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm chủ và sáng tạo công nghệ [6].

Thị trường tiêu thụ trong nước chưa phát triển: Người tiêu dùng Việt Nam hiện vẫn chú trọng vào yếu tố giá cả hơn là tính năng công nghệ. Do đó, sản phẩm dệt may thông minh khó cạnh tranh về thị phần trong nước, chủ yếu phụ thuộc vào xuất khẩu.

Chính sách hỗ trợ chưa đồng bộ: Các chương trình hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong ngành dệt may còn manh mún, thiếu sự gắn kết giữa viện nghiên cứu, trường đại học và doanh nghiệp [10].

### 4.3. Định hướng và giải pháp cho Việt Nam

Để thúc đẩy ngành dệt may thông minh tại Việt Nam, cần thực hiện một chiến lược

chuyển đổi mô hình sản xuất từ gia công sang ODM (Original Design Manufacturing), tập trung vào các sản phẩm kỹ thuật cao cho y tế và thể thao. Về mặt công nghệ, định hướng then chốt là làm chủ công nghệ lõi (nano/vi nang hóa) và Công nghệ Cơ-Điện tử Chính xác. Các giải pháp đồng bộ bao gồm:

(1) Ưu tiên đầu tư trang bị hệ thống máy móc CNC tiên tiến có cảm biến lực căng để bảo toàn tính toàn vẹn của sợi dẫn điện;

(2) Đào tạo kỹ sư liên ngành (Cơ khí – Điện tử – Dệt may) để làm chủ và tối ưu hóa quy trình sản xuất phức tạp [6];

(3) Xây dựng các Trung tâm R&D Liên ngành để liên kết hiệu quả giữa doanh nghiệp, trường đại học và viện nghiên cứu [10];

(4) Triển khai chính sách ưu đãi vốn và thuế cho các dự án đầu tư công nghệ cao nhằm kích cầu đầu tư và mở rộng thị trường nội địa [4], [7].

#### 4.4. Triển vọng nghiên cứu và phát triển

Trong kỷ nguyên Cách mạng công nghiệp 4.0, vật liệu thông minh trở thành nền tảng của thời trang bền vững (sustainable fashion) và dệt may thông minh (smart textiles) tích hợp IoT, AI phục vụ chăm sóc sức khỏe, thể thao và quốc phòng [4, 7].

Hướng phát triển nổi bật hiện nay là vật liệu sinh học tự phân hủy, sử dụng xenlulo, protein và polymer sinh học thân thiện môi trường. Theo Huang & Ding (2016) [7], vật liệu nano sinh học có thể kết hợp tự làm sạch, kháng khuẩn, chống tia UV, góp phần giảm rác thải và khí thải CO<sub>2</sub>.

Bên cạnh đó, nhóm vải thông minh cảm

biến (e-textiles) đang phát triển nhanh, cho phép đo và truyền dữ liệu sinh lý theo thời gian thực. Nghiên cứu của Zhang et al. (2020) [9] cho thấy thị trường này tăng trưởng trên 20%/năm, mở ra cơ hội lớn cho y tế, thể thao và quốc phòng.

Ở Việt Nam, triển vọng phát triển vật liệu thông minh gắn với quá trình chuyển đổi số ngành dệt may. Cần sự phối hợp giữa doanh nghiệp – viện nghiên cứu – cơ quan quản lý để hình thành hệ sinh thái đổi mới sáng tạo, tạo nền tảng cho sản phẩm công nghệ cao “Made in Vietnam” [5, 9].

Về thị trường dệt, may thông minh toàn cầu toàn cầu được dự báo đạt 5,5 tỷ USD vào năm 2030, tốc độ tăng trưởng bình quân 23%/năm [10].

#### 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích vai trò thiết yếu của hệ thống cơ khí và công nghệ sản xuất tích hợp trong việc phát triển dệt may kỹ thuật cao ứng dụng vật liệu thông minh. Các nguyên lý kỹ thuật cốt lõi (PCM, nhiệt sắc, dẫn điện) đều đòi hỏi độ chính xác cao từ thiết bị cơ khí trong quá trình xử lý vật liệu.

Thách thức lớn nhất đối với Việt Nam là sự thiếu hụt về công nghệ lõi, chi phí đầu tư cao cho dây chuyền tự động hóa và nhân lực liên ngành. Để nâng cao năng lực cạnh tranh, Việt Nam cần ưu tiên đầu tư vào R&D hệ thống cơ khí và tự động hóa nhằm chuyển dịch sang mô hình sản xuất dựa trên tri thức và công nghệ cao. ❖

Ngày nhận bài: **12/11/2025**

Ngày phản biện: **29/11/2025**



---

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Stoppa, M., & Chiolerio, A. (2014), “*Wearable electronics and smart textiles: A critical review*”. *Sensors*, 14(7), 11957-11992. <https://doi.org/10.3390/s140711957>
- [2]. Tao, X. (2015), “*Handbook of Smart Textiles*”. Springer.
- [3]. Mattila, H. (2006), “*Intelligent textiles and clothing*”. Woodhead Publishing Series in Textiles.
- [4]. Li, Q., & Wong, M. (2018), “*Recent advances in functional textiles*”. *Materials Today*, 21(2), 142-154. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.10.016>
- [5]. Cherenack, K., & van Pieterse, L. (2012), “*Smart textiles: Challenges and opportunities*”. *Journal of Applied Physics*, 112(9), 091301. <https://doi.org/10.1063/1.4742728>
- [6]. Dias, T. (2015), “*Electronic Textiles: Smart Fabrics and Wearable Technology*”. Woodhead Publishing.
- [7]. Huang, J., & Ding, Y. (2016), “*Advances in nanomaterials for smart textiles*”. *Nano Today*, 11(5), 566-582. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2016.09.007>
- [8]. Wang, Y., Wang, L., & Yang, C. (2019), “*Smart textiles for healthcare applications*”. *Advanced Healthcare Materials*, 8(1), 1801048. <https://doi.org/10.1002/adhm.201801048>
- [9]. Zhang, Y., et al. (2020), “*Recent developments in wearable and flexible sensors for health monitoring*”. *Advanced Materials*, 32(15), 1905526. <https://doi.org/10.1002/adma.201905526>
- [10]. Le, H. T., & Pham, T. H. (2021), “*Opportunities and challenges of Industry 4.0 in Vietnam's textile industry*”. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 59(4), 417-430.