



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ

VIET TRI UNIVERSITY OF INDUSTRY

ISSN 0866 – 7772

KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL REVIEW

KỶ NIỆM

70

NĂM TRUYỀN THỐNG ĐÀO TẠO
VÀ 15 NĂM ĐÀO TẠO TRÌNH ĐỘ ĐẠI HỌC
(25/6/1956 - 25/6/2026)

KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO TRONG KỶ NGUYÊN SỐ



Số 01

Năm 2026

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS.TS. Trần Thị Hằng

Phó Hiệu trưởng

Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

Chịu trách nhiệm nội dung:

PGS.TS. Trần Thị Hằng

• **Ban biên tập:**

PGS.TS. Trần Thị Hằng	Trưởng ban
GS.TS. Thái Hoàng	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Hồng Quang	Ủy viên
PGS.TS. Nguyễn Văn Huân	Ủy viên
PGS.TS. Phạm Thành Long	Ủy viên
TS. Đào Tùng	Ủy viên
TS. Nguyễn Thị Ngọc Quỳnh	Ủy viên
TS. Vũ Quốc Hiến	Ủy viên
TS. Hoàng Thị Vân An	Ủy viên TT
TS. Mạc Đình Thiệt	Ủy viên
TS. Nguyễn Quốc Khánh	Ủy viên
TS. Vũ Thị Phương Lan	Ủy viên
TS. Lê Quang Vinh	Ủy viên
TS. Nguyễn Đức Nam	Ủy viên
TS. Lê Quang Tuyền	Ủy viên
TS. Quân Cẩm Thúy	Ủy viên
TS. Lê Thành Cương	Ủy viên
ThS. Nguyễn Xuân Long	Ủy viên

• **Thư ký ban biên tập:**

TS. Hoàng Thị Vân An	Tổ trưởng
TS. Nguyễn Đức Anh	Ủy viên
ThS. Cù Đức Toàn	Ủy viên

Giấy phép xuất bản số 132/GP-XBĐS do Cục báo trí - Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 29 tháng 11 năm 2024.

Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì:

- Cơ sở Lâm Thao: Xã Xuân Lũng, tỉnh Phú Thọ.

- Cơ sở Việt Trì: Số 9, đường Tiên Sơn, phường Thanh Miếu, tỉnh Phú Thọ.

Điện thoại: (+84) 210 3829247

Fax: (+84) 210 3827306

Website: <http://www.vui.edu.vn>

Email: dhcnvt@vui.edu.vn

KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

<i>Nghiên cứu thiết kế, chế tạo mô hình hệ thống truyền lực trên ô tô điện</i>	3
<i>Tích hợp trợ lý ảo ai coze vào hệ thống LMS: giải pháp nâng cao hiệu suất và chất lượng giảng dạy trực tuyến tại trường Đại học Công nghiệp Việt Trì</i>	8
<i>Tổng hợp xúc tác chứa Zn-Mo/HY thực hiện quá trình thom hóa Butane</i>	13
<i>Xác định hàm lượng Fe, Zn trong một số thực phẩm bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật ngọn lửa (F-AAS)</i>	19
<i>Nghiên cứu chế tạo vật liệu nano NiO ứng dụng thử nghiệm trong điện cực cảm biến điện hóa nhạy khí NO₂</i>	25
<i>Nghiên cứu xây dựng hệ truyền động Thyristor - động cơ điện một chiều cho truyền động chính máy tiện</i>	32
<i>Nghiên cứu chế tạo sản phẩm supe lân kép từ quặng Apatite Lào Cai và axit Phosphoric đã cô đặc của nhà máy DAP Lào Cai</i>	37
<i>Nghiên cứu mô phỏng hiện tượng đánh thủng điện môi</i>	42
<i>Ứng dụng công nghệ đọc Barcode và lập trình Macro trong HMI cho bài toán lưu kho sản xuất ghế ô tô</i>	49
<i>Cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm trước làn sóng AI tạo sinh: chiến lược bảo vệ quyền tự chủ và tư duy trong giáo dục</i>	55
<i>Xây dựng hệ sinh thái số tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0</i>	60
<i>Bộ điều khiển mờ tự điều chỉnh</i>	65
<i>Sự tác động của ứng suất nén lên hạt nano silicon đến sự dịch chuyển quang phổ phát quang</i>	71
<i>Xu hướng áp dụng các tiêu chuẩn công bố thông tin môi trường, xã hội và quản trị (ESG) trên thế giới</i>	79
<i>Ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì</i>	85
<i>Chế tạo và nghiên cứu đặc trưng tính chất của vật liệu nano kim loại Cu</i>	90
<i>Nghiên cứu xác định hàm lượng Trimethoprim trong thuốc thú y bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao</i>	95
<i>Nghiên cứu xây dựng quy trình tách chiết và xác định thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của tinh dầu hương nhu tía (Ocimum Tenuiflorum L.) trồng tại tỉnh Phú Thọ</i>	102
<i>Tiếng anh hỗ trợ du lịch bền vững tại tỉnh Phú Thọ: khung phân tích và hàm ý chính sách</i>	108

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI

<i>Hoạt động khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo gắn với đào tạo, chuyển giao tri thức tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì: thành tựu 2021 - 2025 và định hướng 2025 – 2030</i>	113
<i>Vai trò của giảng viên trong môi trường số gắn với đào tạo từ xa tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì</i>	121

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC TRÊN Ô TÔ ĐIỆN

Vũ Đức Bình*, Vũ Quốc Hiến, Lê Quang Vinh, Nguyễn Văn Vượng,
Nguyễn Hữu Hải, Phạm Mạnh Thắng

Khoa Cơ Khí – Ô tô

*Email: binhvd@vui.edu.com

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống truyền lực trên xe ô tô điện. Trên cơ sở đó, tiến hành tính toán và lựa chọn phương án thiết kế mô hình hệ thống truyền lực phù hợp cho xe ô tô điện mini. Đồng thời, bài báo tập trung phân tích các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống truyền lực, bao gồm lựa chọn động cơ điện, hộp giảm tốc, cơ cấu dẫn động và phương án điều khiển sao cho phù hợp với kích thước, khối lượng và mục đích sử dụng của xe. Kết quả nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thành công mô hình hệ thống truyền lực sử dụng động cơ điện, cho phép xe đạt vận tốc cực đại $V_{\max} = 24$ km/h, đáp ứng yêu cầu thiết kế ban đầu. Bên cạnh đó, mối quan hệ giữa tải trọng và vận tốc chuyển động của xe đã được xây dựng và đánh giá thông qua thực nghiệm, cho thấy khi tải trọng tăng thì vận tốc giảm theo quy luật phù hợp với đặc tính làm việc của động cơ điện và hệ truyền lực, qua đó khẳng định tính hợp lý và khả năng ứng dụng của mô hình đã chế tạo.

Từ khóa: Ô tô điện mini, Hệ thống truyền lực, Công suất động cơ

RESEARCH ON THE DESIGN AND FABRICATION OF A POWERTRAIN SYSTEM MODEL FOR ELECTRIC VEHICLES

Abstract:

This paper investigates the structure and operating principles of the powertrain system in electric vehicles. On this basis, calculations are performed and an appropriate design solution for a powertrain system model suitable for a mini electric vehicle is selected. In addition, the paper focuses on analyzing the technical requirements of the powertrain system, including the selection of the electric motor, reduction gearbox, driving mechanism, and control strategy to match the vehicle's dimensions, mass, and intended application. The research results show that a powertrain system model using an electric motor was successfully designed and fabricated, enabling the vehicle to achieve a maximum speed of $V_{\max} = 24$ km/h, meeting the initial design requirements. Furthermore, the relationship between vehicle load and traveling speed was established and evaluated through experimental testing, demonstrating that the vehicle speed decreases as the load increases in accordance with the operating characteristics of the electric motor and the powertrain system. These results confirm the rationality and practical applicability of the developed model.

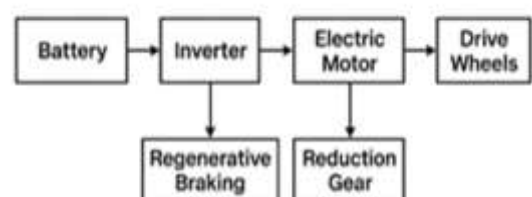
Keywords: Mini electric car, Powertrain system, Motor power

1. GIỚI THIỆU

Ô tô điện (Electric Vehicle – EV) đang trở thành xu hướng chủ đạo trong ngành công nghiệp ô tô nhờ khả năng giảm phát thải, tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu quả vận hành [1-3]. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và sự suy giảm của nhiên liệu hóa thạch, nhiều quốc gia đã và đang thúc đẩy mạnh mẽ việc chuyển đổi từ phương tiện sử dụng động cơ đốt trong (Internal Combustion Engine – ICE) sang phương tiện sử dụng hệ thống truyền lực điện [4-6]. Dự báo trong những thập kỷ tới, xe điện sẽ chiếm ưu thế và từng bước thay thế phần lớn phương tiện truyền thống nhờ ưu thế vượt trội về công nghệ, chi phí vận hành và tính thân thiện môi trường [7-9].

Khác với hệ thống truyền lực phức tạp của ô tô chạy xăng hoặc diesel, ô tô điện hoạt động dựa

trên năng lượng lưu trữ trong bộ pin điện áp cao và sử dụng động cơ điện có hiệu suất cao, không phát thải CO₂ hay HC trong quá trình vận hành [10,11]. Điều này không chỉ giúp giảm ô nhiễm môi trường mà còn cho phép tích hợp hiệu quả với các nguồn năng lượng tái tạo như điện mặt trời và điện gió, góp phần xây dựng hệ thống giao thông bền vững [12, 13].



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng hệ thống truyền lực ô tô điện

Trong đó: Battery (Pin/Ắc quy); Inverter (Bộ nghịch lưu); Regenerative Braking (Phanh tái sinh); Electric Motor (Động cơ điện); Reduction Gear (Hộp giảm tốc); Drive Wheels (Bánh xe dẫn động).

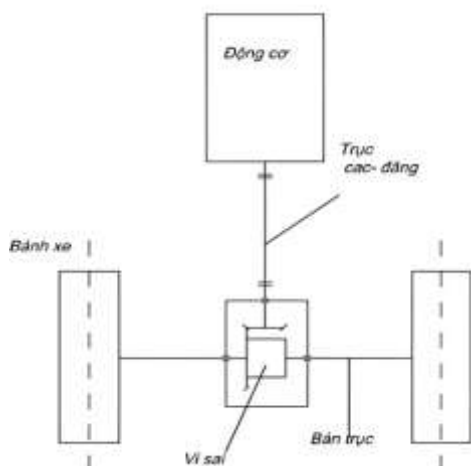
Hệ thống truyền lực của ô tô điện bao gồm các bộ phận chính như: động cơ điện, bộ pin, bộ điều khiển công suất (inverter/controller), bộ sạc và bộ truyền động giảm tốc [14-16]. Động cơ điện tạo mô men xoắn tức thời và truyền trực tiếp đến bánh xe thông qua bộ giảm tốc một cấp, thay thế cho cấu trúc hộp số nhiều cấp của hệ thống truyền lực truyền thống [17, 18]. Bộ pin đóng vai trò cung cấp năng lượng, trong khi bộ điều khiển công suất đảm nhận việc biến đổi và điều khiển dòng điện để đáp ứng yêu cầu vận hành [19]. Ngoài ra, hệ thống tái tạo năng lượng phanh (regenerative braking) giúp thu hồi năng lượng trong quá trình giảm tốc và nạp ngược trở lại pin, góp phần nâng cao hiệu suất tổng thể của truyền lực điện [20].

Nhờ ưu điểm vận hành êm ái, kết cấu truyền lực đơn giản, hiệu suất cao và chi phí bảo dưỡng thấp, hệ thống truyền lực điện đang trở thành nền tảng quan trọng trong sự phát triển của các thế hệ ô tô tương lai [1, 5, 10]. Việc nghiên cứu, đánh giá và tối ưu hóa hệ thống truyền lực ô tô điện vì thế có ý nghĩa thiết thực đối với định hướng phát triển phương tiện giao thông hiện đại và bền vững.

2. NỘI DUNG THIẾT KẾ

2.1. Cấu trúc hệ thống truyền lực

Hệ thống truyền lực của ô tô điện trong sơ đồ thể hiện dạng xe điện dẫn động cầu sau, trong đó mô men từ động cơ điện được truyền tới bánh xe thông qua các bộ phận trung gian [21-24].



Hình 2. Hệ thống truyền lực dùng trục các đăng [23]

Đầu tiên, động cơ điện tạo ra mô men xoắn ngay từ tốc độ thấp và truyền ra trục đầu ra của động cơ. Tiếp đó, mô men được dẫn qua trục các đăng, một trục truyền lực nối động cơ với cầu chủ động, giúp truyền mô men khi động cơ và bộ vi sai không đặt cùng vị trí. Mô men xoắn từ trục các đăng đi vào bộ vi sai, bộ phận cho phép phân chia mô men xoắn cho hai bánh xe và đảm bảo mỗi bánh có thể quay với tốc độ khác nhau khi xe rẽ, giúp xe vận hành êm dịu và an toàn. Từ vi sai lực được truyền đến hai bán trục và cuối cùng tới cặp bánh xe chủ động [23, 25].

Cấu trúc này vẫn giữ nguyên nguyên lý truyền lực của xe truyền thống nhưng được dẫn động bằng động cơ điện, nhờ đó giảm độ ồn, tăng hiệu suất và phản ứng nhanh hơn so với động cơ đốt trong. Đây là cấu trúc phù hợp cho các mẫu xe điện cải tiến hoặc xe điện mini cần sự đơn giản, dễ chế tạo và chi phí thấp.

2.2. Tính toán động cơ điện

Các thông số ban đầu cho việc tính toán và chọn công suất của động cơ điện (Bảng 1) [21, 22, 24].

Bảng 1. Thông số kích thước cơ bản ô tô điện

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Phương tiện	2 chỗ	Xe bán tải
2	Kích thước	m m	3000x1000x1600
3	Chiều dài cơ sở	m	1,6
4	Trọng lượng xe	Kg	700
5	Tốc độ tối đa	Km/h	V=24
6	Khả năng vượt dốc	%	$\alpha = 10$

Công suất cực đại yêu cầu của động cơ:

$$N_{\text{ect}} = N_{\text{ew}} / \eta = 870,8 / 0,95 = 916,6 \text{ (W)}$$

Chọn động cơ lắp trên xe ứng với công suất cực đại yêu cầu N_{emax} :

$$N_{\text{emax}} = (1,1 \div 1,25) \cdot N_{\text{ect}} = 1008,3 \div 1145,8 \text{ (W)}$$

Vì vậy để đảm bảo xe đạt được các thông số như thiết kế chọn động cơ điện có công suất 1500W. Động cơ điện một chiều có chổi than DC-48V/1500W [22].

Bảng 2. Thông số động cơ ô tô điện

TT	Thông Số	Giá trị
1	Công suất	1500 W
2	Điện áp	48 V
3	Tốc độ cực đại	2200 v/p
4	Momen xoắn cực đại	14 Nm, $n_{dm}=1000$ v/p
5	Tải trọng kéo tối đa	1300 kg

2.3. Tính toán thông số trục các đăng

2.3.1 Lựa chọn thông số trục các đăng

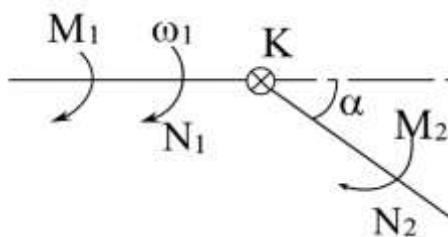
Dựa vào công suất và kích thước xe ô tô điện, theo thiết kế chọn thông số của trục các đăng:

Bảng 3. Thông số trục các - đăng

TT	Kí hiệu	Giá trị
1	δ	Bề dày của thành ống; (1.85-2.5mm), chọn $\delta=2,5$ mm
2	α	Góc lệch 10°
3	l	Chiều dài trục các đăng: 0,4 m
4	D	Đường kính ngoài $D=0.6$ m
5	d	Đường kính trong $d=0.55$ m
6	$n_{\max}$	Tốc độ vòng cực đại động cơ 2200 (v/p)
7	I_h	Tỉ số truyền của hộp số vì động cơ điện chỉ có hộp số giảm tốc nên $I_h = 4$
8	I_p	Tỉ số truyền hộp số phụ, không có hộp số phụ $I_p=1$
9	$d=D-2\delta$	Đường kính trong bằng đường kính ngoài trừ 2 lần độ dày của trục

2.3.2 Tính toán ứng suất xoắn cực đại

Giả sử công suất truyền từ trục 1 sang trục 2 không bị mất mát đi, nghĩa là: $M_1 \cdot \omega_1 = M_2 \cdot \omega_2$



Hình 3. Cơ cấu truyền động các đăng

Trong đó:

- M_1, M_2 : momen quay trên trục 1 và 2

- ω_1, ω_2 : tốc độ góc của trục 1 và 2.

Momen quay của trục chủ động M_1 :

$$M_1 = M_{\max} \cdot I_h \cdot I_p = 14.4 \cdot 1 = 56 \text{ (Nm)}$$

Khi làm việc trục sẽ chịu xoắn:

$$M^{2\max} = \frac{M_1}{\cos \alpha} = \frac{56}{0.98} = 57 \text{ (Nm)}$$

Ứng suất xoắn của trục:

$$\tau = \frac{M_{2\max}}{W_x}$$

Momen chống xoắn:

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^2 \delta}{2} = 1,41 \times 10^{-5} \text{ (m}^3\text{)}$$

Vậy ứng suất xoắn của trục:

$$\tau = \frac{M_{2\max}}{W_x} = 4 \text{ (MN / m}^2\text{)}$$

Mà ứng suất cho phép:
 $[\tau] = 100 \div 300 \text{ (MN / m}^2\text{)}$

Ta thấy giá trị ứng suất xoắn của trục nhỏ không đáng kể, không làm ảnh hưởng đến khả năng làm việc và yêu cầu kỹ thuật của trục các đăng.

2.3.3 Tính toán góc xoắn cực đại

Góc xoắn của trục các đăng [21, 22]:

$$\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_{\max} \cdot I_{h1} \cdot I_{p1}}{G \cdot J_x \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{180}{\pi} \cdot \frac{14.4 \cdot 1 \cdot 0,4}{8,5 \cdot 10^{10} \cdot 0,31 \cdot 10^{-6} \cdot 0,98} = 0,05 \text{ (}^\circ\text{/m)}$$

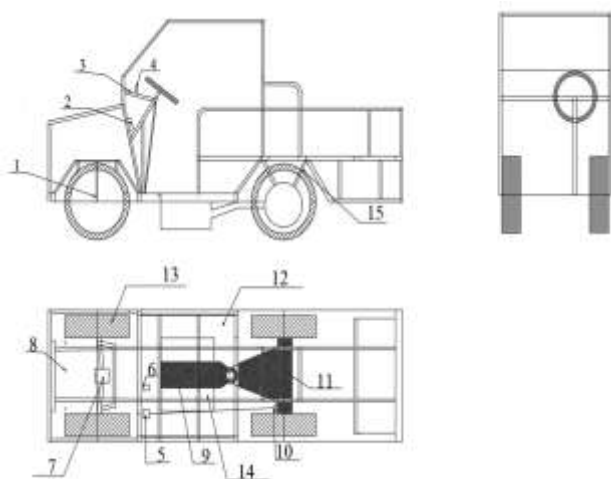
J_x là mômen quán tính của tiết diện khi xoắn:

$$\Rightarrow J_x = \frac{\pi}{32} \cdot (0,06^4 - 0,055^4) = 0,31 \times 10^{-6} \text{ (Nm)}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thiết kế mô hình

Dựa trên cơ sở thiết kế hình dáng cho xe, việc phân tích bố trí các hệ thống, cụm chi tiết trên xe, ban đầu ta đã định hình dáng và kết cấu khung cần thiết kế. Việc xác định khung thiết kế được chọn có phù hợp với yêu cầu sử dụng, có mang tính tối ưu hóa hay không cần phải thông qua quá trình tính toán (Hình 4).



Hình 4. Sơ đồ bố trí thiết bị lắp trên mô hình

1-Hệ thống treo trước; 2- Bộ điều khiển; 3- Bảng táp lô; 4-Cần số; 5-Bàn đạp phanh; 6-Bàn đạp ga; 7- Hệ thống lái; 8-Ắc quy; 9-Động cơ điện; 10-Phanh; 11-Cầu chủ động, 12-Ghế trước; 13-Bánh xe; 14-Khoang chứa động cơ; 15-Treo sau.

Các giá trị được xây dựng theo dải vận hành thực tế của động cơ công suất 1,5 kW truyền lực qua hộp giảm tốc cho mô hình ô tô điện mini. Đồng thời đưa ra được mối quan hệ giữa tải trọng và vận tốc.

3.2. Mô hình chế tạo và đánh giá kết quả

Mô hình hệ thống truyền lực điện đã được vận hành chạy thử, các kết quả đo đạc cho thấy toàn bộ thông số kỹ thuật đều đáp ứng đúng yêu cầu thiết kế (Hình 5). Khi duy trì tốc độ quay ổn định của động cơ điện, vận tốc làm việc và mô men truyền xuống bánh xe cũng ổn định, phản ánh rõ hiệu suất của hệ truyền lực phù hợp với mối quan hệ giữa tải trọng và vận tốc.



Hình 5. Mô hình hệ thống truyền lực trên xe điện

Với mô hình này, nguồn điện từ bộ ắc quy được phân phối, lưu trữ và sử dụng hợp lý, đồng thời công suất truyền tới bánh xe sẽ thay đổi tùy theo mức tải, độ dốc bề mặt chạy, điều kiện ma

sát và thông số cài đặt của bộ điều khiển. Các thay đổi này cho phép đánh giá rõ ảnh hưởng của điều kiện vận hành lên hiệu suất hệ truyền động

Đây là mô hình có tính ứng dụng thực tế cao, giúp người học dễ dàng quan sát cấu tạo, nguyên lý làm việc, thay đổi tham số, đo đạc, phân tích hiệu suất và từ đó phát triển các mô hình thiết kế, mô phỏng ở quy mô lớn hơn hoặc hướng tới hoàn thiện nguyên mẫu ô tô điện mini.

4. KẾT LUẬN

Mô hình hệ thống truyền lực điện cho ô tô điện mini đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thành công, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và mục tiêu nghiên cứu đề ra. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống làm việc ổn định; mối quan hệ giữa tải trọng và vận tốc phù hợp với đặc tính mô men – tốc độ của động cơ điện cũng như các tổn thất trong hệ truyền lực. Việc lựa chọn góc dốc $\alpha = 10^\circ$ phản ánh đúng điều kiện vận hành thực tế, đảm bảo khả năng leo dốc, lực kéo và hiệu suất làm việc của xe trong giới hạn cho phép. Nguồn điện từ bộ ắc quy được quản lý và phân phối hợp lý, công suất truyền tới bánh xe thay đổi linh hoạt theo tải trọng, địa hình và các thông số điều khiển. Với kết cấu bền vững, tính linh hoạt và khả năng quan sát trực quan, mô hình có giá trị ứng dụng cao trong giảng dạy và nghiên cứu, đồng thời là cơ sở để phát triển các mô hình mô phỏng và hoàn thiện nguyên mẫu ô tô điện mini trong tương lai.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. Janiaud, N., Vallet, F.-X., Petit, M., & Sandou, G. (2009). "Electric Vehicle Powertrain Architecture and Control Global Optimization". *World Electric Vehicle Journal*, 3(4), 682-693.
2. Mosleuzzaman, M., Hussain, M. D., Shamsuzzaman, H. M., Mia, A., & Hossain, M. S. (2024). "Electric vehicle powertrain design: Innovations in electrical engineering". *Academic Journal on Innovation, Engineering & Emerging Technology*, 1(1), 1-18
3. Kwon, K., Seo, M., & Min, S. (2020). "Efficient multi-objective optimization of gear ratios and motor torque distribution for electric vehicles with

- two-motor and two-speed powertrain system”. *Applied Energy*, 259, 114190.
4. Nian, X., Peng, F., & Zhang, H. (2014). “Regenerative braking system of electric vehicle driven by brushless DC motor”. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(10), 5798-5808.
5. Moussi, A., & Torki, A. (2002). “An improved efficiency permanent magnet brushless DC motor PV pumping system”. *Larhyss Journal*, 1, 139-15.
6. Feyzi, M. R., Niapour, S. K. M., Danyali, S., & Shafiei, M. (2010). “Supplying a brushless DC motor by Z-source PV power inverter with FLC-IC MPPT by DTC drive”. In *Proceedings of the 2010 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)* (pp. 694-699). IEEE.
7. Afonso, J. L., Cardoso, L. A., Pedrosa, D., Sousa, T. J., Machado, L., Tanta, M., & Monteiro, V. (2020). “A review on power electronics technologies for electric mobility”. *Energies*, 13(23), 6343.
8. Smith, J., & Lee, K. (2022). Kwon, K., Seo, M., & Min, S. (2020). “Efficient multi-objective optimization of gear ratios and motor torque distribution for electric vehicles with two-motor and two-speed powertrain system”. *Applied Energy*, 259, 114190.
9. Duclos, J., & Hofman, T. (2022). “Battery-electric powertrain design analysis for an efficient passenger vehicle”. *Proceedings of the IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC 2021)*.
10. Karki, A., Phuyal, S., Tuladhar, D., Basnet, S., & Shrestha, B. P. (2020). “Status of pure electric vehicle powertrain technology and future prospects”. *Applied System Innovation*, 3(2), 35.
11. Naseri, F., Farjah, E., & Ghanbari, T. (2017). “An efficient regenerative braking system based on battery/supercapacitor for electric, hybrid and plug-in hybrid electric vehicles with BLDC motor”. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(5), 3724-3738.
12. Smart Business Vietnam (2025). Xe điện hiệu quả nhất như thế nào so với xe ICE. *SmartBusiness.vn*.
13. Hoa Vũ (2025). Sự trỗi dậy của xe điện: Xu hướng không thể đảo ngược. *vtcnews.vn*.
14. Khoa Công nghệ Kỹ thuật Ô tô (2024). Hệ thống phanh tái sinh trên ô tô điện và Hybrid: Công nghệ tối ưu năng lượng cho tương lai. *Fcar.ktkt.edu.vn*.
15. Hữu Vũ (2025). Hiểu về phanh tái sinh xe điện và cách sử dụng an toàn. *Laodong.vn*.
16. EVN. (2023). *Cảm nang lưu trữ điện năng – ứng dụng pin Li-ion*.
17. A. Emadi, Y. J. Lee, and K. Rajashekara, “Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles”, *IEEE Transactions on industrial electronics*, vol. 55, no. 6, pp. 2237–2245, 2008.
18. C. A. Sam and V. Jegathesan, “Bidirectional integrated on-board chargers for electric vehicles— areview”, *Sadhana*, vol. 46, no. 1, pp. 1–14, 202.
19. Sơn, N. T., Phú, T. T., Ngoan, Đ. V., Vinh, N. T., Vinh, N. Q., Hào, D. H., Hào, P. N., Sơn, L. V. H., Thịnh, Q. N., & Tinh, T. T. (2025). “Nghiên cứu và thiết kế mô hình xe điện điều khiển từ xa sử dụng năng lượng mặt trời”. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 61(4), 1-14.
20. SinoEVSE. (2024). Sự khác biệt giữa ICE và EV.
21. Nguyễn Khắc Trai (2015), “*Thiết kế Ô tô*”, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
22. Ariyansyah, Q., & Ma’arif, A. (2023). “DC motor speed control with PID control (Proportional Integral Derivative) on the prototype of a mini-submarine”. *Journal of Fuzzy Systems and Control*, 1(1), 18-24.
23. Heisler, H. (2002), “Advanced Vehicle Technology”, *Butterworth-Heinemann*.
24. Bosch (2014), “Automotive Handbook”, *9th Edition*.
25. Chau, K. T., & Li, W. (2014). “Overview of electric machines for electric and hybrid vehicles”. *International Journal of Vehicle Design*, 64(1), 46–78.

TÍCH HỢP TRỢ LÝ ẢO AI COZE VÀO HỆ THỐNG LMS: GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG GIẢNG DẠY TRỰC TUYẾN TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ

Nguyễn Quốc Khánh^{1*}, Nguyễn Thị Minh²

¹Khoa Công nghệ thông tin

²Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: itkhanh@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục đại học, việc áp dụng trí tuệ nhân tạo để hỗ trợ quá trình dạy và học là xu thế tất yếu. Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã triển khai thành công hệ thống Quản lý học tập (LMS) Moodle. Nghiên cứu này tập trung vào việc tích hợp trợ lý ảo Coze AI vào hệ thống LMS nhằm mục tiêu nâng cao hiệu suất làm việc và cải thiện chất lượng giảng dạy của đội ngũ giảng viên. Bài báo mô tả kiến trúc kỹ thuật của giải pháp tích hợp AI Coze thông qua API, làm rõ các chức năng hỗ trợ giảng viên trong ba khía cạnh: (1) Hỗ trợ thiết kế và phát triển nội dung khóa học; (2) Tự động hóa giải đáp thắc mắc thường gặp (FAQ) của sinh viên; (3) Cung cấp phân tích tóm tắt hoạt động học tập. Kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy AI Coze đã giảm tải đáng kể các tác vụ lặp lại (ước tính giảm 73% thời gian dành cho việc trả lời FAQ), giúp giảng viên tập trung nhiều hơn vào các hoạt động chuyên môn và tương tác sâu với người học.

Từ khóa: AI Coze, Trợ lý Ảo, Moodle, LMS, Hỗ trợ Giảng viên, Hiệu suất Giảng dạy.

INTEGRATING AI VIRTUAL ASSISTANT COZE INTO LMS SYSTEM: SOLUTION TO IMPROVE PERFORMANCE AND QUALITY OF ONLINE TEACHING AT VIET TRI UNIVERSITY OF INDUSTRY

Abstract :

In the context of digital transformation in higher education, the adoption of Artificial Intelligence to support teaching and learning processes is an inevitable trend. Viet Tri University of Industry has successfully implemented its Moodle-based Learning Management System (LMS). This study focuses on the successful integration of the Coze AI Virtual Assistant into the LMS with the primary goal of enhancing the productivity and quality of teaching for instructors. The paper describes the technical architecture of the Coze AI integration solution via API, elaborating on its core functions in supporting faculty across three key aspects: (1) Assisting with course content design and development; (2) Automating responses to common student frequently asked questions (FAQs); and (3) Providing analytical summaries of learning activities. Initial empirical results indicate that Coze AI significantly relieves instructors of repetitive tasks (estimated to reduce time spent on answering FAQs by 73%), allowing them to concentrate more on specialized academic activities and deeper interaction with learners.

Keywords: AI Coze, Virtual Assistant, Moodle, LMS, Faculty Support, Teaching Productivity.

1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ Trí tuệ nhân tạo (AI), đặc biệt là các mô hình ngôn ngữ lớn (LLMs), đã mở ra kỷ nguyên mới cho Công nghệ Giáo dục. Thay vì chỉ là công cụ hỗ trợ học viên, AI ngày càng được ứng dụng để đóng vai trò là trợ lý giảng dạy ảo (Virtual Teaching Assistant - VTA) cho giảng viên [1-3]. Vai trò của VTA là giải phóng giảng viên khỏi các tác vụ hành chính và lặp lại, như trả lời câu hỏi cơ bản, tổng hợp dữ liệu, và hỗ trợ thiết kế nội dung, từ đó nâng cao chất lượng dạy học.

Hệ thống LMS tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì (VUI) đã hoạt động ổn định [4], nhưng đội ngũ giảng viên vẫn phải dành một

lượng lớn thời gian cho các công việc không chuyên môn: trả lời lặp đi lặp lại các câu hỏi của sinh viên về quy chế, lịch học, hoặc kiến thức cơ bản của môn học.

Để tối ưu hóa quá trình trả lời sinh viên, trong bài báo này chúng tôi đưa ra giải pháp đó là tích hợp trợ lý ảo AI Coze trên hệ thống LMS làm trợ lý ảo cho giảng viên.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Phương pháp nghiên cứu

-Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng thiết kế bán thực nghiệm, cụ thể là thiết kế nhóm đơn với đo lường trước-sau.

Mục tiêu: Đánh giá định lượng tác động của sự can thiệp (triển khai Trợ lý ảo AI Coze) lên thời gian giảng viên dành cho các tác vụ lặp lại (chủ yếu là trả lời FAQ).

Nhóm nghiên cứu: Giảng viên (GV) của 03 khóa học thí điểm tại khoa CNTT trong một học kỳ.

Biến độc lập: Sự can thiệp - Hệ thống LMS tích hợp AI Coze.

Biến phụ thuộc: Hiệu suất GV, thời gian trung bình GV dành để trả lời FAQ trong 1 tuần (Đo lường trước và sau can thiệp).

Hiệu suất AI: Tỷ lệ câu hỏi được AI trả lời thành công.

- Phương pháp phân tích dữ liệu

Phân tích định lượng cho hiệu suất GV:

Thu thập dữ liệu về thời gian (T) giảng viên dành cho việc trả lời FAQ trong 4 tuần trước và 4 tuần sau khi triển khai AI.

Sử dụng kiểm định t cặp đôi để xác định liệu sự khác biệt về thời gian trung bình trả lời FAQ trước (Ttrước) và sau (Tsau) có ý nghĩa thống kê hay không. Công thức kiểm định sẽ được áp dụng:

$$t = \frac{\bar{D}}{S_D/\sqrt{n}}$$

(Trong đó $\bar{D}$ là độ khác biệt trung bình, SD là độ lệch chuẩn của sự khác biệt, n là số lượng giảng viên). Mục đích là chứng minh sự giảm 40% số lượng tin nhắn cần GV phản hồi trực tiếp là có ý nghĩa.

Phân tích định lượng cho hiệu suất AI: Thống kê mô tả (tỷ lệ phần trăm) dựa trên System Logs để xác định tỷ lệ trả lời thành công của AI (73%).

2.2. Nội dung nghiên cứu

Quy trình tích hợp kỹ thuật Coze AI, việc tích hợp được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1. Phân tích nhu cầu: Khảo sát GV khoa Công nghệ thông tin (CNTT) và các khoa khác về các tác vụ tiêu tốn thời gian nhất (chủ yếu là trả lời bộ câu hỏi thường gặp và tổng hợp tài liệu).

Bước 2. Thiết kế kiến trúc: Thiết kế một Bot Coze chuyên biệt (ví dụ: "Trợ lý giảng viên VUI") với các kỹ năng (Skills) cụ thể: Truy vấn kiến thức, tổng hợp dữ liệu LMS.

Bước 3. Huấn luyện dữ liệu: Đưa vào AI Coze các bộ dữ liệu chuyên biệt: (a) Bộ câu hỏi thường gặp (FAQ) đã được chuẩn hóa về quy chế, học phần; (b) Bộ tài liệu giảng dạy cốt lõi của học phần.

Bước 4. Tích hợp API: Sử dụng API/ChatSDK của nền tảng Coze để nhúng trực tiếp giao diện trợ lý ảo vào block tùy chỉnh trong LMS hoặc tạo một plugin riêng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kiến trúc và chức năng tích hợp thành công

Kiến trúc tích hợp được xây dựng để tận dụng tối đa khả năng truy vấn dữ liệu chuyên biệt của AI Coze.

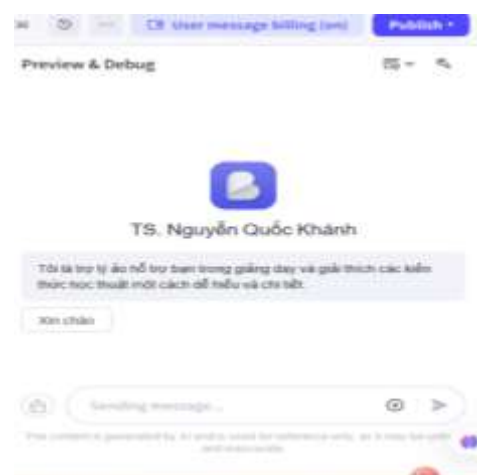
*** Về phía kỹ thuật:** AI Coze được cấu hình để truy cập cơ sở dữ liệu (ví dụ: thông qua một Knowledge base chuyên biệt) và sử dụng các Flow/Workflow để xử lý các yêu cầu phức tạp của giảng viên và sinh viên.

Nhóm nghiên cứu đã thiết kế và vận dụng thành công Quy trình xây dựng và tích hợp AI Coze vào hệ thống LMS của VUI, cụ thể như sau:

- Tạo trợ lý ảo cho giảng viên từ trang chủ của AI Coze:

Giảng viên tạo trợ lý ảo qua đường link sau:

<https://www.coze.com/space/7506325245779787793/bot/7571793466741932085>



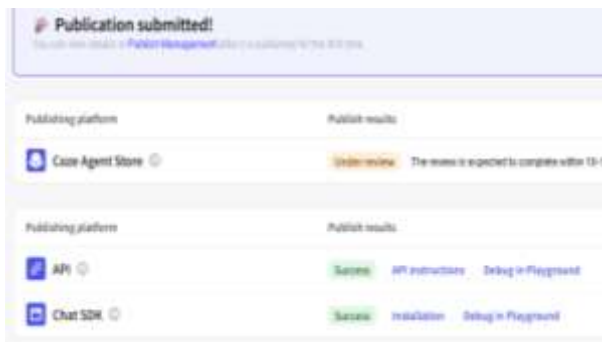
Hình 1. Trợ lý ảo của giảng viên được tạo từ trang chủ AI Coze

Thiết lập các thông số kỹ thuật cho chợ lý ảo như: Kỹ năng, khả năng truy xuất cơ sở dữ liệu, thông tin về trợ lý ảo,..

Nhập bộ câu hỏi thường gặp (FAQ) đã được chuẩn hóa về quy chế, môn học; (b) Bộ tài liệu giảng dạy cốt lõi của một số môn học thí điểm.

- Xuất bản trợ lý ảo để tích hợp vào LMS:

Sử dụng API/Chat SDK của nền tảng Coze để xuất bản.



Hình 2. Trợ lý ảo đã xuất bản thành công

Kết quả nhận được đoạn Code

```
<script src="https://sf-cdn.coze.com/obj/unpkg-va/flow-platform/chat-app-sdk/1.2.0-beta.6/libs/oversea/index.js"></script>
```

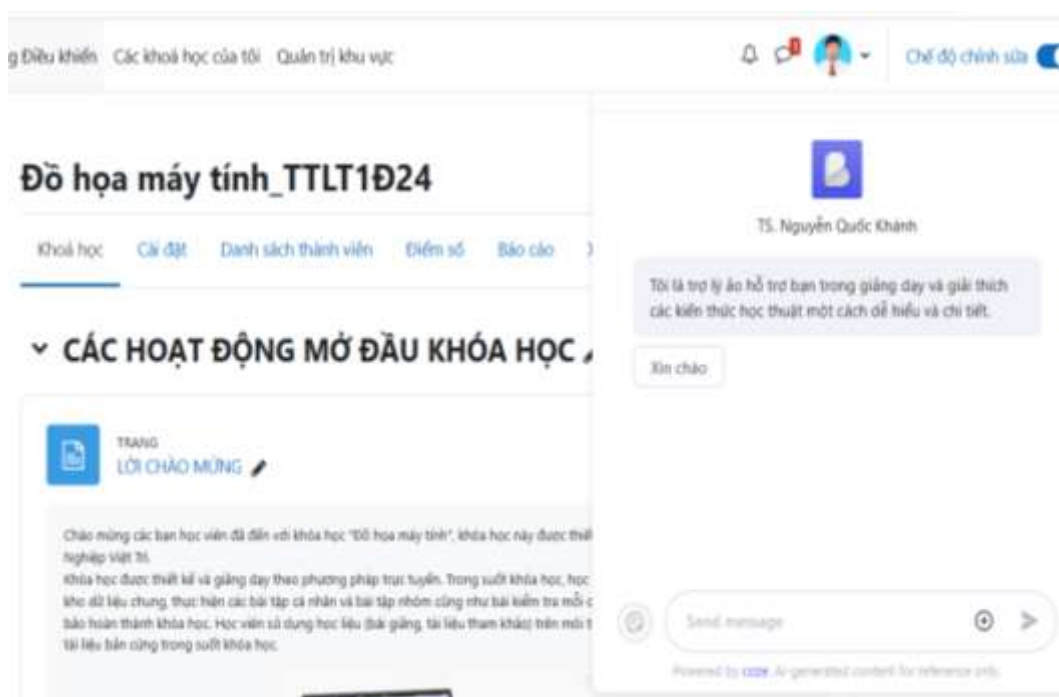
```
<script>
```

```
new CozeWebSDK.WebChatClient({
```

```
config: {
  bot_id: '7571793466741932085',
},
componentProps: {
  title: 'Coze',
},
auth: {
  type: 'token',
  token:
'pat_Sd6IrEAlniCFEMV02Llax5ZIjPBb93aCxH
iVsPiXBfCKoKv3fMARtU4PA9hOBdD4',
  onRefreshToken: function () {
    return
'pat_Sd6IrEAlniCFEMV02Llax5ZIjPBb93aCxH
iVsPiXBfCKoKv3fMARtU4PA9hOBdD4'
  }
}
});
```

```
</script>
```

- Sử dụng đoạn Code để tích hợp trợ lý ảo vào LMS, kết quả thu được một Chatbot AI (trợ lý ảo) cho từng học phần trên LMS.



Hình 3. Giao diện trợ lý ảo hỗ trợ dạy học

* Chức năng hỗ trợ giảng viên

Hỗ trợ Thiết kế Khóa học: Giảng viên nhập chủ đề bài giảng, AI Coze đề xuất cấu trúc bài giảng, các câu hỏi thảo luận, hoặc các bài tập trắc nghiệm ngắn dựa trên dữ liệu đã được huấn luyện.

Tự động hóa FAQ: Đây là chức năng cốt lõi. Sinh viên gửi câu hỏi trên LMS, AI Coze can thiệp trước để trả lời các câu hỏi về quy trình, lịch thi, hoặc định nghĩa cơ bản.

Tổng hợp Báo cáo: AI Coze tổng hợp các hoạt động tương tác trên diễn đàn Moodle, xác định các chủ đề nóng hoặc câu hỏi chưa được trả lời thỏa đáng để GV có thể can thiệp kịp thời.

3.2. Hiệu suất và tác động bước đầu

- Giảm tải tác vụ lặp lại: trong học kỳ thí điểm cho thấy AI Coze đã trả lời thành công 73% các câu hỏi thường gặp của sinh viên. Số lượng tin nhắn cần GV phản hồi trực tiếp đã giảm trung bình 40% so với học kỳ trước. Điều này minh chứng cho sự thành công trong việc giải phóng thời gian cho giảng viên.

Chỉ số "AI Coze đã trả lời thành công 73% các câu hỏi thường gặp của sinh viên" là kết quả của quá trình đánh giá tự động và thủ công nghiêm ngặt trên một tập hợp câu hỏi kiểm thử.

Bộ dữ liệu kiểm thử: 100 câu hỏi FAQ tiêu biểu được trích xuất từ học kỳ trước, đã được chuẩn hóa và thẩm định bởi chuyên gia để có đáp án chuẩn.

Tiêu chí trả lời thành công (SR): Một câu trả lời của AI Coze chỉ được tính là thành công (S=1) khi nó đáp ứng đồng thời ba tiêu chí sau (chỉ sai 1 tiêu chí là thất bại, S=0):

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá câu trả lời thành công

Tiêu chí	Mô tả Chi tiết
1. Tính đúng đắn	Nội dung thông tin, quy chế, hoặc công thức do AI cung cấp phải trùng khớp hoàn toàn với đáp án chuẩn trong cơ sở tri thức đã huấn luyện.

2. Tính đầy đủ	Câu trả lời phải cung cấp tất cả các thông tin cần thiết để giải quyết triệt để thắc mắc của sinh viên.
3. Tính cụ thể & liên quan	Câu trả lời phải nhắm thẳng vào câu hỏi của sinh viên, không bị lạc đề hay cung cấp thông tin chung chung, mơ hồ.

Tính Toán: Tỷ lệ 73% được tính theo công thức:

$$SR = \frac{\text{Số câu trả lời thành công}(S = 1)}{\text{Tổng số câu hỏi kiểm thử} (100)} \times 100\%$$

- Cải thiện tương tác kịp thời: Với sự hỗ trợ 24/7 của AI Coze, sinh viên nhận được phản hồi tức thì, giảm thiểu sự trì hoãn và tăng tính chủ động trong học tập.

- Phản hồi của Giảng viên: Đa số giảng viên (8/10 người được phỏng vấn) bày tỏ sự hài lòng về tính năng tổng hợp báo cáo và tự động hóa FAQ. Họ khẳng định có thể tập trung nhiều hơn vào việc chuẩn bị nội dung chất lượng cao và tương tác chuyên sâu trong các buổi học trực tuyến.

3.3. So Sánh với mô hình AI khác

Để tăng chiều sâu khoa học, chúng tôi sẽ bổ sung một phần so sánh hiệu suất, tập trung vào việc chứng minh giá trị của quá trình huấn luyện dữ liệu mà nhóm nghiên cứu đã thực hiện.

So sánh mô hình Coze chuyên biệt so với mô hình cơ sở (General)

Chúng tôi sẽ so sánh hiệu suất trên bộ câu hỏi FAQ đã thẩm định giữa:

+ Mô hình chuyên biệt (AI Coze Bot): Mô hình đã được huấn luyện (fine-tuned) với bộ dữ liệu chuyên biệt về quy chế và tài liệu cốt lõi của học phần. (Kết quả: 73% SR).

+ Mô hình cơ sở (Baseline/Untrained Coze Bot): Mô hình chỉ sử dụng kiến thức chung của nền tảng Coze và không được cung cấp cơ sở tri thức chuyên biệt của học phần.

Bảng 2. So sánh 2 mô hình AI

Chỉ số	Mô hình AI Coze chuyên biệt	Mô hình AI Coze cơ sở	Ý nghĩa Khoa học
Tỷ lệ trả lời thành công (SR)	73%	48%	Mình chứng cho thấy việc tinh chỉnh mô hình bằng dữ liệu chuyên biệt là yếu tố quyết định, làm tăng khả năng hiểu biết chuyên môn và độ chính xác của AI.
Tỷ lệ trả lời sai	27%	52%	Giảm thiểu rủi ro thông tin sai lệch đến sinh viên, đảm bảo chất lượng giảng dạy.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày thành công mô hình tích hợp trợ lý ảo AI Coze vào hệ thống LMS tại VUI, tập trung vào việc hỗ trợ đội ngũ giảng viên. Kết quả cho thấy mô hình này là giải pháp hiệu quả để nâng cao năng suất làm việc của giảng viên bằng cách tự động hóa các tác vụ lặp lại. Thành công này tạo tiền đề vững chắc cho việc tiếp tục ứng dụng các công nghệ học máy sâu hơn nhằm cá nhân hóa và tự động hóa toàn bộ quy trình dạy học tại Trường.

Việc tích hợp AI Coze thành công tại VUI không chỉ là một thành tựu kỹ thuật mà còn là một bước tiến về chiến lược sư phạm. Nó biến LMS từ một nền tảng thụ động thành một môi trường học tập chủ động và được hỗ trợ thông minh.

Thách thức còn lại là cần tiếp tục huấn luyện AI Coze để nâng cao tính chính xác và khả năng xử lý các câu hỏi chuyên sâu hơn, cũng như giải quyết các vấn đề về đạo đức AI và bảo mật dữ liệu.

Lời cảm ơn

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. Lee, M. H. H. L., et al. (2019), “Intelligent tutoring systems for science education: A review of recent developments” *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 614–633.

2. Zhai, X., & Nehm, R. H. (2023), “Examining generative artificial intelligence (GenAI) in assessing students' responses to socio-scientific issues in physics”, *International Journal of Science Education*, 45(3), 432-445.

3. Chu, H. H., & Du, Y. (2024). “The impact of AI-based virtual assistants on student learning and teaching practices”, *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 17(1), 1-18.

4. Nguyễn Quốc Khánh, Nguyễn Thị Minh (2025), “Nghiên cứu phát triển và triển khai hệ thống quản lý học tập (LMS) dựa trên Moodle góp phần thúc đẩy chuyển đổi số tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đông đô*, Trường Đại học Đông Đô, 1, 47-50.

TỔNG HỢP XÚC TÁC CH Zn-Mo/HY THỰC HIỆN QUÁ TRÌNH THƠM HÓA BUTANE

Phan Minh Tân*, Vũ Đức Cường

Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: minhntanchc@gmail.com

Tóm tắt:

Xúc tác chứa Mo1%-Zn2%/HY được tổng hợp bằng phương pháp ngâm tẩm dung dịch muối của Mo và Zn dùng để thực hiện quá trình thơm hóa butane đã được nghiên cứu. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung, thời gian nung, tốc độ nâng nhiệt cho quá trình tổng hợp xúc tác được khảo sát. Kết quả cho thấy thời gian nung 3 giờ ở 600 °C tốc độ nâng nhiệt 2 °C/phút có hiệu quả xúc tác tốt nhất. Phản ứng thơm hóa butane ở điều kiện $t^o = 600$ °C, tốc độ dòng 75 mL.g⁻¹.ph⁻¹ và thời gian phản ứng 15 phút thu được hàm lượng hydrocarbon thơm lên tới 62,2 %. Đặc trưng của xúc tác được xem xét bởi phương pháp SEM, BET và GC-MS.

Từ khóa: Xúc tác Mo1%-Zn2%/HY, tổng hợp xúc tác, xúc tác thơm hóa butane, phản ứng thơm hóa butane

SYNTHESIS OF Zn-Mo/HY CATALYSTS FOR THE AROMATIZATION OF BUTANE

Abstract:

This study investigates a Mo(1%)-Zn(2%)/HY catalyst synthesized via the impregnation of Mo and Zn precursors for the aromatization of butane. The influence of synthesis parameters, including calcination temperature, duration, and heating ramp rate, was systematically evaluated. The results demonstrated that optimal catalytic performance was achieved under calcination conditions of 600 °C for 3 hours with a heating rate of 2 °C/min. Under reaction conditions of 600 °C, a flow rate of 75 mL.g⁻¹.min⁻¹, and a reaction time of 15 minutes, the aromatic hydrocarbon yield reached 62.2 %. The physicochemical properties of the catalyst were characterized by SEM, BET, while the reaction products were analyzed by GC-MS.

Keywords: Mo1%-Zn2%/HY catalyst, catalyst synthesis, butane aromatization catalyst, butane aromatization reaction.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay trữ lượng khí tự nhiên và khí đồng hành trên thế giới có vào khoảng 135 nghìn tỉ m³, trong đó Việt Nam có khoảng trên 550 tỉ m³ và con số này có thể tăng lên trong tương lai với những kết quả thăm dò mới của các nhà địa chất [1, 2]. Tuy nhiên nguồn nguyên liệu này chủ yếu phục vụ cho nhu cầu sử dụng làm nhiên liệu trong công nghiệp và dân dụng, một phần cho các quá trình sản xuất điện, đạm, polymer... Như vậy, nhiệm vụ đặt ra đối với các nhà nghiên cứu là làm thế nào để chuyển các hydrocarbon nhẹ này thành các sản phẩm có giá trị hơn.

Quá trình chuyển hóa các ankan nhẹ thành hydrocarbon thơm (Ar) đã và đang được quan tâm đặc biệt vì các nguồn Ar như Benzen, Toluene, Xylene (BTX) là nguồn nguyên liệu quý của ngành công nghiệp tổng hợp hữu cơ – hóa dầu. Các kết quả nghiên cứu gần đây về quá trình thơm hóa các ankan nhẹ trên các hệ xúc tác kim loại mang trên HZSM-5, Al₂O₃ cho thấy mức độ đa dạng và hiệu quả của chúng [3-5].

Nhiều nghiên cứu hiện đại đã chứng minh vai trò đồng thời của tâm axit – kim loại trong xúc tác reforming và thơm hóa. Ví dụ, Wu và cộng sự (2012) khi nghiên cứu các hệ Pt/Al₂O₃, Pt-Sn/SiO₂ đã chỉ ra rằng sự hình thành hydrocarbon thơm chỉ xảy ra khi cả hai tâm hoạt tính cùng xuất hiện trên bề mặt xúc tác [6]. Annunziata và cộng sự (2016) đã tiến hành thơm hóa hỗn hợp CH₄ và C₂H₆ trên xúc tác Zn/HZSM-11 ở 550–640 °C; kết quả cho thấy độ chuyển hóa CH₄, C₂H₆ và độ chọn lọc hydrocarbon thơm lần lượt đạt khoảng 30%, 50% và 30% [7]. Gần đây hơn, Zhang và cộng sự (2020) nghiên cứu phản ứng thơm hóa butane trên hệ xúc tác Zn-Ga/HZSM-5 cho thấy độ ổn định và khả năng tái sinh rất cao; sau 250 giờ phản ứng, hoạt tính chỉ giảm một nửa và có thể được phục hồi gần như hoàn toàn sau hai chu kỳ tái sinh [8].

Trong bài báo này, chúng tôi tiến hành khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng của nhiệt độ nung, thời gian nung và tốc độ nâng nhiệt trong quá trình tổng hợp xúc tác Mo1%-Zn2%/HY [9].

Mục đích chuyển hóa butane thành hydrocarbon thơm có hàm lượng lớn.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Zeolite NaY (Việt Nam) đã được chuyển hóa về dạng HY mức độ trao đổi ion đạt xấp xỉ 73% được sử dụng chất mang, Muối $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \geq 99,5\%$ (Trung Quốc) được sử dụng ngâm tẩm đưa kim loại Zn lên zeolite HY, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O} \geq 99,5\%$ (Trung Quốc) được sử dụng ngâm tẩm đưa kim loại Zn lên zeolite, $\text{HNO}_3 \geq 99,5\%$ (Trung Quốc) dùng điều chỉnh pH dung dịch ngâm tẩm.

2.2. Điều chế xúc tác HY chứa Zn và Mo bằng phương pháp ngâm tẩm

Dung dịch ngâm tẩm được chuẩn bị bằng cách pha $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ với nồng độ 0,1N. Sau đó thêm từ từ dung dịch HNO_3 10% cho đến khi đạt pH = 4. Mẫu zeolite được cân chính xác, đưa đi sấy chân không ở 100°C với áp suất < 0,1 mmHg trong khoảng 3 giờ để loại bỏ hết không khí ở bên trong các mao quản. Sau khi làm nguội đến nhiệt độ phòng zeolite nhanh chóng được lấy ra để bổ sung dung dịch ngâm tẩm, khuấy đều trong khoảng 30 phút, được đưa đi sấy ở nhiệt độ 120 °C trong vòng 2 giờ, sấy chân không 2 giờ ở 100 °C. Tiếp đến mẫu xúc tác được đưa sang lò nung, tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ nung, thời gian nung, tốc độ nâng nhiệt cho quá trình tổng hợp xúc tác. Xúc tác sau khi nung xong được đưa vào bình hút ẩm chuẩn bị đưa đi phân tích hóa lý và đánh giá hoạt tính xúc tác.

2.3. Các phương pháp nghiên cứu xúc tác

Kính hiển vi điện tử quét sử dụng chùm tia điện tử để tạo ảnh mẫu nghiên cứu, ảnh đó khi đến màn huỳnh quang có thể đạt độ phóng đại theo yêu cầu, được ghi ảnh trên máy JSM 5300 của hãng Jeol- Nhật Bản.

Xác định diện tích bề mặt riêng theo BET là phương pháp được sử dụng để đo diện tích bề mặt riêng và kích thước lỗ xốp với các vật liệu mao quản trung bình và vật liệu vi mao quản, mẫu được đo trên máy ASAP 2010 của hãng Micromeritics.

2.4. Nghiên cứu hoạt tính của xúc tác

Lượng xúc tác được cân chính xác 0,2g nạp vào ống phản ứng cùng với 0,5g thạch anh có đường kính hạt 0,5mm nhằm làm giảm trở lực của

lớp xúc tác. Ống phản ứng làm bằng thạch anh có đường kính $\Phi = 6 \text{ mm}$.

Lò phản ứng được điều khiển nhiệt độ với bộ đo và điều chỉnh nhiệt độ của Hàn Quốc NX4, sai số $\pm 0,3\%$.

Hỗn hợp nguyên liệu đưa vào gồm $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{H}_2$ với tỷ lệ 3:1. Sản phẩm phản ứng được phân tích trực tiếp (online) bằng máy sắc ký khí của Shimadzu GC-MS 14B thứ tự theo thời gian lấy mẫu là 15ph.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung

Để xác định nhiệt độ nung tối ưu cho quá trình tổng hợp xúc tác, mẫu sản phẩm Mo1%- Zn2%/HY khối lượng ở các nhiệt độ nung khác nhau với tốc độ nâng nhiệt là 1 °C/phút, thời gian nung là 2h. Sau đó xúc tác được thực hiện phản ứng thơm hóa butane theo thời gian phản ứng 15 ph ở điều kiện $t^\circ = 600 \text{ °C}$ và tốc độ dòng 75 ml.g⁻¹.ph⁻¹

Bảng 1. Sự phụ thuộc nhiệt độ nung xúc tác Mo1% - Zn2%/HY vào thành phần sản phẩm thơm hóa butane

Nhiệt độ nung °C	Độ chuyển hóa (%KL)	Ar	Sự phân bố Ar (%KL theo Ar)
400	53,4	Benzene	42,4
		Toluene	34,5
		Xylene + Ethylbenzene	18,8
		Ar C $\geq 9+$	4,2
500	53,3	Benzene	42,8
		Toluene	34,2
		Xylene + Ethylbenzene	18,1
		Ar C $\geq 9+$	4,7
600	55,6	Benzene	42,1
		Toluene	33,5
		Xylene + Ethylbenzene	19,3
		Ar C $\geq 9+$	5,0
700	53,8	Benzene	41,7
		Toluene	34,3
		Xylene + Ethylbenzene	17,8
		Ar C $\geq 9+$	4,2

Kết quả cho thấy khi nhiệt độ nung tăng từ 400 °C đến 600 °C, khả năng do sự hình thành tinh thể

kim loại cải thiện, thúc đẩy sự hình thành các trung tâm phản ứng cần thiết cho phản ứng thơm hóa butane. Tuy nhiên, khi tăng đến 700 °C, diện tích bề mặt giảm dần đến giảm khả năng phản ứng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Xu, Wang, & Tao (2020) và Zhou, He, & Wang (2018) cho thấy nhiệt độ nung cao ảnh hưởng đến diện tích bề mặt và sự phân tán kim loại trên ZSM-5, từ đó ảnh hưởng đến hiệu quả chuyển hóa [10-12]. Vì vậy, mẫu Mo1%- Zn2%/HY với nhiệt độ nung 600°C có hoạt tính xúc tác tốt nhất và được chọn để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian nung

Để xác định thời gian nung tối ưu cho quá trình tổng hợp xúc tác, mẫu sản phẩm Mo1%-Zn2%/HY được nung ở nhiệt độ 600 °C và tiến hành thay đổi thời gian nung khác nhau từ 1 giờ

đến 4 giờ, với tốc độ nâng nhiệt là 1°C/phút. Sau đó xúc tác được đem thực hiện phản ứng thơm hóa butane theo thời gian phản ứng 15 ph ở điều kiện $t^0 = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ và tốc độ dòng 75 ml.g⁻¹.ph⁻¹.

Kết quả từ Bảng 2 còn cho thấy, khi thời gian nung tăng từ 1 đến 3 giờ, hoạt tính xúc tác tăng khả năng do sự phát triển đồng đều của các tinh thể kim loại trên bề mặt zeolite và tối ưu hóa các trung tâm phản ứng. Thời gian 4 giờ dẫn đến giảm hiệu suất, khả năng do hiện tượng co cụm của các tinh thể kim loại. Kết quả này tương tự với báo cáo của Delgado, Mesa, & Agudelo (2017) và Firoozi, Rahimi, & Bahmani (2021) về ảnh hưởng của thời gian đối với kích thước hạt và hoạt tính xúc tác [13,15]. Vì vậy hoạt tính xúc tác tốt nhất đạt được với mẫu thời gian nung 3 h ở 600 °C.

Bảng 2. Sự phụ thuộc thời gian nung xúc tác Mo1% - Zn2%/HY vào thành phần sản phẩm thơm hóa butane

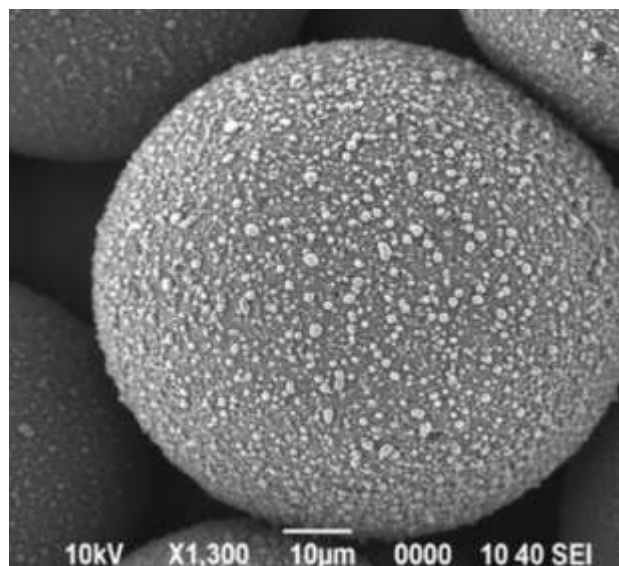
Thời gian nung h	Độ chuyển hóa (%KL)	Ar	Sự phân bố Ar (%KL theo Ar)
1	54,4	Benzene	42,7
		Toluene	33,5
		Xylene + Ethylbenzene	18,9
		Ar C ≥ 9+	4,8
2	55,6	Benzene	42,2
		Toluene	33,5
		Xylene + Ethylbenzene	19,1
		Ar C ≥ 9+	5,2
3	59,6	Benzene	41,2
		Toluene	32,0
		Xylene + Ethylbenzene	20,5
		Ar C ≥ 9+	6,2
4	56,4	Benzene	41,3
		Toluene	33,4
		Xylene + Ethylbenzene	18,9
		Ar C ≥ 9+	6,1

3.3. Ảnh hưởng của tốc độ nâng nhiệt

Để khảo sát ảnh hưởng của tốc độ nâng nhiệt đến mẫu sản phẩm Mo1% - Zn2%/HY, xúc tác

nung trong thời gian 3h với tốc độ nâng nhiệt được thay đổi khác nhau: 1, 2, 4, và 6 °C/phút ở nhiệt độ 600 °C. sau đó xúc tác được đem thực hiện phản ứng thom hóa butane theo thời gian phản ứng 15 ph ở điều kiện $t^0 = 600\text{ °C}$ và tốc độ dòng 75 ml.g⁻¹.ph⁻¹

Tốc độ nâng nhiệt 2 °C/phút tạo ra xúc tác có hiệu suất cao nhất, có thể do kiểm soát tốt sự hình thành tinh thể kim loại và giảm khuyết tật cấu trúc tinh thể. Nâng nhiệt nhanh hơn có thể tạo ra khuyết tật, làm các tinh thể kim loại bị co cụm làm giảm hoạt tính. Quan sát này phù hợp với các nghiên cứu về kiểm soát tốc độ gia nhiệt trong quá trình chuẩn bị Mo–Zn/HY và Zn-modified HY zeolite [14,20]. Vì vậy, tốc độ nâng nhiệt 2 °C/phút có hiệu quả xúc tác tốt nhất.



Hình 1. Hình thái bề mặt của mẫu xúc tác Mo1%-Zn2%/HY

Bảng 3. Sự phụ thuộc tốc độ nâng nhiệt khi nung xúc tác Mo1% - Zn2%/HY vào thành phần sản phẩm thom hóa Butane

Tốc độ nâng nhiệt, °C/phút.	Độ chuyển hóa (%KL)	Ar	Sự phân bố Ar (%KL theo Ar)
1	59,6	Benzene	41,2
		Toluene	32,1
		Xylene + Ethylbenzene	20,9
		Ar C ≥ 9+	5,7
2	62,2	Benzene	42,2
		Toluene	29,2
		Xylene + Ethylbenzene	20,9
		Ar C ≥ 9+	7,5
3	61.2	Benzene	41,1
		Toluene	31,8
		Xylene + Ethylbenzene	19,8
		Ar C ≥ 9+	7,2
6	60,3	Benzene	40,2
		Toluene	30,1
		Xylene + Ethylbenzene	22,7
		Ar C ≥ 9+	6,8

3.4. Các phương pháp nghiên cứu xúc tác

Phân tích hình thái bề mặt quét SEM mẫu Mo1%-Zn2%/HY.

Qua kết quả quét SEM ở Hình 1 ta có thể nhận thấy rằng: trên bề mặt zeolite HY có thể đã xuất hiện những tinh thể kim loại, không co cụm, phân

tán rất đều trên bề mặt zeolite. Vậy việc chế tạo xúc tác Zn-Mo/HY khá thành công.

Do diện tích bề mặt riêng BET mẫu Mo1% Zn2%/HY thu được kết quả ở Hình 2, ta thấy xúc tác có bề mặt riêng là 138,65 m²/g, chứng tỏ zeolite có thể làm chất nền công nghiệp phù hợp với quá trình thơm hóa hidrocarbon no.

Kích thước mao quản BJH khoảng 74,3 Å nằm trong khoảng 20 ÷ 200 Å như vậy theo tiêu chuẩn Dubinin (M.M. Dubinin, Chem. Rev., 60, 235, 1960), đây là xúc tác có kích thước mao quản thuộc loại trung bình. Với kích thước mao quản như trên xúc tác có thể dùng thơm hóa butan.

riêng BET thấy xúc tác có bề mặt riêng là 138,65 m²/g, kích thước mao quản BJH khoảng 74,3 Å phù hợp sử dụng để thực hiện quá trình thơm hóa butan.

Lời cảm ơn

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. BP (2023), *Statistical review of world energy 2023*, BP Energy.
2. PetroVietnam Exploration Production Corporation (2021–2023), *Vietnam petroleum geological survey reports*, Vietnam Oil and Gas Group.
3. Wang Chao, Liu Yong & Zhang Hong (2018), “HZSM-5 based catalysts for light alkane aromatization”, *Catalysis Today*, 316, 45–56.
4. Guisnet Michel (2014), “Acid–metal bifunctional catalysts in hydrocarbon conversion”, *Applied Catalysis A: General*, 505, 1–20.
5. Li Xin, Sun Yan, & Chen Lei (2017), “Metal-modified zeolites for light alkane aromatization”, *Fuel Processing Technology*, 165, 102–110.
6. Wu Zhen, Li Jun, & Xu Yue (2012), “Role of Pt–acid sites in light alkane reforming”, *Journal of Catalysis*, 289, 70–78.
7. Anunziata Alicia O., Beltramone Andrea R., & Parera Jorge (2016), “Aromatization of CH₄–C₂H₆ mixtures over Zn/HZSM-11 catalysts”, *Microporous and Mesoporous Materials*, 225, 390–398.



Hình 2. Diện tích bề mặt riêng BET mẫu Mo1%-Zn2%/HY

Những kết quả này tương đồng với các nghiên cứu trước về Mo/HZSM-5 và Zn–Ga/HZSM-5, cho thấy sự phân tán tốt của kim loại trên zeolite là yếu tố then chốt trong chuyển hóa ankan nhẹ [3, 8, 10, 16–18, 19].

4. KẾT LUẬN

Quá trình chế tạo xúc tác chứa Mo1%-Zn2%/HY thực hiện quá trình thơm hóa butane được thực hiện bằng phương pháp ngâm tẩm dung dịch muối của Mo và Zn.

Nhiệt độ nung tối ưu cho quá trình tổng hợp xúc tác, mẫu sản phẩm Mo1%- Zn2%/HY là 600 °C, thời gian nung mẫu 3 h, với tốc độ nâng nhiệt là 2 °C/phút có hiệu quả xúc tác tốt nhất với hàm lượng hidrocarbon thơm lên tới 62,2 %.

Đặc điểm của xúc tác được đặc trưng bằng phương pháp phân tích hình thái bề mặt quét SEM cho thấy tinh thể kim loại, không co cụm, phân tán rất đều trên bề mặt zeolite. Đo diện tích bề mặt

8. Zhang Hui, Xu Peng & Liu Sheng (2020), "Aromatization of butane over Zn-Ga/H-ZSM-5 catalysts with high stability", *Chemical Engineering Journal*, 384, 123–145.
9. Shukurov Bakhodir, Salaydinova Gulnora & Fayzullaev Nodir (2024), "Co-aromatization of methane and methanol over Mo-Zn/HZSM-5 to increase aromatic hydrocarbon yield: experimental and kinetic studies", *Molecular Catalysis*, 565, 114366.
10. Alkhawaldeh Suha, Ahmad Abdul Latif & Othman, Mohd Razip (2021), "Recent advances in ZSM-5 catalysts for aromatization processes", *Catalysis Reviews*, 63(4), 527–556.
11. Yang Ying, Chen Guohua & Li Rui (2019), "Metal-zeolite synergy in alkane aromatization", *ACS Catalysis*, 9(11), 9473–9487.
12. Zhou Fang, He Long & Wang Tao (2018), "Mo/HZSM-5 catalysts in methane aromatization: Structure and performance", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57(15), 5234–5242.
13. Xu Jian, Wang Qiang & Tao Ke (2020), "Effects of calcination temperature on the performance of Mo-based catalysts for methane aromatization", *Fuel*, 279, 118426.
14. Delgado Ricardo, Mesa Diana & Agudelo Natalia (2017), "Metal-loaded zeolites for alkane conversion reactions", *Catalysis Science & Technology*, 7(23), 5890–5902.
15. Kim Taeyoung, Lee Sungmin & Park Yongjin (2022), "Zn-modified HY zeolite catalysts for light hydrocarbon aromatization", *Journal of Energy Chemistry*, 66, 412–421.
16. Firoozi Maryam, Rahimi Narges & Bahmani Mehran (2021), "Modification of zeolite catalysts for enhanced aromatization performance", *Reaction Chemistry & Engineering*, 6(7), 1375–1388.
17. Ahmed Samina, Khan Muhammad Asif & Rahman Md Habibur (2020), "Catalytic aromatization of light alkanes using bifunctional catalysts", *Energy & Fuels*, 34(12), 15972–15983.
18. Chen Kai, Gao Jian & Lin Xiaofeng (2019), "Structural modification of ZSM-5 catalysts for improved aromatization", *Microporous and Mesoporous Materials*, 282, 99–108.
19. Jiao Peng, Sun Dong & Zhang Tian (2018), "Catalysis of light alkanes to aromatics over Mo-based zeolite systems", *Catalysis Communications*, 113, 22–27.
20. Gao Zhiyong, Wu Liang & Zheng Qing (2016), "Mo/ZSM-5 catalysts for methane activation and aromatization", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 423, 322–330.
21. Li Haoyu, Song Wenhao & Zhao Yiming (2022), "Mo-Zn bifunctional catalysts for the aromatization of light alkanes", *Catalysis Today*, 397, 124–133.

XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG Fe, Zn TRONG MỘT SỐ THỰC PHẨM BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHỔ HẤP THỤ NGUYÊN TỬ KỸ THUẬT NGỌN LỬA (F-AAS)

Vũ Thị Nha Trang^{1*}, Bùi Thị Thơi¹, Đặng Ngọc Định²

¹Khoa Kỹ thuật Hóa học

²Phòng Quản lý Đào tạo

*Email: trangvtn@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, quy trình xác định hàm lượng sắt (Fe), kẽm (Zn) trong một số thực phẩm (thịt, cá) được trình bày bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử ngọn lửa (F-AAS). Mẫu được xử lý bằng kỹ thuật vô cơ hóa trong lò vi sóng với hỗn hợp axit $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, đảm bảo thu được dung dịch trong suốt và đồng nhất. Các điều kiện đo tối ưu cho F-AAS đã được thiết lập. Kết quả cho thấy giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) của Fe lần lượt là 0,0579 mg/kg và 0,1930 mg/kg, với hệ số tương quan $R^2 = 0,9993$, độ lệch chuẩn tương đối 2,12%, hiệu suất thu hồi từ 97,0–105,0%. Đối với Zn, LOD và LOQ lần lượt là 0,0588 mg/kg và 0,1961 mg/kg ($R^2 = 0,9993$), độ lệch chuẩn tương đối 2,18% và hiệu suất thu hồi trong khoảng 96,0–105,0%. Phân tích 10 mẫu thịt và cá cho thấy các giá trị đo được đều nằm trong phạm vi giá trị tự nhiên theo Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam.

Từ khóa: Fe, Zn, thực phẩm, F-AAS, Phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật ngọn lửa.

DETERMINATION OF Fe, Zn CONTENTS IN SELECTED FOOD SAMPLES PRODUCTS USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY (F-AAS)

Abstract:

This study presents a procedure for determining iron (Fe), zinc (Zn) content in selected food samples (meat and fish) using Flame Atomic Absorption Spectroscopy (F-AAS). Samples were digested using microwave-assisted mineralization with a mixture of HNO_3 and H_2O_2 , ensuring a clear and homogeneous solution. Optimal conditions for F-AAS measurements were established. The limits of detection (LOD) and quantification (LOQ) for Fe were 0.0579 mg/kg and 0.1930 mg/kg, respectively, with a correlation coefficient (R^2) of 0.9993, a relative standard deviation (RSD) of 2.12%, and a recovery rate ranging from 96.0% to 105.00%. For Zn, the LOD and LOQ were 0.0588 mg/kg and 0.1961 mg/kg ($R^2 = 0.9993$), with an RSD of 2.18% and a recovery range of 97.0% to 105.0%. Analysis of 10 meat and fish samples showed that the measured values fall within the natural ranges reported in the Vietnamese Food Composition Table.

Keywords: Fe, Zn, food samples, F-AAS, Flame Atomic Absorption Spectroscopy

1. GIỚI THIỆU

Fe và Zn là hai nguyên tố vi lượng thiết yếu, đóng vai trò quan trọng trong nhiều quá trình sinh học của cơ thể như tổng hợp hemoglobin, điều hòa hoạt động enzym, miễn dịch và chống oxy hóa [1,2]. Trong khẩu phần ăn hàng ngày, thịt và cá là nguồn cung cấp chính Fe và Zn có sinh khả dụng cao hơn so với nguồn thực vật [3,4]. Thiếu hụt Fe có thể dẫn đến thiếu máu dinh dưỡng, mệt mỏi và suy giảm nhận thức, trong khi thiếu Zn ảnh hưởng đến tăng trưởng, chức năng miễn dịch và khả năng lành vết thương [5,6]. Mặt khác, dư thừa kéo dài các nguyên tố này cũng có thể gây tích lũy độc hại hoặc rối loạn chuyển hóa [7]. Do đó, việc xác định chính xác hàm lượng Fe và Zn trong thực phẩm, đặc biệt là các sản phẩm giàu protein như thịt và cá, là cần thiết để đánh giá giá trị dinh dưỡng và hỗ trợ công tác kiểm soát chất lượng thực phẩm [3, 8]. Một số công trình

gần đây tiếp tục khẳng định hiệu quả của F-AAS trong phân tích thực phẩm. Acar và cộng sự (2023) đã xác định Cu, Fe và Zn trong mẫu gạo, trà và gan cùng với các vật liệu chuẩn bằng FAAS sau phân hủy acid, cho thấy độ đúng và độ lặp lại cao [9]. Bên cạnh đó, nhiều nghiên cứu tối ưu quy trình phân hủy mẫu, xác định Fe và Zn trong sản phẩm thịt, thủy sản, quả chà là và gạo bằng FAAS đã được công bố và cho kết quả đáng tin cậy trong kiểm soát chất lượng [9-11]. Quy trình xác định Fe và Zn trong thực phẩm bằng F-AAS, góp phần kiểm soát chất lượng và hỗ trợ công tác giảng dạy.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Dụng cụ, thiết bị và hóa chất

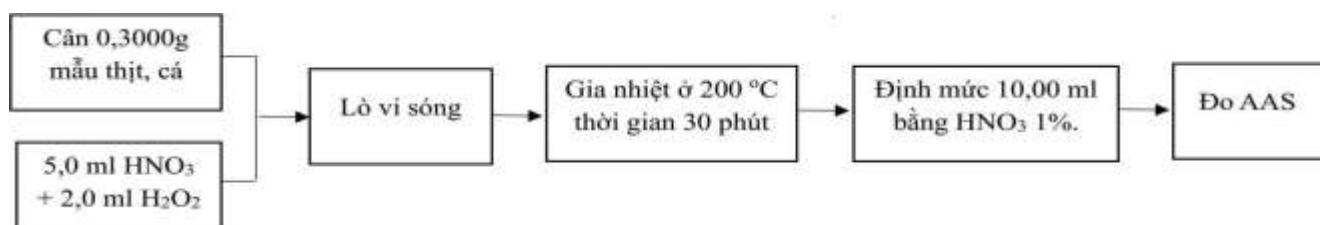
Dụng cụ: Bình phản ứng PTFE chịu axit, micropipet, bình định mức, phễu lọc, cốc thủy tinh và các dụng cụ thông thường trong phòng thí nghiệm.

Thiết bị: Máy quang phổ hấp thụ nguyên tử model Shimadzu AA-7000, cân phân tích chính xác 0,0001 g (AND GR-202). Thiết bị phá mẫu bằng vi sóng (CEM Mars 6).

Hóa chất: Axit nitric (HNO_3 , 65%), axit clohydric (HCl , 37%), hydro peoxit (H_2O_2 , 30%); dung dịch chuẩn Fe và Zn 1000 ppm (Merck, Đức); nước cất hai lần,

2.2. Đối tượng mẫu nghiên cứu

Mẫu thực phẩm phổ biến trên thị trường được lựa chọn gồm:



Hình 1. Quy trình xử lý mẫu và xác định hàm lượng Fe và Zn

Tiến hành đo mẫu và tính kết quả hàm lượng Fe, Zn theo công thức:

$$X = \frac{C_x \cdot V_{dm}}{G} \quad (\text{mg/kg})$$

Trong đó: C_x : Nồng độ chất X tính từ đường chuẩn (mg/l);

V_{dm} : Thể tích định mức dung dịch sau khi xử lý mẫu;

5 mẫu thịt (thịt lợn, thịt bò, thịt gà, thịt dê và thịt ngựa) và 5 mẫu cá (cá chép, cá nục, cá thu, cá ngừ, cá hồi)

Các mẫu được thu thập ngẫu nhiên tại các chợ và siêu thị, bao gồm cả sản phẩm có thương hiệu và hàng không rõ nguồn gốc.

2.3. Quy trình xử lý mẫu và xác định hàm lượng Fe và Zn

Quy trình xử lý mẫu và xác định hàm lượng Fe, Zn được trình bày như hình 1

G: Khối lượng mẫu phân tích (g).

2.4. Các điều kiện tối ưu đo quang phổ hấp thụ nguyên tử của Fe, Zn

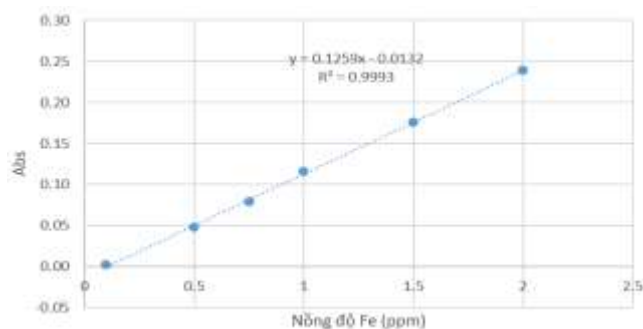
Để xác định Fe, Zn bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử theo kỹ thuật F-AAS, chúng tôi đã khảo sát được các điều kiện đo như Bảng 1.

Bảng 1. Các điều kiện đo của máy quang phổ hấp thụ nguyên tử

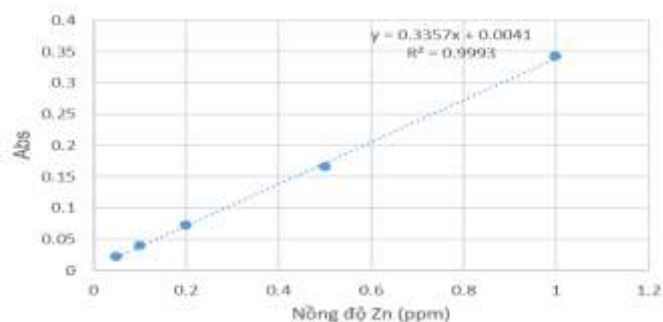
Điều kiện	Fe	Zn
Vạch phổ hấp thụ (nm)	248,3	283,3
Cường độ dòng đèn HCL (mA)	8	8
Khe đo (nm)	0,2	0,5
Chiều cao Burner (mm)	7	5
Tốc độ dòng khí (không khí/ C_2H_2)	1,2 L/phút	1,2L/phút
Nồng độ HNO_3 (%)	1	1

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đường chuẩn xác định hàm lượng Fe và Zn



Hình 2. Đường chuẩn Fe



Hình 3. Đường chuẩn Zn

3.2. Giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng của Fe và Zn

Kết quả xác định LOD và LOQ được trình bày ở bảng 2 và 3.

Bảng 2. Bảng kết quả xác định giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng của Fe và Zn

TT	Khối lượng cân (g)	Hàm lượng Zn (mg/kg)	Khối lượng cân (g)	Hàm lượng Fe (mg/kg)
1	0,2727	0,3740	0,2768	0,4046
2	0,2856	0,3641	0,2832	0,3637
3	0,2851	0,3928	0,2845	0,4218
4	0,2865	0,3979	0,2878	0,4065
5	0,2776	0,4251	0,2780	0,4101
6	0,2872	0,3865	0,2869	0,3904
7	0,2881	0,3992	0,2873	0,4142
$\bar{x}$	0,4016		0,3914	
S_D	0,0193		0,0196	
R	6,94		6,65	
LOD	0,0579		0,0589	
LOQ	0,1930		0,1963	
%RSD	4,81		5,01	

Từ kết quả Hình 2 và bảng 2 cho thấy phương trình đường chuẩn của nguyên tố Fe thu được là $y = 0,1259x - 0,0132$ với hệ số tương quan $R^2 = 0,9993$; LOD = 0,0579 mg/kg và LOQ = 0,1930 mg/kg.

Từ kết quả Hình 3 và bảng 2 cho thấy phương trình đường chuẩn của nguyên tố Zn thu được là $y = 0,3357x + 0,00041$ với hệ số tương quan $R^2 =$

0,9993; LOD = 0,0588 mg/kg và LOQ = 0,1961 mg/kg.

Phương pháp có độ nhạy, độ chính xác tốt, giới hạn phát hiện thấp, phù hợp cho phân tích định lượng Fe và Zn ở hàm lượng thấp.

3.3. Đánh giá độ chính xác của phương pháp phân tích

3.3.1 Đánh giá độ lặp lại của phương pháp xử lý mẫu

Độ lặp lại của quy trình xử lý mẫu được thực hiện bằng cách cân cùng một khối lượng mẫu thịt bò và tiến hành xử lý như quy trình ở Hình 1, Kết quả được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả đo độ lặp lại của Fe và Zn

TT	Khối lượng cân (g)	Hàm lượng Zn (mg/kg)	Khối lượng cân (g)	Hàm lượng Fe (mg/kg)
1	0,2823	18,36	0,2891	23,46
2	0,2778	18,62	0,2789	23,98
3	0,2828	18,38	0,2869	23,62
4	0,2892	17,95	0,2895	23,47
5	0,2898	17,59	0,2887	23,48
6	0,2757	18,82	0,2759	24,68
7	0,2867	18,06	0,2899	23,50
$\bar{x}$	18,25		24,70	
S_D	0,39		0,42	
%RSD	2,12		1,77	

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy phép xác định Fe, Zn bằng AAS có độ lặp lại tốt, thể hiện qua giá trị độ lệch chuẩn tương đối (%RSD) khi xác định hàm lượng Zn là 2,12 và của Fe là 1,77 trong mẫu thịt bò ở các lần xử lý mẫu khá tốt, và giá trị % RSD thu được đều nằm trong giới hạn chấp nhận được [5], do đó phương pháp xử lý mẫu có độ lặp lại tin cậy và được sử dụng xác định hàm lượng Fe, Zn trong mẫu thịt bò.

3.3.2 Đánh giá hiệu suất thu hồi của phương pháp xử lý mẫu

Để đánh giá hiệu suất thu hồi của phương pháp xử lý mẫu chúng tôi tiến hành phân tích mẫu thịt bò thêm chuẩn ở 3 mức nồng độ, mỗi mức lặp lại 7 lần Kết quả được trình bày ở Bảng 4, 5.

Bảng 4. Hiệu suất thu hồi của phương pháp xác định hàm lượng Fe

Mẫu	Co (ppm)	C1 (ppm)	C2 (ppm)	H%
1	0,1	0,701	0,801	100,0
2	1,0	0,701	1,671	97,0

Mẫu	Co (ppm)	C1 (ppm)	C2 (ppm)	H%
3	2,0	0,701	2,801	105,0

Bảng 5. Hiệu suất thu hồi của phương pháp xác định hàm lượng Zn

Mẫu	Co (ppm)	C1 (ppm)	C2 (ppm)	H%
1	0,05	0,522	0,572	100,0
2	1,0	0,522	1,492	97,0
3	2,0	0,522	2,442	96,0

Kết quả Bảng 4, 5 cho thấy phương pháp phân tích nguyên tố Fe và Zn trong thực phẩm đạt hiệu suất thu hồi cao (khoảng 96,0 – 105,0 %) Điều này khẳng định phương pháp có độ đúng (độ chính xác) cao, đáp ứng yêu cầu thẩm định của AOAC [12]. Phương pháp này được đánh giá là phù hợp để xác định hàm lượng Fe và Zn trong nhiều loại mẫu thực phẩm khác nhau.

3.4. Kết quả phân tích mẫu thực tế

Bảng 6. Hàm lượng Fe và Zn trong các mẫu thực phẩm

Thứ tự	Tên mẫu	Ký hiệu	Nguyên tố	Lượng mẫu cân	Nồng độ đo được (ppm)	Hàm lượng (mg/kg)
1	Thịt lợn	TL	Fe	0,2887	0,242	8,39
			Zn	0,2887	0,607	21,03
2	Thịt bò	TB	Fe	0,2735	0,698	25,52
			Zn	0,2735	0,518	18,94
3	Thịt gà	TG	Fe	0,2752	0,411	14,93
			Zn	0,2752	0,407	14,79
4	Thịt dê	TD	Fe	0,2894	0,598	20,66
			Zn	0,2894	0,709	24,50
5	Thịt ngựa	TN	Fe	0,2823	0,685	24,26
			Zn	0,2823	0,981	34,75
6	Cá chép	CC	Fe	0,2897	0,221	7,63
			Zn	0,2897	0,364	12,56
7	Cá nục	CN	Fe	0,2835	0,623	21,65
			Zn	0,2835	0,481	16,71
8	Cá thu	CT	Fe	0,2878	0,331	11,76
			Zn	0,2878	0,109	3,87
9	Cá ngừ	CN	Fe	0,2815	0,221	7,83
			Zn	0,2815	0,128	4,53
10	Cá hồi	CH	Fe	0,2824	0,123	4,26
			Zn	0,2824	0,114	3,93

Kết quả cho thấy hàm lượng Fe và Zn nằm trong Bảng thành phần thực phẩm Việt Nam do Viện Dinh dưỡng công bố của Bộ Y tế. Tuy nhiên, để đảm bảo an toàn sức khỏe người tiêu dùng một cách bền vững, việc kiểm soát chặt chẽ nguồn gốc và quy trình sản xuất thực phẩm là cần thiết nhằm duy trì mức độ vi chất an toàn và ngăn ngừa nguy cơ ô nhiễm tiềm tàng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công quy trình xác định hàm lượng Fe, Zn trong một số mẫu thực phẩm thông dụng như thịt, cá bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật ngọn lửa (F-AAS). Các kết quả đạt được khẳng định tính chính xác, độ nhạy và khả năng ứng dụng cao của phương pháp trong phân tích hóa học thực nghiệm.

Lời cảm ơn

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì năm 2025.

Tài liệu tham khảo

1. Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2020). *Review on iron and its importance for human health*. Journal of Research in Medical Sciences, 25(1), 11–18.
2. Gammoh, N. Z., & Rink, L. (2020). *Zinc in infection and inflammation*. Nutrients, 12(2), 434.
3. Prashanth, L., Kiranmayi, P., & Pratibha, K. (2021). *Role of trace elements zinc and iron on human health: A review*. Journal of Pharmaceutical Research International, 33(46B), 473–486.
4. Kumar, P., Yadav, K., & Rai, A. (2021). *Determination of iron and zinc in meat and fish products using atomic absorption spectrophotometry (AAS)*. Food Chemistry Advances, 2, 100017.
5. Acar, O., Kocak, N., & Yilmaz, D. (2023). *Determination of Cu, Fe and Zn in food matrices by FAAS after acid digestion*. Food Analytical Methods, 16, 215–228.
6. Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2020). *The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, and analytical techniques*. Trends in Food Science & Technology, 103, 68–85.
7. Singh, A., Singh, R. K., & Prasad, S. (2022). *Micronutrient (iron and zinc) deficiency in diets and health implications*. Journal of Food Biochemistry, 46(3), e14038.
8. Silva, L. T., Silva, F. D., & Borges, C. V. (2022). *Iron and zinc in animal and plant food sources: A comparative review of bioavailability and nutritional impact*. Food Research International, 157, 111291.
9. Nguyen, T. H., Pham, H. N., & Tran, Q. B. (2023). *Application of FAAS for determination of heavy metals in seafood collected from the Vietnamese coast*. Vietnam Journal of Chemistry, 61(2), 45–52.
10. Tamirat, F., Adane, W. D., Tessema, M., Tesfaye, E., Tesfaye, G., & Basheer, C. (2024). *Determination of major and trace metals in date palm fruit (Phoenix dactylifera) samples using flame atomic absorption spectrometry and assessment of the associated public health risks*. International Journal of Analytical Chemistry, 2024, 9914300.
11. Pereira do Nascimento, L., Silva Gomes, L., Galvão Novaes, C., Araújo, S. A., Souza, A. S., Silva Oliveira, G., Braga do Nascimento Junior, B., & Bezerra, M. A. (2025). *Development of an Ultrasound-Assisted Slurry Sampling-Based Method for Determination of Metals in Rice Samples Using FAAS*. Biological Trace Element Research.
12. AOAC International (2007), *How to meet ISO 17025 requirements for method verification*, USA.

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU NANO NiO ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM TRONG ĐIỆN CỰC CẢM BIẾN ĐIỆN HÓA NHẠY KHÍ NO₂

Bùi Thị Phương Thảo*, Quản Cẩm Thúy, Quách Thị Thanh Vân

Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: thaobtp@vui.edu.vn

Tóm tắt

Vật liệu nano NiO được tổng hợp thành công với cấu trúc tinh thể điển hình và hạt đồng đều với kích thước khoảng 20 nm bằng phương pháp thủy nhiệt sử dụng hóa chất muối Ni(NO₃)₂·6H₂O và CO(NH₂)₂. Hình thái và vi cấu trúc của vật liệu NiO được khảo sát thông qua các kỹ thuật phân tích tiên tiến như phân tích bề mặt kính hiển vi điện tử quét (SEM), quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR), giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) và phổ tán xạ Raman. Vật liệu nano NiO được thử nghiệm khảo sát trong điện cực nhạy khí NO₂ của cảm biến điện hóa dựa trên cấu hình Pt/YSZ/Pt-NiO, cảm biến có thể hiện độ đáp ứng tốt (với giá trị $\Delta V = 21.76$ ở 90 ppm NO₂, 20% O₂ và tại hoạt động 360°C và cho thời gian hồi đáp $\tau_{90(res)} = 77$ s và $\tau_{90(res)} = 85$ s).

Từ khóa: Vật liệu nano, vật liệu tổ hợp, điện cực cảm biến điện hóa nhạy khí.

RESEARCH ON FABRICATION OF ELECTROCHEMICAL BIOLOGICAL SENSOR DROPSENS/ DWCNT/GO/Fe₃O₄-Cs /PROTEIN A/CEA APPLICATION TO DETERMINE CANCER MARKERS

Abstract

The NiO nanomaterial was successfully synthesized with a typical crystal structure and uniform particles of approximately 20 nm using a hydrothermal method with Ni(NO₃)₂·6H₂O and CO(NH₂)₂ as precursors. The morphology and microstructure of the NiO material were investigated using advanced analytical techniques such as scanning electron microscopy (SEM), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and Raman scattering spectroscopy. The NiO nanomaterial was tested as a sensing electrode for NO₂ in an electrochemical sensor based on a Pt/YSZ/Pt-NiO configuration. The sensor exhibited a good response (with $\Delta V = 21.76$ at 90 ppm NO₂, 20% O₂, and operating at 360 °C) and demonstrated a response time of $\tau_{90(res)} = 77$ s and a recovery time of $\tau_{90(res)} = 85$ s.

Keywords: Nanomaterials, composite materials, electrochemical gas-sensing electrodes.

1. GIỚI THIỆU

Ô nhiễm môi trường đã gia tăng đáng kể trong vài thập kỷ gần đây. Vì vậy, việc phát hiện các khí ô nhiễm, đặc biệt là khí độc, trở nên ngày càng cấp thiết. Nhiều nghiên cứu đã tập trung phát triển các vật liệu có đặc tính phù hợp cho ứng dụng cảm biến khí và làm sáng tỏ cơ chế cảm biến với mục tiêu cải thiện hiệu năng cảm biến về độ ổn định, độ chọn lọc, độ nhạy, v.v. [1]. Cảm biến hóa học giữ vai trò quan trọng trong kiểm soát phát thải, bảo vệ môi trường, an ninh công cộng và sức khỏe con người [2–4]. Mỗi quan tâm ngày càng lớn của xã hội đối với vấn đề môi trường đã thúc đẩy sự phát triển của các cảm biến có độ nhạy cao và thời gian đáp ứng nhanh.

Song song với việc nghiên cứu chuyên sâu về cơ chế hấp phụ – khử hấp phụ khí trên bề mặt vật liệu cảm biến [5] và thiết kế cấu trúc cảm biến mới [6], nhiều loại cảm biến khí dựa trên nano-oxit kim loại như SnO₂ [7], In₂O₃ [8], Fe₂O₃ [9],

WO₃ [2], ZnO [10],... đã được chế tạo và nghiên cứu chuyên sâu. Vật liệu nano có tỷ lệ diện tích bề mặt/thể tích (S/V) rất lớn, khiến các tính chất điện tử của chúng dễ bị biến đổi bởi các phân tử hấp phụ trên bề mặt, do đó thích hợp cho ứng dụng cảm biến khí [11, 12]. Tuy nhiên, phần lớn cảm biến khí oxit kim loại hiện nay tập trung vào bán dẫn loại n, trong khi bán dẫn oxit kim loại loại p lại ít được nghiên cứu [13].

NiO thu hút sự quan tâm nghiên cứu về cảm biến khí do sở hữu hoạt tính bề mặt cao và khả năng tương tác mạnh với các phân tử khí. Cơ chế cảm biến khí của NiO dựa trên các quá trình oxi hóa – khử bề mặt, và các phản ứng hóa học giữa các loại khí hấp phụ [14–16]. Sự tương tác này gây ra sự thay đổi điện trở có tính thuận nghịch, tăng hoặc giảm tùy thuộc vào bản chất khí oxi hóa hay khử, tương ứng với đặc tính của bán dẫn loại n hoặc loại p. Do đó, sự biến thiên điện trở được

sử dụng như tín hiệu nhận biết khí trong môi trường.

Một hướng quan trọng nhằm nâng cao hiệu suất cảm biến là phát triển vật liệu cảm biến cấu trúc nano [17–18]. Nhiều nghiên cứu cho thấy thu nhỏ kích thước hạt oxit kim loại xuống mức nano giúp tăng đáng kể độ nhạy, độ chọn lọc và độ ổn định lâu dài của màng oxit [19–20]. Hạt nano có ưu điểm ở tỷ lệ S/V lớn, có thể đạt cấu trúc đơn tinh thể và kích thước hạt tương đương độ dày vùng điện tích không gian, dẫn đến tín hiệu đáp ứng nhanh – mạnh khi có khí vào [21]. Gần đây, các nghiên cứu tập trung vào NiO cấu trúc nano nhằm tăng cường hiệu năng cảm biến [22–23]. Trong những năm gần đây, sự phát triển kỹ thuật tổng hợp hạt oxit tinh thể nano <10 nm [24–26] bằng các phương pháp CVD, MOCVD, tổng hợp dung dịch, thủy nhiệt đã thúc đẩy mạnh lĩnh vực này.

Để chế tạo NiO nano với hình thái và tính chất bề mặt phù hợp cho ứng dụng cảm biến, nhiều phương pháp tổng hợp đã được phát triển, bao gồm kết tủa – nung, sol–gel, vi sóng, điện hóa và thủy nhiệt [27,28]. Trong số đó, phương pháp thủy nhiệt nổi lên như một quy trình chế tạo vật liệu nano được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng kiểm soát tốt cấu trúc, tính đơn giản trong quy trình thực hiện và tính thân thiện môi trường. Phản ứng thủy nhiệt diễn ra trong môi trường dung môi nước hoặc dung dịch kín ở điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, tạo điều kiện cho sự phát triển các cấu trúc tinh thể đặc trưng như nanoflakes, nanosheets, nanorods hoặc cấu trúc hoa nano, những hình thái vốn đặc biệt hữu ích cho ứng dụng cảm biến khí. [29,30]

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Các hóa chất sử dụng đều là loại tinh khiết hóa học

Muối $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Nước cất

2.2. Thiết bị, dụng cụ

- Thiết bị kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường HITACHI S-4800, Nhật.

- Hệ nhiễu xạ kế SIEMENS D5005, Mỹ.

- Thiết bị Shimadzu, IRAffinity-1S, Nhật.

- Thiết bị Horiba, labRAM HR800, Nhật.

- Thiết bị cất nước hai lần (Hamilton).

- Lò nung naberthrem, Đức

- Cân điện tử (Mettler, Đức)

- Cân phân tích Sartorius Entris, Đức

- Máy khuấy từ Heidolph MR Series, Đức

- Bình thủy nhiệt Teflon

- Tủ sấy Thermo Scientific Heratherm Ovens, Mỹ.

- Chén nung bằng sứ.

- Các dụng cụ thủy tinh: cốc, thìa, pipet, phễu.

2.3. Quy trình thực nghiệm

2.3.1. Tổng hợp vật liệu NiO bằng phương pháp thủy nhiệt

Bước 1: Tạo hỗn hợp dung dịch $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ và $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ theo tỉ lệ mol 1:5 từ $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Bước 2: Quá trình thủy nhiệt được thực hiện khi chuyển hỗn hợp dung dịch đã chuẩn bị ở trên vào bình thủy nhiệt teflon và thực hiện quá trình thủy nhiệt tại 120 °C trong 1 giờ.

Bước 3: Bình thủy nhiệt sau đó được để nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng để thu được hỗn hợp với kết tủa xuất hiện. Kết tủa này được lọc, rửa nhiều lần bằng nước cất, và sau đó sấy ở 80 °C trong 4 giờ để thu được bột màu đen. Mẫu bột được ủ ở 300 °C trong 2 giờ thu được sản phẩm nano oxit NiO.

2.3.2. Phương pháp phân tích các tính chất cơ bản của vật liệu

Mẫu được chụp bằng thiết bị kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường HITACHI S-4800 đặt tại Phòng thí nghiệm trọng điểm trực thuộc Viện Khoa học Vật liệu. Thiết bị này có độ phóng đại cao nhất có thể đạt đến 200.000 lần, độ phân giải có thể đạt được 2 nm ở thế hiệu 1 kV.

Các phép đo giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu được thực hiện trên hệ nhiễu xạ kế SIEMENS D5005 tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Các phép đo phổ hấp thụ hồng ngoại biến đổi Fourier của mẫu được thực hiện trên thiết bị Shimadzu, IRAffinity-1S tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam với số sóng từ 400 đến 3000 cm^{-1} .

Phổ tán xạ Raman của mẫu được phân tích qua thiết bị Horiba, labRAM HR800 tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam với bước sóng kích thích 632,8 nm.

2.3.3. Thực nghiệm khảo sát tính nhạy khí

Các lớp điện cực Pt cũng như oxit NiO trên YSZ được chế tạo tại Phòng cảm biến và thiết bị đo khí - Viện Khoa học vật liệu. Chi tiết các bước thực nghiệm này như sau:

Bước 1: Tấm YSZ sau khi ép và nung ở 1300 °C trong 8 giờ được cắt thành tấm hình vuông (kích thước bề mặt 3 × 3 mm, chiều dày 0,1 mm) bằng laser.

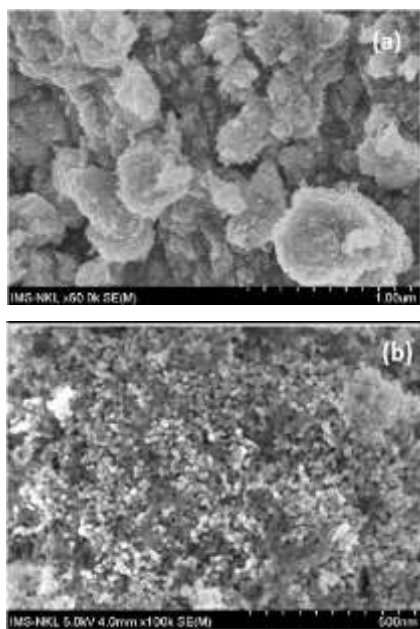
Bước 2: Hai điện cực Pt giống nhau (hình vuông với kích thước 2 × 2 mm) được in trên cùng một mặt của tấm YSZ bằng hồ Pt. Sau đó, cấu trúc này được sấy khô và nung tại 1000 °C trong 2 giờ.

Bước 3: Bột vật liệu NiO được trộn đều trong dung môi hữu cơ để tạo ra hồ keo oxit kim loại tương ứng cho chế tạo điện cực nhạy khí. Hồ keo oxit kim loại này được in lên trên một điện cực Pt để tạo thành lớp nhạy khí. Cấu trúc này lại được sấy khô tại và sau đó nung ở nhiệt độ 1200 °C trong 5 giờ.

Bước 4: Cấu trúc Pt/YSZ/Pt-NiO sau quá trình nung ở được gắn trên đế Al₂O₃ đã có tích hợp lò vi nhiệt Pt (để thay đổi nhiệt độ của cảm biến). Linh kiện cảm biến được hoàn thiện khi gắn các dây Pt lên các vị trí điện cực trên đế Al₂O₃.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

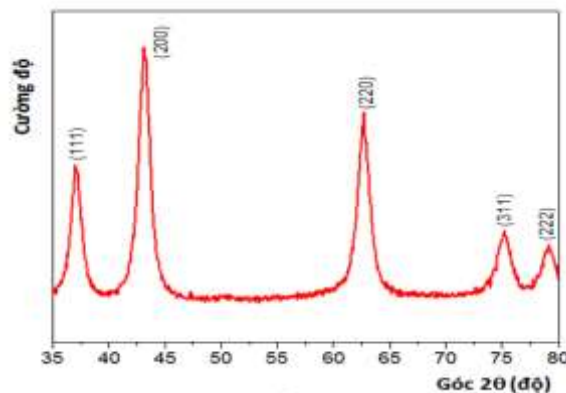
3.1. Hình thái bề mặt của vật liệu



Hình 1. Ảnh SEM mẫu vật liệu NiO đã chế tạo với thang đo 1µm (a) và 500 nm (b).

Hình 1 thể hiện ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) của mẫu vật liệu NiO trên kính hiển vi điện tử quét Hitachi S-4800. Hình 1a cho thấy mẫu đã có sự kết thành đám lớn nhỏ khác nhau. Khi tăng độ phân giải (Hình 1b) nhận thấy mẫu NiO chế tạo được là các hạt khá đồng đều với kích thước khoảng 20 nm.

3.2. Cấu trúc tinh thể

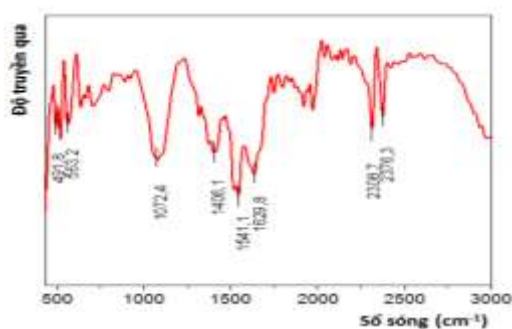


Hình 2. Biểu đồ nhiễu xạ tia X của mẫu bột nano NiO đã chế tạo.

Vật liệu nano oxit chế tạo từ phương pháp thủy nhiệt thể hiện đơn pha tinh thể lập phương điển hình của NiO và cho kích thước nhỏ tương đồng về hình thái học. Thông thường trong cảm biến khí, vật liệu oxit kim loại có kích thước hạt nhỏ và độ đồng đều sẽ cho độ nhạy và độ chọn lọc tốt do nó có bề mặt riêng lớn và mức các năng lượng bề mặt tương tác khí giống nhau. Vì vậy, nano oxit NiO đã chế tạo sẽ mang lại khả năng sử dụng tốt cho điện cực có độ nhạy cao trong cảm biến điện hóa đo khí.

3.3. Phổ hấp thụ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR)

Phổ hấp thụ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của mẫu được phân tích qua thiết bị Shimadzu, IRAffinity-1S. Hình 3 thể hiện kết quả phổ hấp thụ hồng ngoại biến đổi Fourier của mẫu bột nano NiO đã chế tạo. Kết quả trên Hình 3 cho thấy sự xuất hiện các đỉnh hấp thụ ở vùng 490 – 563 cm⁻¹ là phù hợp với đặc trưng của liên kết Ni-O (các trạng thái dao động điển hình của liên kết kim loại/oxy).

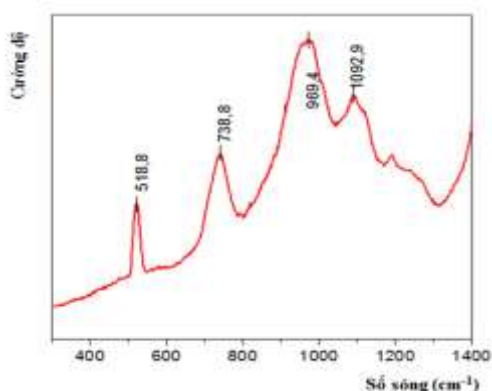


Hình 3. Phổ hấp thụ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR) của mẫu vật liệu nano NiO

Kết quả này cũng cho thấy có sự xuất hiện các đỉnh ở vùng 1072 – 1406 cm^{-1} có thể được quy cho đặc trưng của trạng thái của liên kết C-O; và các đỉnh thuộc vùng 1541 – 2376 cm^{-1} được cho là đặc trưng của liên kết H-O và C=O của hơi nước và CO_2 trong không khí đã hấp phụ trên bề mặt mẫu.

3.4. Phổ tán xạ Raman

Phổ tán xạ Raman của mẫu được phân tích qua thiết bị Horiba, labRAM HR800 với bước sóng kích thích 632,8 nm. Hình 4 là phổ tán xạ Raman của mẫu bột NiO. Kết quả này cho thấy các đỉnh tán xạ đặc trưng của NiO gồm 518 cm^{-1} đặc trưng cho tán xạ phonon bậc 1 (1P); và các đỉnh tại 738,8 cm^{-1} ; 969,4 cm^{-1} và 1092,9 cm^{-1} đặc trưng cho tán xạ phonon bậc 2 (2P). Từ kết quả nghiên cứu về FTIR và tán xạ Raman này khẳng định nano oxit NiO với kích thước hạt nhỏ đã thể hiện đặc trưng hấp phụ các phân tử khác trong không khí như hơi nước và khí CO_2 ở trên bề mặt.

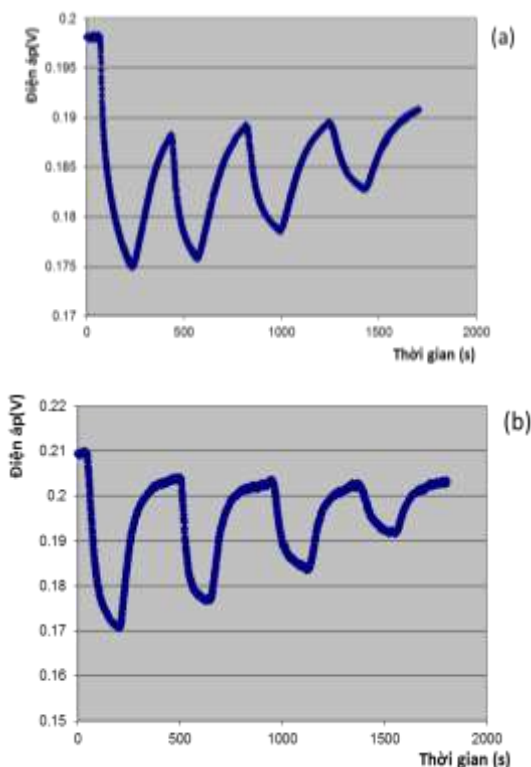


Hình 4. Phổ tán xạ Raman của vật liệu nano NiO

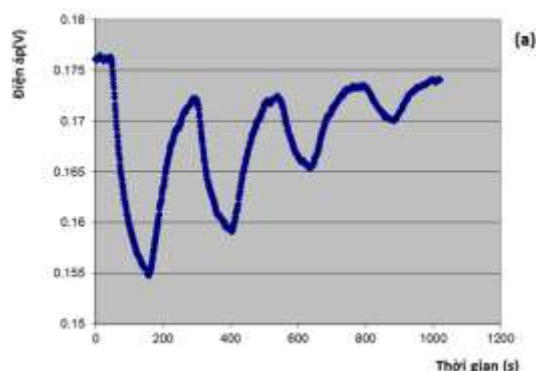
3.5. Tính chất nhạy khí của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO

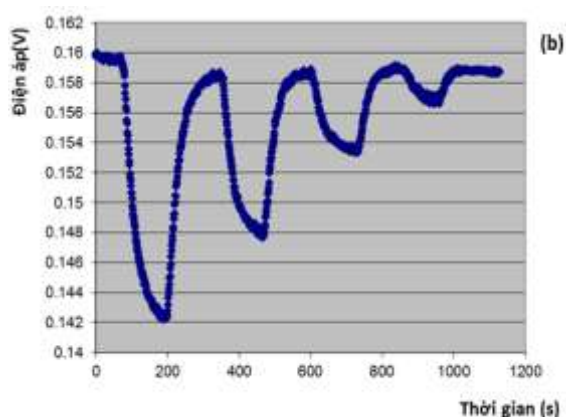
Cảm biến điện hóa với cấu hình Pt/YSZ/Pt-NiO được khảo sát đáp ứng điện áp lỗi ra (V) theo với các nồng độ khí NO_2 khác nhau và các nhiệt độ hoạt động khác nhau. Hình 5 thể hiện sự đáp ứng điện áp

theo các nồng độ 90, 50, 26 và 13 ppm khí NO_2 tại nhiệt độ hoạt động 300 $^{\circ}\text{C}$ và 330 $^{\circ}\text{C}$. Hình 6 thể hiện sự đáp ứng điện áp theo các nồng độ 90, 50, 26 và 13 ppm khí NO_2 tại nhiệt độ hoạt động 360 $^{\circ}\text{C}$ và 390 $^{\circ}\text{C}$. Hình 7 thể hiện sự đáp ứng điện áp theo các nồng độ 90, 50, 26 và 13 ppm khí NO_2 tại nhiệt độ hoạt động 420 $^{\circ}\text{C}$. Các kết quả này đều cho thấy hình dạng đường đáp ứng điện áp theo các nồng độ khí NO_2 là giống nhau. Ở tất cả các nhiệt độ hoạt động, điện áp lỗi ra của cảm biến giảm khi có khí NO_2 và hồi phục trở về khi ngắt khí NO_2 . Giá trị điện áp thay đổi tăng khi nồng độ NO_2 tăng.



Hình 5. Điện áp của cảm biến tương ứng với các nhiệt độ hoạt động khác nhau 300 $^{\circ}\text{C}$ (a) và 330 $^{\circ}\text{C}$ (b) với các nồng độ khí NO_2 khác nhau tại 90, 50, 26 và 13 ppm.





Hình 6. Điện áp của cảm biến tương ứng với các nhiệt độ hoạt động khác nhau 360 °C (a) và 390 °C (b) với các nồng độ khí NO₂ khác nhau tại 90, 50, 26 và 13 ppm.

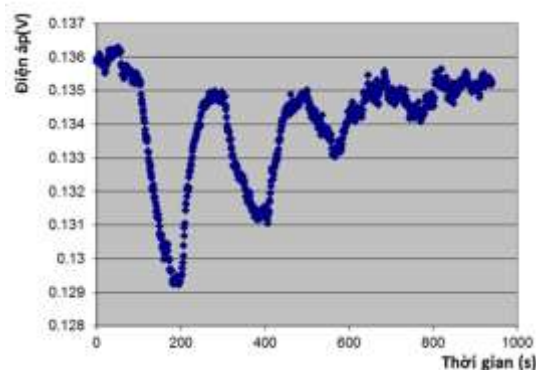
Để phân tích rõ hơn cần tìm hiểu về sự phụ thuộc của các thời gian đáp ứng $\tau_{90(res)}$ và thời gian hồi phục $\tau_{90(rec)}$ (tương ứng là thời gian để độ đáp ứng của cảm biến để đạt tới 90% giá trị bão hòa khi cảm biến tương tác với khí oxy

Bảng 1. Thời gian đáp ứng $\tau_{90(res)}$ (s) và thời gian hồi phục $\tau_{90(rec)}$ (s) của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO tại các nồng độ khí NO₂ và nhiệt độ hoạt động khác nhau.

Thời gian đáp ứng $\tau_{90(res)}$ (s) và thời gian hồi đáp $\tau_{90(rec)}$ (s)				
Nhiệt độ (°C)	$\tau_{90(res)} - \tau_{90(rec)}$ (90 ppm)	$\tau_{90(res)} - \tau_{90(rec)}$ (50 ppm)	$\tau_{90(res)} - \tau_{90(rec)}$ (26 ppm)	$\tau_{90(res)} - \tau_{90(rec)}$ (13 ppm)
330	82 – 160	85 – 170	100 – 190	105 - 190
360	77 – 85	86 – 91	82 – 107	58 - 109
390	52 – 65	55 – 67	58 – 75	65 - 76

Bảng 1 cho thấy thời gian đáp ứng $\tau_{90(res)}$ và thời gian hồi phục $\tau_{90(rec)}$ của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO là khá ngắn chỉ cỡ vài chục giây. Nhiệt độ hoạt động tăng thì thời gian đáp ứng và hồi phục của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO có xu hướng giảm. Kết quả này cũng cho thấy khi nồng độ khí NO₂ tăng thì thời đáp ứng và hồi phục của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO giảm.

Đặc trưng độ đáp ứng khí của các cảm biến được đánh giá qua sự biến đổi điện áp ΔV của cảm biến khi thay đổi nồng độ khí theo công thức: $\Delta V = V_{(NO_2)} - V_{(kk)}$ trong đó $V_{(NO_2)}$ là điện áp lối ra



Hình 7. Điện áp của cảm biến tương ứng với các nhiệt độ hoạt động khác nhau 420 °C với các nồng độ khí NO₂ khác nhau tại 90, 50, 26 và 13 ppm

hóa/khử, và thời gian hồi phục là của cảm biến từ trạng thái bão hòa về 10% giá trị ban đầu) vào các nhiệt độ hoạt động là 300 °C, 330 °C và 390 °C khi các cảm biến hoạt động với các nồng độ khí NO₂ khác nhau tại 90, 50, 26 và 13 ppm.

trên hai điện cực của cảm biến trong môi trường khí oxy hoá/khử, và $V_{(kk)}$ là điện áp lối ra ban đầu của cảm biến trong môi trường tương đương như không khí (80 %N₂ + 20 %O₂).

Bảng 2. Độ đáp ứng của cảm biến ΔV của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO tại các nồng độ khí NO₂ và nhiệt độ hoạt động khác nhau.

Độ đáp ứng của cảm biến ΔV (mV)				
Nhiệt độ (°C)	90 ppm	50 ppm	26 ppm	13 ppm

Độ đáp ứng của cảm biến ΔV (mV)				
330	39.46	27.44	20.05	11.2
360	21.76	13.18	7.16	3.54
390	17.79	11.01	5.55	2.54

Bảng 2 mô tả sự phụ thuộc độ đáp ứng của cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO tại các nồng độ khí NO₂ và nhiệt độ hoạt động khác nhau. Qua bảng 2 độ đáp ứng của cảm biến tăng theo chiều tăng của nồng độ khí NO₂ ở tất cả các nhiệt hoạt động khảo sát. Cảm biến hoạt động tối ưu nhất là ở nhiệt độ 360 °C.

Trong môi trường khí thải, nồng độ khí O₂ có thể luôn nhỏ hơn 20%, vì vậy khảo sát sự phụ thuộc đáp ứng của cảm biến tại một nồng độ khí NO₂ thay đổi môi trường với các nồng độ khí O₂ khác nhau được kết quả trong bảng 3.

Bảng 3. Độ đáp ứng ΔV của các cảm biến Pt/YSZ/Pt-NiO tương ứng với các nồng độ khí O₂ khác nhau (20% , 15%, 10%, 7%, 5%) khi cảm biến tương tác với nồng độ khí 90 ppm NO₂ tại nhiệt độ 360 °C.

Nồng độ khí O ₂	20%	15%	10%	7%	5%
ΔV (mV)	26.417	29.025	33.769	37.937	41.962

Bảng 3 cho thấy độ đáp ứng của cảm biến giảm theo chiều tăng của nồng độ khí O₂. Kết quả này cho thấy cảm biến Pt/YSZ/NiO phù hợp với ứng dụng đo khí NO₂ trong môi trường khí thải ở nhiệt độ cao vốn có nồng độ O₂ rất thấp.

KẾT LUẬN

Tổng hợp thành công hạt nano NiO với cấu trúc tinh thể điển hình và hạt đồng đều với kích thước khoảng 20 nm bằng phương pháp thủy nhiệt sử dụng hóa chất muối Ni(NO₃)₂.6H₂O và ure CO(NH₂)₂.

Thử nghiệm khảo sát nano NiO trong điện cực nhạy khí NO₂ của cảm biến điện hóa dựa trên cấu trúc Pt/YSZ/Pt-NiO, cảm biến có thể hiện độ đáp ứng tốt (với giá trị ΔV = 21.76 ở 90 ppm NO₂, 20% O₂ và tại hoạt động 360 °C và cho thời gian hồi đáp $\tau_{90(res)}$ = 77s và $\tau_{90(res)}$ = 85s).

Lời cảm ơn

Bài báo này được hoàn thành với sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học theo Hợp đồng số Số 25/HĐ-ĐHCNVT, ngày 10 tháng 01 năm 2025 của Hiệu trưởng trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. J. W. Grate (2000), “Acoustic wave microsensor arrays for vapor sensing”, *Chemical Reviews*, 100, 2627-2648.
2. J. Polleux, A. Gurlo, N. Barsan, U. Weimar, M. Antonietti, M. M. Niederberger (2006), “Template-free synthesis and assembly of single-crystalline tungsten oxide nanowires and their gas- sensing properties”, *Angewandte Chemie International Edition*, 45, 261–265.
3. Y. Cui, Q. Q. Wei, H. K. Park, C. M. Lieber (2001), “Nanowire nanosensors for highly sensitive and selective detection of biological and chemical specie”, *Science*, 293, 1289–1292.
4. A. Kolmakov, M. Moskovits (2004), “Chemical sensing and catalysis by one-dimensional metal-oxide nanostructures”, *Annual Review of Materials Research*, 34, 151–180.
5. A. Gurlo, R. Riedel (2007), “In situ and operando spectroscopy for assessing mechanisms of gas sensing”, *Angewandte Chemie International Edition*, 21(46), 3826–3848.
6. M. C. Mcalpine, H. Ahmad, D. W. Wang, J. R. Heath (2007), “Highly ordered nanowire arrays on plastic substrates for ultrasensitive flexible chemical sensors”, *Nature Materials*, 6, 379– 384.
7. M. Law, H. Kind, B. Messer, F. Kim, P. D. Yang (2002), Photochemical sensing of NO₂ with SnO₂ nanoribbon nanosensors at room temperature, *Angewandte Chemie International Edition*, 41, 2405– 2408.
8. D. Zhang, Z. Liu, C. Li, T. Tang, X. Liu, S. Han, B. Lei, C. Zhou (2004), “Detection of NO₂ down to ppb levels using individual and multiple In₂O₃ nanowire devices”, *Nano Letters*, 4, 1919– 1924.
9. X. L. Gou, G. X. Wang, X. Y. Kong, D. Wexler, J. Horvat, J. Yang, J. S. Park (2008), “Porous hematite nanorods and branched nanostructures: synthesis, characterization and application for gas-sensing”, *Chemistry – A European Journal*, 19(14), 5996–6002.

10. Q. Wan, Q. H. Li, Y. J. Chen, T. H. Wang, X. L. He, J. P. Li, C. L. Lin (2004), "Fabrication and ethanol sensing characteristics of ZnO nanowire gas sensors", *Applied Physics Letters*, 84, 3654–3656.
11. E. Comini, G. Faglia, G. Sberveglieri, Z. Pan, Z. L. Wang (2002), "Stable and highly sensitive gas sensors based on semiconducting oxide nanobelts", *Applied Physics Letters*, 10(81), 1869–1871.
12. J. Liu, X. Wang, Q. Peng, Y. D. Li (2005), "Vanadium pentoxide nanobelts: highly selective and stable ethanol sensor materials", *Advanced Materials*, 17, 764–767.
13. X. L. Gou, G. X. Wang, J. Yang, J. S. Park, D. Wexler (2008), "Chemical synthesis, characterisation and gas sensing performance of copper oxide nanoribbons", *Journal of Materials Chemistry*, 18, 965–969.
14. M. J. Madou, S. R. Morrison (1989), "Chemical Sensing with Solid State Devices", Academic Press, New York.
15. A. Vancu, R. Ionescu, N. Bârsan, P. Ciureanu, S. Middelhoek (1992), "Thin Film Resistive Sensors", IOP Publishing Ltd., Chapter 6, 437.
16. S. Capone (2004), "Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology", Vol. 3, American Scientific Publishers, 769–804.
17. Y. Shimizu, M. Egashira (1999), "Gas-Sensing Materials - Basic Aspects and Challenges of Semiconductor Gas Sensors", *MRS Bulletin*, 6 (24), 18–24.
18. G. Neri, A. Bonavita, G. Rizzo, S. Galvano, N. Pinna, M. Niederberger, S. Capone (2007), "Towards enhanced performances in gas sensing: SnO₂ based nanocrystalline oxides application", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 122, 564–571.
19. E. Comini (2006), "Metal oxide nano-crystals for gas sensing", *Analytica Chimica Acta*, 568, 28–40.
20. C. Xu, J. Tamaki, N. Miura, N. Yamazoe (1991), "Grain size effects on gas sensitivity of porous SnO₂-based elements", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 3, 147–155.
21. N. Yamazoe (1991), "New approaches for improving semiconductor gas sensors", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 5, 7–19.
22. N. Bârsan, M. Schweizer-Berberich, W. Göpel (1999), "Fundamental and practical aspects in the design of nanoscaled SnO₂ gas sensors: a status report", *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 365, 287–304.
23. L. F. Dong, Z. L. Cui, Z. K. Zhang (1997), "Gas sensing properties of nano-ZnO prepared by arc plasma method", *Nanostructured Materials*, 7(8), 815–823.
24. H. Gong, H. J. Q., J. H. Wang, C. H. Ong, F. R. Zhu (2006), "Nano-crystalline Cu-doped ZnO thin film gas sensor for CO", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 115, 247–251.
25. K. Soullantica, L. Erades, M. Sauvan, F. Senocq, A. Maisonnat, B. Chaudret (2005), "Synthesis of indium and indium oxide nanoparticles from indium cyclopentadienyl precursor and their application for gas sensing", *Advanced Functional Materials*, 13, 553–557.
26. M. Epifani, E. Comini, J. Arbiol, R. Diaz, N. Sergent, T. Pagnier, P. Siciliano, G. Faglia, J. R. Morante (2008), "Chemical synthesis of In₂O₃ nanocrystals and their application in highly performing ozone-sensing devices", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 130, 483–487.
27. Sunil Jagannath Patil (2023), "Synthesis Approaches and Applications of Nickel Oxide Nanoparticles", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Volume 11, Issue 4.
28. Praveen Kumar Mohammad Aslam, Saood Ali3, Khaled Hamdy, Khursheed Ahmad1 and Danishuddin (2025), "Progress in NiO Based Materials for Electrochemical Sensing Applications", *Biosensors*, 5(10), 678
<https://doi.org/10.3390/bios15100678>
29. Tazim, T. Q. (2025), "Hydrothermal synthesis of nano-metal oxides for structural modification", *Nanotechnology*, Volume 7, 2025.
30. Ahmed, T. T. S. (2025). "Hydrothermal synthesis of tin oxide nanostructures for gas sensing applications". *Advanced Materials Journal*, 5(2), 123–135.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ TRUYỀN ĐỘNG THYRISTOR - ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU CHO TRUYỀN ĐỘNG CHÍNH MÁY TIỆN

Nguyễn Ánh Dương*, Lê Thị Thu Trang

Khoa Điện

*Email: nguyenanhduongpt@mail.com

Tóm tắt:

Truyền động chính của máy tiện kim loại yêu cầu dải điều chỉnh tốc độ rộng, mômen khởi động lớn và khả năng làm việc ổn định trong cả chế độ dài hạn và ngắn hạn lặp lại. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng hệ truyền động Thyristor – Động cơ một chiều (T–Đ) dựa trên cấu tạo và nguyên lý vận hành của máy tiện, bao gồm phân tích mạch lực, hệ điều khiển, mô hình toán học, đánh giá ổn định, phân tích hàm truyền và mô phỏng đặc tính động lực học. Kết quả nghiên cứu khẳng định hệ truyền động T–Đ đáp ứng tốt các yêu cầu công nghệ của máy tiện hiện đại và là cơ sở cho việc thiết kế, ứng dụng và tối ưu hóa trong các hệ truyền động chính của máy công cụ.

Từ khóa: Truyền động chính máy tiện; truyền động T–Đ; bộ biến đổi thyristor; động cơ điện một chiều; điều chỉnh tốc độ; phản hồi tốc độ.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A T–D DRIVE SYSTEM FOR THE MAIN DRIVE OF A LATHE

Abstract:

The main drive of metal-cutting lathes requires a wide speed regulation range, high starting torque, and stable operation under both continuous and repeated short-time duty conditions. This paper presents the development of a Thyristor–DC motor (T–D) drive system based on the mechanical structure and operating principles of a lathe. The study includes analysis of the power circuit, control system, mathematical modeling, stability evaluation, transfer function analysis, and simulation of the system's dynamic characteristics. The results confirm that the T–D drive system meets the technological requirements of modern lathe main drives and provides a solid basis for its design, application, and optimization in machine tool drive systems.

Keywords: Main drive of lathe machine; T–D drive (Thyristor–DC drive); thyristor converter; DC motor; speed control; speed feedback.

1. GIỚI THIỆU

Trong các máy cắt kim loại, truyền động trục chính giữ vai trò quyết định đến năng suất, chất lượng gia công và độ tin cậy vận hành. Đối với máy tiện, trục chính phải đảm bảo:

Dải điều chỉnh tốc độ rộng để phù hợp với nhiều đường kính chi tiết và nhiều chế độ cắt khác nhau.

Mômen khởi động và mômen quá tải đủ lớn để vượt qua mômen cản do lực cắt và ma sát của hệ thống cơ khí. Khả năng làm việc tin cậy ở chế độ dài hạn, đồng thời thích nghi tốt với chế độ ngắn hạn lặp lại khi gia công các chi tiết ngắn, thường xuyên thay đổi nguyên công [6, 7].

Trong thực tiễn, nhiều máy tiện truyền thống sử dụng hệ truyền động cơ không đồng bộ kết hợp hộp tốc độ cơ khí, tuy nhiên hạn chế lớn nhất là độ linh hoạt thấp, số cấp tốc độ giới hạn và hiệu suất giảm do tổn hao cơ khí. Trong khi đó, các hệ truyền động T–Đ (chỉnh lưu Thyristor - động cơ một chiều) cho

phép điều chỉnh tốc độ vô cấp, đặc tính cơ cứng, mômen khởi động lớn và khả năng đáp ứng nhanh, nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của việc điều khiển tốc độ động cơ DC bằng chỉnh lưu thyristor kết hợp điều khiển PI [1-3, 5]. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng hệ truyền động T–Đ cho truyền động chính máy tiện là cần thiết nhằm nâng cao năng suất và chất lượng gia công.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Đặc điểm phụ tải và yêu cầu công nghệ truyền động chính máy tiện

Phụ tải trục chính máy tiện là phụ tải tổng hợp của lực cắt theo phương tiếp tuyến khi tiện trụ, tiện mặt đầu, tiện rãnh,...; Lực ma sát trên các bề mặt trượt của băng máy và bàn dao; Lực ma sát trong hộp tốc độ, ổ lăn, cặp bánh răng truyền động và mâm cặp.

Lực cắt tổng cộng được xác định dưới dạng:

$$F_K = F_Z + F_{ms} = F_Z + \mu[g(m_b + m_{ct}) + F_y] \quad [6]$$

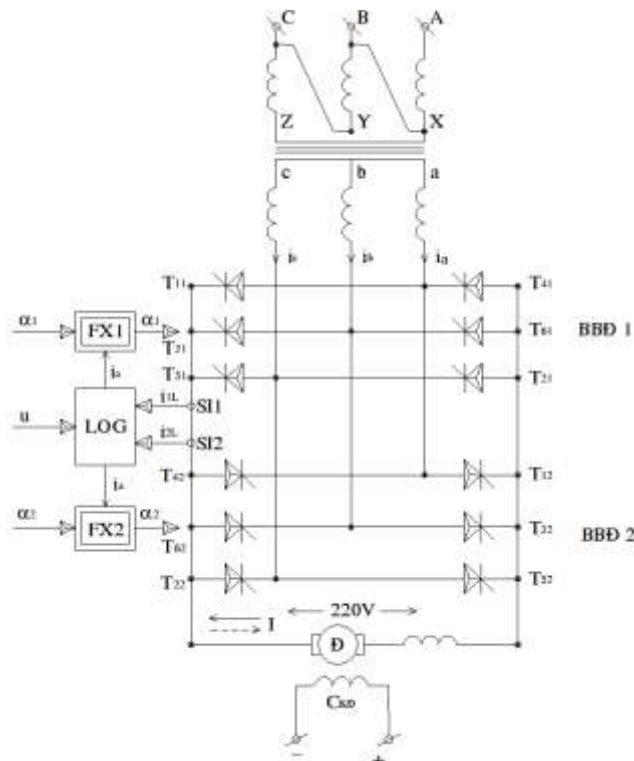
Trong đó: F_z là lực cắt chính, F_{ms} là lực ma sát quy đổi, m_b là khối lượng mâm cặp, m_{ct} là khối lượng chi tiết, F_y là thành phần lực hướng kính, μ là hệ số ma sát tổng hợp.

Dựa trên chu kỳ làm việc thực tế, truyền động chính làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại do thời gian cắt ngắn, trong khi thời gian gá đặt và đo kiểm chiếm tỷ lệ đáng kể. Phụ tải biến thiên theo dạng chu kỳ gồm các giai đoạn: khởi động – cắt thô – cắt tinh – chạy không tải – dừng. Các yêu cầu đối với truyền động chính: Mômen lớn tại vùng tốc độ thấp; Điều chỉnh tốc độ liên tục trong dải 1:10 đến 1:20; Khả năng đảo chiều nhanh để tiện ren hoặc dừng khẩn; Chịu được quá tải mômen 1.8–2.2 lần trong thời gian ngắn; Chất lượng điều chỉnh tốc độ cao, sai số tĩnh nhỏ [6, 7].

2.2. Xây dựng hệ truyền động T-Đ

Hệ truyền động T-Đ cho truyền động chính máy tiện có nhiều ưu điểm vượt trội so với hộp tốc độ cơ khí truyền thống về khả năng điều chỉnh điện áp phản ứng bằng điều khiển góc mở Thyristor cho phép thay đổi tốc độ vô cấp, chính xác và phù hợp với nhiều chế độ cắt. Đặc tính cơ cứng giúp tốc độ luôn ổn định khi tải thay đổi, bảo đảm chất lượng bề mặt gia công. Hệ T-Đ cho mômen khởi động lớn và khả năng quá tải tốt, đáp ứng hiệu quả các nguyên công nặng như tiện thô.

Sơ đồ hệ truyền động T-Đ:



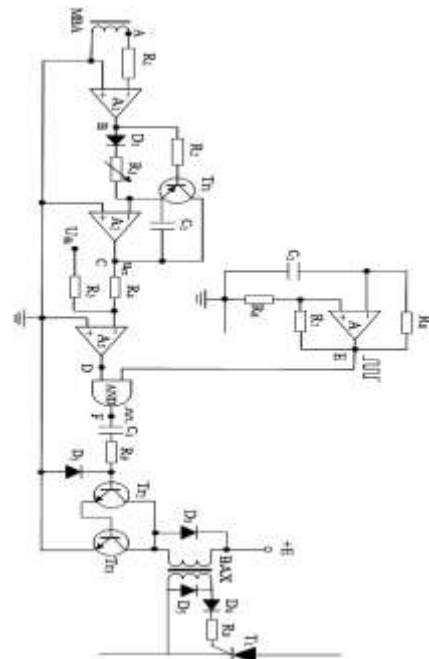
Hình 1a. Sơ đồ hệ truyền động T-Đ

Việc sử dụng bộ biến đổi thyristor cho phép tạo điện áp điều khiển dạng chỉnh lưu với khả năng thay đổi linh hoạt theo góc mở [4], đáp ứng yêu cầu điều chỉnh tốc độ động cơ DC trong truyền động chính của máy tiện.

2.3. Thiết kế hệ điều khiển

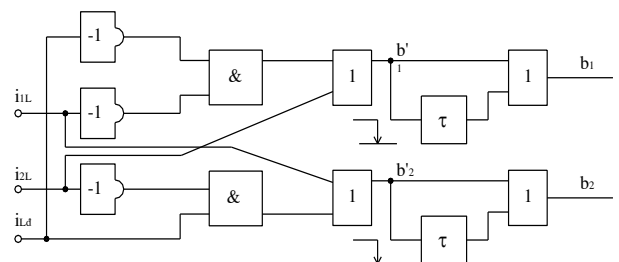
Sơ đồ nguyên lý một kênh điều khiển:

Sơ đồ nguyên lý một kênh điều khiển gồm bộ phát xung thyristor nhận tín hiệu điều chỉnh và tạo góc mở đồng bộ với điện áp lưới để điều khiển điện áp phản ứng động cơ.



Hình 1b. Sơ đồ nguyên lý một kênh điều khiển

Sơ đồ các tín hiệu điều khiển truyền động T-Đ. Khi điều khiển riêng hai bộ biến đổi làm việc riêng rẽ nhau, tại một thời điểm chỉ phát xung vào một BBD còn bộ kia bị khoá do không có xung điều khiển. Hệ có 2 BBD bao gồm BBD₁ và BBD₂ với các mạch phát xung điều khiển tương ứng là FX₁ và FX₂, trật tự hoạt động của các bộ phát xung phụ thuộc vào b_1 và b_2 (là các tín hiệu logic).



Hình 2. Sơ đồ khối logic

i_{Ld} , i_{1L} , i_{2L} trên sơ đồ của khối logic là các tín hiệu logic đầu vào, b_1 và b_2 là các tín hiệu logic đầu ra để khoá các bộ phát xung điều khiển.

$i_{Ld} = 1$, phát xung điều khiển mở BBD₁

$i_{Ld} = 0$, phát xung điều khiển mở BBD₂

i_{1L} , (hoặc i_{2L}) = 1; có dòng điện chạy qua BBD₁, (hoặc BBD₂)

b_1 (hoặc b_2) = 1; khoá bộ phát xung FX₁ (hoặc FX₂)

Khoảng thời gian trễ được đảm bảo bởi các mạch xung có độ rộng không đổi τ .

Mạch điều khiển nhờ bộ logic (có đảo chiều) có dạng:

$$b_1 = \overline{i_{Ld}} \cdot \overline{i_{1L}} + i_{2L}; \quad b_2 = i_{Ld} \cdot \overline{i_{1L}} + i_{1L}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu trúc điều khiển

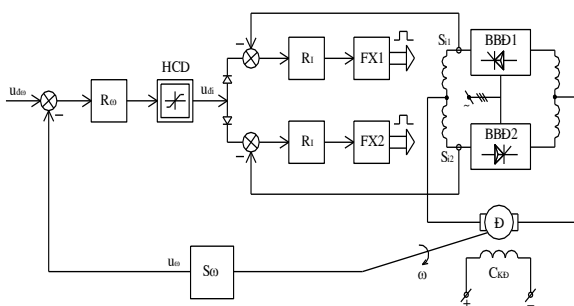
Đối với hệ truyền động điện một chiều cấu trúc cơ bản có dạng điều khiển nối tiếp gồm 2 mạch vòng điều chỉnh: mạch vòng dòng điện và mạch vòng tốc độ:

Mạch vòng tốc độ có chức năng nâng cao độ ổn định tốc độ động cơ.

Mạch vòng dòng điện có chức năng điều chỉnh dòng, điều chỉnh gia tốc, bảo vệ động cơ khỏi quá dòng.

Cấu trúc cơ bản của hệ T-Đ có đảo chiều quay:

- Sơ đồ cấu trúc điều khiển



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của hệ T-Đ máy tiện

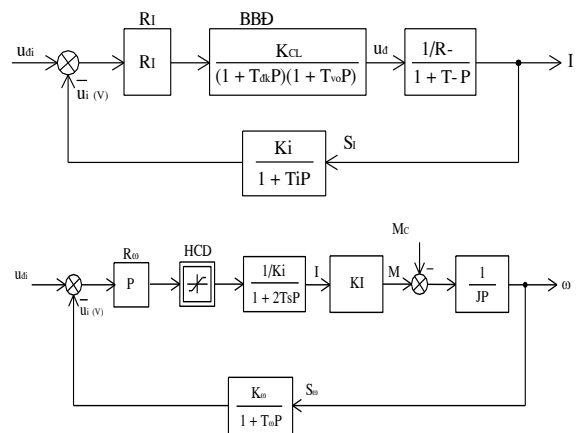
Hệ thống điều chỉnh tốc độ là hệ thống mà đại lượng được điều chỉnh là tốc độ góc của động cơ điện. Để đảo chiều, trong hệ thống dùng 2 bộ BBD, BBD₁ và BBD₂ nối song song ngược. Các máy phát xung FX₁ và FX₂ phát xung điều khiển cho cả 2 BBD này. Các bộ điều chỉnh R₁ và

sensor dòng Si₁, R₁₂ và sensor dòng Si₂ tạo thành các mạch vòng điều chỉnh dòng điện.

- Tổng hợp mạch vòng điều chỉnh dòng điện:

Mạch vòng điều chỉnh dòng điện là mạch vòng cơ bản của hệ thống xác định mômen kéo của động cơ và thực hiện các chức năng bảo vệ, điều chỉnh gia tốc. Hệ truyền động điện động cơ quay trực tiếp có hằng số thời gian cơ học lớn so với hằng số thời gian điện từ của mạch phản ứng nên có thể coi sức điện động của động cơ ảnh hưởng đến quá trình điều chỉnh của mạch vòng dòng điện [7].

Sơ đồ khối mạch vòng dòng điện và mạch vòng tốc độ:



Hình 4. Sơ đồ khối mạch vòng dòng điện và sơ đồ mạch vòng tốc độ

R₁: bộ điều chỉnh dòng điện

BBD: bộ chỉnh lưu cầu 3 pha - có đảo chiều

Si: Sensor dòng điện

$T_{đk}$, T_{v0} : hằng số thời gian của mạch lọc, mạch điều khiển chỉnh lưu.

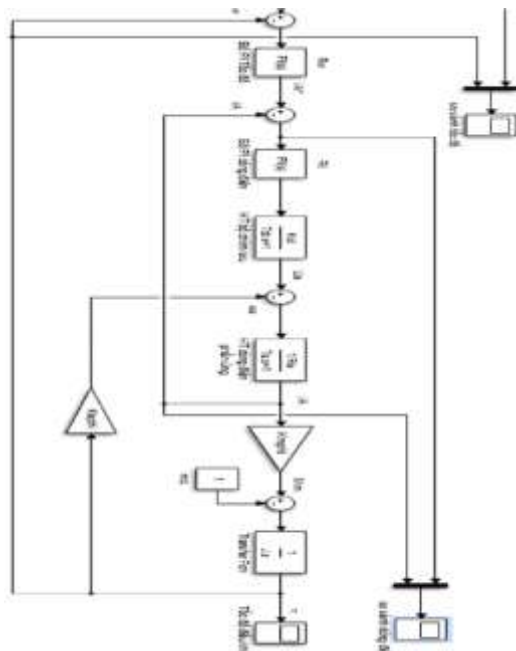
T_r : hằng số thời gian phản ứng của động cơ

R_r : điện trở mạch phản ứng

T_i : hằng số thời gian của sensor dòng điện

K_{CL} , K_i : hệ số khuếch đại của chỉnh lưu và sensor dòng điện.

3.2. Mô phỏng bằng Matlab/Simulink



Hình 5. Sơ đồ mô phỏng bằng Simulink

Mô hình mô phỏng trong Simulink gồm bộ biến đổi thyristor điều khiển điện áp phản ứng, mô hình động cơ một chiều và hai mạch vòng điều khiển dòng – tốc độ. Các tín hiệu phản hồi được đưa về bộ điều khiển PI để đánh giá đáp ứng quá độ và khả năng ổn định của hệ truyền động T-Đ dưới các điều kiện thay đổi tốc độ và đảo chiều.

Thông số động cơ và các biến trong mô phỏng như sau:

$P_{dm} = 1100$; Công suất định mức

$U_{dm} = 180$; Điện áp định mức

$I_{dm} = 7.3$; Dòng điện định mức

$n = 3000$; Tốc độ định mức [vòng/phút]

$\omega = (2\pi n)/60$; Tốc độ góc [rad/s]

$M_{dm} = P_{dm}/\omega$; Mômen định mức [N.m]

$R_a = 0.85$; Điện trở phản ứng [ohm]

$L_a = 0.00315$; Điện cảm phản ứng [H]

$T_a = L_a / R_a$; Thời gian đáp ứng phản ứng [s]

$K_{mphi} = M_{dm}/I_{dm}$;

$U_{dk} = 5$;

$J = 0.0028 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; Momen quán tính tải

$K_{cl} = U_{dm}/U_{dk}$;

$T_{cl} = 0.001$;

$K_{ephi} = (60 \cdot P_{dm}) / (2\pi \cdot n \cdot I_{dm})$; Từ thông không đổi

Tính bộ điều khiển dòng điện R_i

$$Ti1 = Ta;$$

$$Kp1 = La / (2 \cdot K_{cl} \cdot T_{cl});$$

Tính bộ điều khiển tốc độ R_w

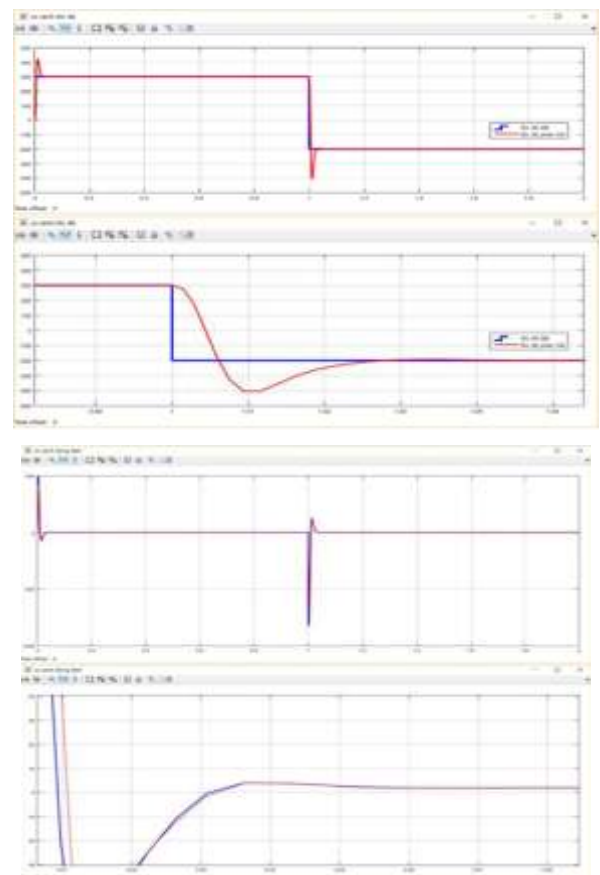
$$k = (K_{ephi}) / (U);$$

$$T2 = 2 \cdot T_{cl};$$

$$Ti2 = 4 \cdot T2;$$

$$Kp2 = 1 / (k \cdot T2^2);$$

Kết quả mô phỏng: Cài đặt khối Step: step time = 1; initial value = 300; final value = -200. Ban đầu động cơ chạy với tốc độ 300 rad/s, sau khoảng thời gian là 1 s, động cơ đảo chiều quay với tốc độ 200 rad/s. Ta được kết quả mô phỏng.



Hình 6. Đáp ứng tốc độ và đáp ứng dòng điện

Kết quả mô phỏng cho thấy tốc độ động cơ tăng nhanh trong giai đoạn khởi động, đạt giá trị cực đại xấp xỉ 400 rad/s trước khi ổn định tại mức tốc độ đặt 300 rad/s. Thời gian để hệ tiến về giá trị xác lập chỉ khoảng 0,03 s, thể hiện khả năng đáp ứng nhanh và đặc tính quá độ tốt của mạch vòng điều chỉnh tốc độ.

Khi tín hiệu đặt thay đổi theo bước đảo chiều, hệ thống phản ứng gần như tức thời; tốc độ động

cơ đổi dầu và tiến đến giá trị đặt mới trong khoảng thời gian xấp xỉ 0,03 s. Trong toàn bộ quá trình, sai lệch tốc độ nhỏ và không xuất hiện dao động đáng kể, chứng tỏ bộ điều khiển PI duy trì được tính ổn định và khả năng bám theo tín hiệu đặt rất tốt.

Các kết quả mô phỏng khẳng định rằng bộ điều khiển tốc độ PI đáp ứng đầy đủ yêu cầu điều khiển nhanh, chính xác và ổn định đối với hệ truyền động động cơ một chiều có đảo chiều.

Đáp ứng dòng điện (đường màu xanh là dòng điện đặt, đường màu đỏ là dòng điện phản hồi) của hệ truyền động động cơ một chiều có đảo chiều.

Phạm vi tốc độ của hệ được mô phỏng cho thấy hoạt động ổn định quanh tốc độ danh định, đáp ứng được yêu cầu dải điều chỉnh rộng 1:10–1:20; vận hành liên tục an toàn đến khoảng 1,2 năm và chịu được quá độ ngắn hạn đến 1,3–1,5 năm.

Về phụ tải, hệ có khả năng chịu quá tải mômen 1,8–2,2 Mđm trong thời gian ngắn; tuy nhiên đỉnh dòng khởi động rất lớn do mô hình lý tưởng.

Kết quả mô phỏng cho thấy trong giai đoạn khởi động, dòng điện phản ứng tăng nhanh và đạt giá trị cực đại xấp xỉ 500 A trong thời gian ngắn khoảng 0,06 s. Sau đó, dòng giảm dần và ổn định quanh mức 2 A tương ứng với chế độ làm việc xác lập. Đáng chú ý, dòng điện đặt và dòng điện phản hồi gần như trùng khít trong toàn bộ quá trình, chứng tỏ mạch vòng điều chỉnh dòng điện hoạt động chính xác, bám theo tín hiệu đặt tốt và có khả năng đáp ứng rất nhanh, đặc tính mô phỏng khẳng định hệ truyền động T–Đ phù hợp với yêu cầu công nghệ của máy tiện, đặc biệt trong điều kiện phụ tải thay đổi và chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng hệ truyền động T–Đ cho truyền động chính máy tiện, bao gồm phân tích phụ tải, mô hình hóa, thiết kế mạch vòng điều khiển và mô phỏng đặc tính động lực học, trong đó cấu trúc điều khiển nối tiếp hai mạch vòng được chứng minh là phù hợp với yêu cầu công nghệ của truyền động chính. Kết quả mô phỏng Matlab/Simulink cho thấy hệ truyền động đạt thời gian quá độ nhỏ, bám tốc độ tốt, sai lệch tĩnh nhỏ và độ ổn định cao; dòng điện phản ứng được điều

chỉnh chính xác và đáp ứng nhanh trong các chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại. Hệ truyền động T–Đ được thiết kế đáp ứng đầy đủ yêu cầu của máy tiện hiện đại như dải điều chỉnh tốc độ rộng, mômen khởi động lớn, khả năng đảo chiều nhanh và chất lượng điều chỉnh cao. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng cho việc ứng dụng, phát triển và tối ưu hóa các hệ truyền động T–Đ cho máy tiện trong thực tiễn sản xuất gia công cơ khí.

Lời cảm ơn

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài cấp trường của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. Amadi, H. N., Aguiyi, N. W., & Uwho, K. O. (2024), "Performance of a Direct Current Motor Speed Control using a Three-Phase Bridge Thyristor Rectifier", *International Journal of Technology and Engineering Studies*, 10(1), 1–8.
2. Fambudi, J. S., & Sobhita, R. A. (2024). "Design and analysis of a thyristor-based controlled rectifier circuit for stabilization of speed and rotation in DC motors", *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 2(2), 1–7.
3. Saini, P., Rawat, N., & Dixit, A. (2020). "Design and analysis of thyristor-based DC drive system for speed control of DC motor", *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(5), 921–928.
4. Trisna Nugraha, A., Mubarak, M. R., Yuniza, S. I., & Pratama Aprilian Sugianto, M. G. (2024). "Analysis of thyristor usage in controlled half-wave rectifiers on DC motor speed control", *Conference of Electrical, Marine and Its Application (CELRINA)*, 3(1), 1–7.
5. Rahman, S. N., Akter, T., Hossain, M. M. Y., & Mahmud, M. A. (2020), "Comparative Study on Thyristor and Rectifier Circuit Based DC Motor Control with Improved Power Factor and Total Harmonic Distortion", *Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 9(2), 31–41.
6. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn (2001), "Truyền động điện", NXB Khoa học và kỹ thuật.
7. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi (2004), "Điều chỉnh tự động Truyền động điện", NXB khoa học và kỹ thuật.

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO SẢN PHẨM SUPE LÂN KÉP TỪ QUẶNG APATITE LÀO CAI VÀ AXIT PHOSPHORIC ĐÃ CÔ ĐẶC CỦA NHÀ MÁY DAP LÀO CAI

Hà Mạnh Chiến*, Lê Quang Huy, Lương Viết Cường

Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: hamanhchienbachkhoa@gmail.com

Tóm tắt:

Supe lân kép (Triple Superphosphate – TSP) là loại phân bón phosphorus có hàm lượng P_2O_5 cao và độ hòa tan lớn, được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp. Nghiên cứu này tập trung chế tạo supe lân kép từ quặng apatite Lào Cai và axit phosphoric đã cô đặc của Nhà máy DAP Lào Cai. Đặc trưng hình thái, kích thước hạt và thành phần hóa học của quặng được phân tích bằng phương pháp SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy); kết quả cho thấy quặng có hàm lượng P_2O_5 khoảng 27 %. Axit H_3PO_4 sử dụng có nồng độ tương đương 40 % P_2O_5 , phù hợp cho quá trình sản xuất TSP. Ảnh hưởng của thời gian trộn – ủ và tỷ lệ axit/quặng đến hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu và mức độ phân hủy quặng được khảo sát. Kết quả cho thấy khi tăng thời gian trộn – ủ, hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm tăng rõ rệt, đạt giá trị cao nhất 31,41 %. Bên cạnh đó, việc tăng tỷ lệ H_3PO_4 /quặng làm tăng mức độ phân hủy quặng và hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu; tỷ lệ tối ưu được xác định là 23 ml H_3PO_4 cho 20 g quặng apatite.

Từ khóa: *Supe lân kép; quặng apatite Lào Cai; axit phosphoric; P_2O_5 hữu hiệu; phân bón phosphorus.*

RESEARCH ON THE PRODUCTION OF TRIPLE SUPERPHOSPHATE FROM LAO CAI APATITE ORE AND CONCENTRATED PHOSPHORIC ACID FROM THE LAO CAI DAP PLANT

Abstract:

Triple superphosphate (TSP) is a high-phosphorus fertilizer with high solubility, playing an essential role in agricultural production. In this study, TSP was synthesized from Lao Cai apatite ore and concentrated phosphoric acid supplied by the Lao Cai DAP plant. The morphology, particle size, and chemical composition of the apatite ore were characterized using SEM-EDS analysis. The results indicated that the ore contained approximately 27 % total P_2O_5 , while the concentrated phosphoric acid had a P_2O_5 content of about 40 %, which is suitable for TSP production. The effects of mixing–curing time and the acid-to-ore ratio on effective P_2O_5 content and ore decomposition were investigated. The results showed that prolonging the mixing and curing time significantly increased the effective P_2O_5 content, reaching a maximum value of 31.41 % after approximately 46 hours. In addition, increasing the H_3PO_4 /apatite ratio enhanced both the degree of ore decomposition and the effective P_2O_5 content. The optimal ratio was determined to be 23 ml of H_3PO_4 per 20 g of apatite ore.

Keywords: *Triple superphosphate; Lao Cai apatite ore; phosphoric acid; effective P_2O_5 ; phosphate fertilizer.*

1. GIỚI THIỆU

Phosphorus (P) là một trong những nguyên tố dinh dưỡng đa lượng thiết yếu đối với sinh trưởng và phát triển của cây trồng, đóng vai trò quan trọng trong các quá trình sinh lý như quang hợp, trao đổi năng lượng và hình thành cấu trúc tế bào. Phân bón chứa photpho là yếu tố không thể thiếu để duy trì năng suất nông nghiệp và đảm bảo an ninh lương thực toàn cầu. Trong bối cảnh dân số thế giới được dự báo đạt khoảng 9–10 tỷ người vào năm 2050, nhu cầu về phân bón photpho ngày càng gia tăng, trong khi diện tích đất canh tác tiếp tục bị thu hẹp [1, 2].

Supe lân kép là phân lân giàu P, có hàm lượng P_2O_5 thường > 30% và độ tan cao thành phần chứa nhiều $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, vì vậy có thể dùng làm phân bón hoặc xử lý đất. TSP cung cấp nguồn

phosphorus dễ tiêu, đáp ứng nhanh nhu cầu dinh dưỡng của cây trồng, đặc biệt trong giai đoạn sinh trưởng ban đầu [3,4]. So với supe lân đơn thì TSP có ưu thế rõ rệt về hàm lượng dinh dưỡng, giúp giảm khối lượng phân bón cần sử dụng và chi phí vận chuyển. Nhờ hàm lượng P cao và độ tan mạnh, TSP đặc biệt hữu ích trong điều kiện đất nghèo dinh dưỡng và đất có khả năng cố định P lớn.

Do lợi ích của TSP mang lại là khá lớn cho nên được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Một trong những hướng cải tiến quan trọng là tinh chế TSP thông qua quá trình tái kết tinh. Nasri và cộng sự đã chứng minh rằng việc hòa tan TSP công nghiệp trong nước, loại bỏ tạp chất không tan và kết tinh lại có thể tạo ra monocalcium phosphate monohydrate tinh khiết [5]. Nhiều nghiên cứu gần

đây đã tập trung vào việc sử dụng phụ phẩm sinh học giàu CaCO_3 như vỏ sò, vỏ ốc biển hoặc ốc nước ngọt để thay thế một phần hoặc toàn bộ quặng apatite. Các nghiên cứu của Seesanong, Alam và Hossain đã chứng minh khả năng tổng hợp TSP và nano-TSP từ các loại vỏ sinh học này với hiệu suất cao, sản phẩm đạt hoặc vượt tiêu chuẩn phân bón thương mại [1, 2, 6]. Một hướng nghiên cứu mới nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng photpho là tạo nano-TSP. Các nghiên cứu cho thấy nano-TSP có kích thước tinh thể ở thang nanomet, diện tích bề mặt riêng lớn và khả năng phân tán tốt trong đất, từ đó có thể cải thiện khả năng giải phóng và hấp thu phosphorus của cây trồng [1, 2, 7].

Từ những công trình nghiên cứu trên có thể thấy rằng hiện tại vẫn còn thiếu nghiên cứu toàn diện về TSP sản xuất từ quặng apatite Lào Cai. Phần lớn nghiên cứu tập trung vào quặng ở các quốc gia khác hoặc phụ phẩm sinh học. Trong khi đó sản xuất TSP bị ảnh hưởng của thành phần khoáng đặc thù của quặng Apatite Lào Cai Việt Nam lại chưa được nghiên cứu. Trong bài báo này chúng tôi nghiên cứu sự ảnh hưởng của thời gian đảo trộn và ủ, ảnh hưởng của tỷ lệ axit/quặng tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu và khả năng phân hủy quặng.

2. THỰC NGHIỆM

2.1 Thiết bị

Cân phân tích sử dụng do hãng Denver của Đức sản xuất. Phép đo của cân có thể thực hiện từ 0,0001 g đến 220 g. Bước nhảy của cân là $d = 0,0001$ g. Máy phân tích SEM-EDS đã sử dụng trong đề tài có model JSM-IT200 được sản xuất bởi hãng JEOL Nhật Bản.

2.2 Hóa chất

Quặng apatite Lào Cai đã được nghiền mịn, axit phosphoric đã cô đặc của nhà máy DAP Lào Cai.

2.3 Phân tích xác định nồng độ các chất

Phân tích xác định nồng độ H_3PO_4 dựa theo tiêu chuẩn TCVN 6619 : 2000 [8], phân tích P_2O_5 tổng dựa theo tiêu chuẩn TCVN 180 : 2009 [9], phân tích hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu dựa theo tiêu chuẩn TCVN 4440:2018 [10].

2.4 Cách tiến hành

Để khảo sát ảnh hưởng của thời gian trộn, ủ tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm được

thực hiện bằng cách cho axit H_3PO_4 vào quặng theo tỷ lệ 23 ml H_3PO_4 /20 g sau đó trộn đều hỗn hợp bằng thìa thủy tinh trong 5 phút sau đó ủ (chỉ đây nắp kín) rồi đo P_2O_5 hữu hiệu ở các khoảng thời gian 3; 6; 9; 12; 16; 19; 22; 22,5; 28; 31; 34; 37; 40; 43 h.

Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ H_3PO_4 /apatite đến mức độ phân hủy quặng, tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm được tiến hành bằng cách trộn axit H_3PO_4 và quặng theo tỷ lệ 15 ml/20 g; 18 ml/20 g; 20 ml/20 g; 23 ml/20 g; 25 ml/20 g trộn đều trong 5 phút sau đó ủ trong 19 h rồi đem phân tích kết quả

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

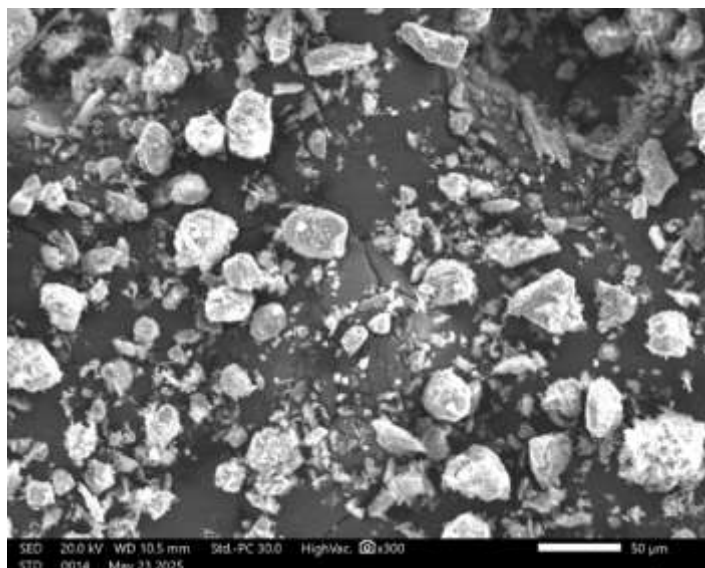
3.1 Phân tích đặc trưng kích thước – hình thái và thành phần hóa học của quặng apatite, xác định nồng độ axit H_3PO_4

Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) trên Hình 1 cho thấy mẫu quặng apatite Lào Cai có cấu trúc hạt rời rạc, không hình thành liên kết hay cấu trúc kết khối. Kích thước hạt phân bố rộng, dao động từ khoảng 1 μm đến xấp xỉ 50 μm . Bề mặt các hạt thể hiện nhiều cạnh vỡ đặc trưng của vật liệu khoáng được nghiền cơ học. Đặc điểm hình thái này rất thuận lợi cho phản ứng phân hủy bằng axit phosphoric, do diện tích tiếp xúc pha rắn–lỏng lớn giúp axit dễ dàng thấm ướt và phản ứng với các pha khoáng trong quặng.

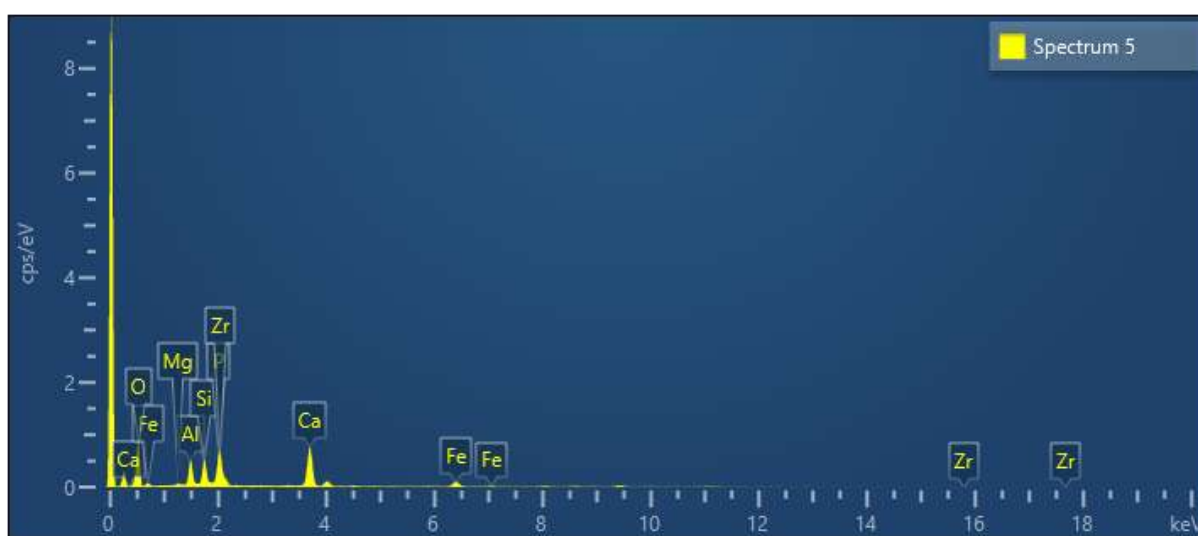
Tiến hành phân tích thành phần quặng bằng phương pháp chụp phổ EDS, kết quả chụp phổ ở Hình 2. Phổ EDS thu được từ các điểm khảo sát trên bề mặt hạt quặng ghi nhận sự xuất hiện của các nguyên tố Ca, P, O là chủ đạo – đặc trưng của quặng apatite. Ngoài ra, mẫu còn chứa các nguyên tố Si, Al, Fe và một lượng vết Mg, Zr – đây là các tạp chất khoáng phổ biến trong quặng apatite loại II và III của Lào Cai.

Tiến hành xác định P_2O_5 tổng theo phương pháp chuẩn độ. Kết quả thu được có độ tương đồng cao so với kết quả EDS, với hàm lượng P_2O_5 khoảng 27 %.

Nồng độ axit phosphoric được phân tích bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch NaOH 0,5 N [8]. Kết quả cho thấy dung dịch axit H_3PO_4 cô đặc từ Nhà máy DAP Lào Cai có nồng độ 40 % P_2O_5 . Đây là mức nồng độ phù hợp để sử dụng trực tiếp trong quá trình chế tạo supe lân kép.



Hình 1. Ảnh SEM hạt quặng apatite Lào Cai



Hình 2. Phổ EDS chụp thành phần phân quặng Apatite Lào Cai

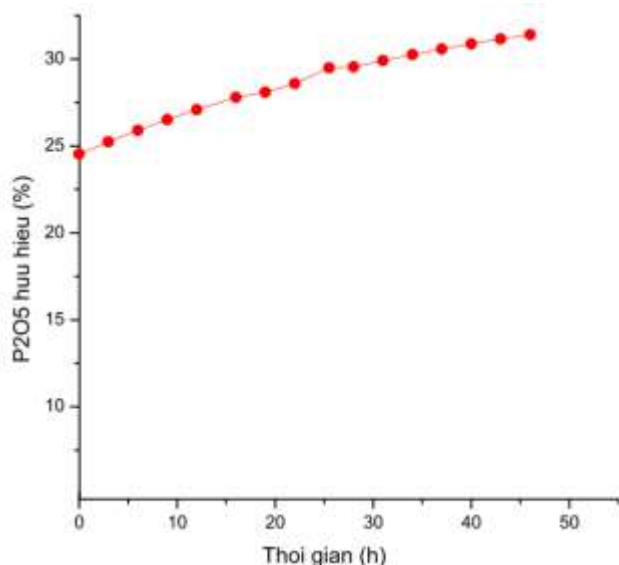
3.2 Khảo sát ảnh hưởng của thời gian trộn, ủ tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm

Trong quá trình thực hiện có thể thấy rằng lúc mới cho quặng tiếp xúc với axit thì hỗn hợp là dung dịch huyền phù. Khi tăng thời gian đảo trộn, ủ thì hỗn hợp quặng và axit bắt đầu đông rắn lại. Dấu hiệu này cho thấy là đã có sự kết tinh của $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ trong hỗn hợp, điều này phù hợp với cơ sở lý thuyết sản xuất supe lân vì khi có phản ứng xảy ra giữa quặng apatite và axit H_3PO_4 thì $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ dần dần tạo thành rồi kết tinh nên làm đông rắn hỗn hợp. Bề mặt bán sản phẩm có nhiều lỗ, điều này có thể là do các khí thoát ra trong quá trình phản ứng. Hình ảnh bán sản phẩm thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Ảnh bán thành phẩm supe lân kép đảo trộn 5 phút, ủ 5h tỷ lệ H_3PO_4 /Apatite là 23 ml/20g

Ảnh hưởng của thời gian đảo trộn và ủ tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu được thể hiện ở Hình 4. Kết quả cho thấy hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong hỗn hợp tăng từ 24,53 % đến 31,41 % khi tăng thời gian đảo trộn ủ từ 0 cho đến 46 h. Trong khi đó hàm lượng P_2O_5 tổng trong hỗn hợp phản ứng duy trì ở mức 34,97 %. Từ kết quả có thể thấy tốc độ phản ứng phân hủy quặng tương đối chậm, hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu thấp hơn so P_2O_5 tổng điều này có thể là do các hạt apatite bị bao bọc bởi các tinh thể $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ nên H_3PO_4 khó tiếp xúc với hạt apatite, thêm nữa trong quặng còn chứa kim loại sắt và nhôm nên chúng cũng sẽ làm giảm phần nào một lượng P_2O_5 hữu hiệu. Từ kết quả cũng cho thấy xu hướng tăng dần của P_2O_5 hữu hiệu theo thời gian nên việc kéo dài thời gian trộn và ủ có vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả phân hủy quặng và chất lượng supe lân kép thu được.



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian đảo trộn và ủ tới hàm lượng P_2O_5 tổng và P_2O_5 hữu hiệu đối với mẫu có tỷ lệ H_3PO_4 /Apatite là 23 ml/20 g

3.3 Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ H_3PO_4 / apatite đến mức độ phân hủy quặng, tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm.

Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ thể tích H_3PO_4 /Lượng quặng Apatite đến mức độ phân hủy quặng, tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm được thể hiện ở Bảng 1. Kết quả cho thấy khi tăng dần tỷ lệ H_3PO_4 /Lượng quặng Apatite thì hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu tăng, đồng thời mức phân hủy quặng tăng. Tại các tỷ lệ H_3PO_4 /quặng thấp, lượng axit không đủ để tiếp xúc và phản ứng hoàn toàn với các hạt quặng, dẫn đến mức phân hủy thấp và hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu hạn chế.

Khi tăng tỷ lệ H_3PO_4 lên đến 23 ml/20 g, mức độ phân hủy quặng và hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu tăng mạnh, cho thấy hệ phản ứng đã đạt điều kiện thuận lợi cho quá trình phân hủy quặng. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng tỷ lệ axit lên 25 ml/20 g, các chỉ tiêu trên chỉ tăng nhẹ, sản phẩm bột nhão chứng tỏ hiệu quả sử dụng axit không còn tăng tương ứng. Như vậy, xét trên cả hiệu quả phân hủy quặng và hiệu quả sử dụng axit phosphoric, tỷ lệ H_3PO_4 /apatite bằng 23 ml/20 g được xác định là tối ưu cho quá trình chế tạo supe lân kép từ quặng apatite Lào Cai trong điều kiện nghiên cứu.

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ thể tích H_3PO_4 /Lượng quặng Apatite đến mức độ phân hủy quặng, tới hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu

Tỷ lệ $V_{H_3PO_4}/m_{Apatite}$ (ml/20 g)	15	18	20	23	25
P_2O_5 tổng%	33,5	34,2	34,5	34,9	35,2
P_2O_5 hữu hiệu %	23,7	25,6	26,7	28,1	28,7
Mức phân hủy quặng %	25,2	28,5	30,9	34,0	34,1
Thời gian phản ứng (h)	19	19	19	19	19

4. KẾT LUẬN

Đã phân tích đặc trưng kích thước – hình thái và thành phần hóa học của quặng apatite, xác định nồng độ axit H_3PO_4 , kết quả cho thấy hàm lượng P_2O_5 trong quặng khoảng 27 %. Hàm lượng axit phosphoric là 40 %. Kích thước quặng và nồng độ axit phù hợp cho sản xuất supe lân kép.

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian trộn và ủ cho thấy việc kéo dài thời gian phản ứng làm tăng đáng kể hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu trong sản phẩm, trong khi hàm lượng P_2O_5 tổng hầu như không thay đổi. Điều này chứng tỏ quá trình chuyển hóa phosphorus từ dạng khó tan trong quặng sang dạng dễ tiêu diễn ra mạnh hơn khi thời gian trộn và ủ được tăng lên.

Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ H_3PO_4 / apatite đến mức độ phân hủy quặng, tới hàm lượng P_2O_5

hữu hiệu trong sản phẩm. Kết quả cho thấy khi tăng lượng axit phosphoric, mức độ phân hủy quặng và hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu đều tăng. Tỷ lệ H_3PO_4 /Lượng quặng có giá trị 23 ml/20 g thì mức phân hủy quặng cao, được xác định là giá trị tối ưu trong điều kiện nghiên cứu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. M. K. Alam, M. S. Hossain, M. S. Islam, N. M. Bahadur, S. Ahmed (2024), “Sustainable synthesis of nano-TSP from marine wastes, Materials Advances”, *Materials Advances*, 5, 6618–6629.
2. M. S. Hossain, M. A. A. Shaikh, M. F. Ahmed, S. Ahmed (2023), “Synthesis and characterization of nano-crystallite triple superphosphate from waste *Pila globosa* shells for sustainable industrial production”, *Materials Advances*, 4, 2384–2391.
3. A. Hakam, M. Khoulood, Y. Zeroual (2012). “Manufacturing of Superphosphates SSP & TSP from Down Stream Phosphates”. *Procedia Engineering*, 46, 154 – 158.
4. O. H. Ahmed, M. Ali, R. Abdullah, A. Jalal K. Chowdhury, N. T. Salleh, A. A. Musah (2022). “Co-application of triple super phosphate and chicken litter biochar improves phosphorus availability of mineral tropical acid soils to reduce water pollution”. *Desalination and Water Treatment*, 264, 40–53.
5. K. Nasri, C. Chtara, C. Hassen, M. Fiallo, P. Sharrock, A. Nzihou, H. E. Feki (2014). “Recrystallization of Industrial Triple Superphosphate Powder”. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53, 14446 – 14450.
6. O. Seesanong, C. Seangarun, B. Boonchom, N. Laohavisuti, K. Chaiseeda, W. Boonmee (2021). “Composition and Properties of Triple Superphosphate Obtained from Oyster Shells and Various Concentrations of Phosphoric Acid”. *ACS Omega*, 6, 22065 – 22072.
7. A. Ciurli, L. Giagnoni, D. Segal, R. Pastorelli, Z. Varanini, G. Renella, A. Zamboni (2025), “A novel nanosized $FePO_4$ fertilizer is as effective as triple superphosphate in sustaining the growth of cucumber plants”, *Pedosphere*, 35, 405–414.
8. TCVN 6619 : 2000, *Axit phosphoric thực phẩm và axit phosphoric kỹ thuật – phương pháp thử*, Bộ khoa học và công nghệ, 2008.
9. TCVN 180 : 2009, *Quặng Apatite – Phương pháp thử*, Bộ khoa học và công nghệ, 2009.
10. TCVN 4440:2018, *Phân supephosphat đơn*, Bộ khoa học và công nghệ, 2018.

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG HIỆN TƯỢNG ĐÁNH THỦNG ĐIỆN MÔI

Hoàng Minh Văn*

Khoa Khoa học Cơ bản - Lý luận Chính trị

*Email: prof.van1109@gmail.com

Tóm tắt:

Hiện tượng đánh thủng điện môi là yếu tố quan trọng giới hạn độ tin cậy của các hệ cách điện trong thiết bị điện – điện tử. Mặc dù cường độ điện trường đánh thủng thường được xem là đặc trưng nội tại của vật liệu, điện áp đánh thủng đo được trong thực tế lại phụ thuộc mạnh vào hình học điện cực và các khuyết tật trong điện môi. Bài báo phân tích phân bố điện trường trong hệ điện môi đặt giữa hai điện cực phẳng song song dựa trên nghiệm của phương trình Laplace. Mô phỏng được thực hiện cho hai trường hợp: điện môi đồng nhất và điện môi chứa khuyết tật vi mô dạng bọt khí. Kết quả cho thấy sự xuất hiện của bọt khí gây tăng cường điện trường cục bộ đáng kể, làm giảm khả năng cách điện của vật liệu và có thể dẫn đến đánh thủng ở điện áp thấp hơn giá trị trung bình trong điện môi đồng nhất.

Từ khóa: đánh thủng điện môi, điện áp đánh thủng, khuyết tật điện môi, mô phỏng.

SIMULATION STUDY OF DIELECTRIC BREAKDOWN PHENOMENON

Abstract:

The dielectric breakdown phenomenon is an important factor limiting the reliability of insulation systems in electrical and electronic devices. Although the breakdown electric field strength is often considered an intrinsic property of a material, the breakdown voltage measured in practice strongly depends on the electrode geometry and defects within the dielectric. This paper analyzes the electric field distribution in a dielectric medium placed between two parallel plate electrodes based on the solution of the Laplace equation. Simulations are performed for two cases: a homogeneous dielectric and a dielectric containing microscopic defects in the form of gas bubbles. The results show that the presence of gas bubbles causes significant local electric field enhancement, reducing the insulating capability of the material and potentially leading to breakdown at a voltage lower than the average value in a homogeneous dielectric.

Keywords: dielectric breakdown, breakdown voltage, dielectric defect, simulation.

1. MỞ ĐẦU

1.1. Bản chất vật lý của hiện tượng đánh thủng điện môi

Đánh thủng điện môi là quá trình chuyển trạng thái từ cách điện sang dẫn điện của vật liệu dưới tác dụng của điện trường mạnh. Theo quan điểm hiện đại, đây không phải là hiện tượng tức thời mà là kết quả của một chuỗi các quá trình tiền đánh thủng, bao gồm gia tốc điện tử, ion hóa va chạm, tích tụ điện tích không gian và sự hình thành các kênh dẫn cục bộ. Các nghiên cứu gần đây cho thấy cơ chế electron avalanche đóng vai trò trung tâm trong giai đoạn cuối trước khi xảy ra đánh thủng điện môi. Wang và cộng sự (2025) [1] đã làm sáng tỏ quá trình avalanche ở cấp độ nguyên tử trong điện môi rắn, chỉ ra rằng sự phát triển của dòng điện tử chịu ảnh hưởng mạnh của cấu trúc mạng tinh thể và các khuyết tật vi mô. Kết quả này cung cấp cơ sở vi mô quan trọng cho việc mô tả hiện tượng đánh thủng vượt ra ngoài các mô hình vĩ mô truyền thống. Bên cạnh đó, nhiều công trình trên gốm điện môi và màng ferroelectric cho thấy

khuyết tật mạng, biên hạt và phân cực liên diện có thể gây tập trung điện trường cục bộ, từ đó làm suy giảm ngưỡng đánh thủng của vật liệu [5,6].

1.2. Điện áp đánh thủng và cường độ điện trường đánh thủng

Trong thực nghiệm, điện áp đánh thủng là đại lượng được đo trực tiếp và phản ánh ngưỡng đánh thủng của điện môi trong một cấu hình điện cực xác định. Đại lượng này phụ thuộc vào chiều dày lớp điện môi, hình học điện cực và phân bố điện trường trong hệ. Để so sánh tính chất nội tại của vật liệu, nhiều nghiên cứu sử dụng cường độ điện trường đánh thủng (dielectric breakdown strength), được suy ra từ điện áp đánh thủng thông qua chuẩn hóa theo chiều dày lớp điện môi. Các công trình trên polymer điện môi năng lượng cao cho thấy giá trị breakdown strength có thể đạt tới hàng trăm MV/m khi cấu trúc phân tử và liên diện được tối ưu [3,4]. Tuy nhiên, trong các hệ có điện trường không đồng đều hoặc cấu trúc đa pha, Điện áp đánh thủng không còn phụ thuộc trực tiếp vào cường độ điện trường trung bình mà bị chi phối

bởi giá trị cực đại của điện trường cục bộ. Do đó, trong nhiều nghiên cứu hướng ứng dụng và thiết bị, điện áp đánh thủng vẫn là đại lượng đặc trưng quan trọng nhất để đánh giá khả năng làm việc của hệ cách điện [2,7].

1.3. Ảnh hưởng của cấu trúc vật liệu và liên diện đến đánh thủng điện môi

Một trong những hướng tiếp cận hiệu quả nhằm nâng cao khả năng chịu đánh thủng là **thiết kế cấu trúc vi mô và kỹ thuật liên diện**. Các màng polymer nanocomposite dạng sandwich, kết hợp các lớp có hằng số điện môi khác nhau, cho thấy sự phân bố điện trường đồng đều hơn và điện áp đánh thủng cao hơn so với cấu trúc đơn lớp [4]. Trong lĩnh vực gốm điện môi, việc ức chế phân cực liên diện và kiểm soát biên hạt được chứng minh là yếu tố then chốt để cải thiện ngưỡng đánh thủng và hiệu suất lưu trữ năng lượng [5]. Tương tự, các nghiên cứu trên màng ferroelectric mỏng cho thấy việc kiểm soát khuyết tật và liên diện có thể nâng cao đáng kể khả năng chịu đánh thủng của vật liệu [6].

1.4. Đánh thủng điện môi trong chất lỏng và hệ cách điện kỹ thuật

Đối với các hệ cách điện kỹ thuật như dầu cách điện, nanofluid và giấy cách điện trong dầu, cơ chế đánh thủng không chỉ liên quan đến ion hóa điện tử mà còn gắn với sự hình thành streamer và kênh plasma. *Rizwan và cộng sự* (2024) [2] đã chỉ ra rằng sự có mặt của các hạt nano từ tính trong nanofluid có thể làm thay đổi đáng kể điện áp đánh thủng thông qua cơ chế bẫy điện tích và phân tán điện trường. Ngoài ra, các mô hình tính toán và thống kê gần đây cho phép dự đoán điện áp đánh thủng của giấy cách điện trong dầu dựa trên cấu trúc vi mô và sự phân bố bất định của vật liệu, góp phần nâng cao độ tin cậy trong thiết kế thiết bị điện cao áp [7].

1.5. Hướng nghiên cứu mới và khả năng vận dụng

Xu hướng nghiên cứu hiện nay không chỉ tập trung vào việc nâng cao ngưỡng đánh thủng, mà còn mở rộng sang các vật liệu điện môi tự phục hồi và có khả năng làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao. *Xu và cộng sự* (2024) [9] đã phát triển polymer điện môi có khả năng tự phục hồi sau đánh thủng cục bộ, mở ra triển vọng ứng dụng trong các hệ lưu trữ năng lượng mật độ cao. Song song với đó, các nghiên cứu về tách rời giữa hằng

số điện môi và khả năng chịu đánh thủng trong composite polymer cho thấy tiềm năng lớn trong việc thiết kế vật liệu điện môi thế hệ mới, vừa đảm bảo hiệu suất điện môi vừa duy trì độ tin cậy vận hành [8].

1.6. Nhận xét chung

Tổng hợp các công trình gần đây cho thấy đánh thủng điện môi là hiện tượng đa thang, chịu ảnh hưởng đồng thời của cơ chế vi mô, cấu trúc vật liệu và điều kiện làm việc. Việc lựa chọn điện áp đánh thủng hay cường độ điện trường đánh thủng làm đại lượng đặc trưng cần gắn liền với mục tiêu nghiên cứu và ngữ cảnh ứng dụng, qua đó tạo cầu nối giữa cơ sở lý thuyết và vận dụng trong thực tiễn kỹ thuật điện – điện tử.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết đánh thủng điện môi

2.1.1. Khái niệm và phân loại đánh thủng điện môi

Về bản chất, đánh thủng điện môi là hiện tượng mất khả năng cách điện của vật liệu khi chịu tác dụng của điện trường vượt quá một ngưỡng nhất định, dẫn đến sự hình thành dòng dẫn điện lớn và không hồi phục. Tùy theo bản chất vật liệu và điều kiện tác động, hiện tượng đánh thủng có thể được phân loại theo nhiều cách khác nhau, trong đó phổ biến nhất là phân loại theo cơ chế vật lý chi phối. Trong điện môi rắn và polymer, đánh thủng thường được mô tả thông qua các cơ chế như đánh thủng điện tử (electronic or avalanche breakdown) và đánh thủng nhiệt (thermal breakdown). Đối với chất lỏng và khí, đặc biệt trong các hệ cách điện kỹ thuật, đánh thủng streamer và đánh thủng plasma đóng vai trò chủ đạo [2, 7]. Việc phân loại này mang ý nghĩa quan trọng, bởi mỗi cơ chế đánh thủng tương ứng với điều kiện hình thành, thang thời gian và đại lượng đặc trưng khác nhau, từ đó quyết định cách tiếp cận trong đo lường và vận dụng.

2.1.2. Điện trường tổng hợp trong điện môi và hiện tượng phân cực

Trong phân tích hiện tượng đánh thủng điện môi, cần lưu ý rằng điện trường tác dụng thực sự lên các hạt mang điện bên trong vật liệu không trùng với điện trường ngoài do nguồn điện áp đặt vào. Thay vào đó, các quá trình vi mô trong điện môi làm xuất hiện điện trường tổng hợp đóng vai trò quyết định trong việc kích hoạt các cơ chế

đánh thủng. Về mặt vật lý, điện trường tổng hợp tại một điểm trong điện môi có thể được xem là tổng của nhiều thành phần, bao gồm điện trường ngoài, điện trường do phân cực điện môi và điện trường sinh ra bởi điện tích không gian. Trong các điện môi thực, đặc biệt là vật liệu không đồng nhất, sự chồng chất của các thành phần này có thể dẫn đến sự tăng cường điện trường cục bộ, vượt xa giá trị điện trường trung bình tính toán theo mô hình vĩ mô [1,3].

Khi điện môi được đặt trong điện trường, các cơ chế phân cực khác nhau sẽ xảy ra tùy theo bản chất vật liệu và thang thời gian tác động. Các dạng phân cực chủ yếu bao gồm phân cực điện tử, phân cực ion, phân cực định hướng của lưỡng cực và phân cực liên diện (Maxwell–Wagner). Hệ quả trực tiếp của các quá trình này là sự dịch chuyển và tích tụ điện tích rỗng buộc trong vật liệu. Sự phân cực điện môi không chỉ làm giảm điện trường trung bình trong vật liệu theo nghĩa vĩ mô, mà quan trọng hơn, nó làm biến dạng phân bố điện trường bên trong điện môi, đặc biệt tại các vùng không đồng nhất như biên hạt, liên diện pha hoặc *khuyết tật cấu trúc*. Tại các vị trí này, điện trường cục bộ có thể tăng mạnh, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình ion hóa và chạm hoặc gia nhiệt cục bộ [3,4]. Trong các vật liệu composite và polymer nanocomposite, phân cực liên diện được xem là yếu tố chi phối khả năng chịu đánh thủng. Các nghiên cứu gần đây cho thấy việc kiểm soát cấu trúc liên diện và hạn chế tích tụ điện tích không gian có thể làm phẳng phân bố điện trường, từ đó nâng cao đáng kể điện áp và cường độ đánh thủng của vật liệu [1,8].

Dưới tác dụng của điện trường mạnh, các điện tích tự do và điện tích bị bẫy trong điện môi có thể dịch chuyển và tích tụ tại các vùng nhất định, hình thành điện tích không gian. Sự tồn tại của điện tích không gian dẫn đến việc xuất hiện điện trường phụ, chồng lên điện trường ngoài và điện trường phân cực, làm tăng điện trường tổng hợp tại các vùng cục bộ. Cơ chế này đặc biệt quan trọng trong các hệ điện môi làm việc ở điện áp cao hoặc trong thời gian dài, nơi sự tích tụ điện tích không gian diễn ra đáng kể. Khi điện trường tổng hợp tại một vùng vượt quá ngưỡng chịu đựng của vật liệu, quá trình đánh thủng có thể được kích hoạt ngay cả khi điện trường trung bình trong điện môi vẫn nằm dưới giá trị điện trường đánh thủng của vật liệu [7].

Từ góc độ lý thuyết, hiện tượng đánh thủng điện môi nên được xem là hệ quả của việc điện trường tổng hợp tại các vùng cục bộ vượt quá ngưỡng chịu đựng nội tại của vật liệu, chứ không đơn thuần là do điện trường ngoài đạt giá trị lớn. Quan điểm này cho phép giải thích nhiều kết quả thực nghiệm, trong đó điện áp đánh thủng phụ thuộc mạnh vào hình dạng điện cực, cấu trúc vi mô và trạng thái phân cực của điện môi. Cách tiếp cận dựa trên điện trường tổng hợp tạo cầu nối tự nhiên giữa mô tả vi mô và các đại lượng đo lường trong thực tế. Trong khi cường độ điện trường đánh thủng phản ánh giới hạn nội tại của vật liệu ở mức lý thuyết, thì điện áp đánh thủng là đại lượng gắn liền với cấu hình hình học, điều kiện làm việc và phân bố điện trường cụ thể của hệ. Sự kết hợp hai cách tiếp cận này là cơ sở quan trọng cho việc phân tích, thiết kế và vận dụng các hệ cách điện hiện đại [1,3,7]. Khái niệm điện trường tổng hợp trong bài báo này được sử dụng như một cách mô tả vật lý nhằm nhấn mạnh vai trò của các thành phần điện trường cục bộ trong quá trình đánh thủng, hơn là một đại lượng đo trực tiếp có thể xác định duy nhất bằng thực nghiệm.

2.1.3. Cơ chế đánh thủng điện tử (avalanche breakdown)

Cơ chế đánh thủng điện tử được xem là nền tảng lý thuyết quan trọng nhất đối với điện môi rắn và polymer mỏng. Dưới tác dụng của điện trường mạnh, các điện tử tự do hoặc điện tử được giải phóng từ các mức bẫy sẽ bị gia tốc và gây ra quá trình ion hóa va chạm, hình thành hiện tượng avalanche điện tử. Các nghiên cứu gần đây cho thấy quá trình này diễn ra không đồng đều trong toàn bộ thể tích vật liệu, mà tập trung tại các vùng có tập trung điện trường cục bộ, thường gắn với khuyết tật mạng, biên hạt hoặc liên diện giữa các pha vật liệu. Công trình của Wang và cộng sự (2025) [1] đã cung cấp bằng chứng trực tiếp cho sự phát triển của avalanche điện tử ở cấp độ nguyên tử trong điện môi rắn, cho thấy vai trò quyết định của cấu trúc vi mô trong việc kích hoạt đánh thủng. Theo quan điểm này, ngưỡng đánh thủng không chỉ phụ thuộc vào điện trường trung bình, mà còn phụ thuộc vào sự phân bố điện trường vi mô, điều này giải thích vì sao các vật liệu có cấu trúc liên diện được kiểm soát tốt thường có khả năng chịu đánh thủng cao hơn [3,4].

2.1.4. Cơ chế đánh thủng nhiệt

Khác với đánh thủng điện tử, đánh thủng nhiệt xảy ra khi công suất tổn hao trong điện môi do dòng rò và tổn hao điện môi vượt quá khả năng tản nhiệt của vật liệu. Sự gia tăng nhiệt độ cục bộ dẫn đến suy giảm điện trở suất, làm tăng dòng điện và tạo ra vòng phản hồi dương, cuối cùng gây đánh thủng. Cơ chế này thường chiếm ưu thế trong các trường hợp:

- Điện môi làm việc ở điện áp cao trong thời gian dài,
- Vật liệu có độ dẫn điện tăng mạnh theo nhiệt độ,
- Hệ thống tản nhiệt kém.

Trong thực tế, đánh thủng nhiệt thường không xảy ra độc lập mà kết hợp với đánh thủng điện tử, đặc biệt trong các polymer điện môi và composite đa pha [3,8].

2.1.5. Đánh thủng do liên điện và khuyết tật vật liệu

Các nghiên cứu hiện đại cho thấy liên điện giữa các pha vật liệu đóng vai trò then chốt trong cơ chế đánh thủng điện môi. Phân cực liên điện có thể dẫn đến tích tụ điện tích không gian, làm tăng điện trường cục bộ và kích hoạt các kênh dẫn sớm hơn so với vật liệu đồng nhất. Trong gốm điện môi và vật liệu ferroelectric, việc kiểm soát biên hạt và ức chế phân cực liên điện đã được chứng minh là biện pháp hiệu quả để nâng cao khả năng chịu đánh thủng [5,6]. Tương tự, trong polymer nanocomposite, thiết kế cấu trúc đa lớp hoặc phân bố hạt nano hợp lý giúp làm phẳng phân bố điện trường, từ đó tăng điện áp và cường độ đánh thủng [4,8].

2.1.6. Đánh thủng điện môi trong chất lỏng và hệ cách điện kỹ thuật

Đối với chất lỏng cách điện và các hệ cách điện kỹ thuật, cơ chế đánh thủng mang tính phức tạp hơn, thường liên quan đến sự hình thành streamer, kênh plasma và quá trình ion hóa chuỗi. Trong các hệ này, điện áp đánh thủng là đại lượng đặc trưng quan trọng nhất, do phân bố điện trường thường không đồng đều và khó xác định chính xác cường độ điện trường cục bộ. Các nghiên cứu trên nanofluid cho thấy sự có mặt của hạt nano có thể làm thay đổi cơ chế streamer thông qua bẫy điện tích và làm phân tán điện trường, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến điện áp đánh thủng của hệ [2]. Ngoài ra, các mô hình tính toán hiện đại cho phép dự đoán xác suất đánh thủng dựa trên cấu trúc vi mô

và bất định vật liệu, đặc biệt hữu ích trong thiết kế thiết bị điện cao áp [7].

2.1.7. Đại lượng đặc trưng và ý nghĩa lý thuyết – thực tiễn

Từ góc độ lý thuyết, cường độ điện trường đánh thủng được sử dụng để mô tả khả năng chịu điện trường nội tại của vật liệu. Tuy nhiên, từ góc độ thực nghiệm và vận dụng, điện áp đánh thủng là đại lượng đo trực tiếp và gắn liền với cấu hình làm việc cụ thể của hệ. Việc lựa chọn đại lượng đặc trưng không chỉ mang tính kỹ thuật mà còn phản ánh tầng mô tả của mô hình lý thuyết. Trong nhiều trường hợp, việc kết hợp cả hai đại lượng cho phép xây dựng mối liên hệ chặt chẽ giữa cơ sở lý thuyết và ứng dụng thực tiễn, tạo nền tảng cho việc thiết kế và tối ưu hóa các hệ cách điện hiện đại [1,3,7].

2.2. Mô phỏng hiện tượng đánh thủng điện môi

2.2.1. Xây dựng mô hình toán học

Xét hệ hai điện cực phẳng song song cách nhau $d = 0,5 \text{ mm}$. Giữa hai điện cực là lớp điện môi polymer có hằng số điện môi $\epsilon_r = 3$. Điện áp một chiều đặt vào hai điện cực $U = 0,50 \div 50,00 \text{ (kV)}$.

Giả thiết:

- Vật liệu điện môi tuyến tính, đẳng hướng;
- Không tồn tại điện tích không gian tự do;
- Trạng thái xác lập điện áp một chiều (DC): Một điện cực dưới nối “đất” (GND), điện cực trên nối cao áp (HV).

Vấn đề: Mô phỏng sự đánh thủng điện môi trong hai trường hợp vật liệu điện môi không có khuyết tật và có khuyết tật vi mô là bọt khí hình cầu, bán kính cỡ 5 micromet, nằm giữa khối điện môi.

2.2.1. Lựa chọn phương pháp xử lý

Khảo sát các điều kiện biên của bài toán cho thấy bài toán có thể được giải quyết được bằng phương trình Laplace trong trường hợp không có điện tích tự do. Do đó, chúng tôi đã lựa chọn nghiên cứu sử dụng phương pháp giải tích dựa trên nghiệm của phương trình Laplace để khảo sát phân bố điện trường trong các cấu hình điện môi lý tưởng, từ đó phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng đánh thủng điện môi. Với trường hợp này, trường điện thế trong điện môi thỏa mãn phương trình Laplace:

$$\nabla \cdot (\epsilon \nabla V) = 0 \quad (\text{với: } \epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r) \quad (1)$$

Phương trình này suy ra trực tiếp từ hệ phương trình Maxwell trong môi trường điện môi tuyến tính ở trạng thái tĩnh điện [10]. Nghiệm của phương trình này là cường độ điện trường:

$$E = -\nabla V \quad (2)$$

Từ đây, gán với các cấu hình điện môi không có và có khuyết tật bọt khí nhằm xác định được các số liệu mô phỏng sự đánh thủng điện môi.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Điện trường trong cấu hình điện môi đồng nhất

Với hai điện cực phẳng song song và môi trường đồng nhất, nghiệm giải tích của phương trình Laplace cho điện thế là hàm tuyến tính theo tọa độ, do đó cường độ điện trường có giá trị không đổi – Nó chính là giá trị *cường độ điện trường trung bình* E_0 xuất hiện trong khối điện môi khi không có bất kỳ khuyết tật nào:

$$E_0 = \frac{U}{d} \quad (3)$$

Kết quả này là nghiệm chuẩn của bài toán điện trường giữa hai bản tụ phẳng [10,13]. Từ dữ liệu điện áp đặt vào hai điện cực, cường độ điện trường trong điện môi được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Cường độ điện trường trong điện môi không có khuyết tật

N ⁰	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U (kV)	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	20,00	50,00
E_0 (MV/m)	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	20,00	50,00	100,00

3.2. Điện trường trong cấu hình điện môi có khuyết tật bọt khí hình cầu

Xét một bọt khí hình cầu có hằng số điện môi ϵ_{r2} nằm trong môi trường điện môi ϵ_{r1} chịu tác dụng của điện trường đều E_0 . Nghiệm của phương trình Laplace[10,14] đối với bài toán này cho cường độ điện trường bên trong bọt khí là:

$$E_{\text{air}} = \frac{3\epsilon_{r1}}{\epsilon_{r2} + 2\epsilon_{r1}} E_0 \quad (4)$$

Đặt $k = \frac{E_{\text{air}}}{E_0}$ và gọi là *hệ số tăng cường độ*

điện trường. Như vậy $E_{\text{air}} = kE_0$. (5)

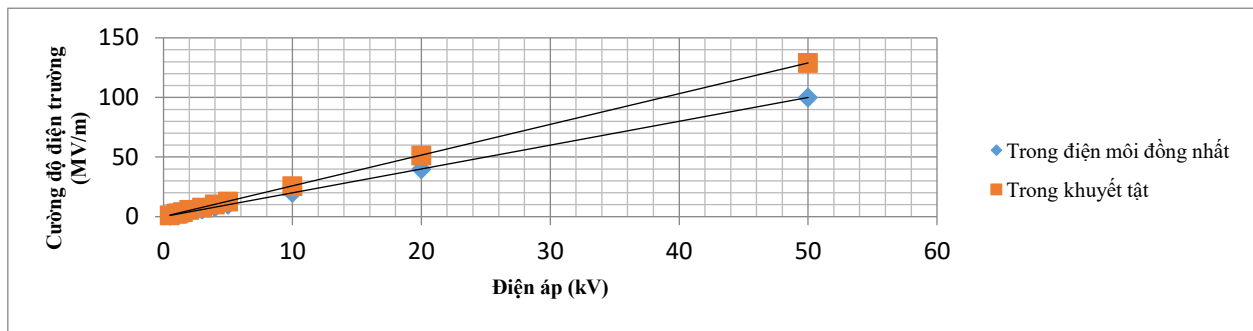
Các điều kiện biên về mô hình bài toán cho phép xác định: $E_{\text{air}} = 1,29E_0$. Số liệu mô phỏng giá trị cường độ điện trường trong điện môi polyme có khuyết tật được biểu diễn trong Bảng 2.

Bảng 2. Cường độ điện trường trong điện môi có khuyết tật

N ⁰	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U (kV)	0,50	1,00	1,16	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	10,00	20,00	50,00
E_0 (MV/m)	1,00	2,00	2,32	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	20,00	40,00	100,00
E_{air} (MV/m)	1,29	2,58	3,00	3,87	5,16	7,74	10,32	12,90	25,80	51,60	129,00
$E_{\text{bd, air}}$ (MV/m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Các số liệu trong Bảng 1 & 2 được tính toán từ nghiệm giải tích của phương trình Laplace nên không phát sinh sai số số học (numerical error) đáng kể. Sai số (nếu có) chủ yếu xuất phát từ các giả thiết lý tưởng hóa của mô hình.

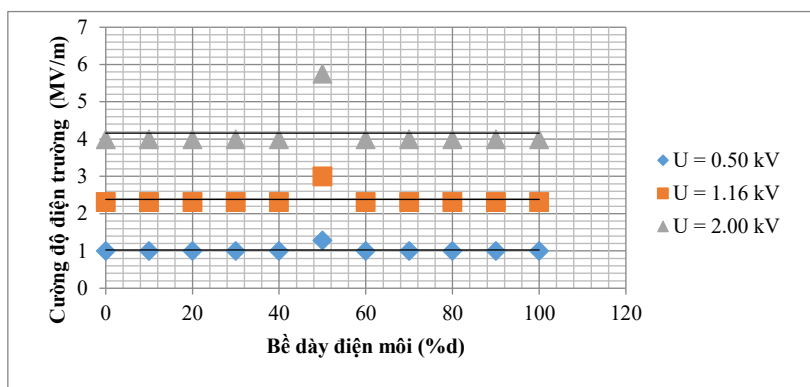
Sự tăng cường độ điện trường trong điện môi đồng nhất cũng như trong khuyết tật bọt khí theo điện áp đặt vào là tuyến tính, nhưng trong bọt khí nó tăng nhanh hơn. Kết quả này được biểu diễn trên biểu đồ Hình 1.



Hình 1. Sự phụ thuộc của cường độ điện trường theo điện áp đặt vào

Phân bố cường độ điện trường trong điện môi có khuyết tật bột khí là không đồng đều. Tại các vị trí không có khuyết tật, cường độ điện trường

không thay đổi ứng với từng giá trị điện áp đặt vào. Tuy nhiên, tại vị trí khuyết tật, đại lượng này tăng đột biến (Hình 2).



Hình 2. Phân bố cường độ điện trường trong khối điện môi

3.3. Sự đánh thủng điện môi

Cường độ điện trường đánh thủng (ngưỡng đánh thủng) điển hình trong không khí ($E_{bd, air}$) ở áp suất khí quyển [11,12] là $E_{bd, air} \approx 3$ MV/m. Độ bền điện môi khối của polymer cách điện ($E_{bd, pol}$) thường nằm trong khoảng $100 \div 300$ (MV/m) tùy điều kiện thử nghiệm [11,12]. Phép so sánh cho thấy cường độ điện trường trong bột khí rất lớn hơn ngưỡng đánh thủng trong không khí. Bảng 2 cho thấy, ngay tại $U = 1,16$ kV, điều kiện đánh thủng trong không khí đã được thỏa mãn. Trong khi đó, cường độ điện trường trong polymer rất nhỏ hơn ngưỡng đánh thủng của polymer, tới $U = 50$ kV mới có khả năng xảy ra đánh thủng với loại polyme có ngưỡng đánh thủng nhỏ nhất. Do đó, quá trình hư hỏng điện môi dự kiến bắt đầu bằng phóng điện cục bộ trong khuyết tật bột khí. Như vậy, khuyết tật bột khí đã làm giảm khả năng cách điện của vật liệu đi hàng chục lần nếu tính theo điện áp đặt vào.

3.4. Kết luận kỹ thuật

Các kết quả trên cho thấy:

- Bài toán điện môi đồng nhất phù hợp với nghiệm kinh điển của phương trình Laplace;
- Sự tồn tại khuyết tật khí gây tăng cường điện trường cục bộ theo nghiệm giải tích chuẩn của bài toán hạt cầu khí trong điện trường đều;
- Điều kiện đánh thủng không phụ thuộc vào điện trường trung bình trong điện môi (E_0) mà phụ thuộc vào điện trường cục bộ tại khuyết tật (E_{air}).

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích cơ sở lý thuyết của hiện tượng đánh thủng điện môi và làm rõ mối quan hệ giữa cường độ điện trường và điện áp đánh thủng thông qua mô phỏng dựa trên nghiệm của phương trình Laplace. Kết quả cho thấy sự xuất hiện của khuyết tật vi mô dạng bột khí làm phân bố điện trường trong điện môi trở nên không đồng đều và gây tăng cường điện trường cục bộ. Điện trường trong bột khí tăng nhanh theo điện áp đặt vào và vượt quá ngưỡng đánh thủng của không khí ở mức điện áp tương đối thấp (từ $U = 1,16$ kV đã có nguy cơ đánh thủng xảy ra trong bột khí). Điều này cho thấy điện áp đánh thủng là đại lượng tổng

hợp phản ánh đồng thời đặc tính vật liệu và mức độ tập trung điện trường, đồng thời khẳng định vai trò của mô phỏng trong phân tích và thiết kế hệ cách điện.

Tài liệu tham khảo

1. J. Wang, Z.H. Shen, W. Li, R.L. Liu, Y.L. Duan, Y. Shen, H.X. Liu, C.W. Nan (2025), “Dynamic atomic-scale electron avalanche breakdown in solid dielectrics”, *Nature Communications*, Volume 16, Article number 6465.
2. Md Rizwan, S.A. Khan, M.R. Khan, A.A. Khan (2024), “Experimental and statistical investigation on the dielectric breakdown of magneto nanofluids for power applications”, *Journal of Materials Science: Materials in Engineering*, Volume 19, Article number 5.
3. Y. He, G. Zhang, B. Quin, W. Li, G. He, B. Zhu, X. Zhang, S. Tan, Z. Zhang (2024), “Excellent dielectric energy storage performance achieved by synergistically increasing the permittivity and breakdown strength of poly(vinylidene chloride-co-vinyl chloride) with a stabilized conformation”. *Journal of Materials Chemistry A*, 12(33), 21824 – 21829.
4. J.Y. Zhang, X. Liu, F.Y. Luo, L. He, Y.T. Li, J.L. Li, Y.L. Zhou, N. Sun, Q.P. Zhang (2024), “Enhanced dielectric constant and breakdown strength of sandwiched polymer nanocomposite film for excellent energy storage”, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 26(34), 22491 – 22497.
5. L. Wang, X. Jiang, C. Zhao, Y. Chen, C. Chen, N. Tu, X. Nie, Q. Gao, W. Zhang, Y. Zhang, N. Zhao, Z. Li, X. Huang (2025), “Critical role of interfacial polarization suppression in enhancing breakdown strength and energy storage performance of NBT-based dielectric ceramics” *Journal of Materials Chemistry A*, 13(35), 29368 – 29378.
6. S. Zhang, H. Hao, R. Huang, M. Cao, Z. Yao, H. Liu (2025), “Enhanced breakdown strength and polarization behavior in relaxor ferroelectric films via bidirectional design of defect engineering and heterogeneous interface construction” *Journal of Materials Chemistry C*, 13(11), 5555 – 5564.
7. Daniel Olsen, Luis San Martin, Min Zhou (2024), “Computational prediction of dielectric breakdown strength of transformer paper in oil with uncertainty quantification”, *Materials Research Express*, 11(8), Article number 085508.
8. W. Zhang, X. Xu, S. Fan, Z. Zhang, D. Wu, X. Yang, R. Yang, K. Sun, F. Lv, X. Yu (2025), “Decoupling enhancements of breakdown strength and dielectric constant in PMIA-based composite films for high-temperature capacitive energy storage”, *Composites Part B: Engineering*, Volume 291, Article number 112013.
9. W. Xu, F. Yang, G. Zhao, S. Zhang, G. Rui, M. Zhao, L. Liu, L.Q. Chen, Q. Wang (2024), “Self-healing polymer dielectric exhibiting ultrahigh capacitive energy storage performance at 250 °C”, *Energy & Environmental Science*, 17(22), 8866 – 8873.
10. J.D. Jackson (1999), *Classical Electrodynamics*, 3rd ed., Wiley, New York, USA.
11. E. Kuffel, W.S. Zaengl & J. Kuffel (2000), *High Voltage Engineering: Fundamentals*, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K.
12. M. Abdel-Salam, A. Haddad, & H. Griffiths (2010), *High Voltage Engineering: Theory and Practice*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
13. D.J. Griffiths (2013), *Introduction to Electrodynamics*, 4th ed., Pearson, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
14. L.D. Landau & E.M. Lifshitz (1984), *Electrodynamics of Continuous Media*, 2nd ed., Pergamon Press, Oxford, UK.

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỌC BARCODE VÀ LẬP TRÌNH MACRO TRONG HMI CHO BÀI TOÁN LƯU KHO SẢN XUẤT GHẾ Ô TÔ

Nguyễn Thị Quỳnh^{1*}, Lê Phong Nam²

¹Khoa Cơ khí - Ô tô

²Khoa Điện

*Email: quynhnt@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Bài báo trình bày giải pháp tự động hóa lưu kho linh kiện ghế ô tô dựa trên công nghệ đọc Barcode/QR Code kết hợp lập trình Macro trên HMI Weintek. Hệ thống xử lý hiệu quả các chuỗi mã QR phức tạp, tự động trích xuất mã sản phẩm cốt lõi và điều khiển chính xác các cửa lưu kho thông qua PLC. Giải pháp đã được nhóm nghiên cứu áp dụng thành công tại Công ty TNHH Toyota Boshoku Hà Nội, cho thấy khả năng vận hành ổn định trong môi trường sản xuất có tần suất thay đổi mã sản phẩm cao. Kết quả cho thấy hệ thống giúp giảm sai lỗi phân loại, rút ngắn thời gian lưu kho – xuất kho và nâng cao hiệu quả quản lý.

Từ khóa: HMI, Barcode, QR Code, Lưu kho tự động, Macro, Weintek.

Abstract:

This paper presents an automated warehousing solution for car seat components based on Barcode/QR code scanning technology integrated with Macro programming on a Weintek Human-Machine Interface (HMI). The system efficiently processes complex QR code strings, automatically extracts the core product code, and precisely controls the storage gates via a Programmable Logic Controller (PLC). The proposed solution was successfully implemented by the research team at Toyota Boshoku Hanoi Co., Ltd., demonstrating stable operation in a production environment characterized by frequent product code changes. The results indicate that the system reduces sorting errors, shortens storage and retrieval time, and enhances overall management efficiency.

Keywords: HMI, Barcode, QR Code, Automated warehousing, Macro, Weintek.

1. GIỚI THIỆU

Trong các dây chuyền sản xuất ghế ô tô hiện nay, các công đoạn như may bọc ghế, lắp ráp túi khí và lắp tựa đầu tạo ra nhiều biến thể sản phẩm khác nhau [1,2]. Mỗi loại ghế, tùy theo vị trí lắp đặt, dòng xe hoặc thị trường tiêu thụ, đều được gán một mã sản phẩm riêng để phục vụ cho công tác quản lý và truy xuất trong sản xuất. Vì vậy, việc quản lý chính xác các mã sản phẩm trong quá trình lưu kho và xuất kho có vai trò quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ và chất lượng của dây chuyền [3,4,5].

Trong thực tế sản xuất, các linh kiện như túi khí ghế và tựa đầu thường được lưu trữ tại các kho trung gian trước khi chuyển sang công đoạn lắp ráp tiếp theo. Việc lưu kho và lấy sản phẩm chủ yếu dựa trên thao tác thủ công của công nhân dễ phát sinh các sai sót như lưu nhầm vị trí, lấy sai mã sản phẩm hoặc kéo dài thời gian thao tác, đặc biệt trong điều kiện sản xuất có tần suất thay đổi mã sản phẩm cao [6,7].

Công nghệ mã vạch và mã QR được áp dụng nhằm nâng cao độ chính xác trong nhận diện sản phẩm. Mã QR có khả năng lưu trữ lượng thông tin lớn, tuy nhiên trong ngành sản xuất ghế ô tô, chuỗi mã thường dài và phức tạp, trong khi hệ thống điều khiển chỉ cần trích xuất một phần mã cố định để phân loại và điều khiển quá trình lưu kho – xuất kho. Điều này đặt ra yêu cầu xử lý chuỗi ký tự linh hoạt và chính xác [8,9,10].

Bộ điều khiển logic lập trình (PLC) phù hợp cho điều khiển trình tự nhưng hạn chế trong xử lý chuỗi ký tự ASCII phức tạp. Ngược lại, các thiết bị giao diện người – máy (HMI) thế hệ mới cho phép lập trình Macro và xử lý dữ liệu hiệu quả. Do đó, dự án đề xuất giải pháp ứng dụng thiết bị đọc Barcode/QR Code kết hợp với lập trình Macro trên HMI Weintek để tự động hóa quá trình lưu kho linh kiện ghế ô tô. HMI thực hiện phân tích mã QR, trích xuất mã sản phẩm cốt lõi và gửi tín hiệu điều khiển đến PLC [11], góp phần giảm sai lỗi thao tác thủ công và nâng cao hiệu quả quản lý trong sản xuất.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Xây dựng cấu trúc hệ thống

Để đánh giá khả năng ứng dụng đầu đọc Barcode/QR Code và Macro của HMI Weintek trong bài toán lưu kho sản phẩm ghế ô tô, nhóm nghiên cứu thiết lập một mô hình hệ thống mô phỏng đầy đủ các thành phần như trong dây chuyền sản xuất thực tế, bao gồm:

Khối nhận diện sản phẩm: đầu đọc mã vạch 2D (QR scanner) có độ phân giải cao, tốc độ quét nhanh, hỗ trợ nhiều chuẩn QR code, có chế độ cài nhận QR code tự động.

Khối xử lý trung tâm: màn hình HMI Weintek dòng MT8000, hỗ trợ chạy Macro và giao tiếp USB/RS232. **Khối điều khiển cơ cấu:** PLC điều khiển 40 cửa vào và 40 cửa ra cho giá lưu tựa đầu, thêm 4 cửa cho túi khí.

Khối cơ cấu chấp hành: các cửa được điều khiển bởi xy-lanh khí nén hoặc solenoid tương ứng.

Khối hiển thị – giám sát: giao diện người vận hành (HMI) cho phép theo dõi trạng thái cửa, cảnh báo lỗi, và cài đặt thời gian đóng mở.

Mô hình này đảm bảo mô phỏng đầy đủ các thao tác của công nhân tại hiện trường và cho phép đánh giá chính xác hiệu suất xử lý của hệ thống.

2.2. Thiết lập phần cứng chi tiết

Đầu đọc QR code: Các thông số chính: Chuẩn quét QR Code Model 2, Micro QR, DataMatrix. Tốc độ quét 60–120 lần/giây. Khoảng cách đọc 5–45 cm. Giao tiếp USB HID. Đầu đọc được cấu hình ở chế độ tự động đọc và truyền chuỗi ASCII về HMI ngay khi quét xong.

PLC và cơ cấu cửa:

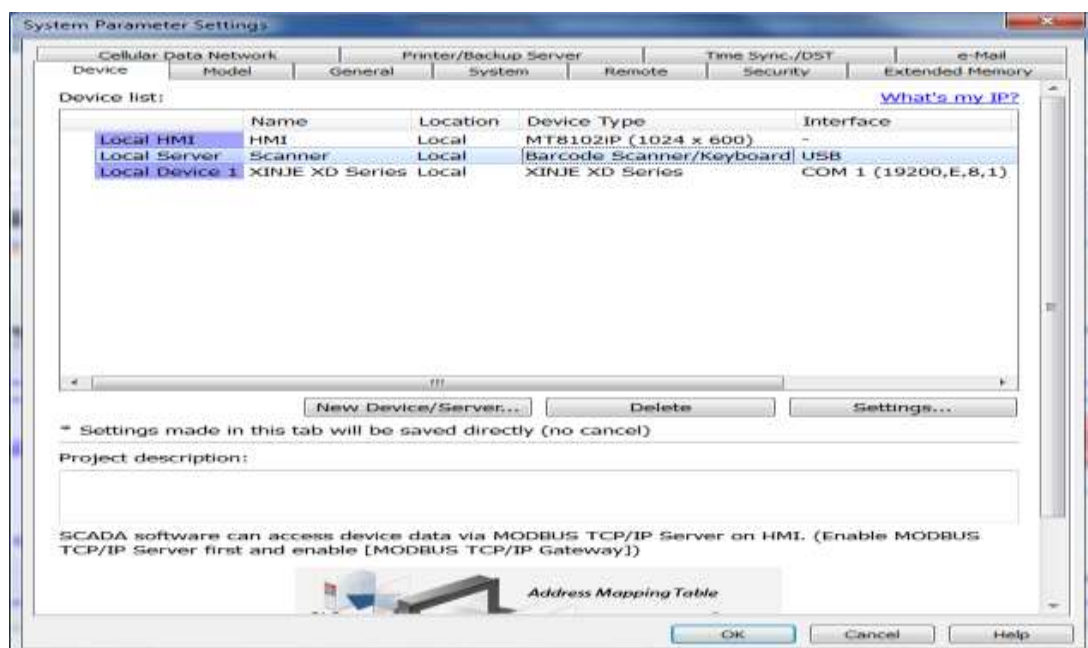
PLC thực hiện nhận tín hiệu cửa cần mở từ HMI, điều khiển solenoid cho cửa tương ứng, giám sát tín hiệu hành trình (sensor) để xác nhận cửa mở/đóng thành công. Mỗi cửa được mô phỏng như một ngăn kho chứa một sản phẩm duy nhất.

HMI Weintek:

Máy HMI được cấu hình: Thanh ghi string để lưu chuỗi QR (LW-ASCII), timer xử lý chu kỳ Macro, vùng nhớ so sánh mẫu – thực tế, button điều khiển chế độ Teach-in, thiết lập giao tiếp PLC theo Modbus/TCP hoặc RS485. HMI đóng vai trò trung gian xử lý thông minh vì PLC khó xử lý chuỗi phức tạp. **2.3. Thu thập chuỗi QR và phân tích dữ liệu**

Hai loại linh kiện chính được sử dụng trong thí nghiệm gồm: Túi khí ghế ô tô, tựa đầu ghế ô tô.

Các mã QR được quét từ sản phẩm thực tế. Kết quả giải mã cho thấy mỗi chuỗi chứa từ 40–120 ký tự, trong đó chỉ một đoạn ký tự duy nhất biểu thị mã sản phẩm cốt lõi (ví dụ: 73910BZ070 hoặc 71200YP451) còn lại là thông tin phụ như ngày sản xuất, số lô, xưởng, tuyến cung cấp...



Hình 2. Khai báo đầu đọc QR code và PLC
với HMI



Hình 3. Mã thông tin sản phẩm tựa đầu

Trong giai đoạn thực nghiệm, nhóm nghiên cứu thu thập: 200 mã QR của túi khí, 300 mã QR của tựa đầu. Các chuỗi này được lấy trực tiếp từ nhà máy, nên có sự đa dạng về:

- Khung mã theo từng phiên bản xe (IMV, Passenger Car, SUV...)

- Mã theo từng thị trường (Thailand, Vietnam, India...)

- Mã theo từng lô sản xuất (2023–2025)

Bảng 1. Phân tích đặc điểm chuỗi

Loại SP	Độ dài chuỗi	Ký tự phân tách	Trường cần lấy	Thay đổi theo ngày
Túi khí	40-120 ký tự	“ ”	Vị trí thứ 4	Có
Tựa đầu	50-90 ký tự	“:”	Vị trí thứ 2	Có

Điều này cho thấy việc lấy mã sản phẩm cố định không thể làm thủ công mà bắt buộc phải có thuật toán xử lý chuỗi.

2.4. Lập trình Macro cho quá trình tách chuỗi

Macro của HMI Weintek được sử dụng để thực hiện:

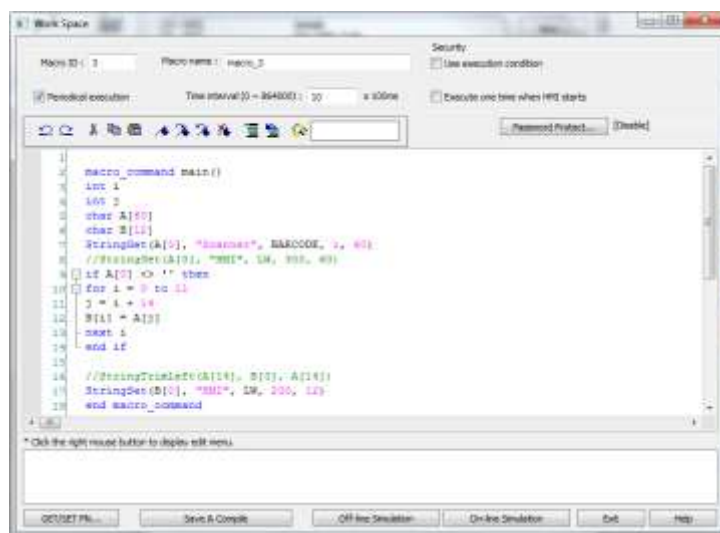
+ **Phân tích chuỗi ký tự đầu vào:** Xác định vị trí ký tự phân tách. Đếm số lượt xuất hiện của ký tự “|” hoặc “:”.

+ Trích xuất trường chứa mã sản phẩm cố định: Macro sử dụng hàm Mid() và Find() để cắt chuỗi. Mã cốt lõi có chiều dài cố định 10 ký tự.

+ So sánh mã thực tế với mã mẫu đã lưu.

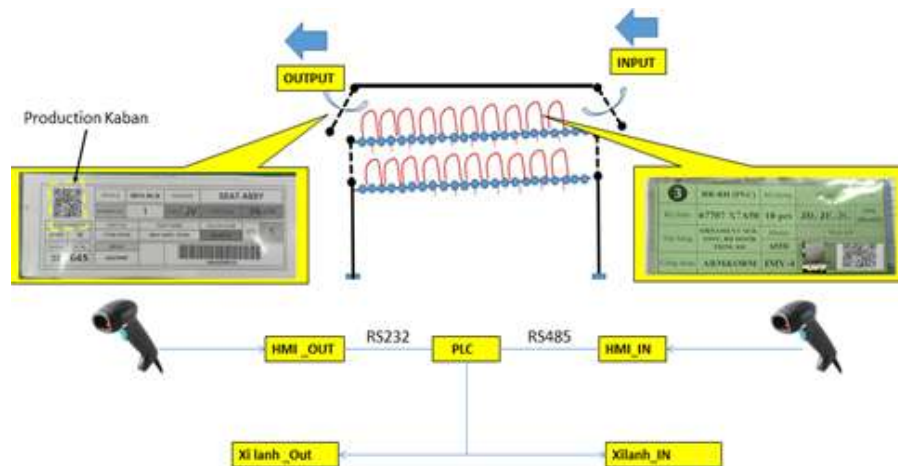
+ **Gửi lệnh điều khiển cửa đúng theo mã xác định.**

+ **Lưu log thao tác để theo dõi.**



Hình 4. Macro tách trích đoạn ký tự cố định

Đây là bước quan trọng nhất vì PLC không có khả năng xử lý chuỗi phức tạp như HMI.



Hình 5. Sơ cấu trúc hệ điều khiển

2.5. Quy trình Teach-in (gán mẫu mã)

Để hệ thống linh hoạt và phù hợp với các đợt thay đổi mã sản phẩm trong sản xuất, quy trình thiết lập mẫu được xây dựng như sau:

Bước 1: Kỹ thuật viên chọn cửa lưu kho muốn gán mã.

Bước 2: Quét mã QR từ sản phẩm mẫu

Bước 3: Macro tách mã sản phẩm cố định và lưu vào thanh ghi mẫu tương ứng với cửa đó.

Bước 4: Mẫu mới lập tức có hiệu lực mà không cần tải lại chương trình HMI hay PLC.

Phương pháp này cho phép hệ thống vận hành ổn định ngay cả khi dây chuyền chuyển sang sản xuất mẫu ghê khác.

2.6. Kiểm thử điều khiển cửa vào – ra

Nhóm nghiên cứu tiến hành kiểm thử:

- Kiểm thử đơn lẻ từng cửa
- Kiểm thử liên hoàn 10 cửa liên tục
- Kiểm thử mô phỏng vận hành thực tế (quét 100 sản phẩm/ngày)

Các thông số ghi nhận:

- Thời gian mở cửa: 0,8 – 1,2 giây
- Tỷ lệ mở sai cửa: 0%
- Tỷ lệ đọc sai mã QR: < 0,5% (chủ yếu do mã mờ)
- Tỷ lệ trễ tín hiệu HMI → PLC: dưới 50 ms

Kết quả cho thấy hệ thống đủ ổn định để triển khai trong sản xuất thực.

2.7. Hiệu chuẩn và thử nghiệm độ ổn định

Để đảm bảo tính ổn định lâu dài, nhóm nghiên cứu đã cho hệ thống được chạy liên tục 3 ca/ngày trong 14 ngày. Tổng số 6500 lượt quét thực hiện. Không ghi nhận lỗi mất kết nối hoặc treo Macro, HMI không gặp tình trạng tràn bộ nhớ string.

Kết quả này chứng minh tính phù hợp của HMI Weintek cho các ứng dụng yêu cầu hoạt động liên tục trong môi trường công nghiệp.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích và xử lý chuỗi QR

Hệ thống Macro xử lý hơn 500 mẫu mã QR được thu thập trong giai đoạn thử nghiệm. Tỷ lệ trích xuất mã sản phẩm chính xác đạt gần như tuyệt đối do cấu trúc phân tách chuỗi rõ ràng. Macro có khả năng xử lý ngay cả các chuỗi dài vượt 100 ký tự mà không làm chậm tốc độ vận hành của HMI.

Việc sử dụng thuật toán dựa trên ký tự phân tách giúp hệ thống hoàn toàn không phụ thuộc độ dài chuỗi hoặc thay đổi thông tin phụ, do đó bảo đảm khả năng thích ứng cao khi nhà cung cấp thay đổi cấu trúc QR hoặc thêm trường dữ liệu.

3.2. Hiệu quả vận hành hệ thống lưu kho

Sau khi tích hợp giải pháp vào vận hành thực tế tại khu vực lưu trữ túi khí và tựa đầu:

- Tỷ lệ nhầm lẫn vị trí lưu trữ giảm từ mức 3–5 lỗi/ngày xuống gần như 0 lỗi.
- Thời gian thao tác trung bình của công nhân giảm hơn 40%.

- Việc truy xuất sản phẩm để cấp phát cho dây chuyền trở nên nhanh và chính xác hơn.

- Hệ thống hoạt động ổn định dù mã sản phẩm thay đổi liên tục giữa các ca sản xuất.

Đặc biệt, hệ thống không cần đầu tư thêm cơ sở dữ liệu hay máy tính công nghiệp như các hệ thống quản lý kho tích hợp MES hoặc WMS. Điều này giúp tối ưu chi phí triển khai và bảo trì.

3.3. Khả năng mở rộng và ứng dụng

Giải pháp này không chỉ phù hợp cho lưu kho tựa đầu và túi khí, mà còn có thể áp dụng cho:

- Lưu kho áo ghế, nút ghế, khung ghế.
- Quản lý khay linh kiện trên băng chuyền.
- Phân loại sản phẩm theo mã QR cho nhà máy điện tử, may mặc, lắp ráp thiết bị.

Do hệ thống Macro của HMI có độ linh hoạt cao, việc mở rộng sang các ứng dụng khác chỉ cần thay đổi thuật toán cắt chuỗi và mapping vị trí lưu kho.



Hình 6. Giá lưu trữ túi khí lắp đặt tại công ty TNHH TOYOTA BOSHOKU HÀ NỘI

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công một giải pháp ứng dụng thiết bị đọc Barcode/QR Code kết hợp lập trình Macro trên HMI Weintek để tự động hóa quá trình lưu kho linh kiện ghế ô tô. Hệ thống giải quyết hiệu quả bài toán xử lý chuỗi ký tự phức tạp từ mã QR, tự động xác định mã sản phẩm cốt lõi và điều khiển cửa lưu kho tương ứng thông qua PLC. Kết quả này đã được ứng dụng vào

thực tế sản xuất tại công ty Công ty trách nhiệm hữu hạn TOYOTA BOSHOKU HÀ NỘI - Địa chỉ Số 144, Đường Trần Phú, Phường Phúc Yên, Tỉnh Phú Thọ, Việt Nam.

Kết quả thử nghiệm và vận hành thực tế cho thấy giải pháp mang lại nhiều lợi ích:

Giảm thiểu sai lỗi phân loại, tăng tốc độ xử lý lưu kho – xuất kho, chi phí đầu tư thấp, dễ tích hợp, khả năng linh hoạt cao khi thay đổi mẫu mã sản phẩm

Giải pháp này có tiềm năng được mở rộng sang nhiều dây chuyền sản xuất khác có yêu cầu nhận diện sản phẩm và phân loại linh kiện theo mã QR, góp phần thúc đẩy quá trình số hóa và tự động hóa trong công nghiệp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ kinh phí từ dự án của công ty trách nhiệm hữu hạn TOYOTA BOSHOKU HÀ NỘI.

Tài liệu tham khảo

1. Bolton, W. (2015), *Programmable logic controllers and industrial automation*, Elsevier, Oxford, 1–120.
2. Petruzella, F. D. (2017), *PLC hardware, programming and applications*, McGraw-Hill Education, New York, 35–180.
3. Phạm Quang Huy (2019), “Hệ thống điều khiển lập trình và giao diện người – máy HMI”, *Giáo trình Điều khiển lập trình và HMI*, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, 30–145.
4. Weintek Labs Inc. (2022), “Macro programming and string processing in HMI”, *EasyBuilder Pro User Manual*, Weintek Publisher, Taiwan, pp. 210–265.
5. ISO/IEC (2015), “QR code bar code symbology specification”, *ISO/IEC 18004 – Automatic identification and data capture techniques*, International Organization for Standardization, Geneva, 1–100.
6. Kumar, S., Singh, R. (2019), “Application of QR code technology in industrial automation and inventory management”, *Procedia Manufacturing – International Manufacturing Conference*, Elsevier, Amsterdam, 104–110.
7. Nguyễn Đức Cường (2020), “Ứng dụng mã vạch và QR code trong quản lý kho sản xuất”, *Kỷ yếu Hội*

thảo Khoa học Công nghệ Toàn quốc, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 45–50.

8. Zhou, L., Chen, J. (2018), “Design of barcode-based warehouse management system in manufacturing”, *Proceedings of the International Conference on Advanced Manufacturing Technology*, Springer, Berlin, 1351–1360.

9. Nguyễn Văn Hòa (2018), “Tự động hóa trong sản xuất công nghiệp”, *Sách chuyên khảo Tự động hóa*

công nghiệp, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 15–120.

10. Trần Minh Tuấn (2021), “Giải pháp tự động hóa lưu kho trong dây chuyền sản xuất công nghiệp”, *Kỷ yếu Hội nghị Tự động hóa Việt Nam*, Nhà xuất bản Công Thương, Hà Nội, 28–34.

11. Trần Văn Địch (2017), “PLC và ứng dụng trong điều khiển công nghiệp”, *Giáo trình PLC và điều khiển lập trình*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, Hà Nội, 45–160.

CÁCH TIẾP CẬN LẤY CON NGƯỜI LÀM TRUNG TÂM TRƯỚC LÀN SÓNG AI TẠO SINH: CHIẾN LƯỢC BẢO VỆ QUYỀN TỰ CHỦ VÀ TƯ DUY TRONG GIÁO DỤC

Vũ Thị Bích Thảo*

Khoa Công nghệ thông tin

*Email: thaovtb@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Sự phát triển nhanh chóng của Trí tuệ nhân tạo tạo sinh (Generative AI – GenAI), tiêu biểu là các mô hình ngôn ngữ lớn như GPT-4, đang tạo ra những tác động sâu sắc đến giáo dục. Bên cạnh những lợi ích rõ rệt trong hỗ trợ học tập và nghiên cứu, GenAI cũng đặt ra nhiều thách thức đối với quyền tự chủ, khả năng tư duy độc lập và trách nhiệm học thuật của người học. Dựa trên phân tích tài liệu hướng dẫn toàn cầu của UNESCO (2023), bài viết làm rõ cách tiếp cận “lấy con người làm trung tâm” trong việc ứng dụng GenAI tại các cơ sở giáo dục. Kết quả phân tích cho thấy ba rủi ro chính: (1) suy giảm quyền chủ động của người học, (2) nguy cơ tư duy rập khuôn, và (3) sự phụ thuộc quá mức vào các thuật toán thiếu minh bạch. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất một khung hành động sư phạm gồm: Chuyển từ dạy học truyền thống sang mô hình đồng thiết kế giữa người học và AI; Sử dụng AI như một đối tác tranh biện nhằm kích thích tư duy phản biện; Đổi mới phương pháp đánh giá để hạn chế tình trạng “làm bài mà không thực sự suy nghĩ”. Bài viết khẳng định: công nghệ chỉ nên đóng vai trò hỗ trợ, còn con người phải giữ quyền kiểm soát và chịu trách nhiệm cuối cùng trong mọi quyết định học thuật.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo tạo sinh, Lấy con người làm trung tâm, Quyền tự chủ, Tư duy phản biện, Giáo dục đại học.

Abstract:

The rapid advancement of Generative AI (GenAI), exemplified by large language models such as GPT-4, is exerting a profound impact on education. While offering clear benefits in supporting learning and research, GenAI also poses significant challenges to learner autonomy, independent thinking, and academic responsibility. Drawing on an analysis of UNESCO's (2023) global guidance documents, this paper elucidates the "human-centered" approach to the application of GenAI in educational institutions. The analysis reveals three primary risks: (1) the erosion of learner agency; (2) the risk of formulaic thinking; and (3) over-reliance on opaque algorithms. On this basis, the paper proposes a pedagogical action framework comprising: shifting from traditional instruction to a co-design model between learners and AI; utilizing AI as a debating partner to stimulate critical thinking; and innovating assessment methods to mitigate the phenomenon of completing assignments without genuine cognitive engagement. The paper concludes that technology should serve solely in a supportive capacity, while humans must retain control and bear ultimate responsibility for all academic decisions.

Keywords: Generative AI, Human-centered, Autonomy, Critical thinking, Higher education.

1. MỞ ĐẦU

Sự xuất hiện của ChatGPT vào cuối năm 2022 đã tạo nên một bước ngoặt lớn, khi chỉ trong thời gian ngắn ứng dụng này đã thu hút hơn 100 triệu người dùng. Khác với các công nghệ trước đây, AI tạo sinh có khả năng tạo ra văn bản, hình ảnh, mã lập trình... với độ trôi chảy gần giống con người. Điều này đã tạo ra một “cú sốc” đối với giáo dục, buộc chúng ta phải đặt lại những câu hỏi căn bản: Người học cần học gì? Học như thế nào? Và mục tiêu của việc học là gì trong thời đại AI?

Tuy nhiên, song hành với tiềm năng là những lo ngại ngày càng rõ rệt. Nhiều ý kiến cảnh báo rằng người học có thể rơi vào tình trạng “viết mà không nghĩ”, khi quá phụ thuộc vào AI để tạo nội dung mà không thực sự hiểu vấn đề. Trước bối cảnh đó, UNESCO đã ban hành hướng dẫn toàn cầu về việc sử dụng GenAI trong giáo dục, nhấn mạnh cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm.

Bài viết này phân tích các nguyên tắc cốt lõi của hướng dẫn đó và đề xuất những giải pháp sư phạm phù hợp với thực tiễn giáo dục hiện nay.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết: GenAI và cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm

Bản chất của GenAI: Về mặt kỹ thuật, các mô hình như GPT-4 hoạt động dựa trên việc dự đoán xác suất xuất hiện của từ ngữ tiếp theo từ một khối lượng dữ liệu rất lớn. Chúng không thực sự “hiểu” nội dung, không có nhận thức về thế giới thực và đôi khi tạo ra thông tin sai lệch. Ngoài ra, cách vận hành của các mô hình này thường thiếu minh bạch, khó giải thích, còn được gọi là cơ chế “hộp đen”.

Cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm: Theo UNESCO, cách tiếp cận này nhấn mạnh rằng AI phải phục vụ cho sự phát triển của con

người, chứ không thay thế con người. AI cần góp phần thúc đẩy công bằng, bao trùm và phát triển bền vững. Nguyên tắc cốt lõi là: AI không được làm suy giảm trí tuệ, trách nhiệm và quyền tự chủ của con người, mà ngược lại, cần hỗ trợ con người học tập hiệu quả hơn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Bài viết sử dụng phương pháp phân tích tài liệu (document analysis) nhằm tổng hợp và diễn giải các quan điểm lý thuyết liên quan đến việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo tạo sinh trong giáo dục. Quy trình nghiên cứu được thực hiện theo ba bước chính:

1. Lựa chọn tài liệu:

Các tài liệu lựa chọn dựa trên ba tiêu chí:

- Tính chính thống và độ tin cậy cao (báo cáo của các tổ chức quốc tế như UNESCO, các công trình khoa học được bình duyệt);
- Tính cập nhật (ưu tiên các nghiên cứu từ năm 2021–2023 liên quan đến GenAI và giáo dục);
- Tính liên quan trực tiếp đến các chủ đề như quyền tự chủ học tập, tư duy phản biện và đạo đức AI.

2. Phạm vi tài liệu:

Nghiên cứu tập trung vào báo cáo “Guidance for Generative AI in Education and Research” (UNESCO, 2023) làm tài liệu nền tảng, đồng thời đối chiếu với các nghiên cứu về mô hình nền tảng (foundation models), lâm chính học thuật và tác động của AI đến giáo dục đại học.

3. Tiêu chí phân tích:

Các tài liệu được phân tích theo ba trục chính:

- Quan điểm về vai trò của AI trong giáo dục;
- Các rủi ro đối với tư duy và quyền tự chủ của người học;
- Các khuyến nghị sự phạm nhằm đảm bảo cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm.

Thông qua quá trình phân tích và tổng hợp, bài viết xây dựng khung sự phạm “Đồng thiết kế” như một đề xuất mang tính lý luận – ứng dụng phù hợp với bối cảnh giáo dục hiện nay.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Những rủi ro đối với quyền tự chủ và tư duy độc lập

Việc sử dụng GenAI thiếu định hướng có thể dẫn đến ba nguy cơ chính:

1. Suy giảm quyền chủ động của người học: Khi quá lệ thuộc vào AI để đưa ra quyết định hoặc hoàn thành nhiệm vụ, người học có nguy cơ mất dần khả năng tự suy nghĩ và chịu trách nhiệm với lựa chọn của mình.
2. Tư duy rập khuôn, thiếu đa dạng: Do GenAI học từ dữ liệu quá khứ, các câu trả lời thường mang tính phổ biến, an toàn và ít đột phá, từ đó làm giảm sự sáng tạo và tư duy phản biện.
3. Suy giảm kỹ năng nhận thức nền tảng: Việc sử dụng trực tiếp sản phẩm do AI tạo ra có thể khiến người học bỏ qua quá trình phân tích, lập luận và xây dựng ý tưởng – những kỹ năng cốt lõi của học tập.

3.2. Đề xuất khung sự phạm “Đồng thiết kế” giữa người học và GenAI

Trước những nguy cơ mà trí tuệ nhân tạo tạo sinh đặt ra đối với quyền tự chủ và năng lực tư duy của người học, việc cấm đoán hoàn toàn hoặc sử dụng GenAI một cách tự phát đều không phải là giải pháp bền vững. Thay vào đó, giáo dục cần một khung sự phạm mới, trong đó công nghệ được tích hợp có kiểm soát, còn con người giữ vai trò trung tâm trong toàn bộ quá trình học tập. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất khung sự phạm “Đồng thiết kế” – một mô hình học tập trong đó người học và GenAI cùng tham gia vào quá trình kiến tạo tri thức, nhưng với vai trò và trách nhiệm được phân định rõ ràng.

3.2.1. Khái niệm và nguyên tắc của khung sự phạm “Đồng thiết kế”

Khung sự phạm “Đồng thiết kế” được hiểu là cách tổ chức dạy – học trong đó GenAI không đóng vai trò thay thế người học hay người dạy, mà trở thành một đối tác nhận thức hỗ trợ quá trình tư duy của con người. Trong mô hình này, tri thức không được “cung cấp sẵn” bởi AI, mà được hình thành thông qua sự tương tác liên tục giữa người học – AI – giảng viên.

Khung sự phạm này tuân thủ ba nguyên tắc cốt lõi:

- Con người giữ quyền chủ động: Người học là người xác định mục tiêu học tập, đặt câu hỏi, lựa chọn chiến lược và đưa ra quyết định cuối cùng. AI chỉ phản hồi theo yêu cầu và không có quyền tự động chi phối quá trình học tập.

- Tư duy đi trước công cụ: GenAI chỉ được sử dụng sau khi người học đã hình thành ý tưởng ban đầu hoặc giả thuyết sơ bộ, nhằm tránh tình trạng “thuê ngoài tư duy”.

- Trách nhiệm không thể chuyển giao: Mọi sản phẩm học tập đều thuộc trách nhiệm của người học, kể cả khi có sử dụng AI ở các bước hỗ trợ.

3.2.2. Vai trò của các chủ thể trong khung “Đồng thiết kế”

Vai trò của người học: Trong mô hình đồng thiết kế, người học không còn là người tiếp nhận thụ động nội dung học tập, mà trở thành nhà thiết kế quá trình học của chính mình. Người học phải chủ động:

- Xác định vấn đề học tập hoặc nghiên cứu;
- Đặt câu hỏi cho AI một cách có mục tiêu;
- Phân tích, đánh giá và phản biện các phản hồi của AI;
- Kết nối kiến thức do AI cung cấp với trải nghiệm cá nhân và bối cảnh thực tiễn.

Vai trò của GenAI: GenAI đóng vai trò là công cụ hỗ trợ nhận thức, có thể đảm nhận các chức năng như gợi ý ý tưởng, đặt câu hỏi ngược, mô phỏng quan điểm đối lập, hoặc cung cấp phản hồi nhanh. Tuy nhiên, AI không được coi là nguồn tri thức tuyệt đối mà chỉ là nguồn tham khảo cần được kiểm chứng.

Vai trò của giảng viên: Giảng viên chuyển từ vai trò “truyền đạt kiến thức” sang vai trò nhà thiết kế học tập và người điều phối. Nhiệm vụ của giảng viên là thiết kế nhiệm vụ học tập phù hợp, hướng dẫn cách sử dụng AI có trách nhiệm, giám sát quá trình đồng thiết kế và đánh giá năng lực tư duy của người học.

3.2.3. Quy trình sự phạm “Đồng thiết kế” gồm bốn giai đoạn

Khung sự phạm “Đồng thiết kế” được triển khai theo một quy trình bốn giai đoạn, đảm bảo sự tham gia chủ động của người học trong từng bước.

Giai đoạn 1: Khởi tạo vấn đề: Người học bắt đầu bằng việc xác định vấn đề, câu hỏi nghiên cứu hoặc nhiệm vụ học tập dựa trên kiến thức nền và trải nghiệm cá nhân. Ở giai đoạn này, việc sử dụng AI bị hạn chế nhằm khuyến khích người học tự suy nghĩ và hình thành định hướng ban đầu.

Giai đoạn 2: Tương tác có định hướng với GenAI: Sau khi có định hướng, người học sử dụng GenAI để mở rộng ý tưởng, tìm kiếm góc nhìn mới hoặc kiểm tra giả thuyết. Việc tương tác phải có mục tiêu rõ ràng và được ghi lại như một phần của quá trình học tập.

Giai đoạn 3: Phản biện và tinh chỉnh: Người học đánh giá các phản hồi của AI, phát hiện điểm chưa chính xác, thiên lệch hoặc thiếu cơ sở, từ đó điều chỉnh lập luận và giải pháp của mình. Đây là giai đoạn then chốt để phát triển tư duy phản biện và tư duy bậc cao.

Giai đoạn 4: Kiến tạo và trình bày tri thức: Người học tổng hợp kết quả, xây dựng sản phẩm học tập cuối cùng và bảo vệ lập luận của mình trước giảng viên hoặc tập thể. AI không tham gia vào quyết định cuối cùng mà chỉ đóng vai trò tham chiếu.

3.2.4. Các chiến lược sự phạm cụ thể trong khung “Đồng thiết kế”

Để khung “Đồng thiết kế” có thể áp dụng hiệu quả, bài viết đề xuất một số chiến lược sự phạm tiêu biểu:

- AI như đối thủ Socrate: AI đưa ra các câu hỏi phản biện hoặc lập luận trái chiều, buộc người học phải giải thích, bảo vệ và làm rõ quan điểm của mình.
- AI như cố vấn học tập dự án: AI hỗ trợ thu thập thông tin, gợi ý phương pháp, nhưng người học phải tự kiểm chứng và áp dụng trong bối cảnh thực tế.
- AI như huấn luyện viên cá nhân: AI cung cấp phản hồi tức thì về kỹ năng (viết, lập trình), trong khi người học phân tích lỗi sai và cải thiện năng lực bản thân.

3.2.5. Giá trị sự phạm của khung “Đồng thiết kế”

Khung sự phạm “Đồng thiết kế” mang lại nhiều giá trị quan trọng:

- Bảo vệ và tăng cường quyền tự chủ của người học;
- Phát triển tư duy phản biện và tư duy sáng tạo;
- Hình thành năng lực làm việc với AI một cách có trách nhiệm;

Góp phần xây dựng môi trường giáo dục nhân văn trong kỷ nguyên số.

3.2.6. Ví dụ minh họa triển khai trong thực tiễn lớp học

Để làm rõ khả năng ứng dụng của khung sư phạm “Đồng thiết kế”, có thể xem xét một tình huống triển khai trong học phần Lập trình Java cơ bản tại bậc đại học.

Tình huống dạy học:

Chủ đề: Thiết kế chương trình quản lý danh sách sinh viên.

Giai đoạn 1 – Khởi tạo vấn đề:

- Sinh viên được yêu cầu tự đề xuất cách tổ chức dữ liệu (mảng, danh sách, lớp đối tượng) và phác thảo thuật toán mà không sử dụng AI.

Giai đoạn 2 – Tương tác với GenAI:

- Sinh viên sử dụng GenAI để:
- Gợi ý cách tối ưu cấu trúc lớp;
- So sánh giữa ArrayList và LinkedList;
- Đề xuất cách xử lý ngoại lệ.

Giai đoạn 3 – Phản biện:

Sinh viên phải:

- Phân tích điểm chưa hợp lý trong mã do AI đề xuất;
- Kiểm tra lỗi logic hoặc hiệu năng;
- So sánh với giải pháp ban đầu của mình.

Giai đoạn 4 – Kiến tạo tri thức:

- Sinh viên hoàn thiện chương trình và trình bày;
- Những gì học được từ AI;
- Những điểm AI sai hoặc chưa tối ưu;
- Quyết định cuối cùng của bản thân.

Giá trị đạt được:

- Sinh viên không chỉ “dùng AI” mà học cách đánh giá AI
- Tăng khả năng tư duy thuật toán và phản biện
- Giữ được quyền kiểm soát quá trình học tập

Ví dụ này cho thấy khung “Đồng thiết kế” có thể triển khai linh hoạt trong các học phần kỹ thuật, đồng thời vẫn đảm bảo phát triển năng lực tư duy của người học.

3.3. Đổi mới phương pháp đánh giá trong kỷ nguyên GenAI

Sự phát triển của GenAI đặt ra thách thức đối với các phương pháp đánh giá truyền thống, vốn chủ yếu dựa trên sản phẩm cuối cùng. Khi AI có thể tạo ra nội dung hoàn chỉnh, việc đánh giá cần chuyển trọng tâm sang quá trình tư duy và năng lực thực sự của người học.

Ba định hướng chính bao gồm:

3.3.1. Đánh giá quá trình thay vì chỉ đánh giá kết quả:

Tập trung vào cách người học đặt câu hỏi, tương tác với AI, phân tích và cải tiến kết quả. Các hình thức như nhật ký học tập, báo cáo quá trình hoặc vấn đáp giúp phản ánh rõ năng lực tư duy.

3.3.2. Đánh giá tư duy bậc cao

Thiết kế nhiệm vụ yêu cầu phân tích, phản biện và giải quyết vấn đề trong bối cảnh thực tiễn. AI được sử dụng như một đối tượng để đánh giá, thay vì công cụ thay thế tư duy.

3.3.3. Đánh giá năng lực con người và giá trị đạo đức:

Chú trọng trách nhiệm học thuật, khả năng hợp tác và nhận thức về tác động xã hội. Các hình thức như dự án nhóm, phản biện đạo đức và đánh giá đồng đẳng giúp làm nổi bật yếu tố con người.

Việc đổi mới đánh giá không chỉ nhằm thích ứng với công nghệ mà còn góp phần bảo vệ mục tiêu cốt lõi của giáo dục: phát triển tư duy độc lập và trách nhiệm cá nhân.

4. KẾT LUẬN

Cách tiếp cận lấy con người làm trung tâm không phủ nhận vai trò của AI, mà giúp định vị lại mối quan hệ giữa con người và công nghệ. GenAI nên được xem là công cụ mở rộng trí tuệ con người, không phải là sự thay thế cho tư duy.

Nếu giáo dục cho phép người học “giao phó” toàn bộ quá trình suy nghĩ cho máy móc, thì đó chính là đánh mất mục tiêu cốt lõi của việc học. Giáo dục trong kỷ nguyên AI cần hướng tới việc đào tạo những con người làm chủ công nghệ, có tư duy độc lập, có trách nhiệm và có nền tảng giá trị nhân văn vững chắc. Chỉ khi đó, AI mới thực sự trở thành động lực cho một tương lai giáo dục bền vững và nhân bản.

Tài liệu tham khảo

1. UNESCO. (2023). "Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO". (Các trích dẫn trong bài được tham chiếu theo số thứ tự đoạn văn từ tài liệu gốc).
2. Anders, B. A. (2023). "Is using ChatGPT cheating, plagiarism, both, neither, or forward thinking? Patterns, 4(3)". (Về vấn đề liên chính học thuật và đạo văn)
3. Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). "On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM". Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. (Cơ sở cho lập luận về "con vẹt ngẫu nhiên" và rủi ro thiên kiến)
4. Bommasani, R. et al. (2021). "On the Opportunities and Risks of Foundation Models". Stanford University. (Về khái niệm mô hình nền tảng và EdGPT)
5. Dwivedi, Y. K. et al. (2023). "So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy". International Journal of Information Management, 71. (Về các tranh luận đa chiều trong nghiên cứu)
6. Nazaretsky, T., Cukurova, M., & Alexandron, G. (2022). "An Instrument for Measuring Teachers' Trust in AI-Based Educational Technology". LAK22: 12th International Learning Analytics and Knowledge Conference. (Về niềm tin của giáo viên đối với công nghệ AI)
7. Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2022). "Chương trình chuyển đổi số trong giáo dục và đào tạo đến năm 2025, định hướng đến năm 2030". Hà Nội.
8. Bộ Thông tin và Truyền thông. (2021). "Chiến lược quốc gia về phát triển trí tuệ nhân tạo đến năm 2030". Hà Nội.
9. Nguyễn Văn Cường, Trần Thị Minh Hằng. (2023). "Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giáo dục đại học tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức". *Tạp chí Giáo dục*.

XÂY DỰNG HỆ SINH THÁI SỐ TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ TRONG BỐI CẢNH CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0

Nguyễn Quốc Khánh*

Khoa Công nghệ thông tin

*Email: itkhanh@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0, chuyển đổi số tại các cơ sở giáo dục đại học không chỉ dừng lại ở việc ứng dụng công nghệ mà còn hướng tới xây dựng một hệ sinh thái số toàn diện. Bài báo này tập trung nghiên cứu thực trạng và đề xuất mô hình hệ sinh thái số (Digital Ecosystem) phù hợp với đặc thù đào tạo kỹ thuật tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì (VUI). Trên cơ sở sử dụng phương pháp phân tích hệ thống kết hợp với khảo sát thực trạng hạ tầng công nghệ thông tin và năng lực số của cán bộ, sinh viên tại nhà trường. Tác giả đề xuất mô hình hệ sinh thái số tích hợp 4 lớp (Hạ tầng, Dữ liệu, Ứng dụng và Chủ thể) lấy dữ liệu tập trung làm cốt lõi. Điểm nhấn của nghiên cứu là giải pháp ứng dụng phòng thí nghiệm ảo (Virtual Labs) và phân tích dữ liệu học tập (Learning Analytics) để cá nhân hóa trải nghiệm người học. Cuối cùng, nghiên cứu đưa ra lộ trình triển khai 3 giai đoạn nhằm tối ưu hóa quản trị và nâng cao chất lượng đào tạo. Đây là tài liệu tham khảo quan trọng cho việc hoạch định chiến lược chuyển đổi số bền vững tại nhà trường.

Từ khóa: Chuyển đổi số, Hệ sinh thái số, Đại học Công nghiệp Việt Trì, EdTech, Quản trị đại học.

Abstract:

In the context of the Fourth Industrial Revolution, digital transformation in higher education institutions extends beyond mere technology adoption to encompass the development of a comprehensive digital ecosystem. This paper investigates the current state of digital transformation and proposes a Digital Ecosystem model tailored to the specific context of technical education at Viet Tri University of Industry (VUI). Employing a systems analysis approach combined with surveys on the current IT infrastructure and the digital competencies of faculty and students, the author proposes a four-layer integrated digital ecosystem model (Infrastructure, Data, Application, and Actors) with centralized data as its core. A key highlight of this research is the proposed application of Virtual Labs and Learning Analytics to personalize the learner experience. Finally, the study outlines a three-phase implementation roadmap aimed at optimizing governance and enhancing the quality of education. This study serves as a crucial reference for formulating a sustainable digital transformation strategy at the university.

Keywords: Digital Transformation, Digital Ecosystem, Viet Tri University of Industry, EdTech, University Governance.

1. MỞ ĐẦU

Trong kỷ nguyên Cách mạng Công nghiệp lần thứ tư (CMCN 4.0), giáo dục đại học đang trải qua sự chuyển dịch từ các công cụ rời rạc sang các Hệ sinh thái số toàn diện [1]. Đối với Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, việc xây dựng hệ sinh thái số là chiến lược then chốt để thích ứng với các yêu cầu mới từ Chính phủ về tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin và chuyển đổi số trong giáo dục [2].

Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, với bề dày lịch sử trong đào tạo nguồn nhân lực kỹ thuật, đang đứng trước những cơ hội và thách thức chưa từng có. Việc xây dựng hệ sinh thái số tại nhà trường trở nên cấp thiết bởi ba lý do cốt lõi [3]:

- Thứ nhất, sự thay đổi trong hành vi của người học: Sinh viên thời đại số (Gen Z) đòi hỏi một môi trường học tập linh hoạt, cá nhân hóa và có khả

năng tương tác cao. Các phương pháp giảng dạy truyền thống dựa trên diễn giảng đơn thuần không còn đủ sức hấp dẫn và hiệu quả.

- Thứ hai, yêu cầu về tối ưu hóa quản trị: Với cấu trúc đa cơ sở (cơ sở Việt Trì và cơ sở Xuân Lũng), việc quản lý thủ công hoặc qua các phần mềm rời rạc dẫn đến sự phân mảnh dữ liệu. Hệ sinh thái số sẽ giúp đồng bộ hóa dòng chảy thông tin, giúp Ban Giám hiệu ra quyết định dựa trên dữ liệu.

- Thứ ba, sự dịch chuyển của thị trường lao động: Các doanh nghiệp đối tác hiện nay không chỉ yêu cầu kiến thức chuyên môn mà còn đòi hỏi kỹ năng số từ sinh viên. Việc cho sinh viên đắm mình trong một hệ sinh thái số ngay từ khi ngồi trên ghế nhà trường là cách tốt nhất để chuẩn bị cho sự thích nghi nghề nghiệp sau này.

Tuy nhiên, quá trình này tại nhà trường vẫn đang gặp phải những điểm nghẽn về tính kết nối giữa các hệ thống và tư duy chuyển đổi của một bộ phận cán bộ, giảng viên. Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích thực trạng và đề xuất một mô hình hệ sinh thái số phù hợp với đặc thù của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì. Đây không chỉ là một giải pháp kỹ thuật, mà là chiến lược để VUI khẳng định vị thế của một trường đại học công nghiệp hiện đại, năng động và sáng tạo. Đồng thời, đây là bước đi bắt buộc để nhà trường đạt được các tiêu chuẩn về mức độ chuyển đổi số do Bộ Giáo dục và Đào tạo quy định [4].

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết về hệ sinh thái số

* Khái niệm Hệ sinh thái số

Trong lĩnh vực công nghệ giáo dục, hệ sinh thái số không chỉ đơn thuần là tập hợp các phần mềm hay thiết bị phần cứng. Nó được hiểu là một mạng lưới thích ứng bao gồm các thực thể: Con người (giảng viên, sinh viên, nhà quản lý), quy trình đào tạo và các công cụ công nghệ. Các thành phần này tương tác chặt chẽ với nhau trên môi trường số để tạo ra giá trị gia tăng cho việc dạy và học [5].

Đặc điểm cốt lõi của một hệ sinh thái số bền vững là tính tương tác (interoperability) và tính mở (openness), cho phép các dữ liệu luân chuyển không rào cản giữa các phân hệ khác nhau.

* Các thành phần cấu thành hệ sinh thái số giáo dục

Dựa trên mô hình của các chuyên gia giáo dục hàng đầu, một hệ sinh thái số trong đại học công nghiệp bao gồm 4 tầng (layer) nền tảng: [6]

- Tầng hạ tầng kỹ thuật (Infrastructure Layer): Là khung xương của hệ thống, bao gồm mạng kết nối tốc độ cao (5G/Wi-Fi 6), hệ thống máy chủ (Cloud Server) và các thiết bị phòng thí nghiệm thông minh (Smart Labs).

- Tầng dữ liệu (Data Layer): Được coi là "mạch máu" của hệ sinh thái. Tại đây, mọi tương tác của người học được ghi nhận thông qua Big Data. Dữ liệu từ hệ thống quản lý đào tạo (SIS), hệ thống quản lý học tập (LMS) và hệ thống quản lý tài chính phải được tích hợp đồng bộ.

- Tầng ứng dụng và dịch vụ (Service Layer): Bao gồm các phần mềm dạy học trực tuyến, thư

viện số, thực tế ảo (VR/AR) trong thực hành kỹ thuật, và các công cụ hỗ trợ dựa trên trí tuệ nhân tạo (AI).

- Tầng chủ thể và văn hóa số (User & Culture Layer): Thành phần quan trọng nhất chính là con người. Năng lực số (Digital Literacy) của giảng viên và sinh viên, cùng với các quy định, chính sách của nhà trường tạo nên "môi trường sống" cho hệ sinh thái phát triển.

* Vai trò của công nghệ giáo dục trong hệ sinh thái số

Công nghệ giáo dục (EdTech) đóng vai trò là tác nhân chuyển hóa các nội dung đào tạo truyền thống sang các định dạng số hóa có khả năng tương tác cao. Các lý thuyết học tập hiện đại như Lý thuyết kết nối của George Siemens nhấn mạnh rằng học tập trong thời đại số là quá trình kết nối các nút thông tin. Hệ sinh thái số chính là môi trường lý tưởng để hiện thực hóa lý thuyết này, cho phép sinh viên kỹ thuật tiếp cận kiến thức từ nhiều nguồn: bài giảng của thầy cô, tài liệu từ doanh nghiệp và cộng đồng nghiên cứu quốc tế.

* Xu hướng cá nhân hóa học tập

Trong hệ sinh thái số, nhờ vào phân tích dữ liệu, hệ thống có khả năng nhận diện điểm mạnh, điểm yếu của từng sinh viên. Đối với đặc thù trường Công nghiệp Việt Trì, việc cá nhân hóa giúp sinh viên có lộ trình rèn luyện kỹ năng nghề nghiệp riêng biệt, phù hợp với năng lực cá nhân và nhu cầu của thị trường lao động.

2.2. Thực trạng và thách thức tại trường đại học Công nghiệp Việt Trì

Để đánh giá thực trạng, nghiên cứu tiến hành khảo sát định lượng thông qua bảng hỏi trực tuyến (Google Forms) trong tháng 10/2025. Đối tượng khảo sát bao gồm 150 cán bộ giảng viên và 500 sinh viên tại cả hai cơ sở Việt Trì và Xuân Lũng. Công cụ thu thập tập trung vào 3 nhóm chỉ số: Hạ tầng thiết bị, năng lực khai thác công cụ số và mức độ sẵn sàng thay đổi phương pháp dạy-học

* Thực trạng hạ tầng và ứng dụng công nghệ hiện tại

Trong những năm qua, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã có những bước tiến đáng kể trong việc hiện đại hóa môi trường giáo dục:

- Về hạ tầng mạng: Cả hai cơ sở (Việt Trì và Xuân Lũng) đã được phủ sóng Wi-Fi và kết nối

cáp quang tốc độ cao, đảm bảo việc truy cập Internet cho cán bộ và sinh viên.

- Về phần mềm quản lý: Nhà trường đã đưa vào vận hành hệ thống quản lý đào tạo trực tuyến, phần mềm quản lý tài chính và thư viện số. Việc đăng ký học phần và tra cứu điểm đã được thực hiện 100% trên môi trường mạng.

- Về học liệu số: Các khoa chuyên ngành đã bắt đầu xây dựng kho bài giảng điện tử và ứng dụng các phần mềm mô phỏng kỹ thuật trong giảng dạy (như AutoCAD, Proteus, Matlab,...), giúp sinh viên tiếp cận gần hơn với thực tế sản xuất.

* Những tồn tại và "nút thắt" trong quá trình chuyển đổi

Mặc dù đã có nền tảng ban đầu, nhưng việc hình thành một "Hệ sinh thái số" đúng nghĩa vẫn đang đối mặt với nhiều rào cản:

- Sự rời rạc của dữ liệu: Đây là hạn chế lớn nhất. Các hệ thống phần mềm hiện tại (Đào tạo, Công tác sinh viên, Tài chính, Thư viện) chưa được tích hợp đồng bộ. Dữ liệu chưa "chảy" thông suốt giữa các phòng ban, dẫn đến tình trạng một sinh viên phải khai báo thông tin nhiều lần và nhà trường khó có cái nhìn toàn cảnh về hành trình của người học.

- Hạ tầng phục vụ thực hành số còn hạn chế: Là một trường đại học công nghiệp, nhu cầu về các phòng thí nghiệm ảo (Virtual Labs) và mô phỏng thực tế tăng cao, nhưng việc đầu tư cho các hệ thống này đòi hỏi nguồn kinh phí lớn và đội ngũ vận hành chuyên sâu.

- Mức độ sẵn sàng số của đội ngũ: Mặc dù giảng viên có trình độ chuyên môn cao, nhưng việc chuyển đổi phương pháp sư phạm sang môi trường số (như thiết kế bài giảng tương tác, đánh giá online) vẫn chưa đồng đều. Một bộ phận vẫn coi công nghệ chỉ là công cụ hỗ trợ trình chiếu thay vì là môi trường tương tác chính.

* Các thách thức chính

Dựa trên bối cảnh đặc thù của VUI, quá trình xây dựng hệ sinh thái số đang đứng trước 3 thách thức lớn:

- Thách thức về kinh phí: Chuyển đổi số không phải là việc mua sắm thiết bị một lần, mà là quá trình đầu tư liên tục vào hạ tầng đám mây, bảo mật dữ liệu và cập nhật phần mềm.

- Thách thức về an ninh mạng: Khi toàn bộ dữ liệu quản lý và học tập đưa lên môi trường số, rủi ro về tấn công mạng và rò rỉ thông tin cá nhân trở thành vấn đề cấp thiết cần được ưu tiên hàng đầu.

- Thách thức về thay đổi tư duy: Thách thức khó khăn nhất không nằm ở công nghệ mà ở con người. Việc thay đổi thói quen làm việc từ giấy tờ, trực tiếp sang quy trình số và tự động hóa đòi hỏi sự quyết tâm lớn từ mọi cấp quản lý đến từng sinh viên.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình hệ sinh thái số VUI-Digital Ecosystem

Dựa trên các đặc thù về đào tạo kỹ thuật công nghiệp và thực trạng của nhà trường, tôi đề xuất mô hình hệ sinh thái số theo kiến trúc 4 lớp tích hợp, lấy dữ liệu và người học làm trung tâm. Mô hình này không chỉ kết nối các phần mềm mà còn tạo ra một môi trường làm việc cộng tác thông minh.

- **Lớp 1: Hạ tầng số:** Nâng cấp hệ thống máy chủ hiện tại lên mô hình Hybrid Cloud (Đám mây hỗn hợp). Điều này giúp nhà trường vừa lưu trữ dữ liệu nhạy cảm nội bộ, vừa tận dụng sức mạnh tính toán từ các nền tảng như Google Workspace hoặc Microsoft Azure cho các công cụ học tập.

- **Lớp 2: Trục tích hợp dữ liệu:** Đây là "trái tim" của hệ sinh thái. Thay vì để các phần mềm Đào tạo, Tài chính, Thư viện rời rạc, chúng ta xây dựng một trục kết nối để dữ liệu được đồng bộ hóa. Khi sinh viên đóng học phí, trạng thái trên hệ thống LMS và Thư viện sẽ tự động được kích hoạt ngay lập tức.

- **Lớp 3: Nền tảng học tập và Quản trị:** LMS thông minh (Smart LMS): Sử dụng các nền tảng như Moodle hoặc Canvas tích hợp công cụ học trực tuyến và đặc biệt là các phần mềm mô phỏng (Simulations) cho khối ngành Hóa, Điện, Cơ khí.

Hệ văn phòng số (Chuyển đổi toàn bộ quy trình ký duyệt văn bản, lịch công tác sang môi trường phi giấy tờ.

- **Lớp 4: Cổng giao tiếp đa kênh:** Sinh viên và giảng viên tiếp cận hệ sinh thái qua một "Siêu ứng dụng" (VUI App) tích hợp mọi tính năng từ thẻ sinh viên ảo, điểm danh thông minh đến tư vấn hướng nghiệp.

Mặc dù được thiết kế dựa trên đặc thù của VUI, mô hình hệ sinh thái 4 lớp này hoàn toàn có khả

năng nhân rộng cho các trường đại học kỹ thuật địa phương có cấu trúc đa cơ sở và đang trong giai đoạn đầu của chuyển đổi số. Các thành phần về 'Trực tích hợp dữ liệu' và 'Phòng thí nghiệm ảo' là module tiêu chuẩn có thể tùy biến theo quy mô tài chính của từng đơn vị.

3.2. Giải pháp đột phá trong đào tạo kỹ thuật

* Giải pháp chuyển đổi số trong đào tạo kỹ thuật (Smart Lab & VR)

Một điểm nhấn riêng cho Đại học Công nghiệp Việt Trì là xây dựng các Phòng thí nghiệm ảo (Virtual Labs).

Ứng dụng công nghệ thực tế ảo (VR) và thực tế tăng cường (AR) giúp sinh viên có thể thực hành các quy trình vận hành nhà máy hóa chất hoặc lắp ráp động cơ trong không gian ảo trước khi thực hiện trên thiết bị thực tế.

Giải pháp này giúp giảm thiểu chi phí vật tư và đảm bảo an toàn tuyệt đối cho người học.

* Cá nhân hóa trải nghiệm người học bằng Learning Analytics

Hệ sinh thái sẽ thu thập dữ liệu về thời gian sinh viên truy cập bài giảng, kết quả các bài kiểm tra ngắn (quiz). Từ đó, hệ thống AI sẽ phân tích và đưa ra:

Cảnh báo học tập: Tự động gửi thông báo cho sinh viên có dấu hiệu sa sút.

Gợi ý lộ trình: Đề xuất các khóa học bổ trợ kỹ năng mềm hoặc chứng chỉ ngoại ngữ tùy theo tốc độ tiếp thu của từng cá nhân.

* Kết nối hệ sinh thái với cộng đồng doanh nghiệp

Xây dựng một phân hệ dành riêng cho các doanh nghiệp đối tác. Tại đây, doanh nghiệp có thể:

Truy cập kho hồ sơ năng lực của sinh viên năm cuối.

Đặt hàng các đề tài nghiên cứu hoặc cung cấp các bài giảng thực tế từ quy trình sản xuất của họ vào hệ thống học liệu của nhà trường.

3.3. Lộ trình triển khai thực tiễn

Việc xây dựng hệ sinh thái số tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì không thể thực hiện trong một sớm một chiều. Tôi đề xuất lộ trình triển khai theo mô hình "cuốn chiếu" gồm 3 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Chuẩn hóa và Kết nối (Năm thứ nhất)

Mục tiêu: Xây dựng "xương sống" cho hệ sinh thái.

Hành động cụ thể:

- Tích hợp dữ liệu từ các phần mềm rời rạc vào một kho dữ liệu dùng chung (Data Warehouse).

- Triển khai hệ thống định danh duy nhất (SSO) cho toàn thể cán bộ, giảng viên và sinh viên.

- Nâng cấp hạ tầng mạng tại các khu vực thực hành và giảng đường trung tâm.

Giai đoạn 2: Số hóa toàn diện và Trải nghiệm người dùng (Năm thứ hai)

Mục tiêu: Đưa toàn bộ hoạt động dạy, học và quản lý lên môi trường số.

Hành động cụ thể:

- Triển khai đồng bộ hệ thống Smart LMS và xây dựng ít nhất 30% học liệu số cho các ngành mũi nhọn.

- Ra mắt ứng dụng di động VUI App để tối ưu hóa tương tác.

- Tổ chức các khóa bồi dưỡng chuyên sâu về phương pháp dạy học số cho giảng viên.

Giai đoạn 3: Thông minh hóa và Kết nối mở (Năm thứ ba trở đi)

Mục tiêu: Ứng dụng AI và Big Data để nâng cao chất lượng.

Hành động cụ thể:

- Triển khai hệ thống phân tích học tập (Learning Analytics) để dự báo và cá nhân hóa lộ trình học tập.

- Mở rộng hệ sinh thái tới các doanh nghiệp đối tác thông qua cổng thông tin tuyển dụng và thực tập trực tuyến.

- Xây dựng bản sao số (Digital Twin) cho một số phòng thí nghiệm trọng điểm.

4. KẾT LUẬN

Xây dựng hệ sinh thái số tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì là một nhiệm vụ chiến lược, có tính chất quyết định đến sự phát triển bền vững của nhà trường trong thời đại 4.0. Qua nghiên cứu, chúng tôi nhận thấy rằng:

Công nghệ chỉ là công cụ: Thành công của chuyển đổi số phụ thuộc 20% vào công nghệ và 80% vào sự thay đổi tư duy, kỹ năng của con người.

Dữ liệu là tài sản: Việc phá bỏ các "ốc đảo dữ liệu" để tạo ra dòng chảy thông tin thông suốt là điều kiện tiên quyết.

Lấy người học làm trung tâm: Mọi sự thay đổi trong hệ sinh thái đều phải hướng tới việc tối ưu hóa trải nghiệm và cơ hội việc làm cho sinh viên.

Với tiềm năng về đội ngũ và sự quyết tâm của lãnh đạo nhà trường, mô hình hệ sinh thái số được đề xuất sẽ là nền tảng vững chắc để VUI bứt phá, trở thành một ngôi trường thông minh, cung cấp nguồn nhân lực kỹ thuật chất lượng cao cho đất nước.

Tài liệu tham khảo

1. H. T. Giang (2024), "Chuyển đổi số trong giáo dục đại học – cơ hội và thách thức đối với học viên, sinh viên," *Tạp chí Thiết bị Giáo dục*, số 306, tr. 15-20.
2. Thủ tướng Chính phủ (2022), "Quyết định số 131/QĐ-TTg phê duyệt Đề án Tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin và chuyển đổi số trong giáo dục và đào tạo giai đoạn 2022-2025, định hướng đến năm 2030," *Hà Nội*.
3. Gartner (2023), "Top Strategic Technology Trends in Higher Education for 2024," *Gartner Research*, Tech. Rep.
4. Bộ Giáo dục và Đào tạo (2022), "Quyết định số 4725/QĐ-BGDĐT ban hành Bộ chỉ số đánh giá mức độ chuyển đổi số của cơ sở giáo dục đại học," *Hà Nội*.
5. G. Siemens (2025), "Connectivism: A learning theory for the digital age," *Int. J. Instructional Technol. Distance Learn.*, vol. 2, no. 1, pp. 3-10.
6. W. H. Dutton (2020), "The Digital Academy: The Networked University of the Future," *Oxford Internet Institute*, University of Oxford, Working Paper.

BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ TỰ ĐIỀU CHỈNH

Nguyễn Đắc Nam*, Nguyễn Đức Toàn

Khoa Điện

*Email: namnd@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Các đối tượng điều khiển phi tuyến xuất hiện phổ biến trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật và công nghiệp, đặc trưng bởi tính bất định, tham số biến thiên và chịu ảnh hưởng mạnh của nhiễu. Các phương pháp điều khiển tuyến tính truyền thống thường không đáp ứng được yêu cầu chất lượng điều khiển trên toàn miền làm việc. Bài báo này trình bày tổng quan về phương pháp sử dụng bộ điều khiển mờ tự chỉnh trong điều khiển đối tượng phi tuyến, làm rõ nguyên lý, cấu trúc, ưu điểm và những thách thức khi áp dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy bộ điều khiển mờ tự chỉnh là một giải pháp hiệu quả nhằm nâng cao tính thích nghi và độ bền vững của hệ thống điều khiển phi tuyến.

Từ khóa: Điều khiển mờ, mờ tự chỉnh, hệ phi tuyến.

Abstract:

Nonlinear plants are widely encountered in various engineering and industrial fields, characterized by uncertainties, time-varying parameters, and significant susceptibility to disturbances. Traditional linear control methods often fail to meet control performance requirements across the entire operating range. This paper presents an overview of the application of self-tuning fuzzy controllers for nonlinear plants, elucidating their operating principles, structure, advantages, and implementation challenges. The research results demonstrate that the self-tuning fuzzy controller is an effective solution for enhancing the adaptability and robustness of nonlinear control systems.

Keywords: Fuzzy control, Self-tuning fuzzy control, Nonlinear systems.

1. GIỚI THIỆU

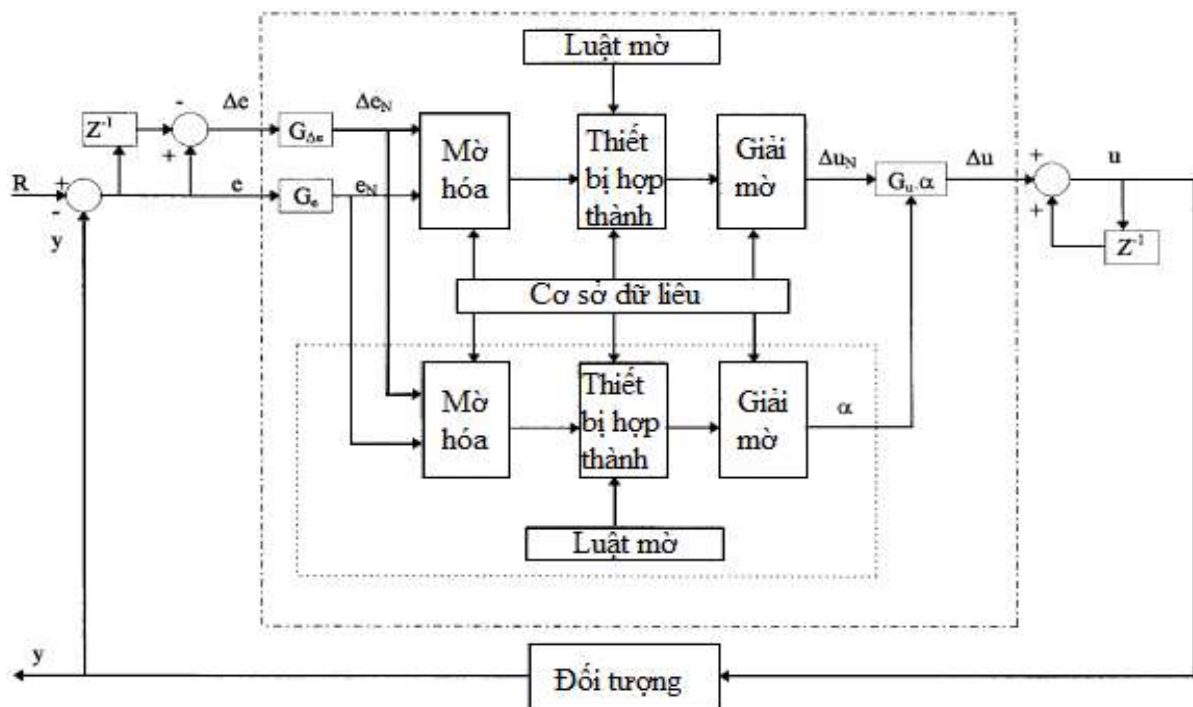
Trong thực tế, nhiều hệ thống điều khiển có đặc tính phi tuyến mạnh, chẳng hạn như hệ truyền động điện, robot công nghiệp, hệ thống năng lượng và các quá trình công nghệ phức tạp. Việc xây dựng mô hình toán học chính xác cho các hệ này thường gặp nhiều khó khăn do ảnh hưởng của nhiễu, phi tuyến không xác định và tham số thay đổi theo thời gian [1].

Các phương pháp điều khiển tuyến tính như PID (Proportional Integral Derivative) hoặc điều khiển tối ưu tuyến tính chỉ cho hiệu quả tốt trong phạm vi hẹp quanh điểm làm việc [2]. Do đó, nhu cầu phát triển các phương pháp điều khiển thông minh, có khả năng thích nghi với sự thay đổi của hệ thống, ngày càng trở nên cấp thiết. Trong điều kiện đó, bộ điều khiển mờ tự chỉnh STFC (Self Turning Fuzzy Controller) đã được đề xuất và ứng dụng như một giải pháp phù hợp cho điều khiển các đối tượng phi tuyến phức tạp.

Trong phương pháp này, FC (Fuzzy Controller) được điều chỉnh trực tuyến (tức là điều chỉnh trong khi bộ điều khiển đang hoạt động) bằng cách nhân giá trị đầu ra của FC với một hệ số cập nhật (α). Các giá trị của α được xác định dựa trên các luật mờ theo sai lệch $e(t)$ và đạo hàm sai lệch $de(t)$. Cơ chế tự điều chỉnh được áp dụng cho bộ FC kiểu PI (Proportional Integral) trong các thí nghiệm mô phỏng với mô hình đối tượng dao động bậc 2 và có thời gian trễ lớn. Các kết quả mô phỏng đều cho thấy rằng phương pháp này có chất lượng điều khiển tốt hơn so với các bộ điều khiển PID truyền thống.

2. NỘI DUNG

Cấu trúc STFC gồm bộ FC là bộ điều khiển mờ thông thường và bộ SF (Self Turning Fuzzy) là bộ chỉnh định mờ. FC và SF có cùng đầu vào là e và Δe , đầu ra của FC là Δu_N , đầu ra của SF là α . Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PI-STFC

Trong đó:

Hệ số điều chỉnh đầu vào là G_e và $G_{\Delta e}$ có nhiệm vụ giúp căn chỉnh đầu vào e và Δe tương ứng thành các giá trị e_N và Δe_N sao cho các giá trị này nằm trong đoạn $[-1 \div 1]$. Hệ số điều chỉnh đầu ra là G_u có chức năng căn chỉnh đầu ra của bộ điều khiển Δu_N thành giá trị điều khiển thực Δu . Đối với bộ FC thông thường thì đầu ra điều khiển Δu_N được biến đổi trực tiếp thành giá trị đầu ra thực Δu bởi hệ số căn chỉnh G_u . Còn đối với bộ điều khiển STFC, giá trị đầu ra thực không những phụ thuộc G_u mà còn phụ thuộc cả hệ số cập nhật α và được xác định theo công thức (1):

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k) \quad (1)$$

Các mối quan hệ giữa các hệ số điều chỉnh và các biến đầu vào/ra của bộ điều khiển mờ tự chỉnh được xác định như sau:

$$e_N = e \cdot G_e \quad (2)$$

$$\Delta e_N = \Delta e \cdot G_{\Delta e} \quad (3)$$

$$\Delta u = \Delta u_N \cdot G_u \cdot \alpha \quad (4)$$

2.1. Biến ngôn ngữ

Từ Hình 1 ta thấy, bộ điều khiển FC có hai đầu vào là e và Δe đầu ra là Δu_N . Giá trị ngôn ngữ của các đầu vào/ra cùng có 7 giá trị ngôn ngữ là:

NB: Negative Big (Âm lớn)

NM: Negative Medium (Âm trung bình)

NS: Negative Small (Âm nhỏ)

ZE: Zero (Không)

PS: Positive Small (Dương nhỏ)

PM: Positive Medium (Dương trung bình)

PB: Positive Big (Dương lớn)

Giá trị vật lý của các biến ngôn ngữ vào/ ra nằm trong đoạn $[-1 \div 1]$

Bộ chỉnh định mờ SF có chung đầu vào với bộ điều khiển FC, đầu ra của bộ chỉnh định mờ SF là α có 7 giá trị ngôn ngữ là:

ZE: Zero (Không)

VS: Very Small (Rất nhỏ)

S: Small (Nhỏ)

SB: Small Big (Lớn nhỏ)

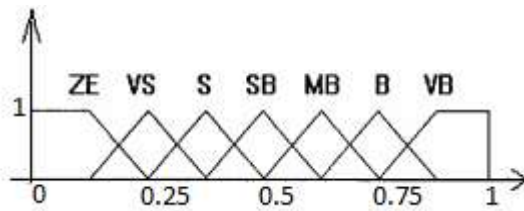
MB: Medium Big (Lớn trung bình)

B: Big (Lớn)

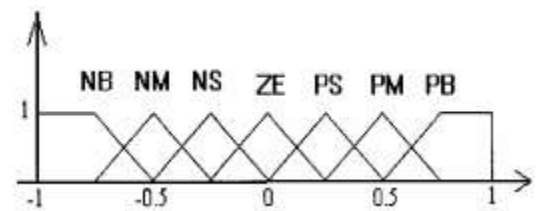
VB: Very Big (Rất lớn)

Giá trị vật lý của α nằm trong khoảng $[0 \div 1]$

2.2. Hàm liên thuộc



Hình 2. Hàm liên thuộc của e và Δe và Δu_N



Hình 3. Hàm liên thuộc của α

2.1.3. Luật hợp thành

Sự thay đổi trong đầu ra bộ điều khiển FC (Δu_N) được xác định bởi các luật mờ có dạng như sau:

Nếu e là NB và Δe là NB **thì** Δu_N là NB

Nếu e là PB và Δe là PB **thì** Δu_N là PB

Các luật hợp thành để tính toán Δu_N được cho trong Bảng 1

Bảng 1. Ma trận luật hợp thành tính Δu_N

$e \backslash \Delta e$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS	NS	ZE
NM	NB	NM	NM	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NM	NS	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PS	PM	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PM	PM	PB
PB	ZE	PS	PS	PM	PB	PB	PB

Nếu e là NM và Δe là NB **thì** Δu_N là NB

Nếu e là NS và Δe là NB **thì** Δu_N là NB

.....

Bảng 2. Ma trận luật hợp thành tính α

$e \backslash \Delta e$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	VB	VB	VB	B	SB	S	ZE
NM	VB	VB	B	B	MB	S	VS
NS	VB	MB	B	VB	VS	S	VS
ZE	S	SB	MB	ZE	MB	SB	S
PS	VS	S	VS	VB	B	MB	VB
PM	VS	S	MB	B	B	VB	VB
PB	ZE	S	SB	B	VB	VB	VB

Hệ số cập nhật α được tính bằng cách sử dụng luật mờ có dạng:

Nếu e là NB và Δe là NB **thì** α là VB

Nếu e là NM và Δe là NB **thì** α là VB

Nếu e là NS và Δe là NB **thì** α là VB

.....

Nếu e là PB và Δe là PB **thì** α là VB

Các luật hợp thành để tính toán α được cho trong Bảng 2.

Từ công thức (4) ta thấy rằng đầu ra của bộ điều khiển tự chỉnh phụ thuộc vào $\alpha \cdot G_u$. Với bộ điều khiển FC thông thường thì giá trị G_u luôn chỉ là một hằng số. Nhưng đối với bộ STFC thì độ khuếch đại không phải là giá trị cố định khi bộ điều khiển đang hoạt động mà nó được thay đổi (sau mỗi chu kỳ lấy mẫu) bởi hệ số α . Như vậy,

bộ điều khiển được đề xuất về cơ bản là một bộ điều khiển vòng lặp phản hồi thích nghi.

2.2. Chỉnh định bộ điều khiển STFC

Lựa chọn giá trị G_e , $G_{\Delta e}$ và G_u được thực hiện dựa trên những hiểu biết về đối tượng điều khiển và thông qua các sai lệch để đạt được hiệu suất điều khiển tốt nhất. Theo [3], các bước để hiệu chỉnh các hệ số trên được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Chỉnh định các hệ số SF của bộ FLC tự chỉnh với giá trị $\alpha = 1$ (tức là giống với FLC thông thường). Trong bước đầu tiên, G_e nên được

chọn sao cho sai số (e_N) gần như bao phủ toàn bộ miền $[-1, 1]$ để có thể sử dụng hiệu quả các luật mờ. Sau đó $G_{\Delta e}$ và G_u phải được điều chỉnh để làm cho đáp ứng tức thời của hệ thống là tốt nhất có thể.

Bước 2: Thiết lập hệ số SF đầu ra (G_u) của bộ STFC lớn hơn gần ba lần giá trị thu được ở bước 1 và giữ nguyên các giá trị G_e và $G_{\Delta e}$.

Bước 3: Tinh chỉnh các luật mờ cho α .

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả mô phỏng

Kết quả mô phỏng của bộ điều khiển mờ tự chỉnh STFC với đối tượng dao động bậc hai có trễ (Hệ cơ-điện có ma sát phi tuyến) và so sánh với kết quả mô phỏng dùng bộ điều khiển PID có tham số xác định theo Ziegler-Nichols.

Hàm truyền đạt bộ điều khiển PID có dạng:

$$G_{PID} = K_P + \frac{K_I}{p} + K_D p \quad (6)$$

Đối tượng có hàm truyền đạt dạng:

$$G_s = \frac{1}{p^2 + p + 0.2} \cdot e^{-L \cdot p} \quad (7)$$

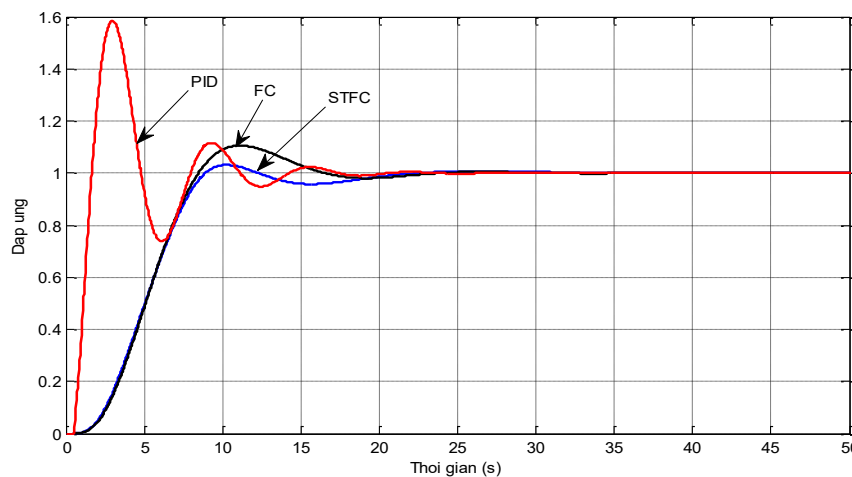
Trong đó: L là thời gian trễ (s)

Các hệ số điều chỉnh của STFC:
 $G_e = 0.9; G_{\Delta e} = 24; G_u = 0.03$

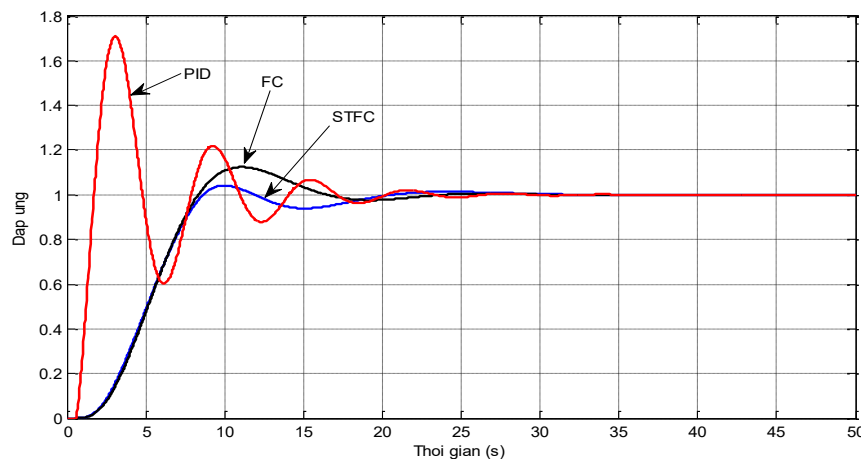
Các hệ số của PID theo Ziegler-Nichols:
 $K_P = 1.27; K_I = 0.632; K_D = 0.633$

Xét các trường hợp đối tượng có thời gian trễ khác nhau: $L = 0,5; 0,6; 0,7$ (s).

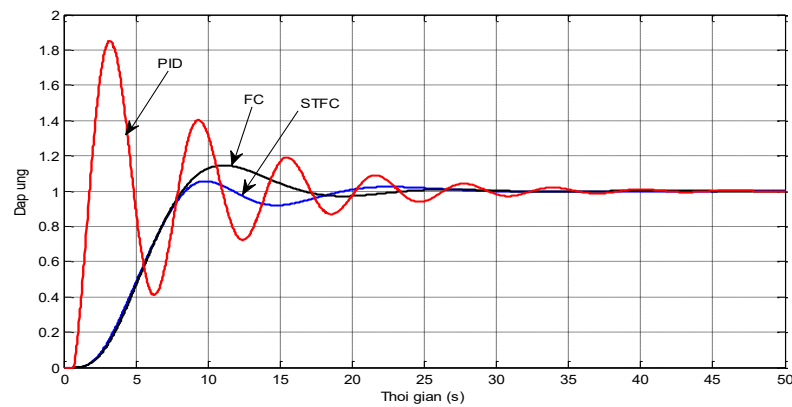
Kết quả mô phỏng tương ứng cho trên các Hình 4, 5, 6. Trong đó, ký hiệu PID, FC, STFC tương ứng là đáp ứng của đối tượng khi sử dụng bộ điều khiển PID, bộ điều khiển mờ thông thường FC và bộ điều khiển mờ tự chỉnh STFC.



Hình 4. Đáp ứng khi thời gian trễ $L = 0,5s$



Hình 5. Đáp ứng khi thời gian trễ $L = 0,6s$



Hình 6. Đáp ứng khi thời gian trễ $L=0,7s$

So sánh chất lượng điều khiển giữa PID, FC và STFC được cho trong Bảng 3.

Bảng 3. So sánh chất lượng điều khiển của các bộ điều khiển PID, FC, STFC

Thời gian trễ L (s)	Bộ điều khiển	Lượng quá điều chỉnh $\delta\%$	Thời gian quá độ t_s (s)	Sai lệch tĩnh $s\%$	Số lần dao động n
0,5	PID	57.75	25.2	0	3
	FC	10.15	20.2	0	0
	STFC	3.25	20.4	0	0
0,6	PID	69.53	25.3	0	4
	FC	11.21	20.2	0	0
	STFC	3.15	20.3	0	0
0,7	PID	85.12	35.5	0	6
	FC	15.32	20.6	0	0
	STFC	4.35	20.4	0	0

3.2. Thảo luận

Kết quả mô phỏng chứng minh được ưu điểm vượt trội khi sử dụng bộ điều khiển mờ tự chỉnh so với bộ điều khiển PID truyền thống và bộ điều khiển mờ thông thường, kết quả cụ thể được cho trong Bảng 3. Có được kết quả này là do có sự tác động trực tiếp của hệ số tự chỉnh α đến tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển mờ.

Theo Bảng 2 ta thấy: Nếu e là PB và Δe là NS thì α là VS hoặc nếu e là NM và Δe là PM thì α là S... , như vậy sẽ giảm thiểu được ảnh hưởng do

đối tượng có thời gian chết hoặc kết quả đo bị chậm. Khi sai lệch lớn và e với Δe cùng dấu, tín hiệu điều khiển sẽ được thay đổi lớn để ngăn chặn việc sai lệch tiếp tục tăng thêm. Điều này đã được thực hiện bởi các luật có dạng như: Nếu e là PB và Δe là PS thì α là VB hoặc Nếu e là NM và Δe là NM thì α là VB.

Độ quá điều chỉnh sẽ được giảm thiểu bởi các luật: Nếu e là ZE và Δe là NM thì α là B. Trong trường hợp này, hệ số cập nhật lớn sẽ ngăn chặn hoặc làm chậm xu hướng vượt quá giá trị đặt và

kết quả sẽ giúp giảm độ quá điều chỉnh. Những luật như vậy sẽ ngăn chặn dao động quá mức của đầu ra đối tượng so với giá trị đặt và kết quả là tăng tốc độ hội tụ của đầu ra so với giá trị đặt.

4. KẾT LUẬN

Công trình nghiên cứu đã thành công với việc thiết kế bộ điều khiển mờ tự chỉnh áp dụng cho những đối tượng phi tuyến, dao động bậc cao và có thời gian trễ lớn. Theo phương pháp thiết kế này thì hoàn toàn có khả năng điều khiển đối tượng kể cả khi chưa biết mô hình và bản chất của đối tượng.

Hơn nữa, phương pháp này đơn giản nhưng hiệu quả để điều khiển đối tượng mà không phụ thuộc vào mô hình của đối tượng đó và bộ điều khiển sẽ điều chỉnh một cách liên tục với sự hỗ trợ của các luật mờ. Kết quả mô phỏng với đối tượng dao động bậc 2 và có thời gian trễ lớn (0,5;

0,6; 0,7 s) khi bộ điều khiển PID theo phương pháp Ziegler-Nichols có chất lượng điều khiển chưa tốt, nhưng khi sử dụng bộ điều khiển STFC thì cho chất lượng tốt hơn. Qua đó có thể khẳng định rằng, bộ điều khiển STFC hoàn toàn phù hợp với các đối tượng trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

1. Timothy J. Ross (2016), “Fuzzy Logic with Engineering Applications”, John Wiley & Sons, Inc.
2. Nguyễn Doãn Phước (2016), “Lý thuyết điều khiển tuyến tính”, NXB Bách khoa Hà Nội.
3. R. K. Mudi, N. R. Pal (1999), “A robust self-tuning scheme for PI- and PD-type fuzzy controllers”, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 7(1), 2–16.

SỰ TÁC ĐỘNG CỦA ỨNG SUẤT NÉN LÊN HẠT NANO SILICON ĐẾN SỰ DỊCH CHUYỂN QUANG PHỔ PHÁT QUANG

Lê Thành Cường^{1*}, Ngô Ngọc Hà², Nguyễn Đức Dũng³, Lê Thành Công⁴

¹Khoa Khoa học Cơ bản – Lý luận Chính trị, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

²Trường Đại Học Phenikaa; ³Đại Học Bách Khoa Hà Nội

⁴Học viện Phòng không Không quân

*Email: cuonglt@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Chúng tôi chứng minh hiện tượng phát quang màu đỏ đậm mạnh mẽ từ các cấu trúc nano silicon (Si) được chế tạo bằng phương pháp khắc hóa học có sự hỗ trợ của kim loại (MACE). Kính hiển vi điện tử truyền qua độ phân giải cao cho thấy các hạt nano Si (SiNPs, 4–10 nm) bám trên bề mặt của các dây nano Si, đóng vai trò là các trung tâm phát quang hoạt động, phát xạ ở khoảng ~700 nm (~1,7 eV). Đáng chú ý, các SiNPs thể hiện sự co rút mạng tinh thể đáng kể, tương ứng với ứng suất nén từ 8–12 GPa, tăng lên khi kích thước hạt giảm. Những ứng suất này gây ra sự dịch chuyển đỏ trong phát xạ, chống lại sự dịch chuyển xanh do giam hãm lượng tử. Các phép tính lý thuyết hàm mật độ (DFT) dựa trên nguyên lý đầu tiên xác nhận định lượng sự tương tác này giữa giam hãm lượng tử và sự điều chỉnh khe năng lượng do ứng suất gây ra, tái tạo chính xác hiện tượng phát quang quan sát được. Nghiên cứu này cung cấp những hiểu biết cơ bản về vai trò của ứng suất nội tại trong các cấu trúc nano Si và nêu bật một con đường mới để thiết kế các tính chất quang học của chúng cho các thiết bị quang điện tử phát xạ màu đỏ.

Từ khóa: nano si, phát quang, ứng suất nén.

Abstract:

We demonstrate intense deep-red photoluminescence from silicon (Si) nanostructures fabricated via metal-assisted chemical etching (MACE). High-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM) reveals that Si nanoparticles (SiNPs, 4–10 nm) attached to the surface of Si nanowires serve as active photoluminescent centers, emitting at approximately 700 nm (~1.7 eV). Notably, the SiNPs exhibit significant lattice contraction, corresponding to a compressive stress of 8–12 GPa, which increases with decreasing particle size. These stresses induce a redshift in the emission, counteracting the blueshift caused by quantum confinement. First-principles density functional theory (DFT) calculations quantitatively confirm this interplay between quantum confinement and stress-induced bandgap modulation, accurately reproducing the observed photoluminescence phenomenon. This study provides fundamental insights into the role of intrinsic stress in Si nanostructures and highlights a novel pathway for engineering their optical properties for red-emitting optoelectronic devices.

Keywords: si nano, photoluminescence, compressive stress.

I. GIỚI THIỆU

Sự thống trị của silicon (Si) trong điện tử hiện đại có thể được quy cho tính tương thích với môi trường, sự dồi dào trong tự nhiên, tính ổn định hóa học, độ tinh khiết cao có thể đạt được và độ dẫn điện có thể điều chỉnh được. Ngoài ra, việc dễ dàng tạo ra cả chất bán dẫn loại p và loại n của Si đã cho phép sản xuất thiết bị điện tử quy mô lớn, tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, việc thu nhỏ liên tục các linh kiện điện tử và tốc độ phát triển công nghệ nhanh chóng đã đẩy các công nghệ dựa trên Si đến giới hạn vật lý và hiệu suất cơ bản của chúng. Sự kết hợp giữa photon và electron trong một thiết bị Si sẽ khắc phục được những trở ngại này [1]. Việc tích hợp photon và electron trong một nền tảng Si duy nhất đã được đề xuất như một chiến lược đầy hứa hẹn để khắc phục những hạn

chế vốn có của điện tử dựa trên Si thông thường [2]. Do đó, sự chú ý nghiên cứu đáng kể đã được hướng đến việc phát triển các kiến trúc quang điện tử dựa trên Si mới; tuy nhiên, việc hiện thực hóa các thiết bị phát sáng hoàn toàn bằng Si hiệu quả cao vẫn là một thách thức lớn. Việc phát hiện ra hiện tượng phát quang đỏ ở nhiệt độ phòng từ Si xốp của Giáo sư L. T. Canham và các cộng sự [3] đã khơi lại sự quan tâm đến việc theo đuổi các vật liệu và thiết bị quang điện tử tương thích với Si. Sau bước đột phá này, tiến bộ đáng kể đã đạt được trong việc chế tạo điốt phát quang Si (LED) [4,5]. Đặc biệt, các mối nối dị thể được hình thành giữa Si tinh thể loại n và các lớp Si xốp đã chứng minh hiệu suất LED được nâng cao với hiệu suất lượng tử bên ngoài được cải thiện. Gần đây hơn, các mối nối dị thể bao gồm các polyme dẫn điện và Si xốp

đã được nghiên cứu cho các ứng dụng xử lý nước thải, trong đó cấu trúc polyme/Si xếp lại hoạt động như một cực dương điện quang xúc tác [6].

Vì các đặc tính gián tiếp của Si khối vẫn ở quy mô nano [7–10], nên nhìn chung không thể mong đợi sự phát xạ ánh sáng hiệu quả. Tuy nhiên, sự giam hãm các cặp electron-lỗ trống (e-h) trong kích thước hữu hạn cho phép tái kết hợp bức xạ không phonon nhờ sự lan truyền của các hàm sóng mang điện. Cơ chế do giam hãm này tạo ra một dải quang phát quang màu đỏ-vàng dịch chuyển dần về phía màu xanh lam khi kích thước tinh thể giảm, thường được gọi là dải S [3]. Ngoài ra, một dải phát xạ màu xanh lục, thường thể hiện thành phần suy giảm nhanh hơn, đã được báo cáo thường xuyên và được ký hiệu là dải F.

Trong một số cấu trúc nano Si nhất định, dải F được cho là do các chuyển đổi điện tử trực tiếp giữa các điểm Γ - Γ của vùng Brillouin [11,12]. Đặc điểm phát xạ tồn tại ngắn này trong phổ quang phát quang (PL) đã được quan sát thấy tăng cường khi kích thước tinh thể nano giảm [12], cho thấy nguồn gốc của nó từ sự thư giãn bức xạ không phonon của các hạt tải điện nóng gần điểm Γ . Mặt khác, một số nghiên cứu đã liên kết dải F với sự hiện diện của các trạng thái liên quan đến oxit [10,13–15]. Khi các tinh thể nano Si được bao bọc trong một lớp vỏ SiO_2 dày, hiệu ứng giam hãm lượng tử trở nên không đáng kể và sự phụ thuộc kích thước đặc trưng của phát xạ bị triệt tiêu phần lớn [10]. Trong những trường hợp như vậy, các lõi Si tứ diện bị nhiễu loạn bởi các lớp bề mặt bị oxy hóa đã được đề xuất là các trung tâm phát quang chính. Mô hình trạng thái bề mặt bị oxy hóa này có những điểm tương đồng đáng chú ý với các phát xạ được quan sát thấy trong silica xốp [13] và những phát xạ bị ảnh hưởng mạnh bởi các khuyết tật cấu trúc [14,15].

Ngược lại, phát xạ dải S luôn được liên kết với sự tái kết hợp bức xạ gián tiếp giữa các điểm Δ - Γ trong vùng Brillouin của Si tinh thể. Mặc dù đã có những tiến bộ đáng kể trong việc làm sáng tỏ các cơ chế phát xạ ánh sáng từ các cấu trúc nano Si, nhưng vẫn còn những khác biệt giữa các dự đoán lý thuyết và quan sát thực nghiệm về dải S. Cụ thể, các mô hình lý thuyết có xu hướng đánh giá quá cao mức độ mở rộng khe năng lượng so với dữ liệu thực nghiệm đối với các tinh thể nano Si siêu nhỏ.

Nghiên cứu này, các đặc tính phát quang dải S của các cấu trúc nano silicon (Si) được tổng hợp thông qua phương pháp khắc hóa học có hỗ trợ kim loại (MACE) đã được nghiên cứu một cách có hệ thống. Kính hiển vi điện tử truyền qua độ phân giải cao (HR-TEM) đã tiết lộ nhiều hạt nano Si (SiNPs) được phân bố dọc theo thành của các dây nano silicon (SiNWs), được cho là đóng góp đáng kể vào hiện tượng phát quang mạnh mẽ được quan sát thấy. Trong khi sự dịch chuyển về phía màu xanh lam trong phổ phát quang thường được cho là do hiệu ứng giam hãm lượng tử, phân tích của chúng tôi cho thấy rằng ứng suất nén mạnh bên trong các hạt nano Si—được chứng minh bằng sự co rút mạng tinh thể trong ảnh HR-TEM—gây ra sự dịch chuyển ngược chiều về phía màu đỏ của dải phát xạ. Sự tương tác giữa giam hãm lượng tử và biến dạng nén trong các hạt nano Si này đã được phân tích sâu hơn thông qua các phép tính lý thuyết hàm mật độ (DFT) dựa trên nguyên lý đầu tiên, cung cấp một cách giải thích toàn diện cho các quan sát thực nghiệm.

II. THỰC NGHIỆM

Các tấm wafer Si đơn tinh thể có điện trở suất trong khoảng $0,004 \div 0,01 \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$ (Wacker, Đức), định hướng $\langle 100 \rangle$, loại p, được pha tạp boron (B), đã được sử dụng. Đầu tiên, các tấm wafer Si được làm sạch, sau đó ngâm trong hỗn hợp dung dịch HF (4,6 M) và AgNO_3 (30 mM) trong 1 phút để lắng đọng các hạt Ag trên bề mặt. Ở bước tiếp theo, các tấm wafer đã lắng đọng Ag được rửa trong hỗn hợp dung dịch HF (4,8 M) và H_2O_2 (0,4 M) trong 90 phút để tạo thành SiNWs. Các quy trình chế tạo tương tự có thể được tìm thấy ở những nơi khác [6,16,17].

Hình thái và cấu trúc tinh thể của các mẫu được đặc trưng bằng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM), JEOL JSM-7600F, HRTEM, FEI Tecnai G2 F20 và hình ảnh biến đổi Fourier nhanh (FFT). Phổ quang phát quang (PL) được ghi lại bằng camera CCD SpectraPhysics, với độ phân giải 0,1 nm, dưới bước sóng kích thích sóng liên tục (cw) tia cực tím (UV) ở 325 nm và công suất kích thích 25 mW được kích hoạt bởi laser He-Cd Kimmon.

Tính toán lý thuyết hàm mật độ (DFT) nguyên lý đầu tiên được thực hiện bằng cách sử dụng gói Quantum Espresso [18,19]. Tương tác trao đổi-tương quan được xử lý bằng cách sử dụng phương pháp xấp xỉ gradient tổng quát (GGA) trong sơ đồ

Perdew–Burke–Ernzerhof [20]. Để cải thiện mô tả về các trạng thái kích thích, chúng tôi đã bao gồm các tương tác Coulomb tại chỗ và giữa các vị trí bằng cách sử dụng phương pháp Hubbard mở rộng, được gọi là phép tính DFT+U+V [21,22].

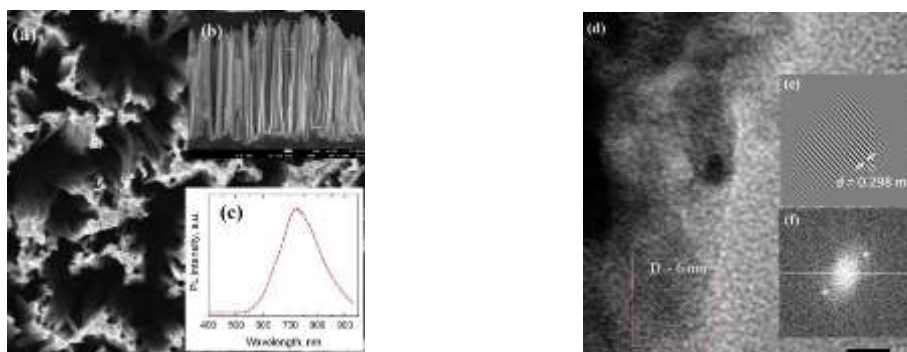
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 1 trình bày ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) nhìn từ trên xuống (a) và nhìn từ bên cạnh (b) của các dây nano Si được chế tạo bằng phương pháp khắc hóa học có sự hỗ trợ của kim loại. Do vai trò xúc tác của các hạt nano Ag, các vùng Si tiếp xúc trực tiếp với Ag bị khắc ưu tiên, trong khi các vùng không tiếp xúc vẫn còn, dẫn đến sự hình thành các dây nano Si thẳng đứng. Các dây nano thu được có hình thái đồng nhất với đường kính trung bình trong khoảng 100–200 nm. Phổ quang phát quang (PL) tiêu biểu của các mẫu được điều chế được thể hiện trong Hình 1(c), hiển thị một dải phát xạ rộng duy nhất tập trung ở vùng màu đỏ với bước sóng khoảng 720 nm ($\sim 1,7$ eV). Hình thái và các đặc điểm cấu trúc của các dây nano Si đã được kiểm tra chi tiết hơn bằng kính hiển vi điện tử truyền qua độ phân giải cao (HR-TEM).

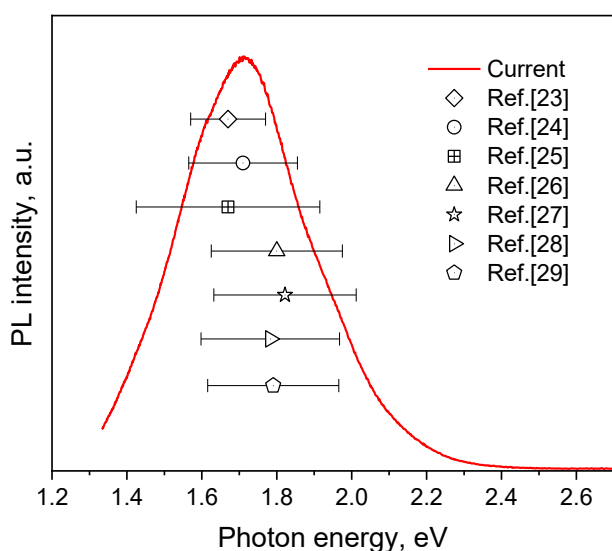
Hình 1(d) trình bày ảnh HR-TEM của bề mặt SiNW, cho thấy sự hiện diện của nhiều SiNP. Một tinh thể nano Si tiêu biểu và mẫu FFT tương ứng

của nó được hiển thị trong Hình 1(e) và 1(f) tương ứng. Khoảng cách mạng tinh thể đo được của mặt phẳng (111), $d_{111} = 2,98$ Å, nhỏ hơn đáng kể so với silicon tinh thể khối ($d_0 = 3,135$ Å), cho thấy sự hiện diện của ứng suất nén trong SiNP. Phân tích nhiễu xạ trong Hình 1(f) xác nhận rằng các vân mạng tinh thể quan sát được tương ứng với các mặt phẳng tinh thể học (111) của Si.

Hình 2 trình bày phổ PL của SiNW được chế tạo bằng phương pháp MACE (đường chấm đỏ). Các chấm chồng lên nhau tương ứng với vị trí đỉnh PL được báo cáo trong Tài liệu tham khảo [23–29], với các thanh lỗi được ước tính từ độ rộng toàn phần ở mức một nửa cực đại của các phổ tương ứng. Như đã quan sát, hầu hết các đỉnh PL được báo cáo đều tập trung xung quanh 1,7 eV, gần trùng khớp với năng lượng phát xạ thu được trong nghiên cứu này. Quan sát nhất quán trong nhiều báo cáo đặt ra một câu hỏi quan trọng về nguồn gốc cơ bản và cơ chế tiềm ẩn chịu trách nhiệm cho hành vi phát xạ đặc trưng này.



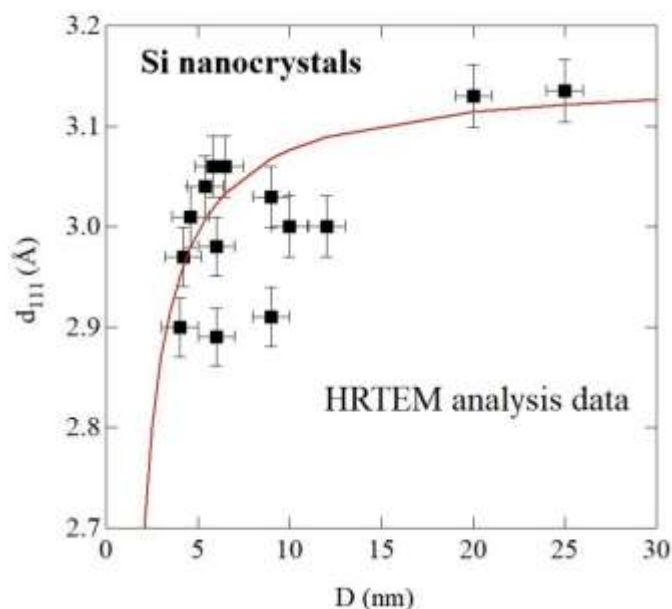
Hình 1. (a) Hình ảnh SEM nhìn từ trên xuống và (b) hình ảnh SEM nhìn từ bên cạnh của các dây nano silicon (SiNWs) được chế tạo bằng phương pháp khắc hóa học có sự hỗ trợ của kim loại. (c) Phổ quang phát quang (PL) điển hình của SiNWs, cho thấy một đỉnh phát xạ rộng trong vùng màu đỏ. (d) Hình ảnh kính hiển vi điện tử truyền qua độ phân giải cao (HR-TEM) của thành SiNW cho thấy nhiều hạt nano silicon (SiNPs) được hình thành trên bề mặt. (e) Hình ảnh phóng đại của một SiNP riêng lẻ và (f) mẫu biến đổi Fourier nhanh (FFT) tương ứng của nó. Khoảng cách mạng tinh thể giảm $d_{111} = 2,98$ Å được xác định cho tinh thể nano Si (SiNC), cho thấy sự co rút mạng tinh thể do biến dạng nén.



Hình 2. Phổ quang phát quang (PL) của các dây nano silicon (SiNWs) được điều chế bằng phương pháp khắc hóa học có hỗ trợ kim loại (MACE) (đường chấm đỏ). Các điểm dữ liệu chồng lên nhau thể hiện vị trí đỉnh PL được báo cáo trong Tài liệu tham khảo [23–29], với các thanh lỗi tương ứng được ước tính từ độ rộng toàn phần ở mức một nửa cực đại của mỗi phổ PL.

Do đường kính trung bình của các SiNW được điều chế nằm trong khoảng 100–200 nm—lớn

hơn đáng kể so với bán kính Bohr của exciton trong Si khối—sự tái kết hợp bức xạ không phonon của các cặp electron-lỗ trống (e-h) được dự kiến là không đáng kể ở nhiệt độ phòng. Tuy nhiên, trong nghiên cứu hiện tại, một phát xạ ánh sáng đỏ mạnh tập trung ở khoảng 720 nm (~1,7 eV), tương ứng với dải S, đã được quan sát thấy một cách nhất quán. Hành vi quang học đặc trưng này được cho là do SiNP, trong đó sự giam hãm lượng tử của các hạt mang điện tích được tạo ra bởi ánh sáng trong các vùng kích thước nano làm tăng hiệu quả tái kết hợp bức xạ. Như được tiết lộ trong hình ảnh HR-TEM, nhiều SiNP được phân bố dọc theo các thành bên của SiNW. Các quan sát tương tự đã được báo cáo bởi Ghosh et al.[23], những người đã xác định các SiNP có hình dạng tùy ý với sự phân bố kích thước rộng, tương ứng với diện tích mặt cắt ngang trung bình dao động từ khoảng 38 nm² đến 57 nm². Tuy nhiên, sự hiện diện đơn thuần của các hạt nano Si phân bố không đều trên bề mặt dây nano Si không thể giải thích đầy đủ đỉnh phát xạ được quan sát thấy liên tục gần 1,7 eV. Do đó, mối tương quan chi tiết giữa các đặc điểm cấu trúc của các hạt nano Si này và phổ quang phát quang của chúng đã được nghiên cứu thêm.



Hình 3. Mối tương quan giữa ứng suất nén và kích thước của các hạt nano silicon (SiNPs). Kết quả cho thấy ứng suất nén tăng theo kích thước khi đường kính của SiNP giảm.

Khoảng cách mạng tinh thể của các mặt phẳng (111) (d_{111}) đối với các SiNP được chọn, được xác định từ phân tích HR-TEM, được tóm tắt trong Hình 3. Các phép đo HR-TEM chi tiết và

quy trình phân tích được cung cấp trong Thông tin bổ sung. Như được hiển thị, các giá trị d_{111} đo được giảm từ khoảng 3,12 Å xuống 2,90 Å khi kích thước SiNP giảm từ 20 nm xuống 4 nm. Sự co rút mạng tinh thể có hệ thống này cung cấp

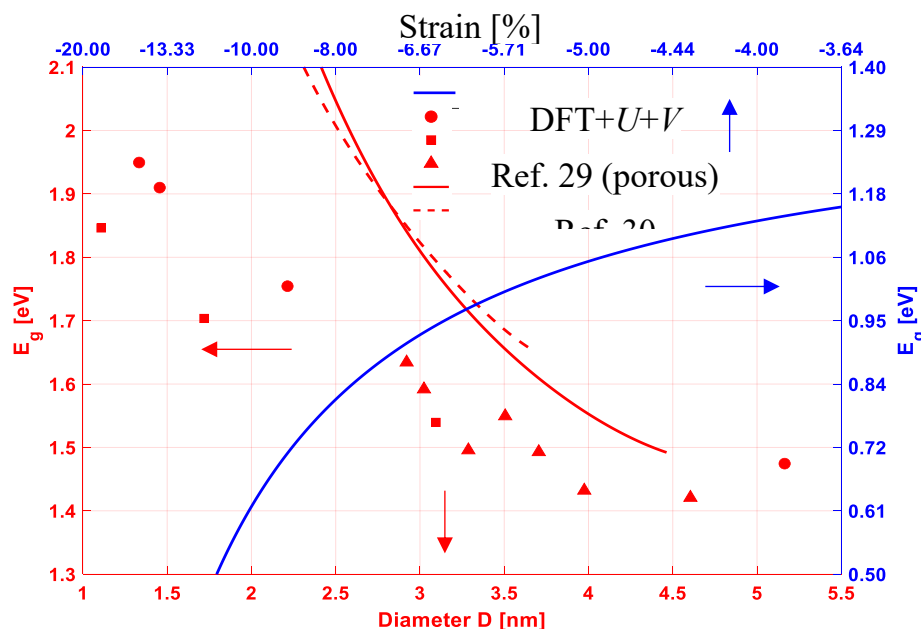
bằng chứng trực tiếp và thuyết phục về sự hiện diện của ứng suất nén đáng kể vốn có trong các SiNP.

Nếu sức căng bề mặt là yếu tố đóng góp duy nhất, ứng suất nén dự kiến sẽ tỷ lệ nghịch với diện tích bề mặt của các hạt nano silicon (SiNP). Giả sử các SiNP có hình cầu gần đúng, điều này ngụ ý rằng ứng suất nén sẽ tỷ lệ nghịch với đường kính hạt ($\sigma \sim 1/D$). Mặt khác, ứng suất cũng liên quan đến mô đun Young (E) và biến dạng mạng tinh thể ε theo mối quan hệ $\sigma = \varepsilon E$. Sử dụng mô đun Young của Si dọc theo hướng (111) ($E = 169$ GPa) [30] và các giá trị biến dạng thu được từ phân tích khoảng cách mạng tinh thể HR-TEM, ứng suất nén đơn trục trong mặt phẳng (111) được ước tính là khoảng 12 GPa đối với SiNP có đường kính 4–6 nm. Ứng suất này dự kiến sẽ tăng hơn nữa khi kích thước hạt giảm. Đường cong màu đỏ trong Hình 3 biểu thị sự phù hợp với dữ liệu thực nghiệm dựa trên mối quan hệ thực nghiệm:

$$d_{111} = d_0 + \frac{a}{D},$$

Trong đó $d_0 = 3,135$ Å là khoảng cách mạng tinh thể của Si tinh thể khối trong mặt phẳng (111), a là hằng số phù hợp và D là đường kính của tinh thể nano.

Tuy nhiên, sự hiện diện của ứng suất nén trong SiNPs cũng đã được báo cáo trong một số hệ thống tương tự, chẳng hạn như các hạt nano silicon được nhúng trong ma trận silica vô định hình [31]. Mặc dù có những quan sát này, ảnh hưởng trực tiếp của ứng suất như vậy đối với các tính chất quang học—đặc biệt là đối với sự dịch chuyển quang phổ của quang phát quang—vẫn chưa được xác định đầy đủ. Để hiểu sâu hơn về các phát hiện thực nghiệm, các phép tính DFT nguyên lý đầu tiên đã được tiến hành để làm sáng tỏ tác động của ứng suất nén lên cấu trúc điện tử và các chuyển đổi quang học của SiNPs.



Hình 4. Năng lượng PL là hàm của đường kính (dưới) của các hạt nano Si (trái) từ các thí nghiệm đối với Si xấp (vòng tròn, tham khảo [32]), tinh thể nano Si (hình vuông, tham khảo [32]; hình tam giác, tham khảo [33]) và từ các phép tính liên kết chặt chẽ lân cận thứ ba trước đó (đường liền nét, tham khảo [34]) và thể giả (đường nét đứt, tham khảo [35]). Khoảng cách vùng cấm (phải) là hàm của các biến dạng (trên) của Si – khối trong phép tính DFT+U+V của chúng tôi.

Trở lại Hình 3, hằng số mạng của các hạt nano Si giảm dần khi kích thước hạt giảm, bắt đầu từ $d_{111} \approx 3,12$ Å, tương ứng với đường kính hạt khoảng 20 nm. Đối với các tinh thể nano nhỏ nhất có đường kính 4 nm, biến dạng mạng tương ứng được ước tính là $\varepsilon \approx 5\%$. Trong các phép tính lý

thuyết hàm mật độ (DFT), hằng số mạng được giảm một cách có hệ thống theo từng bước tăng 1% biến dạng. Đối với mỗi trạng thái biến dạng, các tham số U và V tự nhất quán được tính toán và sau đó được sử dụng để tính toán cấu trúc dải điện tử, cho phép xác định khoảng cách dải phụ thuộc vào biến dạng của các tinh thể nano Si.

Hình 4 trình bày khoảng cách dải được tính toán của silicon khối lượng lớn như một hàm của biến dạng được áp dụng (trên cùng, bên phải) trong khuôn khổ DFT+U+V, cùng với năng lượng quang phát quang (PL) được đo bằng thực nghiệm của các hạt nano Si như một hàm của đường kính (dưới cùng, bên trái). Dữ liệu thực nghiệm bao gồm Si xốp (vòng tròn) [32], tinh thể nano Si (hình vuông) [32] và tinh thể nano Si (hình tam giác) [33], trong khi kết quả lý thuyết từ các nghiên cứu trước đây được hiển thị bằng cách sử dụng các phép tính liên kết chặt chẽ lân cận thứ ba (đường liền nét) [34] và giả thể (đường nét đứt) [35]. Hai hiệu ứng cạnh tranh rõ ràng: (1) biến dạng nén làm giảm khe hở năng lượng của Si, trong khi (2) giảm đường kính SiNP làm tăng khe hở năng lượng do giam hãm lượng tử. Ứng suất nén làm dịch chuyển khe hở năng lượng xuống một cách hiệu quả, bù đắp một phần cho sự dịch chuyển màu xanh lam do giam hãm lượng tử gây ra. Sự tương tác giữa hai yếu tố này thiết lập một sự cân bằng tinh tế quyết định sự phát xạ quang học của SiNP. Cơ chế này giải thích nhất quán quan sát thực nghiệm của chúng tôi, trong đó quang phát quang tập trung ở khoảng 720 nm ($\sim 1,7$ eV).

IV. KẾT LUẬN

Tóm lại, hiện tượng phát quang của các dây nano silicon (SiNWs) được cho là do sự hiện diện của các hạt nano silicon (SiNPs) trên bề mặt của chúng, như đã được tiết lộ qua quan sát HR-TEM. Sự giảm khoảng cách mạng tinh thể (d111) của SiNPs đã được xác định, cho thấy sự hiện diện của ứng suất nén đáng kể bên trong các tinh thể nano. Sử dụng mô đun Young của Si ($E = 169$ GPa), ứng suất nén được ước tính nằm trong khoảng 8–12 GPa, tăng lên khi kích thước tinh thể giảm. Trong khi sự giam hãm lượng tử bên trong SiNPs dẫn đến sự mở rộng khe năng lượng, ứng suất nén lại làm dịch chuyển khe năng lượng xuống. Sự xuất hiện đồng thời của hai hiệu ứng cạnh tranh này chi phối sự phát xạ dịch chuyển đỏ đặc trưng của vật liệu. Những phát hiện này cung cấp cái nhìn sâu sắc về sự khác biệt thường thấy giữa các phép đo thực nghiệm và dự đoán lý thuyết về sự mở rộng khe năng lượng điện tử trong cấu trúc nano Si.

Tài liệu tham khảo

1. D. Gao, Z. Zhou (2022). “Silicon-based optoelectronics: Progress towards large-scale optoelectronic integration and applications”. *Front. Optoelectron.*, 2–3.
2. C. Roques-Carnes, S. E. Kooi, Y. Yang, A. Massuda, A. Zaidi, Y. Yang, J. D. Joannopoulos, K. K. Berggren, I. Kaminer, P. D. Keathley, M. Soljačić (2019). “Towards integrated tunable all-silicon free-electron light sources”. *Nat. Commun.*, 10, 3176.
3. L. Canham (2020). “Introductory lecture: Origins and applications of efficient visible photoluminescence from silicon-based nanostructures”. *Faraday Discuss.*, 222, 10–81.
4. J. Linnros, N. Lalić (1995). “High quantum efficiency for a porous silicon light-emitting diode under pulsed operation”. *Appl. Phys. Lett.*, 66, 3048–3050.
5. L. Pavesi, R. Chierchia, P. Bellutti, A. Lui, F. Fuso, M. Labardi, L. Pardi, F. Sbrana, M. Allegrini, S. Trusso, P. J. Ventura, L. C. Costa, M. C. Carmo, O. Bisi (1999). “Light-emitting porous silicon diode based on a silicon/porous silicon heterojunction”. *J. Appl. Phys.*, 86.
6. G. H. Thai, H. T. Giang, N. T. Hieu, T. A. T. Do, P. Q. Ngan, Q. C. Nguyen, D. H. Cuong, N. N. Ha, T. G. N. N. T. Huy (2024). “A reactor based on p–n heterojunction of polypyrrole and porous silicon for photocatalytic and electro-assisted photocatalytic performance”. *ChemistrySelect*, 9, e202304444.
7. D. Kovalev, H. Heckler, G. Polisski, M. Schwartzkopff, F. Koch (1998). “Breakdown of the k-conservation rule in Si nanocrystals”. *Physical Review Letters*, 81, 2803–2806.
8. G. Allan, C. Delerue, M. Lannoo (1997). “Electronic structure of amorphous silicon nanoclusters”. *Physical Review Letters*, 78, 3161–3164.
9. M. S. Hybertsen (1994). “Absorption and emission of light in nanoscale silicon structures”. *Physical Review Letters*, 72, 1514–1517.
10. F. Koch, V. Petrova-Koch (1996). “Light from Si-nanoparticle systems: A comprehensive view”. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 198–200, 840–846.
11. K. Kusová, P. Hapala, J. Valenta, P. Jelinek, O. Cibulka, L. Ondič, I. Pelant (2014). “Direct bandgap silicon: Tensile-strained silicon

- nanocrystals". *Advanced Materials Interfaces*, 1, 1300042.
12. W. D. A. M. De Boer, D. Timmerman, K. Dohnalová, I. N. Yassievich, H. Zhang, W. J. Buma, T. Gregorkiewicz (2010). "Red spectral shift and enhanced quantum efficiency in phonon-free photoluminescence from silicon nanocrystals". *Nature Nanotechnology*, 5, 878–884.
 13. Y. D. Glinka, S. H. Lin, L. P. Hwang, Y. T. Chen (2000). "Photoluminescence from mesoporous silica: Similarity of properties to porous silicon". *Applied Physics Letters*, 77, 3968–3970.
 14. M. Dasog, G. B. D. L. Reyes, L. V. Titova, F. A. Hegmann, J. G. C. Veinot (2014). "Size vs surface: Tuning the photoluminescence of freestanding silicon nanocrystals across the visible spectrum via surface groups". *ACS Nano*, 8, 9636–9648.
 15. M. Dasog, Z. Yang, S. Regli, T. M. Atkins, A. Faramus, M. P. Singh, E. Muthuswamy, S. M. Kauzlarich, R. D. Tilley, J. G. C. Veinot (2013). "Chemical insight into the origin of red and blue photoluminescence arising from freestanding silicon nanocrystals". *ACS Nano*, 7, 2676–2685.
 16. T. C. Le, N. T. N. Lam, N. T. Giang, P. T. Kien, N. D. Dung, N. N. Ha (2019). "N-type silicon nanowires prepared by silver metal-assisted chemical etching: Fabrication and optical properties". *Materials Science in Semiconductor Processing*, 90, 198–204.
 17. T. C. Le, N. T. N. Lam, D. Van Thuong, N. N. Ha, N. D. Dung, D. V. A. Dung, H. T. Giang, X. T. Vu (2021). "Decisive role of dopants in the optical properties of vertically aligned silicon nanowires prepared by metal-assisted chemical etching". *Optical Materials*, 121, 111632.
 18. P. Giannozzi et al. (2017). "Advanced capabilities for materials modelling with Quantum ESPRESSO". *Journal of Physics: Condensed Matter*, 29, 465901.
 19. P. Giannozzi et al. (2009). "Quantum ESPRESSO: A modular and open-source software project for quantum simulations of materials". *Journal of Physics: Condensed Matter*, 21, 395502.
 20. J. P. Perdew, K. Burke, M. Ernzerhof (1996). "Generalized gradient approximation made simple". *Physical Review Letters*, 77, 3865–3868.
 21. S. H. Lee, Y. W. Son (2020). "First-principles approach with a pseudohybrid density functional for extended Hubbard interactions". *Physical Review Research*, 2, 043410.
 22. V. Leiria, C. Jr, M. Cococcioni (2010). "Extended DFT+U+V method with on-site and inter-site electronic interactions". *Journal of Physics: Condensed Matter*, 22, 055602.
 23. R. Ghosh, P. K. Giri, K. Imakita, M. Fujii (2014). "Origin of visible and near-infrared photoluminescence from chemically etched Si nanowires decorated with arbitrarily shaped Si nanocrystals". *Nanotechnology*, 25, 045703.
 24. A. K. Behera, R. N. Viswanath, C. Lakshmanan, K. K. Madapu, M. Kamruddin, T. Mathews (2019). "Synthesis, microstructure and visible luminescence properties of vertically aligned lightly doped porous silicon nanowalls". *Microporous and Mesoporous Materials*, 273, 99–106.
 25. R. Plugaru et al. (2022). "Structure and electrical behavior of silicon nanowires prepared by MACE process". *Surfaces and Interfaces*, 33, 102167.
 26. C. O'Dwyer, W. McSweeney, G. Collins (2016). "Quantum-confined intense red luminescence from large-area monolithic arrays of mesoporous and nanocrystal-decorated silicon nanowires". *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 5, R3059.
 27. A. I. Hochbaum, D. Gargas, Y. J. Hwang, P. Yang (2009). "Single crystalline mesoporous silicon nanowires". *Nano Letters*, 9, 3550–3554.
 28. L. Liu (2014). "Regulation of the morphology and photoluminescence of silicon nanowires by light irradiation". *Journal of Materials Chemistry C*, 2, 9631–9636.
 29. P.-J. Chien, Y. Zhou, K.-H. Tsai, H. P. Duong, C.-Y. Chen (2019). "Self-formed silver nanoparticles on freestanding silicon nanowire arrays featuring SERS performances". *RSC Advances*, 9, 26037–26042.
 30. M. A. Hopcroft, W. D. Nix, T. W. Kenny (2010). "What is the Young's modulus of silicon?". *Journal of Microelectromechanical Systems*, 19, 229–238.
 31. G. Zatoryb, J. Misiewicz, P. R. J. Wilson, J. Wojcik, P. Mascher, A. Podhorodecki (2014). "Stress transition from compressive to tensile for

silicon nanocrystals embedded in amorphous silica matrix”. *Thin Solid Films*, 571, 18–22.

32. S. Schuppler, S. L. Friedman, M. A. Marcus, D. L. Adler, Y.-H. Xie (1995). “Size, shape, and composition of luminescent species in oxidized Si nanocrystals and H-passivated porous Si”. *Physical Review B*, 52, 4910–4916.

33. H. Takagi, H. Ogawa, Y. Yamazaki, A. Ishizaki, T. Nakagiri (1990). “Quantum size effects on

photoluminescence in ultrafine Si particles”. *Applied Physics Letters*, 56, 2379–2381.

34. C. Delerue, G. Allan, M. Lannoo (1993). “Theoretical aspects of the luminescence of porous silicon”. *Physical Review B*, 48, 24–36.

35. L. Wang, A. Zunger (1994). “Electronic structure pseudopotential calculations of large (≈ 1000 atoms) Si quantum dots”. *Journal of Physical Chemistry*, 98, 2158–2165.

XU HƯỚNG ÁP DỤNG CÁC TIÊU CHUẨN CÔNG BỐ THÔNG TIN MÔI TRƯỜNG, XÃ HỘI VÀ QUẢN TRỊ (ESG) TRÊN THẾ GIỚI

Nguyễn Thị Anh Phương*

Khoa Kinh tế

*Email: phuongnta@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Nghiên cứu này tìm hiểu về các tiêu chuẩn công bố thông tin môi trường, xã hội và quản trị phổ biến trên thế giới cũng như việc áp dụng của các tiêu chuẩn này tại các quốc gia như Bắc Mỹ, Châu Âu, Châu Á,... Bằng phương pháp nghiên cứu tổng quan tài liệu, nghiên cứu đã phát hiện Liên minh Châu Âu đang dẫn đầu với việc ban hành các quy định toàn diện như Chỉ thị báo cáo phát triển bền vững doanh nghiệp (CSRD) và Chỉ thị thẩm định tính bền vững của doanh nghiệp (CSDDD), với tác động lan tỏa trên toàn thế giới. Ngược lại, Hoa Kỳ lại thể hiện một bức tranh phân mảnh hơn, tạo nên một mức độ bất định nhất định. Trong khi đó, các thị trường Châu Á - Thái Bình Dương như Nhật Bản, Singapore và Malaysia,... đang áp dụng khung ESG với tốc độ khác nhau, thường điều chỉnh theo tiêu chuẩn quốc tế nhưng vẫn phù hợp với ưu tiên địa phương.

Từ khóa: Công bố thông tin ESG, ESG, tiêu chuẩn ESG.

Abstract:

This study examines the prevalent global Environmental, Social, and Governance (ESG) disclosure standards and their application across regions such as North America, Europe, and Asia. Employing a literature review approach, the research reveals that the European Union is taking the lead by enacting comprehensive regulations such as the Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) and the Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), which exert significant spillover effects worldwide. Conversely, the United States presents a more fragmented regulatory landscape, resulting in a certain degree of uncertainty. Meanwhile, Asia-Pacific markets such as Japan, Singapore, and Malaysia are adopting ESG frameworks at varying paces, typically aligning with international standards while accommodating local priorities.

Keywords: ESG disclosure, ESG, ESG standards.

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, suy thoái môi trường và các vấn đề xã hội ngày càng gia tăng, môi trường, xã hội và quản trị (Environmental, Social and Governance – ESG) đã trở thành một xu hướng chủ đạo và được thừa nhận rộng rãi như một khuôn khổ quan trọng trong quản trị và đánh giá hoạt động doanh nghiệp [1, 2]. ESG không chỉ hỗ trợ các bên liên quan đo lường mức độ bền vững của tổ chức mà còn ngày càng trở thành yêu cầu tất yếu khi người tiêu dùng, người lao động và nhà đầu tư gia tăng kỳ vọng đối với trách nhiệm xã hội và môi trường của doanh nghiệp [3, 4].

Xuất phát từ bối cảnh đó, nghiên cứu này nhằm phân tích và so sánh các tiêu chuẩn công bố thông tin ESG đang được áp dụng trên thế giới, đồng thời làm rõ xu hướng triển khai ESG tại các khu vực kinh tế lớn và hàm ý đối với Việt Nam.

Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan và phân tích tài liệu thứ cấp kết hợp với phương pháp so sánh các khung tiêu chuẩn ESG theo phạm vi áp dụng, tính chất bắt buộc và nội dung công bố. Kết quả nghiên cứu cho thấy Liên minh

Châu Âu đang giữ vai trò dẫn đầu với các quy định mang tính pháp lý cao như Chỉ thị báo cáo phát triển bền vững doanh nghiệp (CSRD) và Chỉ thị thẩm định tính bền vững của doanh nghiệp (CSDDD), trong khi Hoa Kỳ có cách tiếp cận phân mảnh hơn, còn khu vực Châu Á đang chứng kiến sự gia tăng nhanh chóng trong việc áp dụng ESG theo hướng hội tụ chuẩn mực quốc tế, đặc biệt xoay quanh các tiêu chuẩn của Hội đồng Chuẩn mực Bền vững Quốc tế (ISSB).

Nghiên cứu đóng góp bằng cách hệ thống hóa bức tranh toàn cầu về tiêu chuẩn công bố ESG, qua đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc hoàn thiện khung công bố thông tin ESG phù hợp với điều kiện và lộ trình phát triển của Việt Nam.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. ESG là gì?

Môi trường, Xã hội và Quản trị (ESG) là một khuôn khổ nhiều mặt được sử dụng để đánh giá cách các doanh nghiệp hoạt động trên các khía cạnh bền vững và đạo đức. ESG như một chuẩn mực để đánh giá rủi ro và cơ hội trong các lĩnh vực...

Các tiêu chuẩn ESG thường bao gồm một loạt các chủ đề. Hình 1 minh họa các khía cạnh mà công ty có thể báo cáo trong khuôn khổ ESG, làm nổi bật cách các doanh nghiệp đánh giá tác động của doanh nghiệp đối với sự bền vững môi trường, trách nhiệm xã hội và quản trị doanh nghiệp. Các tiêu chuẩn đóng vai trò là chuẩn mực để đánh giá rủi ro và cơ hội trong các lĩnh vực, hướng dẫn các công ty áp dụng chiến lược ESG toàn diện:

Tiêu chuẩn môi trường: Giải quyết các vấn đề liên quan đến tính bền vững của môi trường, chẳng hạn như lượng khí thải carbon, hiệu quả sử

dụng năng lượng, kiểm soát ô nhiễm, bảo tồn tài nguyên và bảo tồn đa dạng sinh học.

Tiêu chuẩn xã hội: Tập trung vào các khía cạnh trách nhiệm xã hội, bao gồm quyền của người lao động, quyền con người, tính đa dạng và hòa nhập, sự tham gia của cộng đồng, bảo vệ người tiêu dùng và an toàn sản phẩm.

Tiêu chuẩn quản trị: Liên quan đến cơ cấu, chính sách và thông lệ quản trị doanh nghiệp, bao gồm thành phần hội đồng quản trị, lương thưởng cho giám đốc điều hành, tính minh bạch, trách nhiệm giải trình, quản lý rủi ro và đạo đức trong lãnh đạo.



Hình 1. Khung chung ESG – 3 trụ cột của ESG

2.2. Các khuôn khổ ESG trên thế giới

Báo cáo ESG được thúc đẩy bởi nhiều khung khác nhau, mỗi khung đều được thiết kế để nâng cao tính nhất quán, khả năng so sánh và độ tin cậy của các công bố. Các hướng dẫn này đóng vai trò quan trọng giúp các doanh nghiệp vượt qua khó khăn trong việc lập báo cáo ESG và đảm bảo các bên liên quan có thể đưa ra quyết định dựa trên các tiêu chí được chấp nhận. Các mô hình báo cáo ESG tập trung vào các nguyên tắc và những vấn đề quan trọng như cách cấu trúc và thu thập dữ liệu. Dưới đây, một số khung báo cáo ESG phổ biến trên thế giới:

Sáng kiến Báo cáo Toàn Cầu (GRI) [12]: Sáng kiến báo cáo toàn cầu (GRI) là một khung báo cáo ESG được công nhận rộng rãi, được sử dụng bởi 73% trong số 250 công ty lớn nhất thế giới. Các tiêu chuẩn của GRI tập trung vào tác động kinh tế, môi trường và xã hội của một công ty liên quan đến phát triển bền vững, thu hút sự quan tâm của nhiều bên liên quan.

Ủy ban Tiêu chuẩn bền vững quốc tế (ISSB) [14]: Tiêu chuẩn này là một khung báo cáo ESG

mới được thành lập, hợp nhất Quỹ báo cáo giá trị (VRF) và Ủy ban tiêu chuẩn công bố khí hậu (CDSB). Được quản lý bởi Quỹ IFRS, ISSB giải quyết nhu cầu thông tin bền vững của các thị trường vốn, liên kết báo cáo ESG với các tiêu chuẩn tài chính. ISSB gần đây đã công bố hai tiêu chuẩn về bền vững và khí hậu toàn cầu, bao gồm IFRS S1 Yêu cầu chung về tiết lộ thông tin tài chính liên quan đến bền vững và IFRS S2 tiết lộ thông tin liên quan đến khí hậu vào tháng 6 năm 2023. IFRS S2 áp dụng cho các kỳ báo cáo hàng năm bắt đầu từ ngày 1 tháng 1 năm 2024. IFRS S2 tích hợp và phát triển dựa trên các khuyến nghị của Nhóm đặc trách về công bố thông tin tài chính liên quan đến khí hậu (TCFD) và kết hợp các yêu cầu công bố thông tin theo ngành được rút ra từ các Chuẩn mực SASB.

Chỉ thị Báo cáo Phát triển bền vững (CSRD) [11]: Chỉ thị báo cáo phát triển bền vững (CSRD) của EU là một khung báo cáo ESG tiên tiến cho các doanh nghiệp EU, thay thế chỉ thị báo cáo phi tài chính (NFRD). CSRD thiết lập cơ sở cho báo cáo bền vững, yêu cầu tuân thủ các Tiêu chuẩn báo cáo phát triển bền vững của Châu Âu (ESRS).

Chỉ thị này được thiết kế cho nhiều ngành công nghiệp, bao gồm sản xuất, năng lượng, dịch vụ tài chính và nhiều ngành khác, đảm bảo các tiết lộ ESG tiêu chuẩn và toàn diện. CSRD yêu cầu các công ty báo cáo về chuỗi cung ứng quốc tế. Vào tháng 7 năm 2023, Ủy ban Châu Âu đã thông qua các Tiêu chuẩn báo cáo phát triển bền vững của Châu Âu (ESRS) bao gồm đầy đủ các vấn đề môi trường, xã hội và quản trị, bao gồm biến đổi khí hậu, đa dạng sinh học và nhân quyền.

Lực lượng đặc nhiệm về công khai tài chính liên quan đến khí hậu (TCFD)[10]: Được thành lập bởi Ban ổn định tài chính (FSB), Lực lượng đặc nhiệm về công khai tài chính liên quan đến khí hậu (TCFD) phát triển các khuyến nghị tiết lộ thông tin tài chính liên quan đến khí hậu. TCFD tập trung vào quản trị, chiến lược, quản lý rủi ro và các chỉ số và mục tiêu, giúp các công ty và nhà đầu tư hiểu rõ các tác động tài chính của các vấn đề liên quan đến khí hậu. Sau khi tiêu chuẩn ISSB được công bố, công việc của TCFD hoàn thành,

nhưng các khuyến nghị của TCFD vẫn có sẵn để sử dụng.

Hội đồng chuẩn mực kế toán bền vững (SASB) [13]: Hội đồng cung cấp các tiêu chuẩn toàn cầu để tiết lộ thông tin bền vững về tài chính. Hiện thuộc Quỹ IFRS, các tiêu chuẩn SASB kết nối các doanh nghiệp và nhà đầu tư với các tác động tài chính đối với vấn đề bền vững. Bao phủ 77 ngành công nghiệp trong 11 danh mục, các tiêu chuẩn SASB cung cấp một công cụ thực tế để thực hiện các khung dựa trên nguyên tắc.

Hiệp ước toàn cầu của Liên Hợp Quốc [16]: Cung cấp một khung chính sách để tổ chức và phát triển các chiến lược bền vững doanh nghiệp nhằm hỗ trợ 17 mục tiêu phát triển bền vững của Liên Hợp Quốc (SDGs). Các mục tiêu này là một bộ tiêu chuẩn và là lời kêu gọi toàn cầu do Liên Hợp Quốc đề ra năm 2015 trong Chương trình nghị sự 2030, nhằm hướng đến xóa đói giảm nghèo, bảo vệ hành tinh và đảm bảo mọi người dân được hưởng hòa bình và thịnh vượng vào năm 2030.

Bảng 1. Các tiêu chuẩn công bố thông tin ESG phổ biến

Tiêu chuẩn	GRI	ISSB - IFRS S1 và S2	CSRD	TCFD	SASB	IIRC	SDGs
Tổ chức	Sáng kiến báo cáo toàn cầu	Ủy ban tiêu chuẩn bền vững	Liên minh Châu Âu (EU)	Lực lượng đặc nhiệm tài chính khí hậu	Hội đồng chuẩn mực kế toán bền vững	Hội đồng báo cáo tích hợp quốc tế	Liên Hợp Quốc
Đặc điểm nổi bật	Phổ biến nhất toàn cầu và tại VN 65% DN sử dụng	Hợp nhất từ SASB và IIRC; đang trở thành "nền tảng chung" toàn cầu	Có tính pháp lý cao nhất; bắt buộc DN ngoài EU phải công bố tác động chuỗi giá trị	Tập trung biến đổi khí hậu (đã được tích hợp vào IFRS S2)	Cung cấp 77 bộ chỉ số chuyên biệt cho từng ngành công nghiệp cụ thể	Không phải là bộ chỉ tiêu đo lường chi tiết, mà là khuôn khổ nguyên tắc	Định hướng chiến lược toàn cầu
Nội dung	Tác động kinh tế, môi trường, xã hội đối với	Rủi ro và cơ hội tài chính liên quan đến bền vững và khí hậu	Tuân thủ tiêu chuẩn báo cáo bền vững Châu Âu (ESRS) trên toàn	Quản trị, chiến lược, quản lý rủi ro và các chỉ số/mục	Thông tin bền vững có tác động tài chính trọng yếu theo	Kết nối thông tin tài chính và phi tài chính trong một báo	17 mục tiêu lớn giải quyết các thách thức toàn cầu

Tiêu chuẩn	GRI	ISSB - IFRS S1 và S2	CSRD	TCFD	SASB	IIRC	SDGs
	các bên liên quan (Trọng yếu kép)		chuỗi cung ứng	tiêu về khí hậu	từng ngành cụ thể	cáo thống nhất	(nghèo đói, khí hậu, bình đẳng...)
Tính chất	Tự nguyện	Đang dần bắt buộc tại nhiều quốc gia (Singapore, Malaysia...)	Bắt buộc ở EU	Tự nguyện (Khuyến nghị chuẩn mực)	Tự nguyện (đã tích hợp vào ISSB)	Tự nguyện	Khung định hướng chiến lược phát triển bền vững

(Nguồn tác giả tự tổng hợp)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong bối cảnh ESG ngày càng trở thành trụ cột trong quản trị doanh nghiệp và thị trường vốn toàn cầu, các quốc gia và khu vực pháp lý đang chuyển mạnh từ định hướng tự nguyện sang khuôn khổ công bố thông tin mang tính bắt buộc. Xu hướng này phản ánh nỗ lực hài hòa hóa tiêu chuẩn, gia tăng tính minh bạch và nâng cao trách nhiệm giải trình của doanh nghiệp trước các rủi ro môi trường, xã hội và quản trị. Trên cơ sở đó, phần tiếp theo trình bày khái quát thực tiễn áp dụng và tiến trình hoàn thiện khung pháp lý ESG tại một số nền kinh tế tiêu biểu trên thế giới.

Tại Hoa Kỳ, Quy định về công bố thông tin liên quan đến khí hậu được Ủy ban Chứng khoán và Giao dịch Hoa Kỳ (SEC) chờ đợi từ lâu đã được thông qua vào ngày 6 tháng 3 năm 2024, đánh dấu một thời điểm quan trọng đối với các công ty niêm yết. Tuy nhiên, chưa đầy một tháng sau, việc thực thi quy định này đã bị tạm dừng sau các vụ kiện từ 25 tiểu bang và các tổ chức khác. Trong khi đó, các tiểu bang như California đã có những hành động riêng. Dự kiến có hiệu lực vào năm 2026, các dự luật SB253 và SB261 quy định việc công khai thông tin về lượng khí thải và báo cáo rủi ro khí hậu đối với các công ty lớn thuộc khu vực công và tư nhân hoạt động kinh doanh tại California, cho đến nay, các tòa án đã giữ nguyên hiệu lực của quy định này. Các tiểu bang khác như New York và Illinois cũng đang thúc đẩy các dự luật tập trung vào khí hậu, cho thấy động lực ngày càng tăng ở cấp tiểu bang.

Tại Canada, Ngày 18 tháng 12 năm 2024, Hội đồng Tiêu chuẩn Bền vững Canada (CSSB) đã

ban hành Bộ tiêu chuẩn công bố thông tin bền vững Canada đầu tiên (CSDS1 và CSDS2), phù hợp với các tiêu chuẩn ISSB toàn cầu. CSDS1 quy định các yêu cầu chung về công bố thông tin tài chính quan trọng liên quan đến tính bền vững, trong khi CSDS2 tập trung vào các rủi ro và cơ hội quan trọng liên quan đến khí hậu. Hiện tại, các tiêu chuẩn này được cho phép áp dụng tự nguyện, đánh dấu một bước tiến quan trọng trong nỗ lực báo cáo bền vững của Canada.

Ở Châu Âu: Năm nay là một năm bước ngoặt trong lĩnh vực ESG toàn cầu, chúng ta đã chứng kiến sự gia tăng mạnh mẽ của các quy định đột phá có hiệu lực trên nhiều khu vực pháp lý. Đi đầu trong làn sóng quy định này là Chỉ thị báo cáo bền vững doanh nghiệp (CSRD) của Liên minh Châu Âu, chưa từng có tiền lệ về phạm vi và tác động, yêu cầu công bố thông tin bền vững toàn diện đối với gần 50.000 công ty; các quy tắc mới sẽ được áp dụng đầu tiên cho năm tài chính 2024 của các công ty, với các báo cáo được công bố vào năm 2025.

Ở Trung Quốc: Sau quá trình tham vấn công chúng, Bộ Tài chính (MOF) đã hoàn thiện Hướng dẫn cơ bản về công bố thông tin bền vững của doanh nghiệp vào tháng 12 năm 2024, đưa ra các yêu cầu chung về công bố thông tin bền vững của các doanh nghiệp Trung Quốc. Nhìn chung, hướng dẫn này tuân theo khuôn khổ công bố thông tin của Hội đồng tiêu chuẩn bền vững Quốc tế (ISSB), yêu cầu các công ty công bố thông tin liên quan đến quản trị, chiến lược, quản lý rủi ro và cơ hội, cũng như các chỉ số và mục tiêu. Khác với Tiêu chuẩn ISSB chủ yếu xem xét khía cạnh trọng yếu về tài chính, hướng dẫn của MOF tuân theo nguyên tắc trọng yếu kép, đánh giá tác động của ESG đến cả kết quả tài chính và kết quả ESG

của doanh nghiệp. Việc ban hành các hướng dẫn này được xem là một bước quan trọng trong việc phát triển văn hóa công bố thông tin ở Trung Quốc, bởi vì nó đánh dấu sự khởi đầu kế hoạch của MOF trong việc ban hành cả tiêu chuẩn chung về công bố thông tin bền vững của doanh nghiệp (dựa trên IFRS S1) và tiêu chuẩn công bố thông tin liên quan đến khí hậu (dựa trên IFRS S2) vào năm 2027, đặt nền tảng cho việc xây dựng hệ thống công bố thông tin bền vững quốc gia vào năm 2030.

Tại Hàn Quốc, Việc áp dụng chế độ công bố thông tin ESG bắt buộc dựa trên nền tảng ISSB sau năm 2026. Tại Nhật Bản đã công bố dự thảo các tiêu chuẩn báo cáo bền vững bắt buộc dựa trên IFRS. Chính phủ Nhật Bản đề xuất yêu cầu công bố thông tin và xác minh độc lập theo tiêu chuẩn ISSB bắt đầu từ năm 2027. Tại Singapore, cũng đã triển khai công bố thông tin bắt buộc về các

vấn đề liên quan đến khí hậu dựa trên tiêu chuẩn ISSB trước tài khóa 2025. Bắt buộc công bố khí thải Nhà kính (Scope 3) và yêu cầu xác minh hạn định (limited assurance) cho Scope 1 và Scope 2 lần lượt vào các năm tài khóa 2026 và 2027.

Ở Thái Lan: Dựa trên xu hướng toàn cầu, cấu trúc quy định tiềm năng tại Thái Lan được xây dựng xoay quanh yêu cầu áp dụng IFRS S1 & S2, tập trung vào bốn trụ cột chiến lược: Quản trị (Governance), Chiến lược (Strategy); Quản trị rủi ro (Risk Management), Chỉ số và Mục tiêu (Metrics and Targets).

Ở Malaysia: Chính thức tung ra Khung báo cáo bền vững Quốc gia (NSRF) với mục tiêu áp dụng đầy đủ các Tiêu chuẩn công bố thông tin bền vững của IFRS (IFRS Sustainability Disclosure Standards).

Minh họa việc áp dụng quy định ESG trên thế giới



Hình 2. Toàn cảnh công bố thông tin ESG trên thế giới

Tại Việt Nam, yêu cầu công bố các thông tin liên quan đến môi trường, xã hội và quản trị (ESG) đã từng bước được thể chế hóa thông qua Thông tư 96/2020/TT-BTC, trong đó các công ty niêm yết phải trình bày các nội dung về môi trường, người lao động, cộng đồng và quản trị doanh nghiệp trong báo cáo thường niên. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy việc công bố ESG vẫn còn hạn chế do thiếu hệ thống dữ liệu, nguồn lực và hướng dẫn kỹ thuật. Trong bối cảnh đó, Việt Nam đang từng bước định hướng hài hòa với các chuẩn mực quốc tế như Global Reporting Initiative (GRI), United Nations SDGs và các tiêu chuẩn của International Sustainability Standards Board (IFRS S1, IFRS S2).

Như vậy, Câu chuyện ESG toàn cầu ngày càng được định hình bởi sự phân hóa rõ rệt. Liên minh Châu Âu đang dẫn đầu với việc ban hành các quy định toàn diện như chỉ thị báo cáo phát triển bền vững doanh nghiệp (CSRD) và Chỉ thị thẩm định tính bền vững của doanh nghiệp (CSDDD), với tác động lan tỏa trên toàn thế giới. Ngược lại, Hoa Kỳ lại thể hiện một bức tranh phân mảnh hơn, tạo nên một mức độ bất định nhất định. Trong khi đó, các thị trường Châu Á - Thái Bình Dương như Nhật Bản, Singapore và Malaysia, Việt Nam... đang áp dụng khung ESG với tốc độ khác nhau, thường điều chỉnh theo tiêu chuẩn quốc tế nhưng vẫn phù hợp với ưu tiên địa phương.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy công bố thông tin ESG đã và đang trở thành một cấu phần không thể tách rời trong hệ thống quản trị doanh nghiệp và thị trường tài chính toàn cầu. Mặc dù tồn tại nhiều khung tiêu chuẩn khác nhau với mức độ bắt buộc và phạm vi áp dụng không đồng nhất, xu hướng chung đang hướng tới sự hội tụ quanh các chuẩn mực quốc tế, đặc biệt là bộ tiêu chuẩn của Hội đồng chuẩn mực bền vững quốc tế (ISSB). Liên minh Châu Âu tiếp tục giữ vai trò dẫn dắt thông qua các quy định mang tính pháp lý cao như CSRD và CSDDD, tạo ra hiệu ứng lan tỏa mạnh mẽ đến các nền kinh tế khác, nhất là trong chuỗi cung ứng toàn cầu. Trong khi đó, khu vực Châu Á – Thái Bình Dương đang từng bước điều chỉnh và nội địa hóa các chuẩn mực ESG phù hợp với điều kiện phát triển và ưu tiên chính sách của từng quốc gia. Đối với Việt Nam, việc chủ động tiếp cận, hài hòa và từng bước áp dụng các tiêu chuẩn ESG quốc tế là yêu cầu tất yếu nhằm nâng cao tính minh bạch, năng lực cạnh tranh và khả năng tiếp cận dòng vốn bền vững trong dài hạn.

Tài liệu tham khảo

1. Compact, U. G. (2004). Who cares wins: Connecting financial markets to a changing world. *New York*.
2. PRI, U. (2006). Principles for responsible investment. Retrieved October, 1, 2023.
3. Deloitte. (2023). *ESG explained: What it is and why it matters*. Deloitte Insights, truy cập ngày 2 tháng 01 năm 2026, <https://www2.deloitte.com>.
4. McKinsey & Company. (2024). *The triple play: Growth, profit, and sustainability*, truy cập ngày 02 tháng 01 năm 2026 <https://www.mckinsey.com>.
5. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2021). *COP26 outcomes*, truy cập ngày 2 tháng 01 năm 2026, <https://unfccc.int>.
6. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2022). *Sharm El-Sheikh implementation plan (COP27)*, truy cập ngày 2 tháng 01 năm 2026, <https://unfccc.int>.
7. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2023). *UAE consensus (COP28)*, truy cập ngày 2 tháng 01 năm 2026, <https://unfccc.int>.
8. Government of Vietnam. (2021). *Statement by the Prime Minister of Viet Nam at the 26th United Nations Climate Change Conference of the Parties (COP26)*, truy cập ngày 02 tháng 01 năm 2026, <https://primeminister.chinhphu.vn/full-remarks-by-pm-pham-minh-chinh-at-cop26-11240273.htm>.
9. <https://deloitte.com/ce/en/pages/global-business-services/articles/esg-explained-1-what-is-esg.html>. truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
10. <https://fsb-tcfd.org/> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
11. https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/corporate-sustainability-reporting-directive_en.
12. <https://globalreporting.org/standards/> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
13. <https://help.sasb.org/hc/en-us> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
14. <https://ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s2-climate-related-disclosures/> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
15. <https://mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/the-triple-play-growth-profit-and-sustainability> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.
16. <https://unglobalcompact.org/sdgs/17-global-goals> truy cập ngày 3 tháng 01 năm 2026.

ỨNG DỤNG TRUYỀN THÔNG MARKETING TÍCH HỢP TRONG XÂY DỰNG THƯƠNG HIỆU TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ

Đặng Ánh Hồng*

Khoa Kinh tế

*Email: hongda@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong bối cảnh cạnh tranh ngày càng gia tăng trong giáo dục đại học và sự phát triển mạnh mẽ của truyền thông số, xây dựng thương hiệu trở thành nhiệm vụ chiến lược của các cơ sở giáo dục. Bài báo phân tích việc ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì. Nghiên cứu được thực hiện theo cách tiếp cận định tính kết hợp với phân tích mô tả, sử dụng dữ liệu thứ cấp và phỏng vấn cán bộ, giảng viên của Nhà trường. Kết quả cho thấy Nhà trường triển khai nhiều hoạt động truyền thông trên các kênh khác nhau, góp phần nâng cao mức độ nhận biết thương hiệu; tuy nhiên, các hoạt động này còn thiếu sự tích hợp chiến lược và tính nhất quán trong thông điệp. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số hàm ý quản trị nhằm hoàn thiện chiến lược truyền thông marketing tích hợp, góp phần nâng cao hiệu quả xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì trong bối cảnh chuyển đổi số.

Từ khóa: Truyền thông marketing tích hợp, IMC, Thương hiệu, Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Abstract:

Amidst the intensifying competition in higher education and the rapid proliferation of digital communication, brand building has emerged as a strategic imperative for educational institutions. This paper analyzes the application of Integrated Marketing Communications (IMC) in the brand building process at Viet Tri University of Industry. The study employs a qualitative approach combined with descriptive analysis, utilizing secondary data and interviews with the university's administrative staff and faculty members. The results indicate that while the university implements various communication activities across multiple channels, effectively enhancing brand awareness, these efforts lack strategic integration and message consistency. Based on these findings, the paper proposes several managerial implications to optimize the IMC strategy, thereby contributing to the enhancement of brand building effectiveness at Viet Tri University of Industry within the context of digital transformation.

Keywords: Integrated Marketing Communications, IMC, Brand, Viet Tri University of Industry.

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh toàn cầu hóa và cạnh tranh ngày càng gay gắt trong lĩnh vực giáo dục đại học, xây dựng và phát triển thương hiệu đã trở thành một nhiệm vụ chiến lược đối với các cơ sở giáo dục. Thương hiệu trường đại học không chỉ phản ánh chất lượng đào tạo và nghiên cứu khoa học mà còn thể hiện uy tín, hình ảnh và vị thế của nhà trường trong nhận thức của người học, phụ huynh, doanh nghiệp và xã hội. Một thương hiệu mạnh giúp trường đại học nâng cao khả năng thu hút người học, mở rộng hợp tác và khẳng định vai trò trong hệ thống giáo dục quốc gia [1, 2].

Sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ số đã làm thay đổi căn bản phương thức tiếp nhận thông tin và hành vi lựa chọn của người học. Các kênh truyền thông số như website, mạng xã hội và các nền tảng trực tuyến trở thành công cụ quan trọng trong việc quảng bá hình ảnh và truyền tải thông tin của các trường đại học. Tuy nhiên, việc chỉ tập trung vào các công cụ truyền thông đơn lẻ mà

thiếu sự phối hợp chiến lược sẽ khó tạo ra tác động bền vững trong xây dựng thương hiệu.

Trong bối cảnh đó, truyền thông marketing tích hợp (Integrated Marketing Communications – IMC) được xem là cách tiếp cận hiệu quả nhằm đảm bảo tính nhất quán và đồng bộ của các hoạt động truyền thông. IMC nhấn mạnh việc tích hợp các công cụ truyền thông khác nhau để tạo ra một thông điệp thống nhất, rõ ràng và có sức thuyết phục đối với công chúng mục tiêu [3]. Các nghiên cứu cho thấy IMC có tác động tích cực đến việc nâng cao giá trị thương hiệu và xây dựng mối quan hệ lâu dài với các bên liên quan [4].

Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì là cơ sở giáo dục đại học có bề dày truyền thống 70 năm đào tạo, giữ vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn nhân lực cho lĩnh vực công nghiệp và kỹ thuật. Trong những năm gần đây, Nhà trường đã có nhiều nỗ lực trong việc triển khai các hoạt động truyền thông nhằm nâng cao hình ảnh và vị thế thương hiệu. Tuy nhiên, các hoạt động này vẫn

còn mang tính phân tán, chưa được triển khai trong một chiến lược truyền thông marketing tích hợp thống nhất.

Xuất phát từ thực tiễn đó, bài báo này nhằm phân tích việc ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, từ đó đề xuất các hàm ý quản trị nhằm nâng cao hiệu quả truyền thông thương hiệu trong bối cảnh chuyển đổi số và cạnh tranh ngày càng gia tăng trong giáo dục đại học.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết và mô hình nghiên cứu

Khái niệm và vai trò của truyền thông marketing tích hợp

Truyền thông marketing tích hợp (Integrated Marketing Communications – IMC) là một khái niệm được phát triển từ đầu những năm 1990 và nhanh chóng trở thành nền tảng lý thuyết quan trọng trong quản trị marketing hiện đại. Theo Schultz, Tannenbaum và Lauterborn (1993), IMC là quá trình hoạch định và triển khai các chương trình truyền thông marketing nhằm đảm bảo sự phối hợp chặt chẽ, nhất quán giữa các công cụ truyền thông để tạo ra tác động tối đa tới đối tượng mục tiêu [3]. Cách tiếp cận này nhấn mạnh việc tích hợp các kênh truyền thông khác nhau thay vì triển khai rời rạc, đơn lẻ.

Kotler và Keller (2016) cho rằng IMC giúp doanh nghiệp và tổ chức xây dựng thông điệp truyền thông rõ ràng, nhất quán, từ đó gia tăng hiệu quả truyền thông và củng cố giá trị thương hiệu [5]. Trong bối cảnh chuyển đổi số, IMC ngày càng mở rộng phạm vi, bao gồm cả các kênh truyền thông truyền thống (quảng cáo, quan hệ công chúng, sự kiện) và truyền thông số (website, mạng xã hội, marketing nội dung, email marketing). Sự tích hợp này cho phép tổ chức tiếp cận công chúng mục tiêu một cách linh hoạt, liên tục và cá nhân hóa hơn.

Đối với các cơ sở giáo dục đại học, IMC không chỉ là công cụ quảng bá hình ảnh mà còn là phương thức chiến lược nhằm truyền tải sứ mệnh, tầm nhìn, giá trị cốt lõi và cam kết chất lượng của nhà trường tới người học và xã hội [6]. Việc ứng dụng IMC giúp các trường đại học tạo dựng hình ảnh thương hiệu chuyên nghiệp, gia tăng mức độ nhận biết và nâng cao niềm tin của các bên liên quan.

Thương hiệu và xây dựng thương hiệu trường đại học

Thương hiệu được hiểu là tập hợp các nhận thức, cảm nhận và liên tưởng của công chúng đối với một tổ chức, sản phẩm hoặc dịch vụ [2]. Trong lĩnh vực giáo dục đại học, thương hiệu trường đại học mang tính đặc thù, không chỉ gắn với chất lượng đào tạo mà còn liên quan đến uy tín học thuật, môi trường học tập, cơ hội nghề nghiệp và trách nhiệm xã hội [7].

Xây dựng thương hiệu trường đại học là một quá trình dài hạn, đòi hỏi sự phối hợp đồng bộ giữa chiến lược đào tạo, nghiên cứu khoa học, quản trị và truyền thông. Nhiều nghiên cứu cho rằng các thành phần cốt lõi của thương hiệu trường đại học bao gồm: mức độ nhận biết thương hiệu, hình ảnh thương hiệu, uy tín học thuật và niềm tin của người học [9]. Trong đó, truyền thông đóng vai trò cầu nối quan trọng giúp chuyển tải giá trị nội tại của nhà trường ra bên ngoài.

Trong bối cảnh cạnh tranh tuyển sinh ngày càng gia tăng tại Việt Nam, việc xây dựng thương hiệu không còn là lựa chọn mà đã trở thành yêu cầu tất yếu đối với các trường đại học, đặc biệt là các trường định hướng ứng dụng và gắn với nhu cầu của thị trường lao động. Do đó, việc vận dụng hiệu quả các công cụ truyền thông marketing tích hợp có ý nghĩa then chốt trong việc nâng cao vị thế và sức hấp dẫn của thương hiệu trường đại học.

Mối quan hệ giữa truyền thông marketing tích hợp và xây dựng thương hiệu trường đại học

Các nghiên cứu trước đây cho thấy IMC có tác động tích cực đến các thành phần của thương hiệu, bao gồm nhận biết thương hiệu, hình ảnh thương hiệu và lòng trung thành của khách hàng [2-4]. Trong môi trường giáo dục đại học, việc triển khai đồng bộ các hoạt động truyền thông như truyền thông số, quan hệ công chúng, sự kiện tuyển sinh, truyền thông nội bộ và truyền thông cộng đồng giúp nhà trường tạo dựng hình ảnh nhất quán và đáng tin cậy trong nhận thức của người học và xã hội.

Marketing số, với vai trò là một cấu phần quan trọng của IMC, cho phép các trường đại học tiếp cận hiệu quả các nhóm công chúng trẻ, đặc biệt là học sinh trung học phổ thông và phụ huynh. Tuy nhiên, nếu chỉ tập trung vào marketing số mà thiếu sự tích hợp với các hoạt động truyền thông

khác, hiệu quả xây dựng thương hiệu sẽ bị hạn chế. Do đó, IMC được xem là khung tiếp cận phù hợp để tối ưu hóa vai trò của marketing số trong chiến lược xây dựng thương hiệu trường đại học.

Trên cơ sở các lập luận lý thuyết và các nghiên cứu trước, bài báo sử dụng khung lý thuyết IMC để phân tích vai trò của truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, coi đây là nền tảng cho việc đề xuất các giải pháp truyền thông phù hợp với bối cảnh và chiến lược phát triển của Nhà trường.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo cách tiếp cận nghiên cứu định tính kết hợp với phân tích mô tả, phù hợp với mục tiêu đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì. Cách tiếp cận này cho phép tác giả vừa khai thác cơ sở lý thuyết, vừa gắn kết chặt chẽ với bối cảnh thực tiễn của Nhà trường.

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ hai nguồn chính:

Dữ liệu thứ cấp: bao gồm các tài liệu lý thuyết về truyền thông marketing tích hợp và xây dựng thương hiệu; các nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến marketing giáo dục đại học; các báo cáo, kế hoạch, tài liệu truyền thông và thông tin công bố chính thức của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Dữ liệu sơ cấp: được thu thập thông qua phỏng vấn bán cấu trúc một số cán bộ quản lý, giảng viên và cán bộ phụ trách công tác truyền thông – tuyển sinh của Nhà trường nhằm làm rõ thực trạng triển khai các hoạt động truyền thông marketing và mức độ tích hợp giữa các kênh truyền thông.

Phương pháp phân tích dữ liệu

Dữ liệu thu thập được phân tích bằng phương pháp phân tích nội dung và so sánh – tổng hợp. Cụ thể, các hoạt động truyền thông hiện có của Nhà trường được phân loại theo các thành phần của IMC, từ đó đánh giá mức độ tích hợp, tính nhất quán thông điệp và hiệu quả trong xây dựng thương hiệu. Kết quả phân tích được đối chiếu với cơ sở lý thuyết và các nghiên cứu trước nhằm rút ra nhận xét và đề xuất hàm ý quản trị phù hợp.

Khung nghiên cứu đề xuất

Trên cơ sở lý thuyết IMC và mục tiêu nghiên cứu, bài báo sử dụng khung phân tích trong đó truyền thông marketing tích hợp (bao gồm marketing số, quan hệ công chúng, sự kiện và truyền thông nội bộ) được xem là yếu tố tác động đến xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, thể hiện qua mức độ nhận biết thương hiệu và hình ảnh thương hiệu trong nhận thức của các nhóm công chúng mục tiêu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực trạng ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

Kết quả phân tích các tài liệu thứ cấp và thông tin thu thập từ phỏng vấn cán bộ quản lý, cán bộ phụ trách công tác truyền thông cho thấy Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã từng bước triển khai nhiều hoạt động truyền thông nhằm quảng bá hình ảnh và nâng cao nhận diện thương hiệu. Các hoạt động này tập trung chủ yếu vào một số kênh như website chính thức của Trường, các trang mạng xã hội (Facebook, Tiktok, YouTube), hoạt động tư vấn – tuyển sinh trực tiếp, các sự kiện truyền thông và hoạt động quan hệ cộng đồng.

Về marketing số, Nhà trường đã chú trọng xây dựng website cung cấp thông tin về ngành đào tạo, tuyển sinh và các hoạt động nổi bật. Các kênh mạng xã hội được sử dụng để cập nhật tin tức, hình ảnh hoạt động sinh viên và sự kiện của Trường, góp phần nâng cao mức độ tiếp cận đối với người học tiềm năng. Tuy nhiên, nội dung truyền thông số vẫn chủ yếu mang tính thông báo, chưa được xây dựng theo chiến lược nội dung dài hạn gắn với định vị thương hiệu rõ ràng.

Về quan hệ công chúng và sự kiện, Nhà trường thường xuyên tổ chức các hoạt động kỷ niệm, hội thảo khoa học, ngày hội tuyển sinh và các chương trình gắn kết với các trường trung học phổ thông ở các địa phương. Những hoạt động này góp phần khẳng định vai trò và uy tín của Trường trong cộng đồng. Tuy nhiên, việc kết nối các hoạt động này với truyền thông số và các kênh khác còn hạn chế, dẫn đến hiệu quả lan tỏa thương hiệu chưa cao.

Đối với truyền thông nội bộ, Nhà trường đã triển khai các hình thức thông tin nội bộ nhằm tăng cường sự gắn kết của cán bộ, giảng viên và sinh viên. Tuy nhiên, vai trò của truyền thông nội bộ như một cấu phần của IMC trong việc lan tỏa

giá trị thương hiệu ra bên ngoài vẫn chưa được khai thác đầy đủ.

Nhìn chung, các hoạt động truyền thông marketing của Trường hiện nay vẫn còn mang tính phân tán, thiếu sự tích hợp và chưa được triển khai trong một khung IMC thống nhất. Điều này cho thấy thương hiệu của Trường chưa được truyền tải một cách đồng bộ và nhất quán tới các nhóm công chúng mục tiêu.

3.2. Đánh giá tác động của truyền thông marketing tích hợp đến xây dựng thương hiệu Trường

Từ góc độ xây dựng thương hiệu, kết quả nghiên cứu cho thấy truyền thông marketing tích hợp có vai trò quan trọng trong việc nâng cao mức độ nhận biết thương hiệu và hình ảnh thương hiệu của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì. Các hoạt động truyền thông khi được triển khai đồng bộ có khả năng tạo ra ấn tượng rõ nét hơn về bề dày truyền thống, sứ mệnh đào tạo và giá trị cốt lõi của Nhà trường.

Tuy nhiên, do mức độ tích hợp giữa các kênh truyền thông còn hạn chế, thông điệp thương hiệu của Trường chưa thực sự nổi bật và khác biệt so với các cơ sở giáo dục đại học cùng nhóm. Điều này phù hợp với nhận định của Kitchen và Burgmann (2015) khi cho rằng hiệu quả của IMC phụ thuộc lớn vào mức độ nhất quán thông điệp và sự phối hợp giữa các công cụ truyền thông [4].

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy marketing số, dù đóng vai trò ngày càng quan trọng trong tiếp cận người học, nhưng nếu không được đặt trong tổng thể chiến lược IMC sẽ khó phát huy tối đa hiệu quả xây dựng thương hiệu. Điều này cũng có quan điểm của Keller (2013) rằng thương hiệu mạnh chỉ được hình thành khi các hoạt động truyền thông cùng hướng tới việc truyền tải một hệ giá trị thương hiệu thống nhất [2].

3.3. Thảo luận kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu cho thấy thực trạng ứng dụng truyền thông marketing tích hợp tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì phản ánh bức tranh chung của nhiều cơ sở giáo dục đại học tại Việt Nam hiện nay, trong đó truyền thông số được chú trọng nhưng thiếu sự tích hợp chiến lược với các hoạt động truyền thông khác. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trong nước trước đây khi chỉ ra rằng nhiều trường đại học vẫn tiếp cận marketing theo hướng công cụ,

chưa coi IMC là một chiến lược tổng thể trong xây dựng thương hiệu.

So với các nghiên cứu quốc tế về IMC trong giáo dục đại học (Hemsley-Brown & Oplatka, 2015; Ivy, 2008), kết quả của bài báo cho thấy khoảng cách nhất định giữa lý thuyết và thực tiễn triển khai tại các trường đại học Việt Nam. Trong khi các nghiên cứu quốc tế nhấn mạnh vai trò của chiến lược IMC dài hạn gắn với định vị thương hiệu rõ ràng, thì tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, các hoạt động truyền thông vẫn chủ yếu phục vụ mục tiêu ngắn hạn như tuyển sinh và tuyên truyền sự kiện.

Tuy nhiên, trong bối cảnh Trường đang kỷ niệm 70 năm truyền thống đào tạo, đây cũng là cơ hội thuận lợi để Nhà trường tái cấu trúc chiến lược truyền thông theo hướng IMC, tận dụng đồng thời bề dày lịch sử và các công cụ truyền thông hiện đại nhằm nâng cao hình ảnh và vị thế thương hiệu trong giai đoạn phát triển mới.

3.4. Hàm ý quản trị

Từ các kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất một số hàm ý quản trị nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng truyền thông marketing tích hợp trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, cụ thể như sau:

Thứ nhất, xây dựng chiến lược truyền thông marketing tích hợp gắn với định vị thương hiệu rõ ràng.

Nhà trường đã xác định rõ định vị thương hiệu cốt lõi là trường đại học đa ngành, định hướng ứng dụng, cung cấp nhân lực có chất lượng và đáp ứng nhu cầu thị trường lao động, từ đó xây dựng chiến lược IMC thống nhất về mục tiêu, thông điệp và hình ảnh thương hiệu. Chiến lược này cần được triển khai đồng bộ trên tất cả các kênh truyền thông nhằm đảm bảo tính nhất quán và gia tăng hiệu quả truyền thông.

Thứ hai, tăng cường vai trò của marketing số trong tổng thể IMC.

Marketing số cần được xem là trụ cột quan trọng trong chiến lược IMC, đặc biệt trong việc tiếp cận người học tiềm năng. Nhà trường nên đầu tư xây dựng chiến lược nội dung số dài hạn trên website và các nền tảng mạng xã hội, chú trọng kể câu chuyện thương hiệu gắn với truyền thống 70 năm đào tạo, thành tựu đào tạo – nghiên cứu và cơ hội nghề nghiệp cho người học.

Thứ ba, nâng cao mức độ tích hợp giữa các hoạt động truyền thông và sự kiện.

Các hoạt động sự kiện, hội thảo khoa học, ngày hội tuyển sinh và hoạt động cộng đồng cần được thiết kế và truyền thông đồng bộ với các kênh số nhằm gia tăng mức độ lan tỏa và củng cố hình ảnh thương hiệu. Việc tích hợp này giúp chuyển hóa các hoạt động truyền thông thành nội dung truyền thông có giá trị lâu dài.

Thứ tư, phát huy vai trò của truyền thông nội bộ trong xây dựng thương hiệu.

Cán bộ, giảng viên và sinh viên cần được xem là những “đại sứ thương hiệu” của Nhà trường. Do đó, truyền thông nội bộ cần được chú trọng nhằm lan tỏa giá trị cốt lõi, tầm nhìn và văn hóa tổ chức, từ đó tạo sự thống nhất trong hành vi và thông điệp truyền thông ra bên ngoài.

Thứ năm, hoàn thiện cơ chế quản lý và đánh giá hiệu quả truyền thông.

Nhà trường cần xây dựng cơ chế phối hợp rõ ràng giữa các đơn vị liên quan đến truyền thông và marketing, đồng thời thiết lập các tiêu chí đánh giá hiệu quả truyền thông gắn với mục tiêu xây dựng thương hiệu. Đây là điều kiện quan trọng để đảm bảo tính bền vững của chiến lược IMC trong dài hạn.

4. KẾT LUẬN

4.1. Kết luận

Bài báo đã tập trung phân tích vai trò của truyền thông marketing tích hợp (IMC) trong xây dựng thương hiệu Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì trên cơ sở kết hợp giữa lý thuyết và thực tiễn triển khai tại Nhà trường. Kết quả nghiên cứu cho thấy IMC là cách tiếp cận phù hợp và cần thiết đối với các cơ sở giáo dục đại học trong bối cảnh cạnh tranh ngày càng gia tăng và sự phát triển mạnh mẽ của môi trường truyền thông số.

Nghiên cứu chỉ ra rằng Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã có những nỗ lực đáng ghi nhận trong việc triển khai các hoạt động truyền thông và marketing nhằm quảng bá hình ảnh và nâng cao mức độ nhận biết thương hiệu. Tuy nhiên, các hoạt động này hiện vẫn còn mang tính rời rạc, chưa được tích hợp trong một chiến lược truyền thông marketing tổng thể, dẫn đến hiệu quả xây dựng thương hiệu chưa thực sự tương xứng với bề dày truyền thông và tiềm năng phát triển của Nhà trường.

Trên cơ sở khung lý thuyết IMC, bài báo khẳng định rằng việc tích hợp đồng bộ các công cụ truyền thông – bao gồm marketing số, quan hệ công chúng, sự kiện, truyền thông nội bộ và hoạt động tuyển sinh – có ý nghĩa quan trọng trong việc tạo dựng hình ảnh thương hiệu nhất quán, nâng cao uy tín và sức hấp dẫn của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đối với người học và các bên liên quan. Đây cũng là cơ sở khoa học để Nhà trường xem xét điều chỉnh và hoàn thiện chiến lược truyền thông thương hiệu trong giai đoạn tới.

4.2. Hạn chế và hướng nghiên cứu tiếp theo

Do giới hạn về phạm vi và phương pháp nghiên cứu, bài báo chủ yếu tiếp cận theo hướng phân tích định tính và mô tả thực trạng. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng theo hướng định lượng, xây dựng mô hình đo lường tác động của các thành phần IMC đến giá trị thương hiệu trường đại học, qua đó cung cấp bằng chứng thực nghiệm sâu hơn cho bối cảnh giáo dục đại học Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Kotler, P., Fox, K. F. A. (1995), “Strategic marketing for educational institutions”, Prentice Hall.
2. Keller, K. L. (2013), “Strategic brand management: Building, measuring, and managing brand equity”, *Pearson Education*.
3. Schultz, D. E., Tannenbaum, S. I., Lauterborn, R. F. (1993), “Integrated marketing communications”, *NTC Business Books*.
4. Kitchen, P. J., Burgmann, I. (2015), “Integrated marketing communication: Making it work at a strategic level”, *Journal of Business Strategy*, 36(4), 34 - 39.
5. Kotler, P., Keller, K. L. (2016), “Marketing management”, *Pearson Education*, Hoa Kỳ.
6. Hemsley-Brown, J., Oplatka, I. (2015), “Higher education consumer choice”, *Palgrave Macmillan*.
7. Ivy, J. (2008), “A new higher education marketing mix: The 7Ps for MBA marketing”, *International Journal of Educational Management*, 22(4), 288 - 299.
8. Hemsley-Brown, J., Goonawardana, S. (2007), “Brand harmonization in the international higher education market”, *Journal of Business Research*, 60(9), 942 - 948.

CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU NANO KIM LOẠI Cu

Nguyễn Thị Thanh Huyền*, Nguyễn Thị Kim Dung

Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: huyenntt@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, vật liệu nano kim loại Cu được chế tạo bằng phương pháp khử bởi hydro sinh ra trong phản ứng điện phân nước ở nhiệt độ 450°C và thời gian 30 phút. Các đặc trưng tính chất và hình thái của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) và kính hiển vi điện tử quét SEM. Kết quả cho thấy nano Cu thu được có kích thước hạt ở 50-90 nm.

Từ khóa: nano Cu, khử bằng hydro.

Abstract:

In this study, copper nanomaterials were synthesized via reduction with hydrogen generated from water electrolysis at 450 °C for 30 minutes. The structural and morphological characteristics of the material were investigated using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The results revealed that the as-synthesized Cu nanomaterials exhibited a particle size ranging from 50 to 90 nm.

Keywords: nano Cu, hydrogen reduction.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu nano kim loại nói chung và nano Cu nói riêng đang nhận được sự quan tâm lớn trong lĩnh vực khoa học vật liệu nhờ các tính chất đặc trưng như diện tích bề mặt riêng lớn, hoạt tính hóa học cao và khả năng điều chỉnh tính chất thông qua kích thước hạt. Đồng là kim loại có vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp và công nghệ, đặc biệt trong các ứng dụng liên quan đến dẫn điện, dẫn nhiệt, xúc tác và vật liệu chức năng. Khi kích thước giảm xuống thang nano, vật liệu Cu thể hiện nhiều tính chất khác biệt so với vật liệu khối.

Hiện nay, nano Cu có thể được tổng hợp bằng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp điện phân, phương pháp hóa học dung dịch, phương pháp khử bởi hydro sinh ra trong phản ứng điện phân nước [1,2]. Trong số đó, phương pháp khử bởi hydro sinh ra trong phản ứng điện phân nước được đánh giá là hướng tiếp cận đơn giản, sử dụng hóa chất phổ biến và dễ kiểm soát điều kiện công nghệ. Tuy nhiên, quá trình hoàn nguyên CuO chịu ảnh hưởng mạnh của các yếu tố như nhiệt độ và thời gian phản ứng, có thể quyết định đến mức độ chuyển pha, độ tinh khiết và kích thước hạt của vật liệu thu được.

Do đó, việc khảo sát một cách hệ thống ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian khử đến cấu trúc tinh thể và hình thái của nano Cu là cần thiết nhằm lựa chọn điều kiện tổng hợp phù hợp. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tập trung vào việc chế tạo vật liệu nano Cu bằng phương pháp khử bởi hydro sinh ra trong phản ứng điện phân nước ở các điều kiện khác nhau. Đặc trưng cấu trúc, hình thái của hạt nano Cu được khảo sát bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD-ADVANCE BRUCKER, Đức), kính hiển vi điện tử quét SEM (Hitachi-S4800, Nhật bản).

2. THỰC NGHIỆM

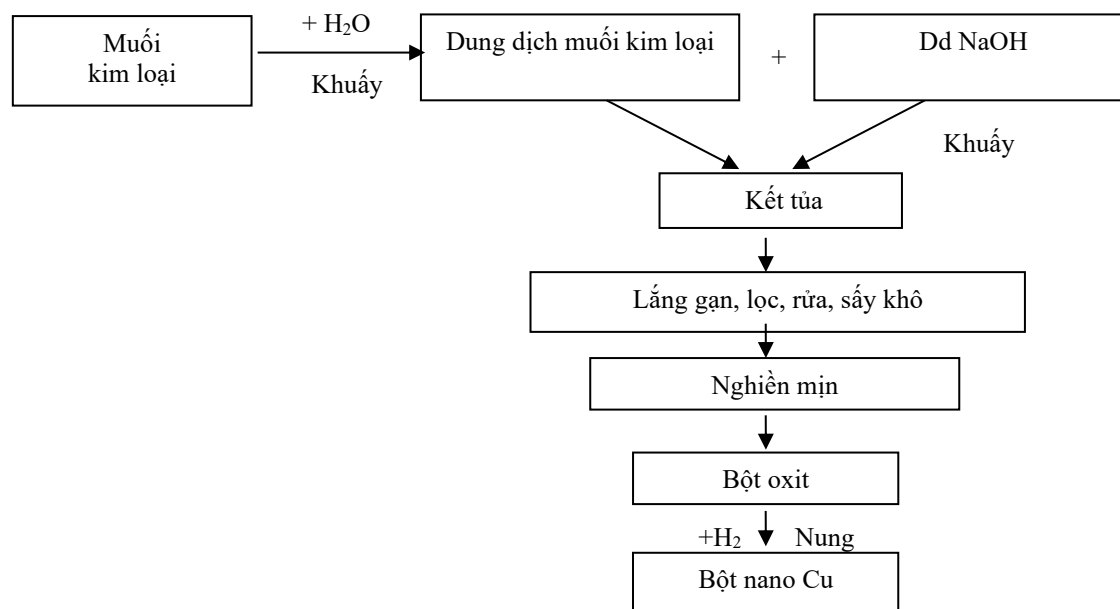
2.1. Hóa chất, vật tư và thiết bị

Hóa chất: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (độ tinh khiết 99%) và NaOH (độ tinh khiết 95%).

Thiết bị: Máy khuấy từ, máy ly tâm, tủ sấy và lò nung Nabertherm GmbH, máy sinh khí Hydrogen (HGH 300-HGH hydrogen Generator).

2.2. Tiến hành thí nghiệm

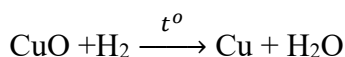
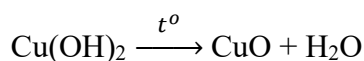
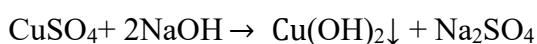
2.2.1. Chế tạo nano Cu



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế tạo nano kim loại Cu

Nhỏ từ từ dung dịch NaOH 1 M vào 1 lit dung dịch CuSO_4 1 M và khuấy đều bằng máy khuấy từ. Khi pH đạt 8-8.5 thì để lắng, lọc và rửa kết tủa nhiều lần để loại bỏ ion SO_4^{2-} và Na^+ . Sấy kết tủa ở 100°C trong vòng 4 giờ. Để nguội sau đó đem nghiền bi trong 2 h thu được bột CuO.

Tiếp tục cho 4 g bột CuO vào thuyền sứ rồi đưa vào buồng phản ứng bằng ống thạch anh. Sau đó lắp buồng phản ứng vào lò nung, lắp ống dẫn khí và van an toàn. Sử dụng máy điện phân khí H_2 lưu lượng 300 ml/phút. Gia nhiệt và điều khiển nhiệt độ duy trì ở các khoảng nhiệt độ 300°C , 350°C , 400°C và thời gian 60 phút. Sau đó tiếp tục khảo sát tiếp ở nhiệt độ 400°C với các khoảng thời gian 60, 90 phút. Kết thúc phản ứng để lò nguội tự nhiên trong khi vẫn tiếp tục thổi khí H_2 để bảo vệ mẫu. Sau đó lấy mẫu ra và bảo quản trong môi trường chân không [3,4].



3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

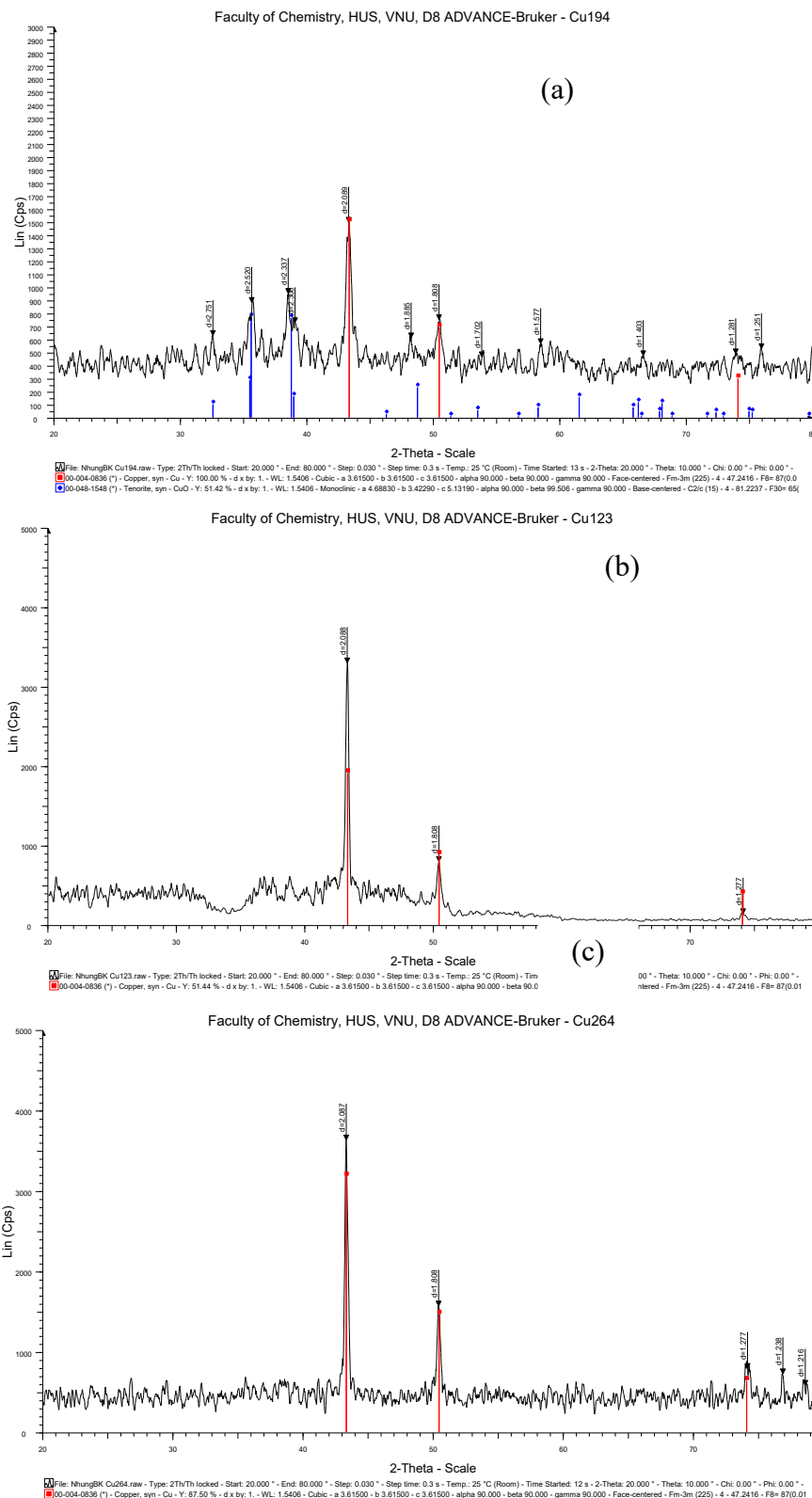
3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc và kích thước của vật liệu nano Cu

Kết quả nghiên cứu cấu trúc của vật liệu chế tạo được ở các điều kiện nhiệt độ phản ứng khác nhau bằng giản đồ XRD được thể hiện trong Hình 1. Kết quả cho thấy rằng:

Giản đồ XRD của mẫu khử ở nhiệt độ 350°C trong thời gian 60 phút cho thấy chỉ xuất hiện một số đỉnh nhiễu xạ yếu đặc trưng cho Cu kim loại, trong khi các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng của CuO vẫn chiếm ưu thế. Điều này chứng tỏ quá trình khử CuO tại nhiệt độ này chưa diễn ra hoàn toàn, sản phẩm thu được chủ yếu vẫn là pha oxit đồng.

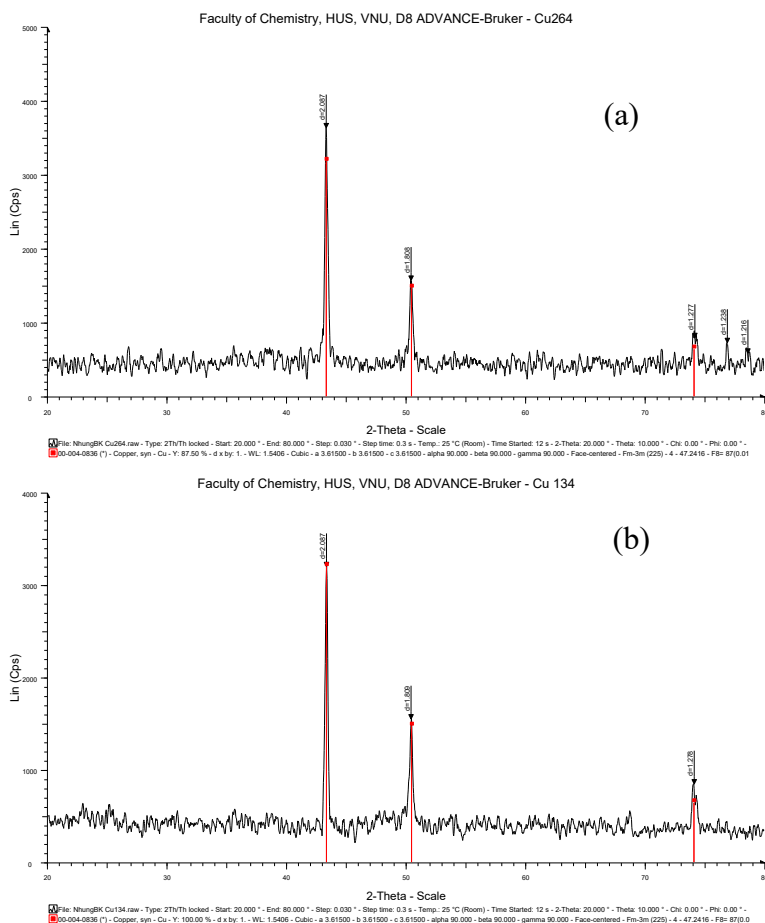
Khi tăng nhiệt độ khử lên 400°C với thời gian phản ứng 60 phút, các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng của Cu kim loại bắt đầu xuất hiện rõ ràng tại các giá trị góc 2θ tương ứng $43,38^\circ$; $50,48^\circ$ và $74,18^\circ$. Tuy nhiên, cường độ các đỉnh này còn thấp, cho thấy mức độ kết tinh của Cu kim loại chưa cao và quá trình khử vẫn chưa đạt trạng thái hoàn toàn.

Khi khử mẫu ở nhiệt độ 450°C thời gian phản ứng 30 phút ta thấy đỉnh nhiễu xạ của Cu_2O đã biến mất và chỉ còn tồn tại các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng của tinh thể Cu. Điều này chứng tỏ quá trình khử hydro của CuO đã hoàn thành và sản phẩm thu được là bột Cu nguyên chất.

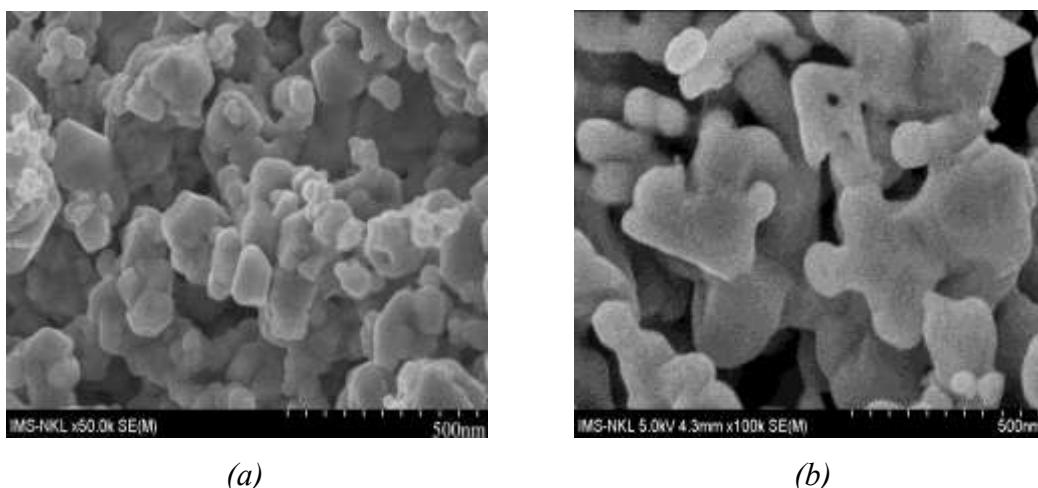


Hình 2. Giảm độ XRD của các mẫu khử ở nhiệt độ khác nhau (a): Tại 350 °C, 60 phút; (b): Tại 400 °C, 60 phút; (c): Tại 450 °C, 30 phút.

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến tính chất của vật liệu



Hình 3. Giảm đồ XRD của các mẫu khử với thời gian khác nhau. (a): Tại 450°C, 30 phút; (b): Tại 450°C, 60 phút



Hình 4. Ảnh SEM của các mẫu khử ở 450°C với thời gian khác nhau. (a): Tại 450°C, 30 phút; (b): Tại 450°C, 60 phút

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến quá trình hoàn nguyên của bột CuO ở nhiệt độ 450°C tại các khoảng thời gian 30 và 60 phút ta thấy:

Khi tăng thời gian khử lên 60 phút, các đỉnh nhiễu xạ đặc trưng của Cu kim loại trở nên rõ nét và có cường độ lớn hơn, chứng tỏ mức độ kết tinh của Cu tăng lên đáng kể. Điều này phản ánh sự phát triển và hoàn thiện của mạng tinh thể Cu khi kéo dài thời gian khử.

So sánh kích thước của vật liệu thu được ở hai khoảng nhiệt độ 30 phút và 60 phút qua hình ảnh SEM của sản phẩm nano Cu chụp trên máy Hitachi S-4800 cho thấy:

Hình thái học và kích thước của hạt của sản phẩm nano Cu khử với thời gian 30 phút cho thấy vật liệu có cấu trúc tương đối xốp, các hạt phân bố tương đối đồng đều với kích thước trong khoảng 50-90 nm. Trong khi đó, mẫu khử trong thời gian 60 phút có xu hướng kết tụ mạnh hơn và kích thước hạt lớn hơn do quá trình phát triển hạt kéo dài.

Do vậy, trên cơ sở các kết quả thu được, điều kiện khử ở nhiệt độ 450°C trong thời gian 30 phút được lựa chọn là điều kiện phù hợp để chế tạo vật liệu nano Cu có kích thước nhỏ, cấu trúc tinh thể đặc trưng và thuận lợi về mặt năng lượng.

4. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp khử bởi Hydro sinh ra từ phản ứng điện phân nước, vật liệu nano Cu đã được chế tạo thành công ở điều kiện nhiệt độ 450°C và thời gian 30 phút. Bột nano Cu chế tạo được có cấu trúc tinh thể đặc trưng và kích thước hạt trong khoảng từ 50-90 nm. Phương pháp tổng hợp đề xuất có ưu điểm đơn giản, hiệu quả và phù

hợp cho nghiên cứu vật liệu nano kim loại trong điều kiện phòng thí nghiệm.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hoàng Hải (2007), “Các hạt nano kim loại”, Trung tâm Khoa học Vật liệu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
2. Cao Minh Thi, Phạm Văn Việt (2015), “Khoa học và ứng dụng công nghệ nano”. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
3. Nguyen Thi Thanh Huyen, Nguyen Hong Nhung, Le Thanh, Pham Duy Khanh, Tran Dai Lam and Hoang Anh Son (2018), “Preparation and characterization of zerovalent iron nanoparticles”, *Vietnam Journal of Chemistry*, 56(2), 226-230.
4. Nguyễn Thị Thanh Huyền, Nguyễn Hồng Nhung, Phạm Duy Khánh, Trần Quế Chi, Trần Thị Thanh Thảo, Hoàng Anh Sơn (2019), Chế tạo và nghiên cứu đặc trưng tính chất của hạt nano coban hóa trị không, *Tạp chí Hóa học*, 57(4e1,2) 264-268.

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG TRIMETHOPRIM TRONG THUỐC THÚ Y BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẮC KÝ LÔNG HIỆU NĂNG CAO

Quản Cẩm Thúy*, Bùi Thị Phương Thảo

Khoa Kỹ thuật Hóa học

*Email: thuyqc@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu, xây dựng hoàn chỉnh quy trình xác định hoạt chất Trimethoprim trong thuốc thú y bằng phương pháp HPLC với các thông số tối ưu như: Tỷ lệ pha động ACN:Dung dịch đệm (20:80), dung dịch đệm: ((Water:ACN) (80:20)) 1mL Diethylamine (1000mL) chỉnh pH 5,9 bằng acid acetic; Tốc độ dòng: 1,2 mL/phút. Khoảng tuyến tính từ 2 ppm đến 40 ppm; LOD = 0,0156 ppm; LOQ = 0,0553 ppm.

Từ khóa: Trimethoprim, thuốc thú y, HPLC.

Abstract:

This paper presents the research findings and the development of a fully established procedure for the determination of the active ingredient trimethoprim in veterinary drugs using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). The optimized chromatographic parameters were determined as follows: a mobile phase consisting of acetonitrile (ACN) and a buffer solution (20:80, v/v), where the buffer was prepared from water and ACN (80:20, v/v) containing 1 mL of diethylamine per 1000 mL, with the pH adjusted to 5.9 using acetic acid; and a flow rate of 1.2 mL/min. The method demonstrated a linear range from 2 to 40 ppm, with a Limit of Detection (LOD) of 0.0156 ppm and a Limit of Quantitation (LOQ) of 0.0553 ppm.

Keywords: Trimethoprim, veterinary drugs, HPLC.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Thuốc kháng sinh được sản xuất bởi các sinh vật sống hoặc trong phòng thí nghiệm, có khả năng tiêu diệt hoặc ức chế sự phát triển của vi sinh vật [1]. Việc lạm dụng kháng sinh có thể dẫn đến những hậu quả có hại, đặc biệt là sự xuất hiện của vi khuẩn kháng thuốc [2 – 4]. Trong thú y, kháng sinh được sử dụng để điều trị các bệnh nhiễm trùng do vi khuẩn gây ra ở động vật. Tuy nhiên, việc sử dụng kháng sinh trong thú y cần phải được quản lý và giám sát chặt chẽ để tránh tình trạng kháng thuốc và những tác động phụ khác. Hiện nay các phương pháp phân tích thuốc kháng sinh như phương pháp vi sinh được sử dụng phổ biến trong kiểm nghiệm, tuy nhiên phương pháp này gặp phải một số hạn chế: tốn nhiều thời gian, độ chính xác chưa cao và đặc biệt khó khăn khi định lượng chế phẩm kháng sinh là hỗn hợp nhiều thành phần [5]. Để khắc phục hạn chế này, một số phương pháp phân tích hiện đại thay thế phương pháp vi sinh đã được ứng dụng trong phân tích các hợp chất nhóm aminoglycoside như: phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) [6], phương

pháp điện di mao quản (EC) [7], phương pháp sắc ký lớp mỏng [8] ... Nghiên cứu này nhằm phân tích kháng sinh Trimethoprim trong thuốc thú y bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao. Phương pháp phân tích bao gồm khảo sát các điều kiện tối ưu và các bước xử lý mẫu kháng sinh Trimethoprim. Phương pháp được đánh giá trên các tiêu chí độ tuyến tính, giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng, độ chính xác, hiệu suất thu hồi trên thuốc thú y nhằm hướng tới áp dụng cho kiểm nghiệm kháng sinh này trên mẫu thuốc thú y tại các trung tâm phân tích.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị, hóa chất

Hệ thống sắc ký lỏng cao áp HPLC, đầu dò PDA, phần mềm Empower.

Cân phân tích OHAUS (Mỹ), máy cất nước 2 lần SCI FINETECH (Hàn Quốc), bể siêu âm ELMA (Đức), các loại bình định mức, pipet, micropipet, cốc thủy tinh, giấy lọc,...

Trimethoprim nguyên chất 99,9% (xuất xứ: Merk, Đức), khối lượng 100mg.

Acetonitril (ACN) dùng cho HPLC độ tinh khiết 99,9% (xuất xứ: Merk, Đức)

Methanol (MeOH) dùng cho HPLC độ tinh khiết 99,9% (xuất xứ: Merk, Đức)

Acid acetic độ tinh khiết 99,9% (xuất xứ: Merk, Đức),

Diethylamine độ tinh khiết 99,9% (xuất xứ: Merk, Đức)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Pha động ACN: Dung dịch đệm (20:80);
- Dung dịch đệm: Water: ACN (80:20) 1mL Diethylamine (1000ml) chỉnh pH = 5,9 bằng acid acetic;
- Cột: Pha đảo C18, 5 μ m, 4,6 mm ID $\times$ 250 mm;
- Tốc độ dòng: 1,2 mL/phút;
- Nhiệt độ cột: 35 $^{\circ}$ C;

– Bước sóng: 254 nm;

– Thể tích tiêm mẫu: 20 μ L

2.3. Xử lý mẫu

Cân 100 mg mẫu vào bình định mức 100,00 mL, thêm 80 mL Methanol:Nước (1:1), siêu âm đến hòa tan, để nguội, thêm dung môi và định mức đến vạch. Hút 1,00 mL dung dịch mẫu vào bình định mức 100,00 mL, định mức bằng pha động đến vạch. Lọc qua màng 0,45 μ m.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thẩm định phương pháp

Chuẩn bị mẫu cho vào vial và tiến hành chạy sắc ký, trên cùng 1 vial cho tiêm lặp lại 6 lần, dựa vào kết quả chạy của 6 lần liên tiếp tính được độ lệch chuẩn tương đối của thời gian lưu và diện tích peak như bảng 1.

Bảng 1. Khảo sát độ ổn định của hệ thống

Lần TN	Thời gian lưu (phút)	Diện tích peak (μ V*sec)
1	8,276	715438
2	8,275	716953
3	8,280	716898
4	8,276	716644
5	8,285	716102
6	8,298	714929
Trung bình	8,282	716161
RSD (%)	0,11	0,12

Kết quả trên cho thấy độ lệch chuẩn tương đối về thời gian lưu và diện tích của Trimethoprim đều đạt yêu cầu là nhỏ hơn 1 ở các lần tiêm khác nhau. Các thông số thực nghiệm thể hiện được sự phù hợp của hệ thống sắc ký lỏng đã lựa chọn để phân tích các mẫu nghiên cứu.

Hệ thống sắc ký lỏng cùng các điều kiện sắc ký ổn định, đảm bảo tính chính xác để phân tích các mẫu cho kết quả tin cậy.

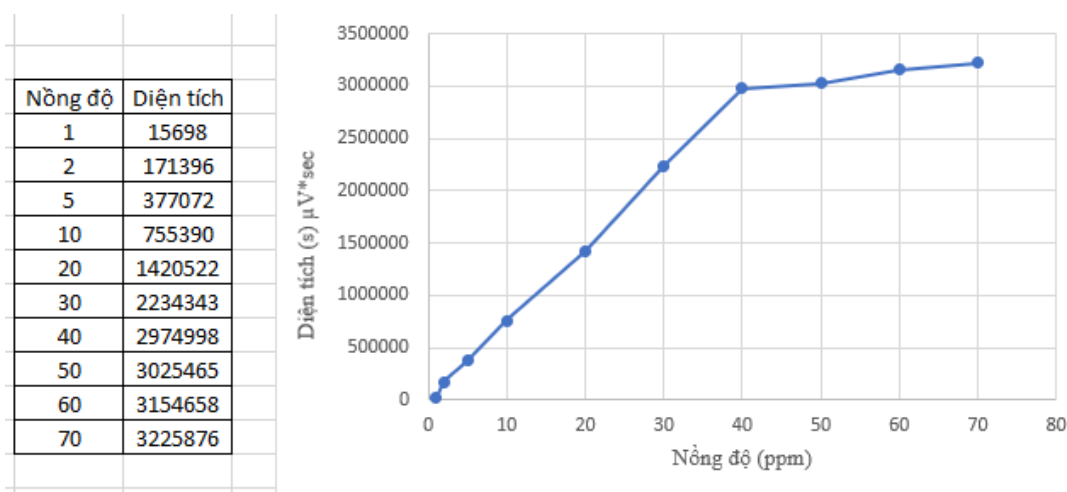
3.2. Đánh giá phương pháp

3.2.1. Khảo sát khoảng tuyến tính

Chuẩn bị 6 bình định mức chứa mẫu và đánh số thứ tự từ 1 đến 6. Cho lần lượt vào các bình định mức các mẫu chuẩn trimethoprim với nồng độ lần lượt là 0ppm, 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, chạy sắc ký được kết quả ở bảng 2.

Bảng 2. Sự phụ thuộc diện tích peak vào nồng độ

STT	Nồng độ (ppm)	Diện tích peak ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)
1	1	15698
2	2	171396
3	5	377072
4	10	755390
5	20	1420522
6	30	2234343
7	40	2974998
8	50	3025465
9	60	3154658
10	70	3225876



Hình 1. Đồ thị biểu diễn khoảng tuyến tính của Trimethoprim

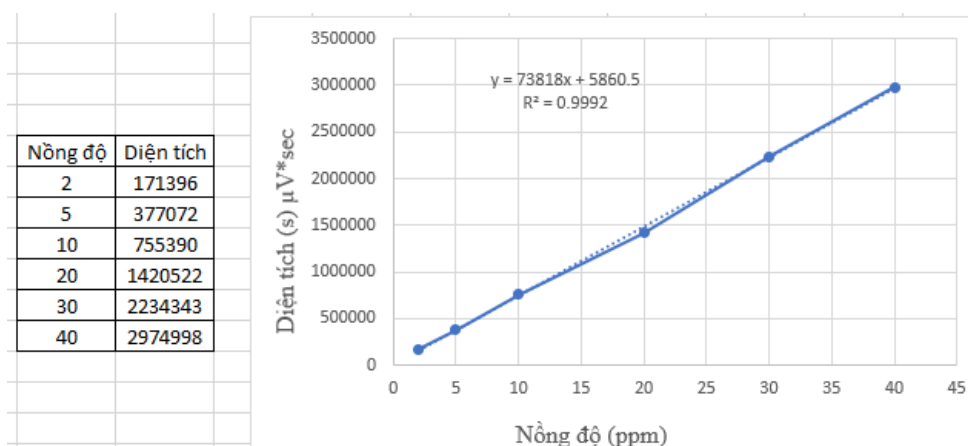
Khoảng nồng độ tuyến tính của trimethoprim là: 2 – 40 ppm

Tiến hành xây dựng đường chuẩn tại nồng độ từ 2 ppm đến 40 ppm kết quả được thể hiện ở bảng 3 và hình 2.

3.2.2. Xây dựng đường chuẩn của Trimethoprim

Bảng 3. Sự thay đổi diện tích peak theo nồng độ

STT	Nồng độ (ppm)	Diện tích peak ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)
1	2	171396
2	5	377072
3	10	755390
4	20	1420522
5	30	2234343
6	40	2974998



Hình 2. Đồ thị đường chuẩn của Trimethoprim

Phương trình hồi quy: $y = 73818x + 5860$ với hệ số tương quan $r^2 = 0,9992$

3.2.3. Độ đúng và độ chính xác

Độ đúng và độ chính xác được xác định trên 3 mẫu thêm chuẩn có nồng độ

trimethoprim là khác nhau, mỗi nồng độ tiến hành thực hiện 6 lần. Độ đúng và độ chính xác của phương pháp được đánh giá thông qua độ lệch chuẩn (SD) và độ lệch chuẩn tương đối (RSD (%)).

Bảng 4. Độ đúng và độ chính xác của Trimethoprim

Lần	Nồng độ trimethoprim trong mẫu		
	0,1%	0,2%	0,5%
1	0,099	0,201	0,502
2	0,098	0,200	0,503
3	0,100	0,199	0,499
4	0,099	0,198	0,499
5	0,098	0,198	0,500
6	0,099	0,202	0,503
Trung bình (%)	0,0988	0,1997	0,5012
Tỷ lệ thu hồi (%)	98,83	99,33	100,23
RSD (%)	0,76	0,82	0,37

Kết quả thấy rằng độ lệch chuẩn của phép đo trimethoprim nằm trong giới hạn cho phép của AOAC, bảng 4 chứng tỏ độ lặp lại của phép đo tốt, phương pháp này đáng tin cậy để sử dụng phân tích hàm lượng trimethoprim có trong mẫu thuốc thú y.

Độ thu hồi của trimethoprim trong khoảng 98,83% - 100,23%.

3.3. Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng

Giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng của phương pháp được tiến hành trên các thí nghiệm độc lập. Kết quả thí nghiệm và tính toán LOD, LOQ được trình bày như bảng 5.

Bảng 5. Giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng của Trimethoprim

STT	Kết quả đo mẫu trắng (ppm)	Kết quả đo mẫu thêm chuẩn (ppm)	Ngưỡng thêm chuẩn (ppm)
1	0,0000	0,0985	0,1
2	0,0000	0,101	0,1
3	0,0000	0,0956	0,1
4	0,0001	0,10542	0,1
5	0,0000	0,0963	0,1
6	0,0000	0,0936	0,1
7	0,0000	0,106	0,1
8	0,0000	0,0918	0,1
9	0,0000	0,0926	0,1
10	0,0000	0,1054	0,1
Giá trị trung bình		0,0986	0,1
SD		0,00553	
%RSD		5,60	
LOD=SD*3		0,0156	
LOQ=SD*10		0,0553	
R		6,33	

Kết quả LOD, LOQ cho thấy độ phù hợp của phương pháp để xác định hàm lượng Trimethoprim.

Tiến hành chạy sắc ký dựa vào diện tích peak của mẫu so với chuẩn Trimethoprim thu được kết quả như bảng 6.

3.4. Thực hiện phân tích trên mẫu thuốc thú y

Bảng 6. Kết quả phân tích trên mẫu thuốc thú y

Tên mẫu	KL mẫu (mg)	Hệ số pha loãng	Diện tích ($\mu V \cdot sec$)	Hàm lượng trimethoprim trong mẫu (%)	RSD %
Nguyên liệu	102,6	12,5	3346415	100,2080871	0,42
	101,4	12,5	3282054	99,44388937	
	103,9	12,5	3389909	100,2404083	

Tên mẫu	KL mẫu (mg)	Hệ số pha loãng	Diện tích ($\mu\text{V} \cdot \text{sec}$)	Hàm lượng trimethoprim trong mẫu (%)	RSD %
	101,8	12,5	3327573	100,4269211	
	109,6	12,5	3547977	99,45819566	
	99,3	12,5	3234633	100,079724	
Sulfamono 851 (2%)	426,1	1	3446013	1,99	1,72
	432,1	1	3510069	2,00	
	886,8	2	3569915	1,98	
	886,1	2	3576718	1,98	
	890	2	3654825	2,02	
	875	2	3684522	2,07	
Sultrim 240 F (4%)	390,1	2	3166484	4,00	1,33
	392,5	2	3211007	4,03	
	1074	5	3555915	4,07	
	1068	5	3454295	3,97	
	1035	5	3454288	4,10	
	1035	5	3346872	3,97	
Sulfamono oral (8%)	210,0	2	3394560	7,97	1,14
	209,0	2	3358894	7,92	
	1356	12,5	3529150	8	
	1396	12,5	3642595	8,02	
	1335	12,5	3545872	8,16	
	1342	12,5	3454827	7,91	

Kết quả bảng trên thể hiện hàm lượng trimethoprim có trong mẫu được tính theo đơn vị phần trăm. Các sản phẩm chứa hoạt chất trimethoprim đều nằm trong giới hạn cho phép. Hàm lượng hoạt chất của sản phẩm nằm trong khoảng từ 90% đến 110 % so với hàm lượng ghi trên nhãn sản phẩm theo: QCVN 01-187:2018/BNNPTNT

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng được phương pháp xác định trimethoprim trong mẫu thuốc thú y bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC). Phương pháp thể hiện có tính

chọn lọc cao, độ lệch chuẩn tương đối nhỏ ($\text{RSD} < 5\%$). Hệ số tương quan $R^2 \geq 0,99$, phương pháp không mắc sai số hệ thống. LOD là 0,0156 ppm; LOQ là 0,0553 ppm. Độ thu hồi R đạt từ 98,83% - 100,23%.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài cấp Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì.

Tài liệu tham khảo

1. Darwish, W.S.; Eldaly, E.A.; El-Abbasy, M.T.; Ikenaka, Y.; Nakayama, S.; Ishizuka, M

- (2013). *Antibiotic Residues in Food: The African Scenario*. Jpn. J. Vet. Res.,61 (Suppl. S13), S13–S22.
2. Page, S.W.; Gautier, (2012) *P. Use of Antimicrobial Agents in Livestock*. Rev. Sci. Technol,31, 145–188.
3. Simoneit, C.; Burow, E.; Tenhagen, B.-A.; Käsbohrer (2015), *A. Oral Administration of Antimicrobials Increase Antimicrobial Resistance in E. Coli from Chicken—A Systematic Review*. Prev. Vet. Med.,118, 1–7.
4. Chantziaras, I.; Boyen, F.; Callens, B.; Dewulf, (2014) *J. Correlation between Veterinary Antimicrobial Use and Antimicrobial Resistance in Food-Producing Animals: A Report on Seven Countries*. J. Antimicrob. Chemother.,69, 827–834.
5. Ouws J, van Egmond H, Smulders I, Loeffen G, Schouten J, (1999) *Stegeman H. A microbiological assay system for assessment of raw milk exceeding EU maximum residue levels*. International Dairy Journal;9(2):85-90.
6. Wichert BS, Hans Derendorf (1991), *Hartmut Sensitive liquid chromatography assay for the determination of amikacin in human plasma*. Journal of pharmaceutical biomedical analysis;9(3):251-4.
7. Ackermans ME, FM Beckers, (1992) *JL. Determination of aminoglycoside antibiotics in pharmaceuticals by capillary zone electrophoresis with indirect UV detection coupled with micellar electrokinetic capillary chromatography*. Journal of Chromatography A;606(2):228-35.
8. Argekar AR, SV Kapadia, (1996) *SU Determination of amikacin in parenteral dosage forms by high-performance thin-layer chromatography*. JPC Journal of planar chromatography, modern TLC;9(6):459-61.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH TÁCH CHIẾT VÀ XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA TINH DẦU HƯƠNG NHU TÍA (*OCIMUM TENUIFLORUM L.*) TRỒNG TẠI TỈNH PHÚ THỌ

Hoàng Thị Kim Vân^{1*}, Trần Thị Hằng¹, Đỗ Thị Mai Thanh², Trần Phúc Nghĩa¹

¹Khoa Kỹ thuật Hóa học

²Khoa Ngoại ngữ

*Email: vanhtk@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Cây Hương nhu tía (*Ocimum tenuiflorum L.*) có tác dụng kháng khuẩn, kháng viêm, chống oxy hóa và hỗ trợ điều trị các bệnh về hô hấp, tiêu hóa. Tinh dầu Hương nhu tía còn được sử dụng trong giảm stress, tăng cường miễn dịch và làm nguyên liệu cho dược phẩm, mỹ phẩm. Tinh dầu hương nhu tía, sau khi thu hoạch, được xử lý và chưng cất bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước để thu tinh dầu. Thời gian chưng cất 3 giờ và tỉ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/3 (g/mL), nồng độ NaCl là 10% (w/v), thu được hàm lượng tinh dầu cao nhất 0,29 %. Tinh dầu hương nhu tía thu thập tại tỉnh Phú Thọ đã được kiểm tra bằng phương pháp GC/MS. Kết quả cho thấy có 28 hợp chất được xác định chiếm 98,10% tổng hàm lượng tinh dầu, trong đó các thành phần chính gồm eugenol (38,25%), perilla ketone (32,05%), ocimene (7,16%), germacrene D (6,60%) và trans-caryophyllene (3,76%).

Từ khóa: Cây Hương nhu tía (*Ocimum tenuiflorum L.*), tinh dầu, tách chiết, thành phần hoá học.

Abstract:

Holy basil (*Ocimum tenuiflorum L.*) exhibits antibacterial, anti-inflammatory, and antioxidant properties, and serves as an adjuvant therapy for respiratory and gastrointestinal disorders. The essential oil of holy basil is also utilized for stress relief, immune enhancement, and as a raw material in the pharmaceutical and cosmetic industries. Following harvest, the plant material is processed and subjected to steam distillation to extract the essential oil. Under optimal conditions of a 3-hour distillation time, a material-to-solvent ratio of 1:3 (g/mL), and an NaCl concentration of 10% (w/v), the maximum essential oil yield of 0.29% was achieved. The essential oil collected from Phu Tho province was analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The results revealed the identification of 28 compounds, accounting for 98.10% of the total essential oil composition, with the major components being eugenol (38.25%), perilla ketone (32.05%), ocimene (7.16%), germacrene D (6.60%), and trans-caryophyllene (3.76%).

Keywords: Holy basil (*Ocimum tenuiflorum L.*), essential oil, extraction, chemical composition.

1. MỞ ĐẦU

Việt Nam là một quốc gia có khí hậu nhiệt đới gió mùa với hệ thực vật vô cùng phong phú, điều kiện thổ nhưỡng khí hậu phù hợp cho phát triển nhiều loài cây dược liệu chứa tinh dầu. Việc mở rộng quy mô, diện tích canh tác các loài cây dược liệu nói chung và cây chứa tinh dầu nói riêng ngày càng được chú trọng ở trong nước và quốc tế. Do vậy những loại tinh dầu quý, có ứng dụng cao trong sản xuất cũng như trong đời sống đã được các nhà khoa học quan tâm và nghiên cứu nhằm nâng cao giá trị sử dụng cho con người. Trên thực tế, loài cây Hương nhu tía - một loại thảo dược có nguồn gốc từ Ấn Độ - là một trong những nguyên liệu để sản xuất tinh dầu ngày càng trở nên phổ biến đã và đang được thế giới và Việt Nam quan tâm nghiên cứu, bởi giá trị rất lớn của tinh dầu loài cây này trong lĩnh vực y dược, kinh tế. Rất nhiều lợi ích

chữa bệnh trong đời sống thực tế của Hương nhu tía đã được công bố như tác dụng hạ đường huyết, chống tăng lipid máu, chống oxy hóa, chống viêm loét, ngăn ngừa hoại tử cơ tim, chống căng thẳng thần kinh, bảo vệ chống lại tổn thương gan, hạ huyết áp, giảm đau, tẩy giun, chống mất trí nhớ, chống đục thủy tinh thể, chống độc, điều hòa miễn dịch, chữa lành vết thương, v.v. (Aggarwal & Mali, 2015) [1]. Với triển vọng của ngành sản xuất tinh dầu, điều kiện thuận lợi cho canh tác trồng trọt của nước ta trong đó cây hương nhu tía nổi lên như một trong những cây có thể mạnh ứng dụng trong ngành sản xuất mỹ phẩm.

Hương nhu tía có nguồn gốc từ tiểu lục địa Ấn Độ và được trồng rộng rãi ở các nước nhiệt đới châu Á, đặc biệt là Ấn Độ, Việt Nam, Thái Lan và Indonesia. Ở Việt Nam, cây được trồng phổ biến từ Bắc vào Nam. Cây ưa khí hậu nhiệt đới

âm, sinh trưởng mạnh vào mùa hè và ra hoa từ tháng 5 đến tháng 8, [2], [3], [4]

Bộ phận dùng chủ yếu của hương nhu tía là toàn bộ phần trên mặt đất gồm thân, lá và hoa. Dược liệu thường được thu hái khi cây bắt đầu ra hoa, sau đó phơi trong râm hoặc sấy nhẹ. Theo Dược điển Việt Nam V, dược liệu đạt tiêu chuẩn khi có mùi thơm đặc trưng, không lẫn tạp chất [3], [4], [5]. Hương nhu tía chứa tinh dầu với thành phần chính là eugenol, methyl eugenol, linalool, β -caryophyllene và camphor. Ngoài ra, cây còn chứa flavonoid, acid rosmarinic, acid ursolic và các hợp chất phenolic có hoạt tính sinh học cao. Hàm lượng và thành phần tinh dầu thay đổi tùy điều kiện sinh thái và giai đoạn sinh trưởng [6], [7], [8]. Theo y học cổ truyền, hương nhu tía có vị cay, tính ấm, tác dụng giải cảm, phát hãn, hóa thấp, giảm đau và hỗ trợ tiêu hóa. Nghiên cứu hiện đại cho thấy dược liệu có hoạt tính kháng khuẩn, chống viêm, chống oxy hóa và giảm stress, chủ yếu nhờ eugenol và flavonoid [3], [5], [9], [10].

Đó chính là lý do mà chúng tôi tiến hành nghiên cứu xây dựng quy trình tách chiết và xác định thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của tinh dầu Hương nhu (Ocimum tenuiflorum L.) trồng tại tỉnh Phú Thọ.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu, xử lý nguyên liệu

Mẫu lá hương nhu tía được thu hái tại Xã Xuân Lũng Tỉnh Phú Thọ vào tháng 8 năm 2025 được làm sạch và thái nhỏ từ 1-2 cm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chiết xuất tinh dầu hương nhu tía được chúng tôi lựa chọn ở đây là phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước dựa trên tài liệu tham khảo [8].

Nguyên liệu gồm 1000g lá hương nhu tía được thu hái sau đó làm sạch, cắt nhỏ cỡ 1-2cm, sau đó cho vào thiết bị chưng cất lôi cuốn hơi nước, đun

sôi đều, vừa phải, chưng cất trong 2h . Sau đó, tinh dầu được tách nước và làm khô bởi muối Na_2SO_4 khan. Tinh dầu sau đó được lưu giữ ở 0-5 °C cho đến khi sử dụng.

2.3. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng tinh dầu hương nhu tía chiết xuất được

Tiến hành khảo sát các yếu tố công nghệ liên quan đến khả năng chiết tách tinh dầu hương nhu tía. Các yếu tố này là; Tỷ lệ nguyên liệu/ nước , Nồng độ NaCl, và thời gian trích ly. Sau khi đã chọn được giá trị thích hợp của các yếu tố đã nghiên cứu, giá trị này được cố định trong các thí nghiệm tiếp theo để khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố còn lại.

2.4. Xác định thành phần hóa học của tinh dầu hương nhu tía

Thành phần hóa học của tinh dầu hương nhu tía được xác định bằng phương pháp sắc ký ghép nối khối phổ được thực hiện trên thiết bị Agilent GC7890A kết nối với khối phổ Agilent 5976C. Quá trình phân tích được thực hiện tại Viện Hóa học các hợp chất tự nhiên, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Cột phân tích sử dụng là cột mao dẫn HP-5MS (60 m $\times$ 0,25 mm id. $\times$ 0,25 μm film thickness). Khí mang Heli được thiết lập với tốc độ 1,0 mL/phút. Nhiệt độ lò được thiết lập tăng từ 60°C đến 220°C tốc độ 4°C/phút, sau đó 20°C/phút cho đến khi đạt 240°C. Nhiệt độ buồng MS thiết lập ở 270°C, MSs mode, E.I. detector thiết lập ở 1300 V. Các hợp chất được nhận dạng dựa trên chỉ số lưu giữ (RI) kết hợp với phổ khối định danh sử dụng hai thư viện NIST08, Wiley09.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hoàn thiện quy trình công nghệ chưng cất tinh dầu hương nhu tía

3.1.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu

Tỷ lệ nước và nguyên liệu là một trong những yếu tố quan trọng, ảnh hưởng tới lượng tinh dầu thu được. Kết quả khảo sát thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu

Mề	1	2	3	4
Khối lượng nước (g)	2000	2500	3000	3500
Khối lượng nguyên liệu (g)	1000	1000	1000	1000
Thời gian chưng cất (h)	2	2	2	2

Mẻ	1	2	3	4
Lượng tinh dầu (ml)	2	2,1	2,3	2,2

Từ kết quả ở Bảng 1, ta thấy khi tăng tỷ lệ nước/nguyên liệu từ 2/1 đến 3,5/1 (v/w) thì lượng tinh dầu tách chiết được cũng tăng theo. Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng tỷ lệ này lên thì lượng tinh dầu thu được lại giảm đi. Điều này có thể được giải thích như sau: Khi gia nhiệt hỗn hợp nguyên liệu và nước thì nước sẽ thẩm thấu qua màng tế bào, thâm nhập vào bên trong các tế bào tiết tinh dầu làm chúng trương phồng lên rồi bị phá vỡ. Các cấu tử trong hỗn hợp tinh dầu có trong tế bào tiết sẽ được khuếch tán ra ngoài rồi bị lôi cuốn theo hơi nước. Nếu sử dụng tỷ lệ nước/nguyên liệu thấp thì lượng nước ngấm vào tế bào không đủ để hòa tan các chất keo của màng tế bào, do đó làm giảm tốc độ thẩm thấu của hơi nước vào bên trong tế bào và tốc độ khuếch tán tinh dầu ra

ngoài. Hơn nữa, tỷ lệ nước/nguyên liệu quá thấp sẽ không tạo ra sự trương nở và áp lực cần thiết để phá vỡ hoàn toàn các túi tinh dầu cũng như không tạo đủ lượng hơi nước cần thiết để lôi cuốn tinh dầu ra khỏi hỗn hợp. Do vậy hiệu suất chưng cất sẽ giảm. Tuy nhiên, nếu tỷ lệ nước/nguyên liệu > 3/1 v/w thì những cấu tử tinh dầu có tính phân cực khá cao sẽ tan nhiều vào nước, do vậy lượng tinh dầu thu được sẽ giảm. Như vậy, tỷ lệ nước/nguyên liệu thích hợp là 3/1 (v/w).

3.1.2. Ảnh hưởng của nồng độ muối

Vì tinh dầu hương nhu tím là hỗn hợp của các chất phân cực và không phân cực với hàm lượng khác nhau vì vậy việc nghiên cứu nồng độ muối là cần thiết. Kết quả khảo sát thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ muối đến quá trình chưng cất

Mẻ	1	2	3	4
Lượng nguyên liệu (g)	1000	1000	1000	1000
Nồng độ muối (%)	0	5	10	15
Tinh dầu thu được (ml)	2,3	2,4	2,6	2,4

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 2 cho thấy việc bổ sung muối NaCl trong quá trình chưng cất làm tăng rõ rệt hiệu suất thu hồi tinh dầu so với mẫu không bổ sung muối. Các mẫu có nồng độ NaCl từ 5–15% (w/v) đều cho lượng tinh dầu cao hơn. Khi tăng nồng độ NaCl từ 0% đến 10%, hiệu suất thu hồi tinh dầu tăng tương ứng. Nguyên nhân là do NaCl làm tăng khả năng thẩm thấu của nước từ trong tế bào ra ngoài, kéo theo các cấu tử tinh dầu. Đồng thời, muối làm tăng độ phân cực của dung dịch và giảm tương tác giữa tinh dầu kém phân cực với nước, giúp tinh dầu dễ bay hơi hơn. Tuy nhiên, khi nồng độ NaCl vượt quá 10%, hiệu suất thu hồi tinh dầu giảm. Hiện tượng này được giải thích bởi sự co rút màng tế bào (co nguyên sinh), cản trở quá trình khuếch tán tinh dầu ra ngoài. Ngoài ra, nồng độ muối cao còn có thể gây ăn mòn thiết bị, tăng chi phí xử lý nước thải và

ảnh hưởng đến chất lượng tinh dầu. Do đó, nồng độ NaCl bổ sung phù hợp nhất được xác định là 10%.

3.1.3. Ảnh hưởng của thời gian chưng cất

Trong quá trình chưng cất lôi cuốn hơi nước, thời gian chưng cất là yếu tố công nghệ quan trọng quyết định mức độ giải phóng và thu hồi tinh dầu từ nguyên liệu thực vật. Thời gian chưng cất cần đủ dài để hơi nước thẩm thấu sâu vào mô thực vật, phá vỡ các cấu trúc chứa tinh dầu và lôi cuốn các hợp chất dễ bay hơi ra khỏi nguyên liệu. Tuy nhiên, nếu thời gian chưng cất quá dài, hiệu suất thu hồi tinh dầu có thể không tăng thêm hoặc thậm chí giảm do các hiện tượng tổn thất và biến đổi tinh dầu. Do đó khảo sát thời gian chưng cất là cần thiết. Kết quả khảo sát được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian chưng cất đến thể tích tinh dầu thu được

Mẻ	1	2	3	4
Lượng nguyên liệu (g)	1000	1000	1000	1000

Mẻ	1	2	3	4
Thời gian chưng cất (giờ)	2	2,5	3	3,5
Tinh dầu thu được (ml)	2,6	2,8	3,2	3,0

Từ Bảng 3 cho thấy hàm lượng tinh dầu hương nhu tía tăng lên khi thời gian chưng cất kéo dài từ 2 đến 3 giờ, chứng tỏ quá trình trích ly tinh dầu diễn ra chưa hoàn toàn ở thời gian ngắn. Khi thời gian chưng cất đạt 3 giờ, lượng tinh dầu thu được đạt giá trị tối đa. Sau mốc thời gian này, hàm lượng tinh dầu không tiếp tục tăng dù kéo dài thời gian chưng cất. Điều đó cho thấy tinh dầu trong nguyên liệu đã được trích ly gần như hoàn toàn sau 3 giờ. Việc tiếp tục chưng cất từ 3 đến 3,5 giờ không làm tăng thêm hiệu suất thu hồi. Hàm lượng tinh dầu thu được ổn định ở mức 0,29% tương ứng 3,2 mL. Do đó, thời gian chưng cất 3 giờ được xem là hợp lý và tối ưu về mặt khoa học và hiệu quả năng lượng.

3.1.4. Quy trình tối ưu tách chiết tinh dầu hương nhu tía

Thuyết minh quy trình: Lá hương nhu tía thu hái được rửa sạch, chọn lấy phần xanh tươi bỏ phần úa vàng. Cắt nhỏ nguyên liệu kích thước 1-2 cm. Cho vào nồi chưng cất 1000 g nguyên liệu,

lượng nước chưng cất là 3000 ml. Nồng độ dịch NaCl 10% Lắp thiết bị chưng cất. Tiến hành chưng cất hỗn hợp nguyên liệu đã xử lý dưới áp suất khí quyển trong 3 giờ kể từ khi xuất hiện giọt tinh dầu đầu tiên. Hỗn hợp hơi nước và tinh dầu thoát ra được đi vào ống sinh hàn của thiết bị chưng cất và sau đó được chảy vào bộ phận ngưng tụ. Tách chiết phần tinh dầu hương nhu tía thô và lọc sơ bộ bằng bông. Tiếp theo thêm Na_2SO_4 khan vào bình chứa tinh dầu thô, vừa thêm vừa khuấy đều cho đến khi quan sát thấy các tinh thể muối Na_2SO_4 bắt đầu rời ra. Lọc thu tinh dầu. Sản phẩm tinh dầu được cho vào lọ sẫm màu, đậy kín, bảo quản nơi thoáng mát.

3.2. Đánh giá thành phần hóa học của tinh dầu

Mẫu tinh dầu hương nhu tía được đem phân tích thành phần hóa học trên máy ghép khối phổ GC-MS tại Viện Hóa học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, kết quả thu được cho thấy ở Bảng 4.

Bảng 4. Thành phần hóa học của tinh dầu hương nhu tía

#	Time	RI	Hit %	Chemical name	Integral	%FID
1	10.26	929	60	Tricyclene	2231905	1.13
2	10.31	931	98	Thujene < α >	2299274	0.80
3	10.61	940	95	Pinene < α >	107114654	19.89
4	11.10	956	93	Camphene	5611339	0.99
5	11.84	981	95	Sabinene	186229071	36.72
6	11.99	986	91	Pinene < β >	3623715	0.64
7	12.20	992	95	Myrcene	21840634	4.42
8	13.20	1022	88	Terpinene < α >	2280066	0.33
9	13.46	1030	100	Cymene < α >	11453771	1.54
10	13.62	1035	92	Limonene	34321523	6.06
11	13.76	1039	50	Cineole 1,8	2800533	0.44
12	14.62	1064	94	Terpinene < γ >	4180184	0.64
13	14.95	1073	63	Sabinene Hydrate < cis >	623405	0.11
14	15.69	1095	83	Terpinolene	4585407	0.70
15	18.55	1176	51	Borneol (=Endo-Borneol)	912560	0.12
16	18.91	1187	73	Terpinen-4-ol	9570133	1.49
17	19.55	1205	89	Methyl Chavicol (=Estragole)	1765427	0.24
18	22.71	1296	49	Bornyl acetate	124849097	17.78
19	22.80	1299	63	Safrole	2497402	0.47

#	Time	RI	Hit %	Chemical name	Integral	%FID
20	24.72	1357	53	Terpinyl acetate < α >	1370546	0.19
21	26.38	1408	87	Methyl eugenol	3500847	0.48
22	27.34	1438	82	Caryophyllene <E-> (=Caryophyllene < β >)	1650845	0.23
23	27.96	1458	79	Aromadendrene	994407	0.15
24	29.25	1499	83	Germacrene D	1974985	0.27
25	29.71	1515	52	Muurolene < α >	1734073	0.22
26	30.20	1531	90	Cadinene < γ >	831880	0.27
27	30.40	1538	88	Cadinene < δ >	5757732	0.66
28	31.08	1561	90	Elemicin	1143882	0.12
29	31.19	1564	81	Elemol	14523983	1.87
30	32.43	1606	38	Caryophyllene oxide	1187317	0.16
31	33.11	1630	67	Oplopenone < β >	941340	0.23
32	33.72	1652	65	Eudesmol < γ >	1102011	0.13
33	34.34	1673	69	Cadinol < α >	3124053	0.37
34	34.41	1676	45	Eudesmol < α >	100929	0.17
Total						99.99

Kết quả phân tích GC–MS cho thấy tinh dầu hương nhu tía thu được từ mẫu trồng tại tỉnh Phú Thọ chứa 28 hợp chất, chiếm 98,10% tổng hàm lượng tinh dầu. Trong đó, các cấu tử chiếm ưu thế bao gồm eugenol (38,25%), perilla ketone (32,05%), ocimene (7,16%), germacrene D (6,60%) và trans-caryophyllene (3,76%). Sự hiện diện của các hợp chất này cho thấy tinh dầu thuộc kiểu hóa học (chemotype) giàu eugenol và perilla ketone, là hai hợp chất đã được ghi nhận có nhiều hoạt tính sinh học quan trọng.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên đây có thể rút ra các kết luận sau:

Đã hoàn thiện được 01 quy trình tách chiết tinh dầu lá hương nhu tía với các thông số Công nghệ như sau: Tỷ lệ nước/Nguyên liệu là 3/1(mg/ml), nồng độ muối là 10%, thời gian chưng cất là 3 giờ. Hàm lượng tinh dầu lá hương nhu tía trồng tại Tỉnh Phú Thọ thu được theo trọng lượng tươi là 0,29%.

Kết quả phân tích GC-MS cho thấy tinh dầu hương nhu tía có 28 hợp chất được xác định chiếm 98,10% tổng hàm lượng tinh dầu, trong đó các

thành phần chính gồm eugenol (38,25%), perilla ketone (32,05%), ocimene (7,16%), germacrene D (6,60%) và trans-caryophyllene (3,76%). So sánh với kết quả nghiên cứu của Võ Thị Thanh Tuyền và cộng sự trên mẫu hương nhu tía thu thập tại tỉnh Bình Định cho thấy hàm lượng eugenol trong mẫu nghiên cứu tại Phú Thọ thấp hơn, trong khi hàm lượng perilla ketone lại cao hơn đáng kể. Sự gia tăng hàm lượng perilla ketone có thể làm gia tăng tiềm năng ứng dụng của tinh dầu trong lĩnh vực dược phẩm và chăm sóc sức khỏe, do hợp chất này đã được báo cáo có hoạt tính chống viêm và nhiều tác dụng sinh học khác. Ngược lại, khi đối chiếu với kết quả của Hanaa A. và cộng sự, hàm lượng eugenol trong tinh dầu hương nhu tía trồng tại Phú Thọ lại cao hơn. Những khác biệt về thành phần và hàm lượng các hợp chất chính giữa các nghiên cứu có thể được giải thích bởi sự khác nhau về điều kiện sinh thái, đặc điểm khí hậu, tính chất đất, nguồn giống, giai đoạn sinh trưởng của cây cũng như phương pháp thu hái và quy trình chiết xuất tinh dầu. Điều này cho thấy thành phần hóa học của tinh dầu hương nhu tía chịu ảnh hưởng mạnh bởi các yếu tố địa lý và điều kiện canh tác, từ đó hình thành các chemotype khác nhau ở từng vùng sinh thái.

uses”, *International Journal of Advanced Science and Technology*, 2(2), pp. 1-10.

2. Vũ Xuân Phương (2000). Thực vật chí Việt Nam, tập 2: Họ Bạc hà – Lamiaceae Lindl. (Họ

Tài liệu tham khảo

1. A. Aggarwal, R.R. Mali (2015). “Ocimum tenuiflorum-A medicinal plants with its versatile

Hoa môi – Labiatae Juss.), *NXB Khoa học và Kỹ thuật*, tr. 86-87.

3. Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, Nguyễn Thượng Dong, Đỗ Trung Đàm, Phạm Văn Hiến, Vũ Ngọc Lộ, Phạm Duy Mai, Phạm Kim Mẫn, Đoàn Thị Nhu, Nguyễn Tập, & Trần Toàn (2004). *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam. Tập I, NXB Khoa học và Kỹ thuật*, tr. 1027-1029.

4. Dược điển Việt Nam V (2007) NXB Y học, Hà Nội.

5. Võ Văn Chi (2012), *Từ điển cây thuốc Việt Nam, tập 1, NXB Y học*, tr. 1174-1175.

6. D. Singh, P.K. Chaudhuri (2018). “Industrial Crops and Products”, 118, 367–382.

7. K. Bhattarai, et al. (2024). “The Scientific World Journal”, Article 8895039.

8. Võ Thị Thanh Tuyền, Nguyễn Thị Mỹ Biên (2019). “*Tạp chí Khoa học đại học Quy Nhơn*”, 1, 83–90.

9. O. Sahu (2025). “*Journal of Ayurveda and Integrated Medical Sciences*”, 10(7), 193–200.

10. Hanaa A. Yamani, Edwin C. Pang , Nitin Mantri and Margaret A. Deighton (2016), Antimicrobial Activity of Tulsi (*Ocimum tenuiflorum*) Essential Oil and Their Major Constituents against Three Species of Bacteria, Antimicrobial Activity of Tulsi Essential Oil, Yamani.

TIẾNG ANH HỖ TRỢ DU LỊCH BỀN VỮNG TẠI TỈNH PHÚ THỌ: KHUNG PHÂN TÍCH VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH

Trần Thị Phương Lan*

Khoa Ngoại ngữ

*Email: tranphuonglanhtdt@gmail.com

Tóm tắt:

Du lịch bền vững đòi hỏi hài hòa kinh tế, văn hóa-xã hội và môi trường. Phú Thọ sở hữu di sản UNESCO như Tín ngưỡng thờ cúng Hùng Vương (2012) và Hát Xoan (2017), nhưng rào cản ngôn ngữ vẫn ảnh hưởng đến tiếp cận thông tin và trải nghiệm của khách quốc tế. Bài viết tổng quan tài liệu và phân tích dữ liệu thứ cấp (UNESCO, báo cáo ngành) để xây dựng khung vai trò của tiếng Anh theo chuỗi trải nghiệm du khách và ba trụ cột bền vững. Kết quả cho thấy tiếng Anh đóng góp qua bốn cơ chế: (1) minh bạch thông tin, tăng an toàn; (2) nâng chất lượng dịch vụ; (3) diễn giải di sản, định hướng ứng xử có trách nhiệm; (4) hỗ trợ truyền thông số và quản trị dựa trên phản hồi. Trên cơ sở đó, bài viết đề xuất bộ chỉ báo theo dõi và các giải pháp: chuẩn hóa biển chỉ dẫn/diễn giải song ngữ, thiết kế học phần English for Sustainable Tourism, bồi dưỡng hướng dẫn viên-cộng đồng và ứng dụng QR/audio guide.

Từ khóa: tiếng Anh chuyên ngành du lịch, du lịch bền vững, Phú Thọ, di sản văn hóa, truyền thông số.

A bstract:

Sustainable tourism requires the harmonization of economic, socio-cultural, and environmental dimensions. Phu Tho is home to UNESCO heritages such as the Worship of Hung Vuong (2012) and Xoan singing (2017); however, language barriers continue to hinder international tourists' access to information and overall experience. This paper conducts a literature review and analyzes secondary data from UNESCO and industry reports to develop a framework outlining the role of English across the tourist experience chain and the three pillars of sustainability. The results indicate that English contributes through four mechanisms: (1) ensuring information transparency and enhancing safety; (2) improving service quality; (3) facilitating heritage interpretation and promoting responsible behavior; and (4) supporting digital communication and feedback-driven governance. Based on these findings, the paper proposes a set of monitoring indicators and practical solutions, including the standardization of bilingual directional and interpretive signage, the development of an "English for Sustainable Tourism" module, capacity building for tour guides and local communities, and the application of QR codes and audio guides.

Keywords: English for Tourism, sustainable tourism, Phu Tho, cultural heritage, digital communication.

1. MỞ ĐẦU

Du lịch bền vững là định hướng phát triển được nhiều điểm đến lựa chọn nhằm dung hòa lợi ích kinh tế với bảo tồn văn hóa và bảo vệ môi trường. Theo UN Tourism, du lịch bền vững cần “tính đến đầy đủ các tác động kinh tế, xã hội và môi trường ở hiện tại và tương lai”, đồng thời đáp ứng nhu cầu của du khách, ngành du lịch, môi trường và cộng đồng địa phương (UN Tourism, n.d.). Từ góc nhìn quản trị điểm đến, định hướng này đòi hỏi các “năng lực mềm” như truyền thông, diễn giải di sản, tiêu chuẩn dịch vụ, và cơ chế phản hồi - cải tiến được vận hành nhất quán [1-3].

Phú Thọ là vùng đất Tổ với giá trị văn hóa – lịch sử đặc sắc và có tiềm năng phát triển du lịch xanh, du lịch trải nghiệm cộng đồng. Trong năm 2023, địa phương ước đạt 776.000 lượt khách lưu trú, trong đó trên 8.800 lượt khách quốc tế; tổng doanh thu từ du lịch ước đạt 3.365 tỉ đồng (Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch, 2023). Đến 9

tháng đầu năm 2025, Phú Thọ ghi nhận 3,65 triệu lượt khách (bao gồm 95.000 khách quốc tế) với doanh thu gần 12.000 tỉ đồng (VietnamNews, 2025a) [4-6]. Những chỉ dấu tăng trưởng này đặt ra yêu cầu nâng chất lượng phục vụ, tăng khả năng tiếp cận thị trường quốc tế và quản trị điểm đến theo hướng bền vững.

Trong hệ sinh thái du lịch, tiếng Anh thường được nhìn như một kỹ năng giao tiếp. Tuy nhiên, ở bình diện bền vững, tiếng Anh còn đóng vai trò “hạ tầng mềm” giúp giảm bất cân xứng thông tin, nâng năng lực diễn giải di sản, chuẩn hóa quy tắc ứng xử, và tạo điều kiện cho chuyển đổi số. Mục tiêu của bài viết là: (i) xây dựng khung phân tích vai trò của tiếng Anh đối với du lịch bền vững tại Phú Thọ; (ii) đề xuất bộ chỉ báo theo dõi; (iii) gợi ý nhóm giải pháp triển khai theo hướng liên kết tỉnh – doanh nghiệp – cộng đồng – nhà trường [7-9].

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Bền vững trong du lịch được nhìn nhận qua ba chiều cạnh: môi trường, kinh tế và xã hội – văn hóa. UN Tourism nhấn mạnh nguyên tắc cân bằng giữa ba chiều cạnh này, yêu cầu sự tham gia của các bên liên quan và theo dõi tác động thường xuyên để có biện pháp phòng ngừa hoặc điều chỉnh (UN Tourism, n.d.; UNEP & UN Tourism, 2005) [10]. Trong bối cảnh điểm đến di sản, diễn giải (interpretation) và truyền thông là công cụ quan trọng giúp du khách hiểu giá trị di sản, tôn trọng chuẩn mực văn hóa và hành xử có trách nhiệm.

Tiếng Anh trong du lịch được tiếp cận theo hướng English for Specific Purposes (ESP), nhấn mạnh tính “đúng ngữ cảnh nghề nghiệp”, tức năng lực ngôn ngữ được phát triển gắn với tình huống, quy trình và tiêu chuẩn nghề [11]. Các nghiên cứu về ESP ở Việt Nam cho thấy cần thiết phải gắn chương trình – học liệu với nhu cầu thực tiễn và đánh giá đúng năng lực sử dụng trong công việc (Nguyễn & cộng sự, 2024; Vu & cộng sự, 2024). Đồng thời, giao tiếp du lịch hiệu quả cũng đòi hỏi năng lực giao tiếp liên văn hóa (Intercultural Communicative Competence - ICC), tức không

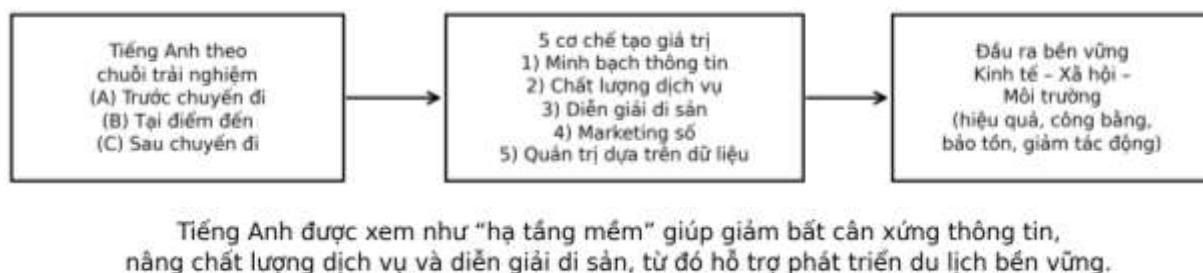
chỉ “nói đúng” mà còn “nói phù hợp”, tôn trọng khác biệt và tránh định kiến (Byram, 1997).

2.2. Phương pháp và dữ liệu

Bài viết sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu (narrative review) kết hợp phân tích dữ liệu thứ cấp. Nguồn dữ liệu gồm: (i) khung/định nghĩa du lịch bền vững của UN Tourism và báo cáo hướng dẫn của UNEP & UN Tourism (2005); (ii) hồ sơ di sản UNESCO về Tín ngưỡng thờ cúng Hùng Vương (ghi danh năm 2012) và Hát Xoan Phú Thọ (ghi danh năm 2017); (iii) số liệu và thông tin công khai về du lịch Phú Thọ năm 2023–2025 từ cơ quan quản lý và báo chí chính thống. Trên cơ sở đó, bài viết xây dựng mô hình khái niệm và thảo luận hàm ý triển khai đối với địa phương.

2.3. Khung phân tích

Khung phân tích của bài viết gắn vai trò tiếng Anh với (i) ba trụ cột bền vững (kinh tế – xã hội – môi trường) và (ii) chuỗi trải nghiệm du khách gồm: trước chuyến đi (tìm thông tin – đặt dịch vụ), trong chuyến đi (trải nghiệm tại điểm đến) và sau chuyến đi (đánh giá – lan tỏa). Tiếng Anh được xem như “hạ tầng mềm” tác động đến mức độ tiếp cận thông tin, chất lượng tương tác dịch vụ, hiệu quả diễn giải di sản, khả năng truyền thông số, và năng lực quản trị dựa trên phản hồi.



Hình 1. Mô hình khái niệm: Tiếng Anh như “hạ tầng mềm” của du lịch bền vững Phú Thọ. Nguồn: Tác giả tổng hợp từ UN Tourism (n.d.) và UNEP & UN Tourism (2005).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bối cảnh Phú Thọ: lợi thế di sản và yêu cầu hội nhập

Phú Thọ sở hữu hệ giá trị văn hóa – tín ngưỡng gắn với cội nguồn dân tộc và các thực hành văn hóa đặc sắc. UNESCO ghi danh Tín ngưỡng thờ cúng Hùng Vương tại Phú Thọ vào Danh sách Di sản văn hóa phi vật thể đại diện của nhân loại năm 2012, nhấn mạnh vai trò cổ kết cộng đồng và ý nghĩa bản sắc (UNESCO, 2012). Hát Xoan Phú

Thọ cũng được UNESCO ghi danh năm 2017, là loại hình trình diễn gắn với thờ cúng Hùng Vương và góp phần tăng hiểu biết văn hóa, gắn kết cộng đồng (UNESCO, 2017). Đây là nền tảng thuận lợi để phát triển sản phẩm du lịch văn hóa – tâm linh, đồng thời đặt ra yêu cầu diễn giải di sản đúng đắn và tôn trọng tính thiêng.

Về phát triển thị trường, Phú Thọ đặt mục tiêu đến năm 2030 đón 18,7 triệu lượt khách, trong đó hơn 1 triệu khách quốc tế; doanh thu du lịch dự

kiến khoảng 24.000 tỉ đồng (VietnamNews, 2025a). Trong bối cảnh đó, tiếng Anh cần được triển khai như một năng lực hệ thống, không chỉ dừng ở giao tiếp lẻ tẻ giữa nhân viên và du khách. Đặc biệt, đối với du lịch di sản và du lịch xanh, tiếng Anh phải đi kèm năng lực diễn giải, hướng dẫn hành vi có trách nhiệm, và truyền thông số minh bạch.

3.2. Năm cơ chế tiếng Anh hỗ trợ du lịch bền vững

Kết quả tổng hợp cho thấy tiếng Anh hỗ trợ du lịch bền vững tại Phú Thọ thông qua năm cơ chế chính sau đây. Những cơ chế này liên quan chặt chẽ đến chuỗi trải nghiệm du khách và đồng thời tác động tới cả ba trụ cột bền vững.

3.2.1. Minh bạch thông tin - nâng an toàn và niềm tin

Đối với khách quốc tế, rào cản ngôn ngữ làm tăng bất cân xứng thông tin (giá, giờ mở cửa, quy định, phương tiện di chuyển, cảnh báo an toàn), từ đó dễ phát sinh hiểu nhầm và giảm mức độ hài lòng. Hệ thống thông tin song ngữ chuẩn (biển chỉ dẫn, website/landing page, bản đồ số, hotline, quy trình xử lý sự cố) giúp tăng tính minh bạch, tăng niềm tin và nâng hình ảnh điểm đến “an toàn – thân thiện”. Từ góc độ bền vững, minh bạch thông tin góp phần giảm hành vi tiêu cực, giảm khiếu nại và tạo điều kiện cho phân phối lợi ích công bằng hơn giữa các tác nhân trong chuỗi dịch vụ.

3.2.2. Nâng chất lượng dịch vụ và năng lực nghề

Tiếng Anh là thành tố quan trọng của chất lượng dịch vụ ở các điểm tiếp xúc (lưu trú, ăn uống, vận chuyển, hướng dẫn, bán hàng đặc sản). Khi giao tiếp hiệu quả, thời gian xử lý yêu cầu giảm, nguy cơ hiểu sai giảm, và khả năng bán dịch vụ bổ sung tăng. Đối với doanh nghiệp địa phương, tiếng Anh còn giúp chuẩn hóa quy trình phục vụ theo SOP, tăng tính chuyên nghiệp và tạo lợi thế cạnh tranh. Theo tiếp cận ESP, đào tạo tiếng Anh cần gắn với tình huống nghề và tiêu chuẩn dịch vụ, thay vì chỉ tập trung ngữ pháp – từ vựng rời rạc (Vu & cộng sự, 2024).

3.2.3. Diễn giải di sản và quy tắc ứng xử có trách nhiệm

Điểm khác biệt giữa “tham quan” và “trải nghiệm bền vững” nằm ở chất lượng diễn giải. Với Phú Thọ, diễn giải tiếng Anh cần giúp du khách hiểu bối cảnh lịch sử – văn hóa của thờ cúng Hùng Vương và Hát Xoan, đồng thời hướng dẫn hành vi phù hợp trong không gian thiêng (trang phục, trật tự, chụp ảnh/quay phim, nghi thức dâng hương). UNESCO mô tả Tín ngưỡng thờ cúng Hùng Vương như một thực hành củng cố sự đoàn kết tinh thần và nhắc nhở nguồn cội, được duy trì bởi các chủ thể cộng đồng và ban tổ chức lễ hội (UNESCO, 2012). Khi nội dung này được chuyển tải rõ ràng bằng tiếng Anh, du khách quốc tế có cơ hội “hiểu để tôn trọng”, qua đó giảm nguy cơ thương mại hóa phản cảm và giảm tác động xã hội tiêu cực.

3.2.4. Marketing số - mở rộng thị trường và tăng giá trị chi tiêu

Truyền thông số là kênh quan trọng để tiếp cận khách quốc tế trước chuyến đi và để họ lan tỏa trải nghiệm sau chuyến đi. Nội dung tiếng Anh chất lượng (website chính thức, video phụ đề, audio guide, bài viết kể chuyện di sản, thông tin dịch vụ cập nhật) giúp mở rộng thị trường, tăng khả năng chuyển đổi đặt dịch vụ và nâng giá trị chi tiêu. Ngược lại, nội dung tiếng Anh kém chuẩn dễ làm giảm hình ảnh, đặc biệt với sản phẩm du lịch di sản vốn đòi hỏi sự trang trọng và chính xác thuật ngữ.

3.2.5. Quản trị điểm đến dựa trên phản hồi và chuyển đổi số

Du lịch bền vững là quá trình liên tục: đo lường - phản hồi - cải tiến. Khi có công cụ khảo sát/QR song ngữ và năng lực xử lý phản hồi tiếng Anh, điểm đến có thể thu thập dữ liệu trải nghiệm khách quốc tế, theo dõi vấn đề quá tải, rác thải, hành vi không phù hợp, và cải tiến dịch vụ kịp thời. Ngoài ra, tiếng Anh tạo điều kiện hợp tác dự án quốc tế, kết nối đối tác lành mạnh, và tham gia mạng lưới tiêu chuẩn xanh. Đây là cơ sở để địa phương vừa tăng trưởng du lịch vừa kiểm soát tác động theo đúng tinh thần của UN Tourism và UNEP & UN Tourism (2005).

Bảng 1. Liên kết vai trò tiếng Anh theo chuỗi trải nghiệm du khách và mục tiêu bền vững

Giai đoạn trải nghiệm	Nội dung tiếng Anh trọng tâm	Mục tiêu bền vững liên quan
Trước chuyến đi	Website/landing page; thông tin giá - giờ - tuyến; hướng dẫn đặt dịch vụ; cảnh báo an toàn	Tăng minh bạch, tăng tin cậy, giảm rủi ro
Trong chuyến đi	Giao tiếp dịch vụ; SOP; thuyết minh di sản; quy tắc ứng xử; chỉ dẫn xanh (rác, nước, năng lượng)	Tăng chất lượng dịch vụ; tôn trọng văn hóa; giảm tác động môi trường
Sau chuyến đi	Kênh phản hồi song ngữ; phản hồi đánh giá; nội dung lan tỏa; xử lý khiếu nại	Cải tiến liên tục; tăng hình ảnh; tạo cộng đồng khách quay lại

3.3. Điểm nghẽn và yêu cầu chuẩn hóa

Thực tiễn triển khai tiếng Anh trong du lịch địa phương thường gặp các điểm nghẽn: (i) thiếu thống nhất thuật ngữ di sản và dịch thuật; (ii) năng lực giao tiếp cơ bản có nhưng năng lực “diễn giải” còn yếu; (iii) nội dung số tiếng Anh chưa đồng bộ

và chưa cập nhật; (iv) đào tạo rời rạc, chưa gắn mục tiêu bền vững; (v) thiếu chỉ báo và cơ chế đo lường chất lượng ngôn ngữ. Do đó, yêu cầu then chốt là chuẩn hóa tối thiểu (minimum standard) và triển khai theo lộ trình “ít nhưng chuẩn – làm mẫu – nhân rộng”.

Bảng 2. Bộ chỉ báo (KPI) gợi ý để theo dõi vai trò tiếng Anh trong du lịch bền vững Phú Thọ

Nhóm chỉ báo	Gợi ý cách đo	Ý nghĩa bền vững
Tiếp cận thông tin	Tỷ lệ điểm đến có biển/brochure song ngữ chuẩn; mức đầy đủ thông tin trên website tiếng Anh	Minh bạch – an toàn – niềm tin
Chất lượng dịch vụ	Điểm hài lòng về giao tiếp tiếng Anh; số khiếu nại do hiểu nhầm ngôn ngữ	Nâng trải nghiệm và hiệu quả kinh tế
Diễn giải di sản	Tỷ lệ nội dung thuyết minh tiếng Anh đạt chuẩn thuật ngữ; mức “hiệu giá trị di sản” trong khảo sát	Bảo tồn văn hóa và hành vi có trách nhiệm
Truyền thông số	Lưu lượng truy cập nội dung tiếng Anh; tỷ lệ chuyển đổi đặt dịch vụ từ kênh tiếng Anh	Mở rộng thị trường, tăng giá trị chi tiêu
Quản trị & phản hồi	Tỷ lệ phản hồi tiếng Anh được xử lý đúng hạn; mức cải thiện điểm đánh giá theo thời gian	Cải tiến liên tục, kiểm soát tác động

3.4. Hàm ý triển khai cho địa phương và cơ sở đào tạo

Dựa trên khung phân tích, bài viết đề xuất ba nhóm hàm ý chính. Thứ nhất, ở cấp tỉnh/điểm đến cần xây dựng “Bộ chuẩn tiếng Anh du lịch Phú Thọ” gồm: bộ thuật ngữ (glossary) cho di sản - lễ hội, mẫu bảng biển song ngữ, checklist thông tin tối thiểu cho website tiếng Anh, và bộ quy tắc ứng xử (code of conduct) song ngữ cho du khách. Thứ hai, ở cấp doanh nghiệp cần đào tạo tiếng Anh theo tình huống nghề và SOP, ưu tiên các điểm tiếp xúc có tần suất tương tác cao, đồng thời bổ

sung năng lực xử lý tình huống liên văn hóa. Thứ ba, với cơ sở đào tạo, cần thiết kế học phần ESP/tiếng Anh du lịch gắn với bền vững và di sản địa phương; phát triển học qua dự án (project-based learning) như dịch bảng biển, xây dựng audio guide, biên soạn kịch bản thuyết minh ngắn và thử nghiệm tại điểm đến.

Bên cạnh đó, bài viết khuyến nghị thí điểm một tuyến/điểm đến làm mẫu (ví dụ: cụm di tích Đền Hùng - làng cổ Hùng Lô - trải nghiệm Hát Xoan) để chuẩn hóa nội dung tiếng Anh, đo lường KPI và tinh chỉnh quy trình trước khi nhân rộng. Cách

tiếp cận này giúp tránh triển khai dàn trải, đồng thời đảm bảo tính nhất quán của diễn giải di sản và chuẩn mực dịch vụ.

4. KẾT LUẬN

Tiếng Anh có thể tạo tác động đa chiều tới du lịch bền vững tại Phú Thọ nếu được triển khai như một “hạ tầng mềm” gắn với chuẩn hóa thông tin, chất lượng dịch vụ, diễn giải di sản, truyền thông số và quản trị dựa trên phản hồi. Bài viết đề xuất khung phân tích theo chuỗi trải nghiệm du khách và xác định năm cơ chế tác động chính, đồng thời gợi ý bộ chỉ báo để theo dõi chất lượng triển khai. Trong bối cảnh Phú Thọ đặt mục tiêu tăng mạnh khách quốc tế đến năm 2030, tiếng Anh cần được tích hợp vào chiến lược nhân lực du lịch bền vững và liên kết chặt giữa tỉnh - doanh nghiệp - cộng đồng - nhà trường.

Hạn chế của nghiên cứu là dựa chủ yếu trên dữ liệu thứ cấp và phân tích khái niệm. Nghiên cứu tiếp theo nên thực hiện khảo sát thực địa tại các khu/điểm du lịch, đo lường mức độ đáp ứng tiếng Anh ở các điểm tiếp xúc, và đánh giá tác động của can thiệp (ví dụ: chuẩn hóa biên song ngữ, thuyết minh tiếng Anh) tới mức hài lòng và hành vi du lịch có trách nhiệm của khách quốc tế.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch. (2023, November 27). Du lịch Phú Thọ dự kiến đạt doanh thu trên 3.300 tỉ đồng. Retrieved January 22, 2026, from <https://bvhttdl.gov.vn/du-lich-phu-tho-du-kien-dat-doanh-thu-tren-3300-ti-dong-20231127093029797.htm>.
2. Byram, M. (1997). Teaching and assessing intercultural communicative competence. *Multilingual Matters*.
3. Nguyen, T. H. (2024). Teaching English for tourism in order to cater to the specific requirements of English majors at Ho Chi Minh City University of Industry and Trade. *Journal of Knowledge Learning and Science Technology*, 3(1), 92–. <https://doi.org/10.60087/jklst.vol3.no1.p92>.
4. UNEP, & UN Tourism. (2005). Making tourism more sustainable: A guide for policy makers. United Nations Environment Programme. Retrieved January 22, 2026, from <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8741>.
5. UN Tourism. (n.d.). Sustainable development. Retrieved January 22, 2026, from <https://www.unwto.org/sustainable-development>.
6. UNESCO. (n.d.). Sustainable tourism (Glossary). UNESCO World Heritage Centre. Retrieved January 22, 2026, from <https://whc.unesco.org/en/glossary/376>.
7. UNESCO. (2012). Worship of Hùng kings in Phú Thọ (Nomination file No. 00735). UNESCO Intangible Cultural Heritage. Retrieved January 22, 2026, from <https://ich.unesco.org/en/RL/worship-of-hung-kings-in-phu-th-00735>.
8. UNESCO. (2017). Xoan singing of Phú Thọ province, Viet Nam (Nomination file No. 01260). UNESCO Intangible Cultural Heritage. Retrieved January 22, 2026, from <https://ich.unesco.org/en/RL/xoan-singing-of-phu-th-province-viet-nam-01260>.
9. VietnamNews. (2025, December 2025). Phú Thọ tourism on the rise to become a leading northern hub by 2030. Retrieved January 22, 2026, from <https://vietnamnews.vn/life-style/1730642/phu-tho-tourism-on-the-rise-to-become-a-leading-northern-hub-by-2030.html>.
10. VietnamNews. (2025, December 2025). Phú Thọ moves towards green, sustainable tourism. Retrieved January 22, 2026, from <https://vietnamnews.vn/society/1732093/phu-tho-moves-towards-green-sustainable-tourism.html>.
11. Vu, T. T., & colleagues. (2024). An evaluation of English for specific purposes courses at a Vietnamese university. *VNU Journal of Foreign Studies*. Retrieved January 22, 2026, from <https://jfs.ulis.vnu.edu.vn/index.php/fs/article/view/4419>.

**HOẠT ĐỘNG KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO
GẮN VỚI ĐÀO TẠO, CHUYÊN GIAO TRI THỨC
TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ:
THÀNH TỰU 2021 - 2025 VÀ ĐỊNH HƯỚNG 2025 – 2030**

Trần Thị Hằng^{1*}, Hoàng Thị Vân An²

¹*Ban Giám hiệu*

²*Phòng Khoa học Công nghệ và Hợp tác Quốc tế*

*Email: hangtt@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Giai đoạn 2021-2025, hoạt động Khoa học, Công nghệ và đổi mới sáng tạo của Trường đạt được nhiều kết quả tích cực với 168 nhiệm vụ các cấp của giảng viên và 83 đề tài của người học. Công bố khoa học của giảng viên có sự tăng mạnh với 330 bài, trong đó 124 bài quốc tế. Bên cạnh đó, hoạt động biên soạn giáo trình, bài giảng được đẩy mạnh với 447 tài liệu. Đặc biệt, đã thành lập được 10 nhóm nghiên cứu theo các lĩnh vực trọng điểm, tạo nền tảng quan trọng cho tổ chức nghiên cứu chuyên sâu, liên ngành và bền vững. Trên cơ sở những kết quả đạt được, báo cáo xác định phương hướng nhiệm vụ KHCN&ĐMST giai đoạn 2025-2030 theo hướng nâng cao chất lượng và hiệu quả nghiên cứu, phát triển đội ngũ, thúc đẩy ĐMST và khởi nghiệp, mở rộng hợp tác trong nước và quốc tế, đồng thời đổi mới cơ chế quản lý và chính sách. Đây là cơ sở quan trọng để Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì tiếp tục phát huy vai trò là cơ sở giáo dục đại học ứng dụng, góp phần đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao và đóng góp thiết thực cho sự phát triển của địa phương và đất nước.

Từ khóa: *Khoa học, công nghệ, Đổi mới sáng tạo, Đề tài, Bài báo, Giáo trình*

Abstract:

During the 2021–2025 period, the Science, Technology, and Innovation (STI) activities of the University achieved significant positive outcomes, comprising 168 research projects at various levels conducted by faculty members and 83 research projects by students. Scientific publications by the faculty saw a substantial increase, reaching 330 papers, of which 124 were published internationally. Furthermore, the compilation of textbooks and lecture notes was strongly promoted, resulting in 447 teaching materials. Notably, 10 research groups were established in key fields, creating a crucial foundation for in-depth, interdisciplinary, and sustainable research organization. Based on these achievements, the report outlines the orientation and tasks for STI activities in the 2025–2030 period, focusing on enhancing research quality and efficiency, developing the research workforce, promoting innovation and startups, expanding domestic and international cooperation, and innovating management mechanisms and policies. This serves as an important foundation for Viet Tri University of Industry to continue fulfilling its role as an applied higher education institution, contributing to the training of high-quality human resources and making practical contributions to the development of the locality and the country.

Keywords: *Science, Technology, Innovation, Research projects, Scientific papers, Textbooks.*

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra mạnh mẽ, KHCN&ĐMST đã trở thành những trụ cột then chốt quyết định năng lực cạnh tranh, chất lượng đào tạo và đóng góp xã hội của các cơ sở giáo dục đại học; góp phần nâng cao chất lượng nguồn nhân lực phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Đối với các trường đại học định hướng ứng dụng, vai trò của KHCN&ĐMST không chỉ thể hiện ở hoạt động nghiên cứu mà còn gắn chặt với đổi mới nội dung, phương pháp giảng dạy, mô hình đào tạo, quản trị đại học và chuyên giao tri thức vào thực tiễn.

Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, với sứ mạng đào tạo nguồn nhân lực chất lượng cao phục vụ phát triển kinh tế – xã hội đất nước, ngành Công Thương, đã xác định KHCN&ĐMST là khâu đột phá chiến lược trong giai đoạn 2021–2025. Trên cơ sở đó, Nhà trường đã chủ động triển khai nhiều giải pháp đồng bộ nhằm thúc đẩy nghiên cứu khoa học, ĐMST và ứng dụng sản phẩm nghiên cứu vào hoạt động đào tạo, quản trị và quản lý Nhà trường, từng bước hoàn thiện cơ chế, chính sách khuyến khích nghiên cứu và sáng tạo.

Tuy nhiên, trước yêu cầu ngày càng cao của thị trường lao động và xu thế phát triển giáo dục đại học thông minh, việc tiếp tục đẩy mạnh KHCN&ĐMST theo hướng toàn diện, có chiều

sâu và bền vững là yêu cầu tất yếu trong giai đoạn 2025–2030. Xuất phát từ thực tiễn đó, bài báo tập trung phân tích những thành tựu nổi bật của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì trong giai đoạn 2021–2025, đồng thời đề xuất các định hướng, giải pháp trọng tâm nhằm phát huy vai trò của KHCN&ĐMST trong việc nâng cao chất lượng đào tạo, đáp ứng yêu cầu phát triển của Nhà trường trong giai đoạn mới.

2. SỰ TÁC ĐỘNG CỦA VĂN BẢN CÁC CẤP

Hoạt động KHCN trong các cơ sở giáo dục đại học giữ vai trò then chốt trong việc nâng cao chất lượng đào tạo, phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao và thúc đẩy ĐMST. Trong những năm gần đây, hệ thống văn bản pháp lý của Nhà nước, các bộ, ngành và quy định nội bộ của Trường ngày càng được hoàn thiện, tạo hành lang pháp lý quan trọng nhằm khuyến khích và thúc đẩy hoạt động KHCN&ĐMST trong Trường.

Luật Khoa học và Công nghệ năm 2013 và được thay thế bởi Luật Khoa học, Công nghệ và Đổi mới sáng tạo năm 2025, Luật Giáo dục đại học (sửa đổi, bổ sung năm 2018) và được thay bởi Luật Giáo dục đại học năm 2025 đã khẳng định rõ vai trò của cơ sở giáo dục đại học là trung tâm nghiên cứu, sáng tạo và chuyển giao tri thức. Các luật này cho phép trường đại học được chủ động xây dựng chiến lược phát triển KHCN; tổ chức thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu khoa học các cấp; quản lý, khai thác và thương mại hóa kết quả nghiên cứu. Đây là cơ sở pháp lý quan trọng để các trường đại học phát huy quyền tự chủ, gắn đào tạo với nghiên cứu khoa học, phát triển công nghệ và ĐMST vụ phát triển kinh tế – xã hội của ngành, địa phương và đất nước.

Bên cạnh đó, các nghị quyết của Đảng và chiến lược phát triển KHCN&ĐMST đến năm 2030 đã định hướng rõ yêu cầu chuyển mạnh hoạt động nghiên cứu trong trường đại học từ nghiên cứu hàn lâm sang nghiên cứu ứng dụng, giải quyết các vấn đề thực tiễn. Định hướng này thúc đẩy hình thành các nhóm nghiên cứu, trung tâm nghiên cứu và ĐMST trong trường đại học, đồng thời tăng cường liên kết giữa nhà trường với doanh nghiệp và địa phương.

Các văn bản của Bộ Giáo dục và Đào tạo, Bộ Khoa học và Công nghệ đã cụ thể hóa vai trò của hoạt động nghiên cứu khoa học thông qua việc quy định nghiên cứu khoa học là nhiệm vụ bắt buộc của giảng viên; gắn kết quả nghiên cứu với

công tác đánh giá, thi đua và đảm bảo chất lượng cơ sở giáo dục đại học. Đồng thời, nhiều chính sách đã được ban hành nhằm khuyến khích công bố khoa học, đăng ký sở hữu trí tuệ, chuyển giao công nghệ và hỗ trợ sinh viên nghiên cứu khoa học, góp phần hình thành văn hóa nghiên cứu và đổi mới sáng tạo trong nhà trường.

Trên cơ sở các quy định chung, Nhà trường đã ban hành hệ thống văn bản nội bộ về quản lý hoạt động KHCN&ĐMST, xét chọn và nghiệm thu đề tài, khen thưởng công bố khoa học, khuyến khích chuyển giao kết quả nghiên cứu, kế hoạch hàng năm.... Các văn bản này bước đầu đã tạo động lực cho đội ngũ giảng viên và người học tích cực tham gia nghiên cứu, nâng cao chất lượng đào tạo và uy tín học thuật của Nhà trường.

Tuy nhiên, thực tiễn triển khai cho thấy một số hạn chế như cơ chế khuyến khích chưa đủ mạnh để thu hút các nghiên cứu có tính đột phá; nguồn lực đầu tư cho hoạt động KHCN&ĐMST còn hạn chế; mối liên kết giữa nghiên cứu – đào tạo – doanh nghiệp chưa thực sự bền vững. Do đó, trong giai đoạn tới, việc tiếp tục hoàn thiện và vận dụng hiệu quả các văn bản khuyến khích hoạt động KHCN&ĐMST là yêu cầu cấp thiết nhằm nâng cao hiệu quả nghiên cứu, thúc đẩy ĐMST và gắn kết chặt chẽ hơn giữa đào tạo, nghiên cứu và chuyển giao tri thức trong Trường.

3. THÀNH TỰU KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO GIAI ĐOẠN 2021-2025

Trong những năm qua, hoạt động KHCN&ĐMST của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì luôn được Đảng ủy, Ban Giám hiệu quan tâm chỉ đạo và xác định là một trong những nhiệm vụ trọng tâm, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo, uy tín học thuật và năng lực phục vụ cộng đồng của Nhà trường.

Hoạt động KHCN&ĐMST được triển khai thường xuyên, có hệ thống với số lượng đề tài các cấp từng bước gia tăng. Hằng năm, nhà trường tổ chức thực hiện nhiều đề tài cấp cơ sở; đồng thời tham gia và chủ trì một số đề tài, dự án, đề án cấp Bộ và tương đương trở lên. Các hướng nghiên cứu tập trung chủ yếu vào những lĩnh vực phù hợp với chức năng, nhiệm vụ của Trường.

Chất lượng các đề tài từng bước được nâng cao, nhiều công trình có tính ứng dụng thực tiễn, phục vụ trực tiếp cho hoạt động sản xuất, kinh doanh của doanh nghiệp, cải tiến quy trình công

nghe.... Một số kết quả nghiên cứu đã được chuyển giao, ứng dụng vào thực tiễn và đưa vào hoạt động quản lý, nội dung giảng dạy, góp phần đổi mới phương pháp đào tạo theo định hướng ứng dụng.

3.1. Đề tài, đề án, dự án khoa học công nghệ các cấp

3.1.1. Đề tài, đề án, dự án khoa học công nghệ các cấp của giảng viên

Trong những năm gần đây, đội ngũ giảng viên Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã tích cực tham gia và chủ trì nhiều đề tài, đề án, dự án (nhiệm vụ) KHCN các cấp từ cấp cơ sở đến cấp Bộ và tương đương trở lên. Số lượng đề tài được phê duyệt và triển khai hằng năm phản ánh sự nhận thức và năng lực nghiên cứu khoa học của giảng viên (Bảng 1). Đáng chú ý, nhiều đề tài được đánh giá đáp ứng tốt các yêu cầu về tính khoa học, tính mới và khả năng ứng dụng.

Bảng 1. Số lượng nhiệm vụ KHCN các cấp của giảng viên giai đoạn 2021-2025

STT	Năm	Đề tài cấp cơ sở	Nhiệm vụ KHCN cấp Bộ và tương đương trở lên		
		Số lượng	Số lượng	Chủ trì	Phối hợp
1	2021	25	02	02	0
2	2022	29	09	08	01
3	2023	27	03	02	01
4	2024	34	03	02	01
5	2025	29	07	03	04
Tổng		144	24	17	07

Trong giai đoạn 2021-2025, hoạt động nghiên cứu khoa học được triển khai thường xuyên, liên tục và đạt được những kết quả tích cực. Tổng số đề tài cấp cơ sở là 144 đề tài, trung bình 28-29 đề tài/năm, cho thấy phong trào nghiên cứu khoa học được duy trì ổn định, đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng lực nghiên cứu, hình thành ý tưởng khoa học và đào tạo đội ngũ cán bộ nghiên cứu.

Song song với đó, có 24 nhiệm vụ KHCN cấp Bộ và tương đương trở lên, chiếm khoảng 16,7% so với số đề tài cấp cơ sở. Tỷ lệ này cho thấy hoạt động nghiên cứu đã từng bước mở rộng lên các cấp quản lý cao hơn, thể hiện sự nâng cao về chất lượng và tính cạnh tranh của các hướng nghiên cứu. Trong tổng số 24 nhiệm vụ có 17 nhiệm vụ (chiếm 70,8%) thuộc Trường chủ trì (Giảng viên của Trường là chủ nhiệm) và 07 nhiệm vụ (chiếm 29,2%) là giảng viên phối hợp với đơn vị khác để thực hiện. Tỷ lệ nhiệm vụ do Trường chủ trì cao phản ánh năng lực độc lập nghiên cứu và khả năng điều phối khoa học của đội ngũ giảng viên, nhà khoa học. Đồng thời, sự gia tăng các đề tài phối hợp, đặc biệt trong năm 2025, cho thấy định

hướng mở rộng hợp tác khoa học, phù hợp với xu thế nghiên cứu hiện đại. Đặc biệt, tất cả các đề tài đều có tính ứng dụng, sản phẩm của đề tài (mô hình, quy trình, phần mềm...) đã và đang được ứng dụng hiệu quả trong đào tạo, quản trị và quản lý của Nhà trường.

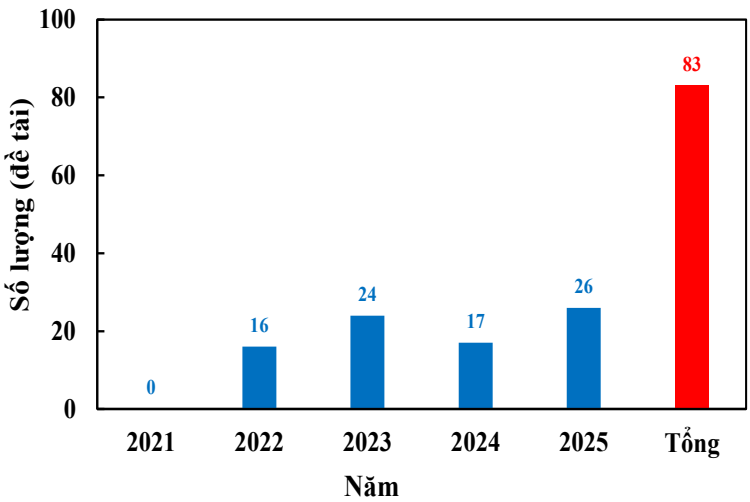
Những kết quả này là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng để xây dựng định hướng phát triển hoạt động nghiên cứu trong giai đoạn tiếp theo, hướng tới tăng tỷ trọng đề tài cấp cao và mở rộng mạng lưới hợp tác trong và ngoài nước.

3.1.2. Đề tài của học viên, sinh viên

Trong giai đoạn 2021-2025, hoạt động nghiên cứu khoa học của học viên, sinh viên (gọi chung là người học) ngày càng được quan tâm và trở thành một trong những chỉ báo quan trọng phản ánh chất lượng đào tạo, mức độ gắn kết giữa đào tạo và nghiên cứu, cũng như năng lực ĐMST trong Khoa, Trường. Số liệu thống kê (Hình 1) là căn cứ khoa học quan trọng để đánh giá những kết quả đạt được, chỉ ra các hạn chế, nguyên nhân và xu hướng phát triển, từ đó đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm

nâng cao hiệu quả hoạt động nghiên cứu khoa học của sinh viên trong giai đoạn tiếp theo.

Kết quả Hình 1 cho thấy, hoạt động nghiên cứu khoa học của người học Nhà trường từng bước được quan tâm, triển khai và đạt được những kết quả tích cực. Tổng số đề tài trong toàn giai đoạn là 83 đề tài, góp phần quan trọng vào việc nâng cao chất lượng đào tạo, rèn luyện năng lực nghiên cứu, tư duy khoa học và khả năng vận dụng kiến thức vào thực tiễn cho người học. Cụ thể, năm 2021 không thực hiện đề tài là do ảnh hưởng của dịch bệnh COVID-19. Trong giai đoạn 2021–2025 có xu hướng tăng trưởng rõ rệt, đặc biệt từ năm 2022 trở đi. Số lượng đề tài năm sau nhìn chung cao hơn năm trước, mặc dù có sự dao động nhất định giữa các năm. Kết quả đạt được cho thấy các chủ trương, chính sách khuyến khích nghiên cứu khoa học học viên, sinh viên của Nhà trường đã phát huy hiệu quả; vai trò hướng dẫn, đồng hành của đội ngũ giảng viên ngày càng rõ nét; đồng thời sự nhận thức và năng lực nghiên cứu của người học từng bước được nâng cao.



Hình 1. Số lượng đề tài nghiên cứu khoa học của người học giai đoạn 2021-2025

Ngoài đề tài cấp Trường, các Khoa còn tổ chức, triển khai đề tài học viên, sinh viên, tổ chức các cuộc thi sáng tạo khoa học kỹ thuật cấp Khoa. Nhiều đề tài có tính ứng dụng cao. Đặc biệt, trong vòng chung kết cuộc thi công nghệ trí tuệ sinh viên do Trung ương Đoàn TNCS Hồ Chí Minh, Trung tâm hỗ trợ và phát triển sinh viên Việt Nam phối hợp cùng Công ty TNHH Canon Việt Nam tổ chức, năm 2022 Nhà trường có 2 đội/160 đội toàn quốc được vào vòng chung kết, trong đó 1 đội đạt giải 3 và 1 đội đạt giải khuyến khích; năm 2023 cũng có 2 đội/120 đội tham dự được vào vòng chung kết, trong đó 1 đội đạt giải nhì. Kết quả này là minh chứng thuyết phục cho định hướng gắn đào tạo với nghiên cứu khoa học, ĐMST và thực tiễn công nghệ, đồng thời khẳng định vai trò của Nhà trường trong việc phát hiện, bồi dưỡng và phát huy năng lực sáng tạo của sinh

viên trong bối cảnh chuyển đổi số và phát triển kinh tế tri thức hiện nay.

3.2. Công bố khoa học và sản phẩm nghiên cứu của giảng viên

Trong bối cảnh giáo dục đại học đang chuyển dịch mạnh mẽ theo hướng gắn kết chặt chẽ giữa đào tạo, nghiên cứu khoa học và ĐMST, công bố khoa học và các sản phẩm nghiên cứu của giảng viên giữ vai trò then chốt trong việc khẳng định chất lượng học thuật, uy tín khoa học và năng lực tri thức của Trường. Thông qua các công bố khoa học như bài báo (Bảng 2) đăng trên các tạp chí chuyên ngành trong nước và quốc tế, cùng với hệ thống giáo trình, bài giảng và tài liệu học tập (Bảng 3) được biên soạn công phu, đội ngũ giảng viên không chỉ đóng góp vào kho tàng tri thức khoa học mà còn trực tiếp nâng cao chất lượng đào tạo và hiệu quả chuyển giao tri thức.

Bảng 2. Kết quả bài báo đăng trên tạp chí chuyên ngành trong nước và quốc tế thuộc danh mục tạp chí của Hội đồng chức danh Giáo sư Nhà nước của giảng viên giai đoạn 2021-2025

STT	Năm	Quốc tế		Trong nước có tính điểm
		ISI, Scopus	Khác	
1	2021	9	2	34
2	2022	15	3	33
3	2023	19	3	46
4	2024	20	4	59
5	2025	36	13	34

STT	Năm	Quốc tế		Trong nước có tính điểm
		ISI, Scopus	Khác	
Tổng		99	25	206

Kết quả thống kê cho thấy, trong giai đoạn 2021-2025, tổng số công bố khoa học đạt 330 bài, trong đó công bố trong nước có tính điểm chiếm tỷ trọng lớn nhất với 206 bài (62,4%), tiếp đến là các bài báo quốc tế ISI/Scopus với 99 bài (30,0%) và công bố quốc tế khác với 25 bài (7,6%).

Xét theo thời gian, số lượng bài báo ISI/Scopus tăng liên tục qua các năm, từ 9 bài năm 2021 lên 36 bài năm 2025. Công bố quốc tế khác có quy mô nhỏ hơn nhưng cũng ghi nhận xu hướng tăng, đặc biệt trong năm 2025 với 13 bài. Đối với công bố trong nước có tính điểm, số lượng bài tăng dần từ 34 bài năm 2021 lên mức cao nhất 59 bài năm 2024, sau đó giảm xuống còn 34 bài vào năm 2025. Sự gia tăng liên tục số lượng bài báo ISI/Scopus cho thấy những chuyển biến tích cực trong hoạt động nghiên cứu khoa học, phản ánh sự cải thiện về chất lượng nghiên cứu, năng lực công bố quốc tế và mức độ hội nhập học thuật. Kết quả này cũng cho thấy tác động tích cực của các chính sách khuyến khích nghiên cứu và công bố quốc tế trong thời gian qua.

Mặc dù công bố trong nước có tính điểm vẫn chiếm tỷ trọng lớn, sự giảm sút số lượng trong năm 2025 có thể được lý giải bởi xu hướng dịch chuyển định hướng công bố sang các tạp chí quốc tế uy tín, thay vì phản ánh sự suy giảm hoạt động nghiên cứu. Điều này phù hợp với chiến lược nâng cao chất lượng và tầm ảnh hưởng của các kết quả nghiên cứu khoa học.

Nhìn chung, cơ cấu và xu hướng công bố khoa học giai đoạn 2021–2025 cho thấy sự phát triển theo hướng cân đối giữa duy trì nền tảng công bố trong nước và tăng cường công bố quốc tế chất lượng cao. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc tiếp tục hoàn thiện cơ chế hỗ trợ nghiên cứu, thúc đẩy hợp tác quốc tế và nâng cao hiệu quả công bố khoa học trong giai đoạn tiếp theo.

Kết quả nghiên cứu của giảng viên ngoài việc viết các bài báo đăng trên tạp chí chuyên ngành trong nước và quốc tế, còn được chuyển hoá thành sản phẩm công bố trên Đặc san Khoa học và Công nghệ của Trường với việc xuất bản đều đặn 2 số/năm.

Song song với việc thực hiện đề tài KHCN các cấp, giảng viên còn tích cực biên soạn giáo trình, bài giảng phục vụ hoạt động đào tạo, trong đó được cập nhật những nội dung, công nghệ mới, đặc biệt những nội dung từ kết quả nghiên cứu (Bảng 3).

Kết quả Bảng 3 cho thấy, giai đoạn 2021–2025, hoạt động biên soạn và xuất bản học liệu phục vụ đào tạo của đơn vị thể hiện rõ xu hướng phát triển theo chiều rộng, đặc biệt ở nhóm giáo trình nội bộ và bài giảng. Tổng cộng trong toàn giai đoạn đã có 7 đầu sách, giáo trình được xuất bản chính thức và 440 giáo trình nội bộ, bài giảng được xây dựng và đưa vào sử dụng trong giảng dạy.

Bảng 3. Kết quả biên soạn giáo trình, bài giảng của giảng viên giai đoạn 2021-2025

STT	Năm	Sách, Giáo trình xuất bản	Giáo trình nội bộ, bài giảng
1	2021	03	36
2	2022	01	22
3	2023	01	98
4	2024	02	45
5	2025	0	239
Tổng		7	440

Đối với sách, giáo trình xuất bản, số lượng còn khiêm tốn và có xu hướng dao động qua các năm. Năm 2021 ghi nhận mức cao nhất với 3 đầu sách, sau đó giảm xuống còn 1 đầu sách/năm trong giai đoạn 2022–2023, tăng nhẹ lên 2 đầu sách vào năm 2024 và không có đầu sách xuất bản mới trong năm 2025. Điều này cho thấy việc xuất bản giáo trình chính thức vẫn gặp nhiều thách thức, đòi hỏi thời gian, nguồn lực và quy trình thẩm định nghiêm ngặt.

Ngược lại, giáo trình nội bộ và bài giảng có sự gia tăng mạnh mẽ, phản ánh rõ nỗ lực đổi mới nội dung. Sau khi giảm từ 36 tài liệu năm 2021 xuống 22 tài liệu năm 2022, số lượng đã tăng đột biến vào năm 2023 với 98 tài liệu, tiếp tục duy trì ở mức khá cao trong năm 2024 (45 tài liệu) và đặc biệt bứt phá mạnh vào năm 2025 với 239 tài liệu. Sự gia tăng này cho thấy quá trình chuẩn hóa học liệu, cập nhật chương trình đào tạo và ứng dụng chuyển đổi số trong giảng dạy đã được đẩy mạnh trong năm 2025. Việc biên soạn giáo trình nội bộ là nền tảng quan trọng để nâng cao chất lượng đào tạo, đồng thời tạo tiền đề cho việc tuyển chọn, hoàn thiện các giáo trình nội bộ có chất lượng tốt nhằm phát triển thành sách, giáo trình xuất bản trong giai đoạn tiếp theo.

3.3. Hội nghị khoa học

Có thể khẳng định rằng, việc tổ chức hội nghị khoa học dành cho giảng viên và học viên, sinh viên giữ vị trí then chốt trong việc phát triển hoạt động KHCN&ĐMST và nâng cao chất lượng đào tạo của Nhà trường. Hằng năm, Nhà trường đều tổ chức Hội nghị khoa học giảng viên, Hội nghị khoa học học viên, sinh viên. Ngoài ra, Nhà trường còn phối hợp với các đơn vị khác đồng tổ chức một số Hội nghị khoa học chuyên đề như: Phối hợp với Liên hiệp các Hội khoa học và kỹ thuật tỉnh Phú Thọ tổ chức Hội thảo tư vấn, phản biện và giám định xã hội về: Chuyển đổi số trong các cơ sở giáo dục chuyên nghiệp trên địa bàn tỉnh Phú Thọ; Phối hợp với một số Trường Đại học trực thuộc Bộ Công Thương tổ chức Hội nghị khoa học quốc gia về năng lượng, điện tử và tự động hoá... Ngoài ra, hàng năm các giảng viên của Trường còn viết bài, tham dự nhiều Hội nghị khoa học trong nước và quốc tế. Hội nghị khoa học đóng góp vai trò không nhỏ trong việc nâng cao chất lượng đào tạo, cụ thể:

Thứ nhất, là diễn đàn học thuật kết nối các nhà khoa học (bao gồm cả giáo viên, học viên và sinh

viên) trong công bố, trao đổi và phản biện các kết quả nghiên cứu. Thông qua việc trình bày báo cáo khoa học, học viên, sinh viên được tiếp cận sớm với môi trường nghiên cứu chuyên nghiệp, trong khi giảng viên có điều kiện hướng dẫn, định hướng và nâng cao chất lượng các nghiên cứu của người học.

Thứ hai, góp phần hình thành và phát triển năng lực nghiên cứu khoa học cho học viên, sinh viên. Việc tham gia hội nghị giúp học viên, sinh viên rèn luyện tư duy khoa học, phương pháp nghiên cứu, kỹ năng viết báo cáo và trình bày học thuật, qua đó tạo nền tảng cho học tập ở bậc cao hơn và đáp ứng yêu cầu nguồn nhân lực chất lượng cao.

Thứ ba, thúc đẩy gắn kết chặt chẽ giữa nghiên cứu và đào tạo. Các kết quả nghiên cứu của giảng viên và học viên, sinh viên được chia sẻ, thảo luận tại hội nghị có thể được tích hợp vào nội dung giảng dạy, góp phần đổi mới phương pháp đào tạo theo hướng nghiên cứu – sáng tạo.

Thứ tư, là môi trường nuôi dưỡng tinh thần ĐMST và khởi nghiệp khoa học. Các ý tưởng, sản phẩm nghiên cứu của học viên, sinh viên dưới sự dẫn dắt của giảng viên có cơ hội được hoàn thiện, phát triển thành đề tài nghiên cứu, sáng kiến kỹ thuật hoặc sản phẩm ứng dụng, đáp ứng nhu cầu thực tiễn của xã hội.

Thứ năm, việc tổ chức hội nghị khoa học giảng viên, học viên, sinh viên góp phần xây dựng văn hóa nghiên cứu trong Trường. Hoạt động này tạo động lực lan tỏa tinh thần nghiên cứu khoa học, nâng cao uy tín học thuật, đồng thời khẳng định vai trò của Nhà trường trong đào tạo, nghiên cứu và chuyển giao tri thức phục vụ phát triển kinh tế - xã hội.

3.4. Nhóm nghiên cứu

Năm 2026, Nhà trường đã thành lập được 10 nhóm nghiên cứu ở các lĩnh vực: Khoa học cơ bản, lý luận chính trị, hợp chất thiên nhiên, vật liệu vô cơ, điều khiển thông minh, cơ khí – ô tô, công nghệ thông tin, kinh tế, kế toán, ngôn ngữ. Việc thành lập 10 nhóm nghiên cứu đánh dấu bước chuyển quan trọng trong tổ chức và phát triển hoạt động KHCN&ĐMST của Nhà trường theo hướng chuyên nghiệp, có trọng tâm và bền vững. Các nhóm nghiên cứu được hình thành trên cơ sở thế mạnh chuyên môn của giảng viên, gắn với các lĩnh vực đào tạo chủ lực và định hướng phát triển của

Trường, qua đó tạo môi trường học thuật ổn định để triển khai nghiên cứu chuyên sâu và liên tục.

Về mặt học thuật, mô hình 10 nhóm nghiên cứu góp phần khắc phục tình trạng nghiên cứu đơn lẻ, manh mún; tăng cường liên kết nội bộ giữa giảng viên các khoa, bộ môn và thúc đẩy hợp tác liên ngành. Điều này tạo điều kiện nâng cao chất lượng và số lượng sản phẩm khoa học, đặc biệt là các bài báo công bố trên tạp chí uy tín, đề tài nghiên cứu các cấp và sản phẩm ứng dụng gắn với thực tiễn.

Về đào tạo nguồn nhân lực nghiên cứu, các nhóm nghiên cứu đóng vai trò là “hạt nhân học thuật”, hỗ trợ giảng viên trẻ và học viên, sinh viên tham gia nghiên cứu khoa học một cách có hệ thống.

Về quản lý khoa học, việc tổ chức thành 10 nhóm nghiên cứu giúp Nhà trường thuận lợi hơn trong việc định hướng, theo dõi, đánh giá hiệu quả hoạt động nghiên cứu, đồng thời làm cơ sở để xây dựng cơ chế đầu tư trọng điểm, phân bổ nguồn lực hợp lý và từng bước hình thành các nhóm nghiên cứu mạnh trong tương lai.

Nhìn chung, việc thành lập 10 nhóm nghiên cứu không chỉ góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu khoa học của Trường, mà còn tạo nền tảng quan trọng để gắn kết nghiên cứu với đào tạo và phục vụ cộng đồng, phù hợp với yêu cầu đổi mới giáo dục đại học và phát triển KHCN&ĐMST trong giai đoạn hiện nay.

4. PHƯƠNG HƯỚNG NHIỆM VỤ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VÀ ĐỔI MỚI SÁNG TẠO GIAI ĐOẠN 2025-2030

Để thực hiện thành công Nghị quyết Đại hội Đảng các cấp, hoạt động KHCN&ĐMST đóng vai trò vô cùng quan trọng. Do đó, Nhà trường đã xác định một số phương hướng nhiệm vụ KHCN&ĐMST giai đoạn 2025-2030 như sau:

- *Định hướng nghiên cứu gắn với chiến lược phát triển của Trường và nhu cầu thực tiễn:* Tập trung phát triển hoạt động KHCN&ĐMST theo hướng ứng dụng, giải quyết các vấn đề thực tiễn của Nhà trường, doanh nghiệp, địa phương và xã hội; ưu tiên các lĩnh vực thế mạnh của Trường như công nghiệp, kỹ thuật, công nghệ, kinh tế – quản lý và khoa học ứng dụng.

- *Nâng cao chất lượng và hiệu quả hoạt động nghiên cứu khoa học:* Chuyển trọng tâm từ tăng số lượng sang nâng cao chất lượng đề tài, công bố

khoa học và sản phẩm nghiên cứu; khuyến khích các đề tài có khả năng công bố trên các tạp chí uy tín, chuyển giao công nghệ, đăng ký sở hữu trí tuệ và thương mại hóa kết quả nghiên cứu.

- *Phát triển đội ngũ nghiên cứu:* Xây dựng, củng cố các nhóm nghiên cứu theo lĩnh vực trọng điểm; khuyến khích giảng viên trẻ, học viên, sinh viên tham gia nghiên cứu; gắn nghiên cứu khoa học với đào tạo, bồi dưỡng năng lực nghiên cứu, đổi mới phương pháp giảng dạy và học tập.

- *Đẩy mạnh ĐMST và khởi nghiệp trong Nhà trường:* Hình thành hệ sinh thái ĐMST gắn với hoạt động nghiên cứu khoa học của giảng viên và người học; khuyến khích ý tưởng sáng tạo, dự án khởi nghiệp, ứng dụng công nghệ mới; tăng cường kết nối với doanh nghiệp để hỗ trợ ươm tạo, thử nghiệm và triển khai sản phẩm.

- *Tăng cường hợp tác trong nước và quốc tế về KHCN:* Mở rộng hợp tác với các viện nghiên cứu, trường đại học, doanh nghiệp và tổ chức khoa học trong và ngoài nước; tham gia các chương trình, dự án nghiên cứu liên ngành, liên kết vùng; từng bước nâng cao năng lực hội nhập và vị thế khoa học của Nhà trường.

- *Đổi mới cơ chế quản lý và chính sách khuyến khích nghiên cứu khoa học:* Hoàn thiện cơ chế quản lý khoa học và công nghệ theo hướng linh hoạt, minh bạch; xây dựng chính sách khuyến khích, đãi ngộ phù hợp đối với giảng viên và người học có thành tích nghiên cứu, ĐMST; đẩy mạnh ứng dụng công nghệ số trong quản lý hoạt động khoa học.

5. KẾT LUẬN

Giai đoạn 2021-2025, hoạt động KHCN&ĐMST của Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã đạt được nhiều kết quả quan trọng, thể hiện sự phát triển cả về quy mô, chất lượng và tính ứng dụng. Hoạt động nghiên cứu khoa học được triển khai thường xuyên, có trọng tâm, gắn với định hướng phát triển của Trường và nhu cầu thực tiễn của xã hội. Đội ngũ giảng viên đã có bước tiến rõ nét về năng lực nghiên cứu, thể hiện qua số lượng và chất lượng đề tài các cấp. Công bố khoa học có chuyển biến tích cực theo hướng nâng cao chất lượng và hội nhập quốc tế, với sự gia tăng liên tục các bài báo ISI/Scopus. Hoạt động biên soạn học liệu, nhất là giáo trình nội bộ và bài giảng, phát triển mạnh, góp phần trực tiếp nâng cao chất lượng đào tạo và thúc đẩy chuyển đổi số trong giảng dạy. Nghiên cứu khoa học của học viên,

sinh viên ngày càng được quan tâm, có xu hướng tăng trưởng ổn định, đạt được những kết quả nổi bật tại các cuộc thi KHCN cấp quốc gia, qua đó khẳng định hiệu quả của định hướng gắn đào tạo với nghiên cứu và ĐMST. Những thành tựu đạt được trong giai

đoạn 2021–2025 là cơ sở khoa học và thực tiễn quan trọng để Nhà trường tiếp tục đổi mới, nâng cao hiệu quả hoạt động KHCN&ĐMST, từng bước khẳng định vị thế và uy tín học thuật trong giai đoạn phát triển tiếp theo.

VAI TRÒ CỦA GIẢNG VIÊN TRONG MÔI TRƯỜNG SỐ GẮN VỚI ĐÀO TẠO TỪ XA TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ

Lại Thị Hiếu*

Khoa Khoa học Cơ bản – Lý luận Chính trị

*Email: hieult@vui.edu.vn

Tóm tắt:

Trong bối cảnh chuyển đổi số đang diễn ra mạnh mẽ, đào tạo từ xa và môi trường số trở thành xu hướng tất yếu của giáo dục đại học, đặt ra yêu cầu đổi mới sâu sắc đối với vai trò của giảng viên. Bài viết tập trung làm rõ sự chuyển dịch vai trò của giảng viên từ mô hình truyền thống sang môi trường số, trong đó giảng viên không chỉ là người truyền thụ tri thức mà còn là người thiết kế học liệu, tổ chức và dẫn dắt hoạt động học tập, đánh giá và hỗ trợ người học trong suốt quá trình đào tạo từ xa. Trên cơ sở tiếp cận lý luận về môi trường số và đào tạo từ xa, bài viết phân tích thực tiễn triển khai đào tạo từ xa tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, tập trung làm rõ những chuyển biến ban đầu trong vai trò của giảng viên cũng như những vấn đề đặt ra trong quá trình thực hiện. Từ đó, bài viết đề xuất một số giải pháp nhằm phát huy hiệu quả vai trò của giảng viên trong môi trường số, góp phần nâng cao chất lượng và hiệu quả đào tạo từ xa trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục đại học hiện nay.

Từ khóa: *Giảng viên, môi trường số, đào tạo từ xa, chuyển đổi số.*

Abstract:

In the context of robust digital transformation, distance learning and digital environments have become inevitable trends in higher education, necessitating a profound transformation in the role of lecturers. This paper focuses on elucidating the shift in the lecturers' role from the traditional paradigm to the digital environment. In this context, lecturers are no longer merely knowledge transmitters; they also act as instructional designers, organizers, and facilitators of learning activities, as well as assessors and learning supporters throughout the distance education process. Drawing on theoretical approaches to digital environments and distance learning, the study analyzes the practical implementation of distance education at Viet Tri University of Industry (VUI). It specifically highlights the initial shifts in the lecturers' roles and the emerging challenges encountered during the implementation process. Consequently, the paper proposes several solutions to optimize the effectiveness of lecturers' roles within the digital environment, thereby contributing to enhancing the quality and efficiency of distance education amid the ongoing digital transformation in higher education.

Keywords: *Lecturers, Digital environment, Distance learning, Digital transformation.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra mạnh mẽ, chuyển đổi số đã và đang trở thành xu thế tất yếu của giáo dục đại học trên phạm vi toàn cầu. Việc ứng dụng công nghệ số không chỉ nhằm hiện đại hóa phương thức quản lý mà còn tác động sâu sắc đến hoạt động dạy và học, đặc biệt là sự phát triển của đào tạo từ xa và các hình thức học tập trong môi trường số. Giáo dục đại học vì vậy đang chứng kiến sự chuyển dịch căn bản từ mô hình đào tạo truyền thống sang mô hình đào tạo linh hoạt, mở và gắn chặt với công nghệ.

Sự phát triển của đào tạo từ xa và môi trường số đã làm thay đổi căn bản không gian dạy - học, khi quá trình đào tạo không còn bị giới hạn bởi lớp học vật lý; phương thức truyền đạt tri thức, từ tiếp cận một chiều sang đa phương tiện, tương tác và cá nhân hóa; đồng thời mối quan hệ giữa giảng

viên và người học cũng có những biến đổi rõ nét, chuyển từ vai trò “truyền thụ tri thức” sang “tổ chức, hướng dẫn và hỗ trợ quá trình học tập”. Trong bối cảnh đó, có không ít quan điểm cho rằng công nghệ có thể làm suy giảm vai trò của giảng viên. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy chuyển đổi số không làm lu mờ vai trò của giảng viên mà ngược lại, đặt giảng viên vào vị trí trung tâm mới, với những yêu cầu cao hơn về năng lực sư phạm, năng lực số và khả năng thích ứng với môi trường giáo dục hiện đại.

Xuất phát từ yêu cầu đó, bài viết tập trung làm rõ vai trò mới của giảng viên trong môi trường số, coi đây là yếu tố then chốt quyết định chất lượng và hiệu quả của đào tạo từ xa. Trên cơ sở phân tích thực tiễn triển khai đào tạo từ xa tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, bài viết đánh giá những kết quả đạt được, những khó khăn, thách thức đặt ra đối với đội ngũ giảng viên, từ đó đề xuất một số giải pháp nhằm phát huy vai trò của

giảng viên, góp phần nâng cao hiệu quả đào tạo từ xa trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục đại học hiện nay.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ BỐI CẢNH NGHIÊN CỨU

2.1. Khái quát về môi trường số trong giáo dục đại học

Môi trường số trong giáo dục đại học là tổng thể các điều kiện công nghệ, nền tảng số và phương thức tổ chức dạy và học dựa trên không gian mạng, cho phép hoạt động đào tạo, quản lý và đánh giá được thực hiện linh hoạt, không phụ thuộc vào không gian và thời gian. Trong môi trường này, đào tạo từ xa và học tập trực tuyến trở thành hình thức quan trọng, góp phần mở rộng cơ hội học tập và đáp ứng nhu cầu học tập đa dạng của người học.

Dạy và học trong môi trường số có các đặc trưng cơ bản như không gian mở, thời gian linh hoạt và tương tác đa kênh. Những đặc trưng này tạo điều kiện nâng cao hiệu quả đào tạo, đồng thời đặt ra yêu cầu đổi mới vai trò của giảng viên trong tổ chức và dẫn dắt quá trình học tập.

2.2. Sự chuyển dịch vai trò của giảng viên

Trong giáo dục truyền thống, giảng viên chủ yếu giữ vai trò truyền thụ tri thức, người học tiếp nhận kiến thức tương đối thụ động. Khi chuyển sang môi trường số, vai trò của giảng viên có sự thay đổi căn bản, từ “người giảng dạy” sang “người thiết kế và dẫn dắt học tập”.

Giảng viên không chỉ xây dựng nội dung học tập mà còn thiết kế học liệu số, tổ chức hoạt động tương tác, hỗ trợ người học phát triển năng lực tự học và tự quản lý học tập. Sự chuyển dịch này đòi hỏi giảng viên phải có năng lực chuyên môn vững vàng, kỹ năng công nghệ, sư phạm số và tư duy đổi mới, qua đó khẳng định vai trò trung tâm của giảng viên trong bảo đảm chất lượng đào tạo từ xa.

3. VAI TRÒ CỦA GIẢNG VIÊN TRONG MÔI TRƯỜNG SỐ

3.1. Thiết kế học liệu và kịch bản sư phạm số

Trong môi trường số, giảng viên giữ vai trò then chốt trong việc thiết kế học liệu và kịch bản sư phạm phù hợp với đào tạo từ xa. Nội dung môn học cần được chuyển hóa thành các hình thức học liệu số như video bài giảng, bài giảng trình chiếu có thuyết minh và học liệu đa phương tiện, bảo đảm tính logic, trực quan và dễ tiếp cận. Đồng

thời, việc chuẩn hóa học liệu là yêu cầu quan trọng nhằm nâng cao chất lượng đào tạo và xây dựng kho học liệu số dùng chung của nhà trường.

3.2. Tổ chức và dẫn dắt hoạt động học tập

Giảng viên đóng vai trò tổ chức, hướng dẫn và duy trì động lực học tập cho người học trong môi trường số. Thông qua các nền tảng trực tuyến, giảng viên hỗ trợ người học tự học, tăng cường tương tác và từng bước cá nhân hóa quá trình học tập, qua đó nâng cao hiệu quả đào tạo từ xa.

3.3. Đánh giá và phản hồi

Đào tạo từ xa đòi hỏi đổi mới phương pháp kiểm tra, đánh giá theo hướng kết hợp đánh giá quá trình và đánh giá kết quả. Giảng viên cần sử dụng đa dạng các hình thức đánh giá trực tuyến và cung cấp phản hồi kịp thời, mang tính xây dựng nhằm hỗ trợ người học cải thiện kết quả học tập.

Để thực hiện các vai trò trên, giảng viên cần phát triển năng lực số toàn diện, bao gồm kỹ năng công nghệ, kỹ năng sư phạm số và tư duy học tập suốt đời. Đây là điều kiện nền tảng bảo đảm giảng viên thích ứng với môi trường đào tạo trực tuyến và duy trì chất lượng đào tạo từ xa trong bối cảnh chuyển đổi số.

4. PHÁT HUY VAI TRÒ GIẢNG VIÊN TRONG TRIỂN KHAI ĐÀO TẠO TỪ XA TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP VIỆT TRÌ

4.1. Bối cảnh và điều kiện triển khai đào tạo từ xa

Trong bối cảnh chuyển đổi số diễn ra mạnh mẽ, giáo dục đại học Việt Nam đứng trước yêu cầu đổi mới phương thức đào tạo nhằm nâng cao chất lượng và mở rộng cơ hội tiếp cận giáo dục. Các chủ trương, chính sách của Nhà nước về chuyển đổi số và đổi mới giáo dục đã tạo cơ sở chính trị, pháp lý quan trọng cho việc triển khai các mô hình đào tạo linh hoạt, trong đó đào tạo từ xa và học tập trực tuyến ngày càng giữ vai trò quan trọng trong giáo dục đại học hiện đại.

Trên cơ sở đó, Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì xác định đào tạo từ xa là một hướng phát triển phù hợp với chiến lược của nhà trường, nhằm mở rộng quy mô, đa dạng hóa đối tượng người học và thúc đẩy chuyển đổi số trong giảng dạy và học tập. Việc triển khai được thực hiện theo lộ trình thận trọng, trước mắt tập trung vào các ngành có điều kiện thuận lợi.

Hiện nay, nhà trường đã bước đầu đã ban hành chương trình đào tạo từ xa ngành Ngôn ngữ Anh với hai hệ là liên thông Đại học và Đại học chính quy, ngành Công nghệ thông tin với hai hệ liên thông Đại học và Đại học chính quy. Cùng với đó, nhà trường từng bước đầu tư hạ tầng công nghệ và sử dụng nền tảng quản lý học tập (LMS) làm công cụ trung tâm trong tổ chức đào tạo từ xa, hỗ trợ giảng viên và người học trong quá trình dạy và học.

Đội ngũ giảng viên bước đầu thể hiện tinh thần trách nhiệm và sự sẵn sàng tiếp cận phương thức giảng dạy mới, dù năng lực sư phạm số và kinh nghiệm giảng dạy trực tuyến vẫn đang được tiếp tục hoàn thiện. Nhìn chung, các điều kiện ban đầu về hạ tầng, nền tảng LMS và đội ngũ giảng viên đã tạo nền tảng quan trọng cho việc triển khai đào tạo từ xa, đồng thời đặt ra yêu cầu phát huy hơn nữa vai trò của giảng viên trong giai đoạn tiếp theo.

Quá trình triển khai đào tạo từ xa bước đầu đã mang lại những kết quả tích cực, góp phần khẳng định vai trò của giảng viên trong môi trường số và tạo tiền đề cho sự phát triển bền vững của mô hình đào tạo này.

4.2. Những chuyển biến ban đầu trong vai trò của giảng viên

Trong giai đoạn khởi động đào tạo từ xa, vai trò của giảng viên tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì đã bắt đầu có những chuyển biến nhất định, thể hiện qua sự thay đổi trong nhận thức và phương thức tham gia giảng dạy trong môi trường số. Dù mới ở mức độ ban đầu, các chuyển biến này cho thấy xu hướng dịch chuyển vai trò của giảng viên phù hợp với yêu cầu của đào tạo từ xa.

Trước hết, nhận thức của giảng viên về vai trò trong môi trường số từng bước được nâng cao. Nhiều giảng viên đã ý thức rõ hơn yêu cầu chuyển từ vai trò truyền thụ tri thức sang thiết kế, tổ chức và hỗ trợ quá trình học tập của người học, tạo tiền đề cho việc tiếp cận các phương thức dạy học trực tuyến.

Bên cạnh đó, giảng viên bước đầu tham gia thiết kế và xây dựng học liệu số như bài giảng điện tử, video bài giảng và hệ thống bài tập trực tuyến. Năm 2025 đã có 15 đề tài khoa học cấp trường về nghiên cứu xây dựng bài giảng E - learning thực hiện thành công. Tất cả các bài giảng phục vụ cho ngành Ngôn ngữ Anh và ngành

Công nghệ thông tin đã được giảng viên ở các khoa đầu tư trí tuệ, thời gian hoàn thành trong năm 2025 để phục vụ đào tạo từ xa theo kế hoạch của nhà trường. Ở các ngành đào tạo khác cũng có những chuyển biến rõ nét trong việc xây dựng bài giảng E - learning.

Vai trò tổ chức và dẫn dắt hoạt động học tập trực tuyến cũng từng bước được hình thành thông qua việc sử dụng nền tảng LMS để giao nhiệm vụ, theo dõi tiến độ học tập và hỗ trợ người học. Đồng thời, giảng viên đã bắt đầu tiếp cận các hình thức kiểm tra, đánh giá và phản hồi trong môi trường số, hướng tới đánh giá quá trình thay vì chỉ tập trung vào kết quả cuối kỳ.

Nhìn chung, những chuyển biến ban đầu trong vai trò của giảng viên tuy chưa sâu và chưa đồng đều, nhưng đã đặt nền tảng quan trọng cho việc phát huy vai trò của giảng viên và triển khai hiệu quả đào tạo từ xa trong giai đoạn tiếp theo.

4.3. Những vấn đề đặt ra trong việc phát huy vai trò giảng viên

Mặc dù đã xuất hiện những chuyển biến ban đầu trong vai trò của giảng viên khi triển khai đào tạo từ xa tại Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì, song thực tiễn cho thấy vẫn còn một số vấn đề đặt ra cần được quan tâm giải quyết nhằm phát huy hiệu quả vai trò của giảng viên trong môi trường số.

Thứ nhất, sự chênh lệch về năng lực số và sư phạm số trong đội ngũ giảng viên. Do đào tạo từ xa là hình thức còn mới, trình độ sử dụng công nghệ, kỹ năng thiết kế học liệu số và năng lực tổ chức hoạt động học tập trực tuyến của giảng viên chưa đồng đều. Điều này ảnh hưởng đến mức độ chủ động, sáng tạo của giảng viên trong giảng dạy, cũng như tính thống nhất về chất lượng học liệu và trải nghiệm học tập của người học.

Thứ hai, áp lực về thời gian và khối lượng công việc đối với giảng viên. Việc tham gia đào tạo từ xa đòi hỏi giảng viên đầu tư nhiều thời gian cho việc chuẩn bị học liệu, tổ chức hoạt động dạy học và hỗ trợ người học trong môi trường số. Trong khi đó, các cơ chế ghi nhận, phân bổ thời gian và khối lượng công việc cho giảng viên tham gia đào tạo từ xa chưa thực sự hoàn thiện, dễ dẫn đến tâm lý e ngại và hạn chế mức độ tham gia sâu của giảng viên.

Thứ ba, những hạn chế trong tổ chức tương tác và hỗ trợ người học từ xa. Mặc dù các nền tảng số

tạo điều kiện cho tương tác đa kênh, song việc duy trì tương tác thường xuyên, có chiều sâu giữa giảng viên và người học vẫn còn gặp khó khăn. Giảng viên chưa có nhiều kinh nghiệm trong việc thiết kế hoạt động tương tác phù hợp với đặc thù người học từ xa, trong khi người học cũng chưa hình thành đầy đủ thói quen học tập chủ động trong môi trường trực tuyến.

Những vấn đề nêu trên cho thấy việc phát huy vai trò của giảng viên trong đào tạo từ xa không chỉ là yêu cầu về năng lực cá nhân, mà còn đòi hỏi sự hỗ trợ đồng bộ từ phía nhà trường về cơ chế, chính sách và điều kiện tổ chức. Đây chính là cơ sở để đề xuất các giải pháp nhằm phát huy hiệu quả vai trò của giảng viên trong môi trường số ở phần tiếp theo.

5. MỘT SỐ GIẢI PHÁP PHÁT HUY VAI TRÒ GIẢNG VIÊN TRONG MÔI TRƯỜNG SỐ

5.1. Nâng cao năng lực số cho giảng viên

Để giảng viên phát huy vai trò trung tâm trong môi trường số, việc nâng cao năng lực số là giải pháp then chốt. Nhà trường cần tăng cường xây dựng kế hoạch bồi dưỡng thường xuyên, có hệ thống, phù hợp với đặc thù đào tạo từ xa và trình độ của đội ngũ giảng viên. Trọng tâm là tổ chức các chương trình tập huấn chuyên sâu về thiết kế bài giảng số, hướng dẫn giảng viên chuyển hóa nội dung môn học thành học liệu số có tính sư phạm, dễ tiếp cận và phù hợp với đào tạo từ xa, như video bài giảng, bài giảng trình chiếu có thuyết minh và các hoạt động học tập trực tuyến. Bên cạnh đó, cần bồi dưỡng phương pháp sư phạm trong đào tạo từ xa, giúp giảng viên nâng cao năng lực tổ chức, dẫn dắt hoạt động học tập, duy trì tương tác, đánh giá quá trình và hỗ trợ người học trong môi trường số, qua đó từng bước thích ứng với vai trò mới trong giáo dục đại học số.

5.2. Hoàn thiện cơ chế, chính sách hỗ trợ giảng viên

Song song với nâng cao năng lực cá nhân, việc tiếp tục hoàn thiện cơ chế, chính sách hỗ trợ là điều kiện quan trọng để khuyến khích giảng viên tích cực tham gia đào tạo từ xa và đổi mới phương pháp giảng dạy trong môi trường số.

Một giải pháp cần thiết là công nhận giờ giảng số tương đương với giờ giảng trực tiếp trong định mức lao động của giảng viên. Việc ghi nhận chính thức khối lượng công việc giảng dạy trực tuyến, bao gồm thời gian thiết kế học liệu, tổ chức lớp

học và hỗ trợ người học, sẽ góp phần giảm áp lực cho giảng viên và tạo động lực để giảng viên đầu tư nghiêm túc cho đào tạo từ xa.

Bên cạnh đó, nhà trường tiếp tục xây dựng cơ chế khuyến khích sáng tạo học liệu số, thông qua việc khen thưởng, hỗ trợ kinh phí hoặc đưa kết quả xây dựng học liệu số vào tiêu chí đánh giá, xếp loại thi đua của giảng viên. Cơ chế khuyến khích phù hợp không chỉ thúc đẩy giảng viên đổi mới, sáng tạo trong giảng dạy mà còn góp phần hình thành và phát triển kho học liệu số chất lượng cao, phục vụ lâu dài cho hoạt động đào tạo từ xa.

5.3. Tăng cường hỗ trợ công nghệ và học liệu

Để giảng viên yên tâm và chủ động triển khai giảng dạy trong môi trường số, nhà trường cần tăng cường hỗ trợ về công nghệ và học liệu một cách đồng bộ và hiệu quả.

Trước hết, cần tăng cường chuẩn hóa học liệu số theo các tiêu chí thống nhất về nội dung, hình thức và kỹ thuật. Việc chuẩn hóa giúp giảng viên có cơ sở chung khi thiết kế bài giảng, bảo đảm chất lượng học liệu và tạo điều kiện thuận lợi cho việc quản lý, chia sẻ và tái sử dụng học liệu trong toàn trường. Kho học liệu số được chuẩn hóa cũng là nền tảng quan trọng để nâng cao chất lượng đào tạo từ xa và bảo đảm tính đồng bộ giữa các học phần.

Bên cạnh đó, nhà trường cần tăng cường hỗ trợ kỹ thuật kịp thời cho giảng viên thông qua việc xây dựng đội ngũ hỗ trợ chuyên trách hoặc bộ phận kỹ thuật sẵn sàng giải đáp, xử lý các vấn đề phát sinh trong quá trình giảng dạy trực tuyến. Sự hỗ trợ kịp thời về kỹ thuật giúp giảng viên giảm bớt áp lực, tập trung vào nội dung và phương pháp giảng dạy, đồng thời bảo đảm quá trình đào tạo từ xa diễn ra thông suốt và hiệu quả.

Những giải pháp trên, nếu được triển khai đồng bộ và phù hợp với điều kiện thực tiễn, sẽ góp phần quan trọng trong việc phát huy vai trò của giảng viên trong môi trường số, nâng cao chất lượng đào tạo từ xa và đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số giáo dục đại học trong giai đoạn hiện nay.

6. KẾT LUẬN

Từ thực tiễn ở trường Đại học Công nghiệp Việt Trì cho thấy, chuyển đổi số đặt giảng viên vào vị trí trung tâm mới với những yêu cầu cao hơn. Trong môi trường số, giảng viên không chỉ truyền thụ tri thức mà còn giữ vai trò thiết kế học liệu và kịch bản sư phạm số, tổ chức hoạt động

học tập, đánh giá và phản hồi kịp thời cho người học, đồng thời chủ động phát triển năng lực số. Vai trò này là nhân tố then chốt bảo đảm chất lượng đào tạo từ xa.

Đề đội ngũ giảng viên phát huy tốt vai trò trung tâm mới trong bối cảnh hiện nay, đòi hỏi sự đầu tư đồng bộ về bồi dưỡng năng lực giảng viên, cơ chế chính sách hỗ trợ và điều kiện công nghệ, học liệu.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Giáo dục và Đào tạo (2021), “Thông tư số 08/2021/TT-BGDĐT ban hành Quy chế đào tạo từ xa trình độ đại học”, truy cập ngày 26/12/2025, <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Giao-duc/Thong-tu-08-2021-TT-BGDĐT-Quy-che-dao-tao-tu-xa-trinh-do-dai-hoc-468087.aspx>.
2. Bộ Thông tin và Truyền thông (2020), “Chương trình Chuyển đổi số quốc gia”, truy cập ngày 28/12/2025, <https://dx.mic.gov.vn/chuong-trinh-cds-quoc-gia/>.
3. Chính phủ Việt Nam (2020), “Quyết định số 749/QĐ-TTg phê duyệt Chương trình Chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030”, truy cập ngày 28/12/2025 <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=200163>.
4. Giáo trình Kinh tế chính trị Mác - Lênin, (2021), Nxb Chính trị quốc gia Sự thật, Hà Nội.
5. International Council for Open and Distance Education (2019), “Quality Models in Online and Open Education”, truy cập ngày 28/12/2025, <https://www.icde.org/knowledge-hub/quality-models-in-online-and-open-education>.
6. Nguyễn Thị Mỹ Lộc (2019), “Đổi mới giáo dục đại học trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0”, Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội.

MỘT SỐ HÌNH ẢNH CÁC HOẠT ĐỘNG TIÊU BIỂU CỦA TRƯỜNG NĂM 2026

