

Developing a Training Program to Enhance AI-Integrated STEM Teaching Competence for Pre-Service Teachers

Phuong Phan Nguyen Truc¹, Hong Bui Van^{1*}, Oanh Nguyen Thi Kim¹, De Dinh Van²

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering, Vietnam

²Ly Tu Trong College of Ho Chi Minh City, Vietnam

*Corresponding author. Email: hongbv@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 13/11/2025	<p>The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) is transforming many sectors, including education, and creating an urgent need to innovate STEM education to equip students with competencies required in the digital era. However, many current teacher education programs still lack systematic content and pedagogical approaches that enable pre-service teachers to effectively integrate AI into STEM teaching practices. This study aims to identify the core components of AI-integrated STEM teaching competence and to develop a training program for pre-service teachers. Using a systematic literature review approach, national and international studies related to AI in education, STEM pedagogy, and teacher competence development were collected, analyzed, and synthesized. Based on the review results, the study proposes a four-module training program designed to enhance AI-integrated STEM teaching competence for pre-service teachers. The program includes: (1) an overview of AI and its implications for STEM education; (2) applying AI tools in the design of STEM learning activities; (3) integrating AI into the organization and implementation of STEM teaching; and (4) utilizing AI in educational research and in guiding students' scientific research projects. The proposed framework provides both theoretical insights and practical guidance for pedagogical universities to design AI-integrated teacher training programs, thereby contributing to educational innovation and improving the quality of STEM teacher preparation in the era of digital transformation.</p>
Revised: 06/03/2026	
Accepted: 19/03/2026	
Online First: 29/04/2026	
Published:	
KEYWORDS	
STEM-AI;	
Artificial Intelligence in Education;	
Teacher capacity;	
Improve training program;	
Pre-service teacher.	

Phát triển chương trình bồi dưỡng năng lực dạy học STEM tích hợp AI cho sinh viên sư phạm

Phan Nguyễn Trúc Phương¹, Bùi Văn Hồng^{1*}, Nguyễn Thị Kim Oanh¹, Đinh Văn Đệ²

¹Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Cao đẳng Lý Tự Trọng Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: hongbv@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 13/11/2025	<p>Sự phát triển nhanh chóng của trí tuệ nhân tạo (Artificial intelligence - AI) đang tạo ra những thay đổi sâu sắc trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là giáo dục, đồng thời đặt ra yêu cầu cấp thiết phải đổi mới giáo dục STEM nhằm trang bị cho người học các năng lực cần thiết của công dân thế kỷ XXI. Tuy nhiên, nhiều chương trình đào tạo giáo viên hiện nay vẫn chưa tích hợp đầy đủ nội dung và phương pháp sư phạm giúp sinh viên sư phạm có khả năng vận dụng AI hiệu quả trong dạy học STEM. Nghiên cứu này nhằm xác định các thành tố cốt lõi của năng lực dạy học STEM tích hợp AI và đề xuất một chương trình đào tạo dành cho sinh viên sư phạm. Phương pháp tổng quan tài liệu có hệ thống được sử dụng để thu thập, phân tích và tổng hợp các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến AI trong giáo dục, giáo dục STEM và phát triển năng lực giáo viên. Trên cơ</p>
Ngày hoàn thiện: 06/03/2026	
Ngày chấp nhận đăng: 19/03/2026	
Ngày đăng trực tuyến: 29/04/2026	
Ngày xuất bản:	
TỪ KHÓA	
STEM-AI;	
Trí tuệ nhân tạo trong giáo dục;	
Năng lực giáo viên;	

Cải tiến chương trình đào tạo;

Sinh viên sư phạm.

sở đó, nghiên cứu đề xuất chương trình đào tạo gồm bốn mô-đun: (1) Tổng quan về AI trong giáo dục STEM; (2) Ứng dụng AI trong thiết kế hoạt động học tập; (3) Ứng dụng AI trong tổ chức dạy học STEM; và (4) Ứng dụng AI trong nghiên cứu khoa học giáo dục và hướng dẫn nghiên cứu khoa học cho học sinh. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở lý luận và thực tiễn cho các trường sư phạm trong việc xây dựng chương trình đào tạo giáo viên tích hợp AI nhằm nâng cao năng lực dạy học STEM trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2026.2041>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển nhanh chóng của Trí tuệ nhân tạo (Artificial intelligence - AI) đang định hình lại toàn bộ bức tranh kinh tế - xã hội, đồng thời làm thay đổi sâu sắc yêu cầu đối với nguồn nhân lực và công dân trong thế kỷ XXI. Trong bối cảnh đó, giáo dục STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) được xem là nền tảng thiết yếu giúp người học phát triển năng lực tư duy phản biện, sáng tạo, giải quyết vấn đề và hợp tác – những năng lực cốt lõi để thích ứng và thành công trong thời đại số [1], [2]. Việc tích hợp AI vào giáo dục STEM, hay còn gọi là giáo dục STEM tích hợp AI (AI-STEM), không chỉ giới hạn ở việc sử dụng công cụ AI để hỗ trợ dạy học mà còn mở rộng sang việc giảng dạy kiến thức về AI như một nội dung học thuật trọng tâm [3], [4]. Theo nghiên cứu của Lee và Perret, giáo dục AI-STEM giúp học sinh không chỉ “học với AI” mà còn “học về AI”, hiểu rõ nguyên lý, ứng dụng và tác động xã hội của các công nghệ thông minh.

Việc thúc đẩy giáo dục AI-STEM mang ý nghĩa chiến lược đối với việc hình thành công dân toàn cầu có tư duy số và đạo đức công nghệ. Các nghiên cứu quốc tế gần đây chỉ ra rằng việc sớm tiếp cận AI trong môi trường học tập STEM giúp học sinh phát triển năng lực tư duy tính toán, nhận thức về dữ liệu và hiểu biết khoa học công nghệ ở mức sâu hơn [5]. Các chương trình học tích hợp AI-STEM còn giúp học sinh hình thành khả năng thích ứng với hệ sinh thái lao động đang được tự động hóa và số hóa nhanh chóng [6]. Điều này đặc biệt quan trọng trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục đang được đẩy mạnh tại nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam.

Tuy nhiên, cùng với cơ hội là hàng loạt thách thức trong đào tạo giáo viên. Một trong những khoảng trống lớn hiện nay là sự thiếu hụt chương trình và tài liệu đào tạo bài bản giúp sinh viên sư phạm có năng lực tích hợp AI vào dạy học STEM. Hầu hết các chương trình đào tạo giáo viên hiện nay vẫn chưa có cấu phần về AI hoặc chỉ dừng ở mức giới thiệu khái niệm công nghệ mà chưa chuyển hóa thành năng lực sư phạm cụ thể. Ngay cả với những sinh viên có nền tảng STEM vững vàng, họ vẫn thường thiếu tự tin và kiến thức để giảng dạy về AI hoặc sử dụng AI như một phương pháp sư phạm [7]. Sự thiếu hụt này nếu không được khắc phục ngay từ giai đoạn đào tạo ban đầu sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng của giáo viên trong việc triển khai giáo dục STEM hiện đại, kéo theo nguy cơ tụt hậu trong đổi mới giáo dục.

Trong bối cảnh đó, đào tạo giáo viên tích hợp AI trong dạy học STEM không chỉ là một xu hướng mà là một yêu cầu cấp thiết. UNESCO (2024) đã nhấn mạnh rằng năng lực AI là một phần trong “năng lực kỹ thuật số thế kỷ XXI” của giáo viên, bao gồm việc hiểu, ứng dụng và đánh giá các công cụ AI một cách có trách nhiệm. Khung năng lực AI dành cho giáo viên của UNESCO được xây dựng trên năm trụ cột: tư duy lấy con người làm trung tâm, đạo đức trong sử dụng AI, nền tảng và ứng dụng AI, sư phạm ứng dụng AI, và ứng dụng AI trong phát triển chuyên môn [8]. Mỗi trụ cột này được phân thành ba mức độ phát triển – từ nhận thức cơ bản đến sáng tạo đổi mới – qua đó cho thấy năng lực AI của giáo viên không chỉ là khả năng sử dụng công cụ mà còn là năng lực phản tư, thiết kế và lãnh đạo đổi mới trong giáo dục.

Việc phát triển chương trình đào tạo năng lực AI-STEM cho sinh viên sư phạm cần dựa trên tiếp cận hệ thống và học tập trải nghiệm, nơi người học không chỉ tiếp nhận kiến thức mà còn thực hành ứng dụng công nghệ vào thiết kế và tổ chức hoạt động dạy học. Theo nghiên cứu của Xu và Ouyang thì mô

hình “General System Theory” (Lý thuyết Hệ thống chung) cung cấp khung lý thuyết phù hợp để thiết kế chương trình đào tạo AI-STEM, trong đó xem mối quan hệ giữa các yếu tố: người dạy, người học, nội dung, công nghệ và môi trường là một hệ thống tương tác [5]. Mỗi thành tố đều cần được phát triển hài hòa để đảm bảo hiệu quả của chương trình. Cùng với đó một nghiên cứu khác Chiu và Chai (2020) gợi ý áp dụng Lý thuyết Tự quyết (Self-Determination Theory – SDT) trong đào tạo giáo viên, nhằm nuôi dưỡng động lực nội tại thông qua việc đáp ứng ba nhu cầu tâm lý cơ bản: tự chủ, năng lực và gắn kết [9]. Chỉ khi người học cảm thấy có năng lực và ý nghĩa trong việc ứng dụng AI thì việc học mới trở nên bền vững và hiệu quả.

Bên cạnh khung lý thuyết, việc xác định các năng lực cốt lõi cần bồi dưỡng cho sinh viên sư phạm là yếu tố quyết định trong thiết kế chương trình. Dựa trên các nghiên cứu hiện nay tại Việt Nam năng lực dạy học STEM bao gồm bốn nhóm chính: (1) nhận thức và hiểu biết về STEM; (2) thiết kế chủ đề hoặc kế hoạch dạy học liên môn; (3) tổ chức hoạt động học tập tích cực và thực hành; (4) đánh giá quá trình và kết quả học tập [10], [11], [12], [13]. Khi tích hợp AI, các nhóm năng lực này cần được mở rộng thêm các yếu tố về đạo đức công nghệ, tư duy dữ liệu, và sử dụng AI trong hỗ trợ giảng dạy cá nhân hóa [14]. Như vậy, năng lực dạy học STEM tích hợp AI là một tổ hợp năng lực phức hợp, đòi hỏi sự kết nối giữa tri thức công nghệ, sư phạm và nội dung chuyên môn (TPACK – Technological Pedagogical Content Knowledge) [15].

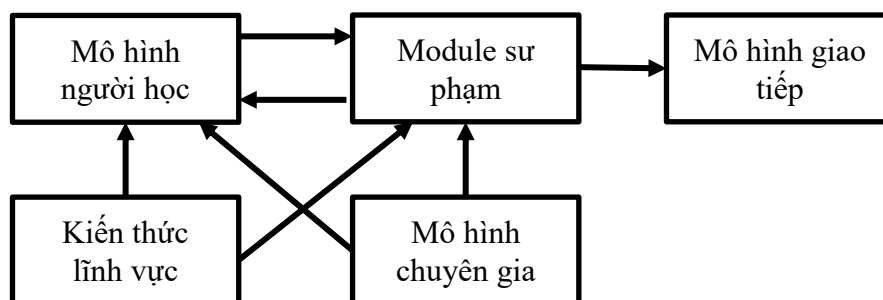
Thực tế cho thấy, khoảng cách giữa lý thuyết và thực tiễn đào tạo vẫn còn lớn. Các chương trình đào tạo giáo viên hiện nay ít chú trọng đến việc phát triển năng lực sử dụng AI như một công cụ sáng tạo sư phạm. Vera và cộng sự (2025), trong nghiên cứu với 444 sinh viên sư phạm tại Philippines, đã chỉ ra rằng dù phần lớn người học nhận thức được tầm quan trọng của năng lực tương lai (critical thinking, creativity, problem-solving), song mức độ ứng dụng AI vào dạy học vẫn còn hạn chế và chưa tác động rõ rệt đến khả năng giải quyết vấn đề thực tế [7]. Điều này cho thấy việc “trao công cụ” là chưa đủ; thay vào đó cần một lộ trình bồi dưỡng có cấu trúc, giúp sinh viên sư phạm hình thành năng lực tư duy và hành động sư phạm tích hợp AI một cách toàn diện.

Vì vậy, nghiên cứu này hướng đến hai mục tiêu chính. Thứ nhất, xác định các thành tố cốt lõi của năng lực dạy học STEM tích hợp AI dựa trên cơ sở tổng hợp lý thuyết và thực tiễn từ các nghiên cứu gần đây. Thứ hai, đề xuất một chương trình bồi dưỡng gồm bốn mô-đun nhằm phát triển năng lực này cho sinh viên sư phạm. Kết quả nghiên cứu kỳ vọng cung cấp cơ sở lý luận và thực tiễn cho việc đổi mới chương trình đào tạo tại các trường sư phạm, góp phần nâng cao chất lượng giáo viên tương lai trong bối cảnh chuyên đổi số và hội nhập quốc tế.

2. Tổng quan nghiên cứu

2.1. Trí tuệ nhân tạo trong giáo dục STEM

Theo nghiên cứu của Joseph Beck, Mia Stern và Erik Haugsjaa (1996), hệ thống dạy học thông minh (Intelligent Tutoring Systems - ITS) có khả năng cá nhân hóa quá trình học tập, vượt trội hơn các phương pháp máy tính truyền thống như CBT hay CAI, nhờ sử dụng mô hình dữ liệu phức tạp phản ánh nhu cầu và đặc điểm người học, dù vẫn đối mặt với thách thức về chi phí và thời gian phát triển [16]. Đây được xem như một ứng dụng AI trong giáo dục đầu tiên được thể hiện tại Hình 1.



Hình 1. Tương tác của các thành phần trong hệ thống gia sư thông minh [16].

AI đã khẳng định vai trò là động lực thúc đẩy sự chuyển đổi và đổi mới trong lĩnh vực giáo dục STEM, mang lại những cơ hội chưa từng có để nâng cao hiệu quả và tính cá nhân hóa của quá trình học tập [17]. Về bản chất, AIED (Artificial Intelligence in Education) đã phát triển mạnh mẽ trong thập kỷ qua, với nhiều ứng dụng đa dạng từ hệ thống gia sư thông minh đến các nền tảng đánh giá tự động và dự đoán kết quả học tập [5], [16], [18]. Các hệ thống ITS, nhờ khả năng phân tích dữ liệu học tập và mô hình hóa nhận thức của học sinh, có thể cá nhân hóa lộ trình học, cung cấp các gợi ý và phản hồi tức thì, giúp học sinh chủ động hơn trong quá trình tiếp thu kiến thức [5].

Trong giáo dục STEM, việc ứng dụng AI (gọi tắt là AI-STEM) có tác động kép: thứ nhất, AI là một công cụ hỗ trợ dạy học hiệu quả; thứ hai, AI là một đối tượng kiến thức quan trọng cần được giảng dạy.

Với vai trò là công cụ, AI giúp giáo viên và nhà trường phát hiện nhanh chóng các "khoảng trống" kiến thức hoặc các mô hình học tập yếu của học sinh thông qua phân tích học tập, từ đó điều chỉnh các hoạt động dạy-học một cách hiệu quả và kịp thời [5]. Việc tích hợp các công nghệ thông minh, như sử dụng thiết bị Micro:bit kết hợp với các công cụ AI trong các dự án kỹ thuật, không chỉ thúc đẩy sự tham gia của học sinh mà còn là một phương tiện mạnh mẽ để phát triển các kỹ năng thiết yếu của thế kỷ 21, bao gồm tư duy phản biện, hợp tác và giải quyết vấn đề [6]. Các nghiên cứu thực nghiệm đã chỉ ra rằng AI-STEM giúp cải thiện hiệu quả học tập, tăng cường động lực và phát triển các kỹ năng tư duy bậc cao cho học sinh [5]. Cụ thể, các công cụ học máy (machine learning) có thể được áp dụng để phân tích dữ liệu trong các thí nghiệm khoa học, cho phép học sinh hiểu sâu hơn về bản chất của nghiên cứu khoa học hiện đại, ví dụ như trong các dự án phân loại hoặc dự đoán dữ liệu [19].

Với vai trò là đối tượng nghiên cứu, việc giảng dạy về AI trong STEM nhằm mục đích trang bị cho học sinh kiến thức nền tảng về nguyên tắc hoạt động, ứng dụng và quy trình xây dựng mô hình AI, chuẩn bị cho các em trở thành công dân có hiểu biết về công nghệ [17].

Tuy nhiên, việc ứng dụng AI trong giáo dục STEM vẫn còn phụ thuộc lớn vào bối cảnh sư phạm cụ thể và vai trò chủ động của giáo viên [20]. Bất chấp những tiềm năng to lớn, AIED nói chung và AI-STEM nói riêng đang đối mặt với những thách thức đáng kể. Các nghiên cứu đã cảnh báo về các vấn đề đạo đức nghiêm trọng, bao gồm nguy cơ từ thiên kiến thuật toán (algorithmic bias) có thể dẫn đến kết quả học tập không công bằng, các lo ngại về quyền riêng tư và bảo mật dữ liệu học sinh, cũng như nguy cơ làm gia tăng bất bình đẳng giáo dục do chênh lệch về điều kiện tiếp cận công nghệ [14]. Moroiianu và cộng sự (2023) cũng chỉ ra rằng vẫn còn thiếu kiến thức về cách AI được sử dụng tối ưu trong các quy trình giáo dục khác nhau [18]. Do đó, để đảm bảo AI được tích hợp một cách có trách nhiệm, công bằng và hiệu quả, cần phải phát triển một khung lý thuyết và thực tiễn vững chắc, đặc biệt là trong việc đào tạo đội ngũ giáo viên tương lai [14], [17].

Mặc dù tiềm năng là rất lớn, việc triển khai AI-STEM trong nhà trường gặp nhiều rào cản, chủ yếu xuất phát từ phía giáo viên. Các rào cản này bao gồm: thiếu kiến thức nền tảng về AI, lo ngại về các vấn đề đạo đức và quyền riêng tư, thiếu các tài liệu hướng dẫn cụ thể và thiếu sự hỗ trợ từ cộng đồng [21].

Nghiên cứu của Vera và cộng sự (2025) trên 444 sinh viên sư phạm tại Philippines cho thấy, mặc dù sinh viên có nhận thức tốt về tầm quan trọng của các năng lực tương lai (như tư duy phản biện, sáng tạo), nhưng khả năng tích hợp AI vào dạy học STEM của họ vẫn chưa có tác động rõ rệt đến kỹ năng giải quyết vấn đề [7]. Điều này cho thấy chỉ cung cấp công cụ AI là chưa đủ, mà cần một cách tiếp cận sư phạm toàn diện hơn.

2.2. Năng lực AI và năng lực dạy học STEM của sinh viên sư phạm

Bảng 1. Năng lực AI của giáo viên theo công bố của UNESCO[8].

Khía cạnh	Mức 1: Thu nhận kiến thức	Mức 2: Đào sâu hiểu biết	Mức 3: Sáng tạo và phát triển
Tư duy lấy con người làm trung tâm	<ul style="list-style-type: none"> Nhận thức về các tác động của AI với con người. Nhận ra các giá trị của AI hỗ trợ hòa nhập và bình đẳng 	<ul style="list-style-type: none"> Thúc đẩy sự hài lòng và hạnh phúc của người học với AI. Khuyến khích tư duy phản biện về vai trò của AI 	<ul style="list-style-type: none"> Đề xuất các ứng dụng AI nhằm mục đích chuyển đổi xã hội.

			- Thiết kế các ứng dụng AI hướng tới phát triển con người bền vững
Đạo đức trong sử dụng AI	- Tuân thủ các nguyên tắc đạo đức về AI. - Áp dụng các biện pháp bảo vệ dữ liệu trong dạy học	- Giải thích được các vấn đề đạo đức của AI. - Kết hợp các nguyên tắc đạo đức vào hoạt động giảng dạy	- Đề xuất các giải pháp cho các vấn đề đạo đức của AI. - Đưa các nguyên tắc đạo đức vào thiết kế ứng dụng AI
Nền tảng và ứng dụng AI	- Giải thích được khái niệm AI cơ bản. - Sử dụng AI vào công việc sư phạm	- Phân tích ảnh hưởng của AI lên môn học/lĩnh vực. - Sử dụng AI vào dạy học cho các mục tiêu khác nhau	- Áp dụng AI để giải quyết các vấn đề phức tạp trong giáo dục. - Đánh giá hiệu quả của các công cụ AI trong dạy học
Sư phạm ứng dụng AI	- Tích hợp AI vào thiết kế kế hoạch dạy học. - Sử dụng AI để đánh giá quá trình học tập. - Phân hồi kết quả đánh giá AI cho học sinh	- Sử dụng AI để hỗ trợ học tập cá nhân hóa. - Ứng dụng AI để tạo học liệu tương tác và hệ thống hỗ trợ tự động	- Sáng tạo các phương pháp dạy học mới dựa trên AI
Ứng dụng AI trong phát triển chuyên môn	- Tham gia các khóa đào tạo về AI. - Sử dụng AI như một công cụ hỗ trợ giảng dạy cá nhân	- Phối hợp và trao đổi với đồng nghiệp trong nâng cao năng lực AI - Sử dụng các công cụ AI để cá nhân hóa việc phát triển chuyên môn	- Đóng góp phát triển năng lực AI ở cấp trường hoặc quốc gia. - Tạo các cộng đồng học tập chuyên môn về ứng dụng AI

Bảng 1 tóm tắt các năng lực AI cần thiết cho giáo viên, được chia thành ba mức độ: thu nhận kiến thức, đào sâu hiểu biết và sáng tạo phát triển. Bảng này bao gồm 5 khía cạnh chính: tư duy lấy người học làm trung tâm, đạo đức AI, nền tảng và ứng dụng AI, sư phạm ứng dụng AI, và AI trong phát triển chuyên môn. Mỗi khía cạnh đề cập đến các kỹ năng và năng lực cụ thể giáo viên cần có để hiểu, áp dụng và phát triển AI trong giảng dạy một cách có trách nhiệm và hiệu quả [8].

Năng lực dạy học STEM được xem là một tổ hợp đa chiều, thể hiện qua các tiêu chí và hành vi cụ thể trong quá trình giảng dạy, được nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước xác lập trong những năm gần đây [10], [22], [23]. Các nghiên cứu này bao quát nhiều lĩnh vực khác nhau như Hóa học, Vật lý, Tin học và Giáo dục mầm non, phản ánh đặc thù của từng chuyên ngành trong việc vận dụng mô hình giáo dục STEM [10], [24], [25], [26], [27]. Nhìn chung, các khung năng lực dạy học STEM của giáo viên tiền dịch vụ được thiết kế dựa trên ba trụ cột chính: kiến thức chuyên môn, kỹ năng sư phạm và năng lực sử dụng công nghệ. Trên cơ sở đó, các năng lực thành phần được xác định bao gồm: nhận thức về STEM, thiết kế chủ đề hoặc bài học tích hợp liên môn theo Chương trình Giáo dục phổ thông mới, tổ chức dạy học thực hành và đánh giá kết quả học tập. Những khung năng lực này không chỉ đóng vai trò định hướng cho việc thiết kế chương trình đào tạo sinh viên sư phạm, mà còn là cơ sở khoa học để phát triển chương trình bồi dưỡng giáo viên hiện hành, khẳng định vị trí then chốt của năng lực STEM trong quá trình chuyển đổi giáo dục theo định hướng phát triển năng lực.

2.3. Các cách tiếp cận lý thuyết trong xây dựng chương trình

Việc xây dựng chương trình bồi dưỡng giáo viên hiện nay cần dựa trên nhiều cách tiếp cận lý thuyết khác nhau nhằm đảm bảo tính khoa học, thực tiễn và phù hợp với yêu cầu phát triển năng lực nghề nghiệp trong bối cảnh đổi mới giáo dục. Theo nghiên cứu của Guskey (2002), tiếp cận phát triển nghề nghiệp liên tục nhấn mạnh bồi dưỡng là một quá trình học tập suốt đời, giúp giáo viên thường xuyên phấn tưng, cập nhật tri thức và điều chỉnh thực hành sư phạm [28]. Darling-Hammond và Hyler (2020) đề xuất tiếp cận phản tư thực hành, xem giáo viên là người học tích cực, tự đánh giá và cải thiện hoạt động dạy học dựa trên bằng chứng thực tế [29]. Bên cạnh đó, Desimone (2009) nhấn mạnh tiếp cận dựa trên

năng lực, trong đó chương trình được thiết kế xoay quanh cấu trúc mục tiêu năng lực, nội dung, hoạt động thực hành và đánh giá theo chuẩn đầu ra [30].

Trong những năm gần đây, tiếp cận CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) được vận dụng ngày càng phổ biến trong thiết kế chương trình giáo dục và bồi dưỡng giáo viên [31]. Theo Crawley, Malmqvist, Östlund và Brodeur (2014), CDIO nhấn mạnh quá trình hình thành và phát triển năng lực toàn diện thông qua bốn giai đoạn: hình thành ý tưởng, thiết kế, triển khai và vận hành. Mô hình này định hướng người học không chỉ tiếp thu kiến thức mà còn phải vận dụng, thử nghiệm và cải tiến trong bối cảnh thực tiễn nghề nghiệp [32]. Kết hợp CDIO với các cách tiếp cận dựa trên năng lực và phản tư giúp chương trình bồi dưỡng giáo viên trở nên linh hoạt, sáng tạo và đáp ứng yêu cầu chuyên đổi số trong giáo dục.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này áp dụng phương pháp tổng quan tài liệu có hệ nhằm thu thập, phân tích và tổng hợp các công trình khoa học liên quan đến ứng dụng AI trong giáo dục và phát triển năng lực dạy học STEM của sinh viên sư phạm. Quy trình nghiên cứu được triển khai theo các bước rõ ràng nhằm đảm bảo tính khoa học và độ tin cậy của dữ liệu. Trước hết, nhóm nghiên cứu xác định các từ khóa tìm kiếm chính như “AI in STEM education”, “AI in teacher training”, “pre-service teachers STEM competency” và “AI integration in teaching”. Việc truy xuất tài liệu được thực hiện trên các cơ sở dữ liệu học thuật uy tín bao gồm Scopus, Web of Science, ERIC và Google Scholar. Ở bước tiếp theo, các tài liệu được sàng lọc theo các tiêu chí lựa chọn cụ thể nhằm đảm bảo tính phù hợp với mục tiêu nghiên cứu. Phạm vi thời gian của tài liệu được giới hạn trong giai đoạn 2019–2024 để phản ánh những tiến bộ gần đây của công nghệ AI trong giáo dục. Các tài liệu được lựa chọn chủ yếu là các bài báo khoa học, báo cáo quốc tế có tập trung vào chủ đề đào tạo giáo viên và ứng dụng AI trong phát triển năng lực sư phạm. Những nghiên cứu chỉ đề cập đến khía cạnh kỹ thuật của thuật toán AI mà không liên quan đến bối cảnh giáo dục bị loại trừ khỏi phân tích. Dữ liệu từ các tài liệu này được mã hóa theo các chủ đề chính như vai trò của AI trong giáo dục, các rào cản trong việc tích hợp AI, khung năng lực AI cho giáo viên và các mô hình đào tạo. Trên cơ sở tổng hợp và phân tích các kết quả nghiên cứu, bài báo xây dựng nền tảng lý luận để đề xuất lộ trình đào tạo nhằm phát triển năng lực dạy học STEM tích hợp AI cho sinh viên sư phạm.

4. Kết quả và bàn luận

4.1. Năng lực dạy học STEM tích hợp AI

Sự tích hợp AI vào giáo dục STEM đại diện cho một lĩnh vực then chốt trong việc chuẩn bị cho sinh viên sư phạm đòi hỏi các phương pháp tiếp cận toàn diện để nâng cao năng lực giảng dạy của họ trong lĩnh vực đang phát triển nhanh chóng này. Các nghiên cứu gần đây đã làm sáng tỏ bản chất đa diện của việc phát triển năng lực giảng dạy STEM tích hợp AI, cho thấy rằng sự sẵn lòng và khả năng của sinh viên sư phạm trong việc đưa công nghệ AI vào thực tiễn sư phạm của họ phụ thuộc vào sự tương tác phức tạp của các yếu tố công nghệ, sư phạm và cá nhân [33]. Khung lý thuyết nền tảng để hiểu sự tích hợp này dựa nhiều vào Năng lực Nội dung - Sư phạm - Công nghệ (TPACK), vốn là nền tảng cho việc phát triển các thực tiễn giảng dạy tăng cường AI hiệu quả, bên cạnh các yếu tố như nhận thức về sự hữu ích, nhận thức về sự dễ sử dụng và năng lực tự thân, những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến sự sẵn lòng của giáo viên trong việc tích hợp AI vào giảng dạy [33], [34]. Bằng chứng thực nghiệm cho thấy TPACK không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sự sẵn lòng tích hợp AI của sinh viên sư phạm mà còn ảnh hưởng đến nhận thức của họ về sự dễ sử dụng và hữu ích của công nghệ, tạo ra một hiệu ứng trung gian đầy chuyên nhấn mạnh tầm quan trọng của việc chuẩn bị toàn diện về công nghệ và sư phạm [33]. Việc phát triển các công cụ đo lường năng lực cụ thể đã trở nên thiết yếu để đánh giá và cải thiện khả năng của sinh viên sư phạm, với các nhà nghiên cứu xác định ba lĩnh vực cốt lõi: năng lực thiết kế giáo dục hội tụ AI, năng lực triển khai giáo dục hội tụ AI và năng lực đánh giá giáo dục hội tụ AI, mỗi lĩnh vực đòi hỏi các bộ kỹ năng và nền tảng kiến thức riêng biệt [35]. Việc triển khai chương trình giáo dục thành công đã cho thấy những kết quả hứa hẹn, được minh chứng bằng các can thiệp có cấu trúc kết hợp nền tảng lý thuyết với ứng dụng thực tiễn, mang lại những cải thiện đáng kể trên tất cả các lĩnh vực năng lực và mức độ hài lòng cao của người tham gia [36]. Mối quan hệ giữa năng lực CNTT-TT (ICT) nói chung và ý định giảng dạy STEM tích hợp cung cấp thêm hiểu biết sâu sắc, với nghiên cứu chỉ ra rằng năng

lực ICT được nhận thức có thể giải thích tới 43% ý định giảng dạy STEM tích hợp, nhấn mạnh tầm quan trọng nền tảng của trình độ công nghệ trong việc chuẩn bị cho giáo viên giảng dạy tăng cường AI [37]. Các tổng quan hệ thống tài liệu cho thấy năng lực sử dụng các công cụ AI của sinh viên sư phạm ảnh hưởng đáng kể đến thái độ của họ đối với phương pháp sư phạm STEM tích hợp AI, trong khi nhận thức của họ về hiệu quả, tiện ích và các hàm ý đạo đức của AI tác động đến sự sẵn lòng của họ trong việc áp dụng các công nghệ này trong bối cảnh lớp học [38]. Việc phát triển trình độ, hiểu biết về AI cho sinh viên sư phạm đòi hỏi phải giải quyết cả kỹ năng kỹ thuật và hiểu biết sư phạm, bao gồm các nguyên tắc AI, khả năng giải quyết vấn đề và thái độ tích cực đối với việc tích hợp công nghệ trong bối cảnh giáo dục [39]. Các khuyến nghị chính rút ra từ nghiên cứu này bao gồm việc đưa các học phần giáo dục AI vào chương trình đào tạo giáo viên một cách có hệ thống, cung cấp các cơ hội thực tập và thực hành sư phạm tập trung cụ thể vào công nghệ AI, giới thiệu các trường hợp điển hình thành công và kinh nghiệm thực tế để xây dựng sự tự tin, và tạo ra các cơ hội phát triển chuyên môn có mục tiêu nhằm giải quyết cả năng lực kỹ thuật và ứng dụng sư phạm [33], [39]. Các bằng chứng cho thấy rằng việc chuẩn bị hiệu quả đòi hỏi phải vượt ra ngoài đào tạo chuyên môn (đơn môn) truyền thống để áp dụng các phương pháp tiếp cận liên ngành phản ánh bản chất tích hợp của giáo dục STEM tăng cường AI, đồng thời giải quyết các cân nhắc về đạo đức, hạn chế kỹ thuật và nhu cầu phát triển chuyên môn liên tục đặc trưng cho lĩnh vực mới nổi này [38], [39]. Các hướng đi tương lai để nâng cao năng lực giảng dạy STEM tích hợp AI phải tập trung vào việc phát triển các khung lý thuyết toàn diện nhằm giải quyết những thách thức đặc thù của việc chuẩn bị cho các nhà giáo dục trong bối cảnh công nghệ phát triển nhanh chóng, đồng thời đảm bảo rằng các nguyên tắc sư phạm vẫn là trung tâm của việc giảng dạy hiệu quả.

4.2. Chương trình bồi dưỡng năng lực STEM-AI cho sinh viên

Khung năng lực AI của UNESCO cung cấp nền tảng quan trọng để xác định các năng lực mà giáo viên cần có trong kỷ nguyên trí tuệ nhân tạo, bao gồm hiểu biết nền tảng về AI, đạo đức công nghệ, sư phạm ứng dụng AI và phát triển chuyên môn. Tuy nhiên, khung này chủ yếu mang tính chuẩn năng lực và chưa chỉ rõ cấu trúc đào tạo cụ thể cho sinh viên sư phạm. Để chuyển hóa các yêu cầu năng lực này thành thực tiễn giảng dạy, mô hình TPACK cung cấp một cơ sở lý thuyết phù hợp, nhấn mạnh sự tích hợp giữa kiến thức công nghệ, kiến thức sư phạm và kiến thức nội dung trong quá trình thiết kế và tổ chức dạy học. Trong bối cảnh giáo dục STEM tích hợp AI, các thành tố này cần được phát triển đồng thời thông qua các hoạt động học tập gắn với thực hành sư phạm. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu gần đây cho thấy sinh viên sư phạm tuy có nhận thức tích cực về AI nhưng vẫn thiếu kinh nghiệm vận dụng AI vào thiết kế và tổ chức hoạt động học tập. Khoảng cách giữa hiểu biết và thực hành này đặt ra yêu cầu cần xây dựng một chương trình đào tạo có cấu trúc rõ ràng, giúp người học từng bước phát triển năng lực từ nhận thức, thiết kế đến triển khai và nghiên cứu. Dựa trên khung 7 chiến lược của Mollick và cộng sự (2024) [40] và chu trình phát triển chương trình của Chiu và Chai (2020), nghiên cứu đề xuất chương trình đào tạo gồm bốn module nhằm đảm bảo tiến trình phát triển năng lực sư phạm tích hợp AI một cách hệ thống được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Chương trình đào tạo đề xuất.

	Thời lượng bồi dưỡng	04 giờ
Module 1 Tổng quan về AI trong giáo dục STEM	Mục tiêu chung	Trang bị cho người học những kiến thức cơ bản nhất về Trí tuệ nhân tạo (Artificial intelligence AI), vai trò và xu hướng tích hợp AI trong giáo dục hiện đại, đặc biệt là lĩnh vực STEM. Nâng cao nhận thức về đạo đức và trách nhiệm khi sử dụng AI.
	Chuẩn đầu ra	<ul style="list-style-type: none"> Trình bày được các khái niệm cơ bản về AI (Machine Learning, Deep Learning, Generative AI...) bằng ngôn ngữ đơn giản, dễ hiểu. Phân tích được vai trò, cơ hội và thách thức của AI trong bối cảnh giáo dục STEM. Nhận diện được các vấn đề đạo đức (liêm chính học thuật, thiên kiến dữ liệu, quyền riêng tư) khi áp dụng AI trong trường học.

		<ul style="list-style-type: none"> Vận dụng được quy trình ứng dụng AI trong việc thiết kế kế hoạch dạy học và thiết kế hoạt động dạy học theo tiếp cận giáo dục STEM.
	Điều kiện thực hiện	<p>Phòng học có trang bị máy chiếu, hệ thống âm thanh.</p> <p>Kết nối Internet ổn định cho giảng viên demo các ứng dụng.</p> <p>Học viên có thiết bị cá nhân (điện thoại thông minh hoặc laptop) để tham gia các hoạt động tương tác nhanh (quiz, khảo sát).</p>
Module 2 Ứng dụng AI trong thiết kế hoạt động giáo dục STEM	Thời lượng bồi dưỡng	04 giờ
	Mục tiêu chung	Khai thác AI tạo sinh (GenAI) để hỗ trợ lên ý tưởng, soạn kế hoạch bài dạy STEM và thiết kế công cụ đánh giá sáng tạo, hiệu quả.
	Chuẩn đầu ra	<ul style="list-style-type: none"> Thành thạo kỹ thuật prompt cơ bản để tìm ý tưởng chủ đề STEM. Thiết kế được KHBD STEM hoàn chỉnh với sự hỗ trợ của AI. Tạo được Rubrics và đề kiểm tra nhanh bằng các công cụ AI. Vận dụng AI tạo nội dung đa phương tiện (ảnh, video, slide) cho bài giảng.
	Điều kiện thực hiện	<ul style="list-style-type: none"> Phòng thực hành máy tính hoặc laptop cá nhân. Tài khoản truy cập các công cụ AI. Internet tốc độ cao.
Module 3 Ứng dụng AI trong tổ chức hoạt động	Thời lượng bồi dưỡng	04 giờ
	Mục tiêu chung	Trang bị kỹ năng dùng AI hỗ trợ giảng dạy trực tiếp, tạo trải nghiệm học tập tương tác, thích ứng và cá nhân hóa trong giờ học STEM.
	Chuẩn đầu ra	<ul style="list-style-type: none"> Tổ chức hoạt động trải nghiệm với các nền tảng AI đơn. Sử dụng các nền tảng AI tổ chức hoạt động dạy học. Sử dụng AI hỗ trợ giải đáp, hướng dẫn tự học (chatbot trợ giảng).
	Điều kiện thực hiện	<ul style="list-style-type: none"> Phòng học chức năng/Lab STEM có không gian hoạt động nhóm. Máy tính/tablet cho học viên thực hành. Bộ kit phần cứng cơ bản.
Module 4 Ứng dụng AI trong nghiên cứu khoa học và hướng dẫn NCKH	Thời lượng bồi dưỡng	04 giờ
	Mục tiêu chung	Nâng cao năng lực NCKH của giáo viên qua các công cụ AI chuyên sâu. Cung cấp phương pháp hướng dẫn học sinh thực hiện dự án KHKT có yếu tố AI hoặc dùng AI hỗ trợ.
	Chuẩn đầu ra	<ul style="list-style-type: none"> Ứng dụng AI học thuật (Elicit, Connected Papers...) để tổng quan tài liệu. Sử dụng AI hỗ trợ phân tích dữ liệu trong dự án STEM. Xây dựng đề cương hướng dẫn HS nghiên cứu, xác định rõ phạm vi sử dụng AI để đảm bảo liên chính.
	Điều kiện thực hiện	<ul style="list-style-type: none"> Phòng máy có cài phần mềm/plugin cần thiết. Giảng viên chuẩn bị sẵn bộ dữ liệu mẫu. Tài khoản truy cập CSDL khoa học

Việc triển khai khung năng lực và mô hình đào tạo trên đòi hỏi sự thay đổi đồng bộ từ chính sách đến thực tiễn tại các cơ sở đào tạo giáo viên. Một thách thức lớn là sự thiếu hụt đội ngũ giảng viên sư phạm có đủ năng lực về AI để đào tạo lại cho sinh viên. Do đó, cần ưu tiên bồi dưỡng năng lực cho

chính đội ngũ này trước. Bên cạnh đó, cần có sự cân bằng hợp lý để tránh làm quá tải chương trình đào tạo hiện có. Việc tích hợp AI nên được xem là một "chủ đề cốt lõi xuyên suốt các môn học thay vì chỉ là một môn học bổ sung. Ngoài ra nếu chỉ tích hợp công nghệ là chưa đủ để phát triển tư duy phản biện; nó cần phải đi kèm với các phương pháp sư phạm hướng đến việc giải quyết vấn đề thực tiễn và khuyến khích sự sáng tạo.

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã giải quyết yêu cầu cấp thiết trong việc chuẩn bị năng lực dạy học STEM-AI cho sinh viên sư phạm, một lĩnh vực đang đối mặt với khoảng trống lớn trong các chương trình đào tạo hiện hành. Thông qua phương pháp tổng quan hệ thống các tài liệu nghiên cứu gần đây và đối chiếu với các khung năng lực quốc tế như của UNESCO, nghiên cứu đã thực hiện được hai mục tiêu cốt lõi: (1) xác định các thành tố năng lực STEM-AI cần thiết cho giáo viên tương lai, bao gồm kiến thức nền tảng, sự phạm ứng dụng AI, tư duy đạo đức và phát triển chuyên môn; và (2) xây dựng một lộ trình đào tạo khả thi gồm 4 module để phát triển các năng lực này. Lộ trình đào tạo 4 module được đề xuất cung cấp một giải pháp cấu trúc, đi từ nhận thức tổng quan (Module 1), ứng dụng AI tạo sinh trong thiết kế bài dạy (Module 2), tổ chức hoạt động học tập tương tác (Module 3), đến sử dụng AI trong nghiên cứu khoa học (Module 4). Kết quả này cung cấp cơ sở lý luận và thực tiễn quan trọng cho các trường đại học sư phạm trong việc đổi mới chương trình, chuyển dịch từ việc chỉ xem AI là công cụ sang tích hợp AI như một nội dung giảng dạy và một phương pháp sư phạm cốt lõi.

Tuy nhiên, việc triển khai đối mặt với thách thức lớn nhất là sự thiếu hụt đội ngũ giảng viên sư phạm có đủ năng lực về AI. Do đó, các nghiên cứu và chính sách tiếp theo cần ưu tiên bồi dưỡng cho chính đội ngũ này và tích hợp AI như một chủ đề xuyên suốt thay vì một môn học bổ sung. Giới hạn của nghiên cứu này là tính lý thuyết. Trong các nghiên cứu tiếp theo, chương trình có thể được triển khai thử nghiệm với sinh viên sư phạm và đánh giá bằng thiết kế thực nghiệm trước - sau có đối chứng nhằm đo lường sự thay đổi năng lực dạy học STEM tích hợp AI. Các công cụ đánh giá bao gồm bảng hỏi năng lực, sản phẩm thiết kế bài học và quan sát thực hành. Kết quả thực nghiệm sẽ cung cấp bằng chứng để điều chỉnh và hoàn thiện mô hình đào tạo. Từ đó tinh chỉnh và nhân rộng mô hình, đảm bảo thế hệ giáo viên tương lai có đủ năng lực dẫn dắt giáo dục STEM trong kỷ nguyên số.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

Tuyên bố dữ liệu sẵn có

Dữ liệu hỗ trợ cho các khám phá của nghiên cứu này khi độc giả yêu cầu một cách hợp lý sẽ được tác giả liên hệ cung cấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] National Research Council, *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC, USA: National Academies Press, 2013, doi: 10.17226/18290.
- [2] L. D. English, "STEM education K-12: Perspectives on integration," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 1-8, 2016, doi: 10.1186/s40594-016-0036-1.
- [3] X. Zhai, K. Neumann, and J. Krajcik, "AI for tackling STEM education challenges," in *Frontiers in Education*, 2023, Art. no. 1183030, doi: 10.3389/feduc.2023.1183030.
- [4] O. B. Joseph and N. C. Uzundu, "Integrating AI and machine learning in STEM education: Challenges and opportunities," *Comput. Sci. IT Res. J.*, vol. 5, no. 8, pp. 1732-1750, Aug. 2024, doi: 10.51594/csitrj.v5i8.1379.
- [5] W. Xu and F. Ouyang, "The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 9, no. 1, p. 59, Sep. 2022, doi: 10.1186/s40594-022-00377-5.
- [6] A. McDaniel, "Integrating artificial intelligence in STEM education," *Amer. J. STEM Educ.*, vol. 7, pp. 1-10, Mar. 2025, doi: 10.32674/6s0qz548.
- [7] J. L. de Vera *et al.*, "Integrating AI in STEM education: Exploring future STEM competencies of pre-service science teachers in the Philippines," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 7, no. 1, p. 22, Nov. 2025, doi: 10.1186/s43031-025-00143-x.
- [8] F. Miao and M. Cukurova, *AI Competency Framework for Teachers*. Paris, France: UNESCO, 2024, doi: 10.54675/ZJTE2084.
- [9] T. K. F. Chiu and C. Chai, "Sustainable curriculum planning for artificial intelligence education: A self-determination theory perspective," *Sustainability*, 2020, doi: 10.3390/SU12145568.
- [10] V. T. Thuy, "Đề xuất khung năng lực dạy học của giáo viên Vật lý trong giáo dục STEM," *Tạp chí Giáo dục*, no. 10, pp. 18-23, 2024.
- [11] V. T. Thuy and L. T. T. Hien, "Tổng quan các nghiên cứu về năng lực dạy học của giáo viên trong giáo dục STEM," *Tạp chí Giáo dục*, pp. 116-121, 2023.

- [12] T. N. T. Thuy, O. D. Thi, and B. P. Thi, “Đề xuất khung năng lực dạy học tích hợp STEM cho sinh viên sư phạm Hóa học,” *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, vol. 65, no. 4, pp. 177–184, Apr. 2020, doi: 10.18173/2354-1075.2020-0068.
- [13] L. T. T. Hien, L. C. Nguyen, V. T. Thuy, and N. N. Lan, “Nghiên cứu đề xuất khung năng lực dạy học STEM của giáo viên phổ thông tại Việt Nam,” *Tạp chí Giáo dục*, special issue 10, no. 24, pp. 5–10, 2024.
- [14] C. Leon, J. Lipuma, and X. Oviedo-Torres, “Artificial intelligence in STEM education: A transdisciplinary framework for engagement and innovation,” *Front. Educ.*, vol. 10, Jul. 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1619888.
- [15] P. Mishra and M. J. Koehler, “Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge,” *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 6, pp. 1017–1054, 2006.
- [16] J. Beck, M. Stern, and E. Haugsjaa, “Applications of AI in education,” *XRDS Crossroads ACM Mag. Students*, vol. 3, no. 1, pp. 11–15, Sep. 1996, doi: 10.1145/332148.332153.
- [17] W. J. Triplett, “Artificial intelligence in STEM education,” *Cybersecurity Innov. Technol. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–29, Sep. 2023, doi: 10.53889/citj.v1i1.296.
- [18] N. Moroianu, S.-E. Iacob, and A. Constantin, “Artificial intelligence in education: A systematic review,” in *Geopolitical Perspectives and Technological Challenges for Sustainable Growth in the 21st Century*. Warsaw, Poland: Sciendo, 2023, pp. 906–921, doi: 10.2478/9788367405546-084.
- [19] I. Lee and B. Perret, “Preparing high school teachers to integrate AI methods into STEM classrooms,” in *Proc. AAAI Conf. Artif. Intell.*, 2022, pp. 12783–12791.
- [20] L. A. Vinh *et al.*, “The impact of artificial intelligence (AI) on the global education system and Vietnamese education,” *Vietnam J. Educ. Sci.*, vol. 20, no. 5, 2024, doi: 10.15625/2615-8957/12410501.
- [21] T. K. F. Chiu, “The impact of generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney,” *Interact. Learn. Environ.*, vol. 32, no. 10, pp. 6187–6203, Nov. 2024, doi: 10.1080/10494820.2023.2253861.
- [22] H. T. Chien, “Designing a competencies framework for STEM teaching for pre-teachers of chemistry in the University of Education for meeting the new demands of current teacher training,” *Tạp chí Nghiên cứu dân tộc*, vol. 8, no. 2, Jun. 2019, doi: 10.25073/0866-773X/306.
- [23] N. T. T. Thuy, N. V. Bien, and D. X. Quy, “Fostering teachers’ competence of the integrated STEM education,” *J. Penelit. Pembelajaran IPA*, vol. 6, no. 2, p. 166, Nov. 2020, doi: 10.30870/jppi.v6i2.6441.
- [24] H. L. A. Chuong, N. H. Thien, D. C. Hanh, and L. N. Thach, “Xây dựng khung năng lực giáo dục STEAM cho sinh viên ngành giáo dục mầm non tiếp cận Chuẩn nghề nghiệp,” *Tạp chí Khoa học*, vol. 20, no. 5, May 2023, doi: 10.54607/hcmue.js.20.5.3822(2023).
- [25] T. T. T. Nguyen, T. O. Dang, and T. B. Pham, “Proposing a STEM integrated teaching competency framework for chemistry pedagogy students,” *J. Sci.*, vol. 65, no. 4, pp. 177–184, Mar. 2020, doi: 10.18173/2354-1075.2020-0068.
- [26] L. T. T. Hien, L. C. Nguyen, V. T. Thuy, and N. N. Lan, “Research proposes STEM teaching competency framework for general teachers in Vietnam,” *Vietnam J. Educ.*, special issue 10, no. 24, pp. 5–10, 2024.
- [27] L. T. Xinh, D. N. Trung, and B. V. Hong, “Phát triển năng lực dạy học STEM cho giáo viên: Một nghiên cứu tổng quan tài liệu,” *Tạp chí Giáo dục*, special issue 11, no. 24, pp. 98–104, 2024.
- [28] T. Guskey, “Does it make a difference? Evaluating professional development,” *Educ. Leadersh.*, vol. 59, Apr. 2002.
- [29] L. Darling-Hammond, M. Hyler, and M. Gardner, “Effective teacher professional development,” Jun. 2017, doi: 10.54300/122.311.
- [30] L. M. Desimone, “Improving impact studies of teachers’ professional development: Toward better conceptualizations and measures,” *Educ. Res.*, vol. 38, no. 3, pp. 181–199, 2009.
- [31] K. F. Berggren *et al.*, “CDIO: An international initiative for reforming engineering education,” *World Trans. Eng. Technol. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 49–52, 2003.
- [32] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur, and K. Edström, *Rethinking Engineering Education*. Cham, Switzerland: Springer, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-05561-9.
- [33] F. Sun, P. Tian, D. Sun, Y. Fan, and Y. Yang, “Pre-service teachers’ inclination to integrate AI into STEM education: Analysis of influencing factors,” *Brit. J. Educ. Technol.*, vol. 55, no. 6, pp. 2574–2596, Nov. 2024, doi: 10.1111/bjet.13469.
- [34] N. Y. K. Zakaria and H. Hashim, “Shaping the future of education: Conceptualising pre-service teachers’ perspectives on artificial intelligence integration,” *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 14, no. 5, May 2024, doi: 10.6007/IJARBS/v14-i5/21584.
- [35] Y. Bae, G. Park, J. Hong, and J. Lee, “Development the measurement instrument of artificial intelligence convergence teaching competency for pre-service teachers,” *Korean Assoc. Learner-Centered Curriculum Instr.*, vol. 23, no. 23, pp. 339–351, Dec. 2023, doi: 10.22251/jlcci.2023.23.339.
- [36] K. H. Shin and K. W. Lee, “Development and implementation of an educational program to enhance AI convergence education competencies for pre-service home economics teachers,” *Korean Home Econ. Educ. Assoc.*, vol. 36, no. 4, pp. 135–150, Dec. 2024, doi: 10.19031/jkheea.2024.12.36.4.135.
- [37] Ç. Şenyiğit and O. Serin, “The role of perceived ICT competencies on primary school pre-service teachers’ integrated STEM teaching intentions,” *Particip. Educ. Res.*, vol. 9, no. 6, pp. 221–247, Nov. 2022, doi: 10.17275/per.22.137.9.6.
- [38] D. Loke, J. Radloff, and I. H. Yeter, “K–12 STEM teachers’ perceptions of artificial intelligence: A PRISMA-tic approach (work-in-progress),” in *2024 ASEE Annual Conf. Expo. Proc.*, 2024, doi: 10.18260/1-2--46727.
- [39] P. Nuangchalm, V. Prachagool, A. Saregar, and Y. M. Yunus, “Fostering pre-service teachers’ AI literacy through school implications,” *J. Philol. Educ. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–86, Dec. 2024, doi: 10.53898/jpes2024327.
- [40] E. Mollick and L. Mollick, “Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts,” arXiv preprint arXiv:2306.10052, 2023, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.10052>.

Phuong Phan Nguyen Truc is a phd student in Education and a researcher specializing in the application of technology in education. His research focuses on STEM education, applying AI and virtual reality in teaching and training teachers in technology. He aims to improve the quality of education through technology integration. In addition, He is research on building and evaluating teacher training programs and STEM curriculums.

Email: phuongpnt@hcmute.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0009-0008-3863-0442>

Hong Bui Van works at Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering, Vietnam. He is the (co-)author of many journal papers and publications in both local and international conference proceedings. He has had teaching experience for many years. He has organized and managed many projects to improve the teaching quality at various levels, from primary to high school, and higher education. He is also the chair of the committee of many thesis defense sessions. His areas of interest include the application of the STEM approach, project-based learning, blended learning, and vocational education.

Email: hongbv@hcmute.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0000-0002-0690-2027>

Oanh Nguyen Thi Kim works at Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering, Vietnam. She is a master student in theory and teaching method (Technology and STEM Education Orientation) at the Institute of Technical Education of Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering. Her main research direction is application of the STEM approach and project-based learning in teaching the Technology Subject at Schools.

Email: oanhntk@hcmute.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0009-0004-0192-9388>

De Dinh Van works at Ly Tu Trong College Ho Chi Minh city, has a proven track record in enhancing teaching quality across all levels of education, from primary to tertiary. He has led numerous projects to implement innovative pedagogical approaches, such as project-based learning and blended learning. Additionally, he serves as the chair of numerous thesis defense committees, reflecting his deep commitment to academic excellence. His research interests align with practical education, focusing on the application of vocational training and project-based learning to foster well-rounded graduates.

Email: dinhvande@ltpc.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0009-0005-8573-0209>