

STEM EDUCATION IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION IN HIGH SCHOOLS

Nguyen Hoang Son¹, Nguyen Thuy Phuong Tram^{*2}

* Corresponding author

Email: nguyenthuyphuongtramdt@gmail.com

¹ Email: sonhdat@gmail.com

Dalat College

109 Yersin, Da Lat city, Lam Dong province, Vietnam

² Duc Trong High School

Duc Trong district, Lam Dong province, Vietnam

Received: 10/02/2025

Revised: 25/3/2025

Accepted: 18/4/2025

Published: 20/5/2025

Abstract: This paper examines the relationship between STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education and digital transformation in high schools. The study aims to identify gaps in the effective implementation of STEM while responding to the demands of educational modernization in the context of Industry 4.0. To do this, the author employs both theoretical analysis and field surveys conducted at selected schools to highlight the strengths and limitations of integrating STEM with digital technologies. The findings reveal that this integration enhances students' creativity, problem-solving abilities, and teamwork skills. To improve effectiveness, the paper proposes developing integrated curricula, strengthening teacher training, investing in modern infrastructure, and fostering collaboration with businesses. These solutions not only improve the quality of high school education but also lay a strong foundation for preparing young talent to meet the demands of the labor market. The study's findings offer valuable implications for managers, teachers, and stakeholders involved in educational innovation in the digital age.

Keywords: STEM education, digital transformation in education; innovative educational ecosystem, high school.

GIÁO DỤC STEM TRONG BỐI CẢNH CHUYỂN ĐỔI SỐ Ở TRƯỜNG TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Nguyễn Hoàng Sơn¹, Nguyễn Thuy Phương Trâm^{*2}

* Tác giả liên hệ:

Email: nguyenthuyphuongtramdt@gmail.com

¹ Email: sonhdat@gmail.com

Trường Cao đẳng Đà Lạt

109 Yersin, thành phố Đà Lạt,
tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam

² Trường Trung học phổ thông Đức Trọng
Huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam

Nhận bài: 10/02/2025

Chỉnh sửa xong: 25/3/2025

Chấp nhận đăng: 18/4/2025

Xuất bản: 20/5/2025

Tóm tắt: Bài viết phân tích mối quan hệ giữa giáo dục STEM (Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật và Toán học) và chuyển đổi số trong các trường trung học phổ thông. Mục đích nghiên cứu là xác định những khoảng trống về triển khai STEM hiệu quả, đồng thời đáp ứng yêu cầu hiện đại hóa giáo dục trong kỷ nguyên công nghiệp 4.0. Để thực hiện, các tác giả sử dụng phương pháp phân tích lý thuyết và khảo sát thực tế tại một số trường, qua đó chỉ ra ưu điểm và hạn chế của việc kết hợp STEM với chuyển đổi số. Kết quả cho thấy, tích hợp STEM và công nghệ số giúp nâng cao tư duy sáng tạo, kỹ năng giải quyết vấn đề và khả năng làm việc nhóm của học sinh. Nhằm đạt hiệu quả, bài báo đề xuất xây dựng chương trình tích hợp, tăng cường đào tạo giáo viên, đầu tư hạ tầng hiện đại và thúc đẩy hợp tác với doanh nghiệp. Các giải pháp này không chỉ cải thiện chất lượng giảng dạy ở cấp Trung học phổ thông mà còn tạo nền tảng vững chắc cho nguồn nhân lực trẻ đáp ứng nhu cầu thị trường. Phát hiện của nghiên cứu có ý nghĩa đối với cán bộ quản lý, giáo viên và những người quan tâm đến đổi mới giáo dục trong thời đại số hóa.

Từ khóa: Giáo dục STEM, chuyển đổi số trong giáo dục, hệ sinh thái giáo dục đổi mới, trung học phổ thông.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0, giáo dục STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) kết hợp với chuyển đổi số trở thành xu hướng tất yếu tại các trường trung học phổ thông

nhằm đáp ứng yêu cầu cao về chất lượng nguồn nhân lực. Giáo dục STEM chú trọng phát triển năng lực giải quyết vấn đề và kỹ năng số hóa của học sinh (Zizikova et al., 2023). Đồng thời, STEM đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển lực lượng lao động

có năng lực khoa học công nghệ phù hợp với Mục tiêu Phát triển Bền vững của Liên Hợp Quốc (Khalid et al., 2024; Barzallo et al., 2024).

Môn Toán trong giáo dục STEM được xem như ngôn ngữ chung của khoa học, giúp học sinh xây dựng tư duy logic, khả năng phân tích và tiếp cận kiến thức ở các môn liên quan như: Lí, Hóa, Sinh, Công nghệ và Tin học. Trong thời đại số hóa, Toán học còn trở thành công cụ quan trọng để xử lý dữ liệu, xây dựng thuật toán và phát triển các ứng dụng công nghệ.

Tuy nhiên, tại Việt Nam, việc triển khai hiệu quả giáo dục STEM kết hợp chuyển đổi số vẫn gặp nhiều thách thức như thiếu cơ sở vật chất, hạn chế về năng lực giáo viên và sự chênh lệch điều kiện công nghệ giữa các vùng miền. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm làm rõ các khoảng trống thực tiễn và đề xuất các giải pháp khả thi. Nghiên cứu kết hợp phương pháp lí thuyết và khảo sát thực tế tại một số trường trung học phổ thông, phân tích cụ thể ưu điểm và khó khăn khi áp dụng STEM trong bối cảnh chuyển đổi số. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp toàn diện nhằm cải thiện chương trình giáo dục, nâng cao năng lực giáo viên, đầu tư cơ sở hạ tầng công nghệ và thúc đẩy hợp tác doanh nghiệp. Các đề xuất này hướng đến việc nâng cao chất lượng giảng dạy và chuẩn bị nguồn nhân lực trẻ đáp ứng nhu cầu thị trường lao động trong tương lai.

2. Tổng quan nghiên cứu

Giáo dục STEM đã được triển khai rộng rãi ở nhiều quốc gia phát triển, giúp nâng cao năng lực tư duy bậc cao và hướng nghiệp cho học sinh (Ortiz-Revilla et al., 2021). Các nền tảng lí thuyết như học tập trải nghiệm (Experiential Learning) của Kolb và thuyết kiến tạo đã mang đến cơ sở khoa học cho việc xây dựng chương trình STEM hiệu quả, từ đó hỗ trợ học sinh phát triển kĩ năng phản biện, sáng tạo, cũng như khả năng cộng tác (Rahmi, 2024; Bazhenov, 2022). Bên cạnh giá trị giáo dục, STEM được xem là chiến lược quan trọng nhằm phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, đáp ứng nhu cầu thị trường lao động trong bối cảnh đổi mới sáng tạo.

Tuy nhiên, khi xét đến bối cảnh chuyển đổi số – vốn đòi hỏi sự tích hợp sâu rộng công nghệ thông tin, nhiều nghiên cứu đã nhấn mạnh rằng, triển khai STEM cần cân nhắc điều kiện hạ tầng và yếu tố văn hóa - xã hội đặc thù của từng địa phương (Rodrigues et al., 2023). Tại Việt Nam, dù được khuyến khích ở cấp độ chính sách, giáo dục STEM vẫn gặp trở ngại về cơ sở vật chất, năng lực giáo viên và độ sẵn sàng

của người học trong việc ứng dụng công nghệ số (Do & Pham, 2021). Việc thiếu tính linh hoạt trong thiết kế chương trình, cùng với sự bất bình đẳng trong tiếp cận hạ tầng số giữa các vùng miền đã đặt ra yêu cầu cấp thiết về những giải pháp đồng bộ và bền vững.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu đề cập đến giáo dục STEM riêng lẻ hoặc nhấn mạnh tầm quan trọng của chuyển đổi số, song còn thiếu các công trình đi sâu vào việc tích hợp hai lĩnh vực này trong hệ sinh thái giáo dục trung học phổ thông tại Việt Nam. Những nghiên cứu trước chủ yếu tập trung vào minh họa các mô hình, dự án thí điểm hoặc thảo luận chung về rào cản, mà chưa chỉ rõ cách vận hành STEM gắn với chuyển đổi số trong thực tiễn nhà trường cũng như giải pháp khắc phục khó khăn phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội đặc thù. Từ đó, khoảng trống nghiên cứu đặt ra là làm thế nào để kết hợp hiệu quả giữa STEM và chuyển đổi số nhằm nâng cao chất lượng giáo dục phổ thông, đồng thời chuẩn bị nguồn nhân lực trẻ cho thị trường việc làm đang biến đổi nhanh chóng.

Để lấp đầy khoảng trống này, nghiên cứu sẽ: 1) Khảo sát và phân tích thực trạng triển khai giáo dục STEM gắn với chuyển đổi số tại một số trường trung học phổ thông ở Việt Nam, bao gồm những rào cản về hạ tầng, năng lực giáo viên và sự hỗ trợ chính sách; 2) Từ góc nhìn so sánh với các mô hình thực tiễn trong nước và quốc tế, đề xuất nhóm giải pháp cụ thể nhằm cải thiện chương trình, tăng cường hợp tác liên ngành và đảm bảo tính linh hoạt khi đưa công nghệ số vào dạy học liên môn. Qua đó, bài viết đóng góp cơ sở khoa học và khuyến nghị thực tiễn cho các nhà quản lí giáo dục, đội ngũ giáo viên và các bên liên quan đang hướng đến xây dựng một mô hình giáo dục hiện đại, thích ứng và hiệu quả.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành dựa trên phương pháp hỗn hợp (Mixed methods) kết hợp nghiên cứu định lượng và định tính nhằm thu thập dữ liệu toàn diện về thực trạng triển khai giáo dục STEM trong bối cảnh chuyển đổi số tại các trường trung học phổ thông. Việc sử dụng phương pháp này giúp đánh giá khách quan về nhận thức và điều kiện thực tiễn của các trường, từ đó tìm ra nguyên nhân và đề xuất các giải pháp phù hợp.

Thiết kế chọn mẫu bao gồm 5 trường trung học phổ thông tại hai tỉnh Lâm Đồng và Bình Thuận, với các tiêu chí đa dạng về vị trí địa lí, điều kiện kinh tế - xã hội. Đối tượng khảo sát gồm 120 người, trong đó 60 học sinh từ lớp 10 đến lớp 12, 50 giáo viên các

môn liên quan STEM và 10 cán bộ quản lý giáo dục. Bảng hỏi khảo sát sử dụng thang đo Likert 5 mức độ nhằm tìm hiểu mức độ nhận thức, tình hình triển khai STEM, các khó khăn gặp phải và giải pháp đề xuất.

Bên cạnh khảo sát định lượng, nghiên cứu còn tiến hành phỏng vấn bán cấu trúc với 10 người (giáo viên, học sinh, cán bộ quản lý) nhằm tìm hiểu chi tiết hơn các khó khăn cụ thể và đề xuất giải pháp phù hợp thực tiễn từng trường. Dữ liệu thu được phân tích bằng phần mềm SPSS 26.0 cho dữ liệu định lượng và phương pháp phân tích chủ đề (Thematic analysis) cho dữ liệu định tính. Cách tiếp cận này đảm bảo tính toàn diện, khách quan và mang lại những đề xuất thực tế trong bối cảnh giáo dục STEM và chuyển đổi số tại các trường phổ thông.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Cơ sở lý luận và thực tiễn

Về mặt lý luận, giáo dục STEM dựa trên sự tích hợp liên ngành, hướng đến việc phát triển các kỹ năng tư duy phản biện, sáng tạo, và khả năng hợp tác cho học sinh ngay từ cấp học phổ thông (Ortiz-Revilla et al., 2021). Các lý thuyết giáo dục truyền thống như học tập kiến tạo của Piaget, thuyết “Vùng phát triển gần nhất” (Zone of Proximal Development) của Vygotsky và lý thuyết học tập trải nghiệm của Kolb được coi là nền tảng quan trọng trong việc xây dựng các chương trình giáo dục STEM tích hợp hiệu quả (Penprase, 2020; Rahmi, 2024). Kolb và cộng sự (2014) nhấn mạnh tầm quan trọng của việc áp dụng chu trình học tập bốn giai đoạn bao gồm trải nghiệm cụ thể, quan sát phản ánh, khái niệm hóa trừu tượng và thử nghiệm tích cực, giúp học sinh chủ động tham gia và tự kiến tạo kiến thức. Bên cạnh các lý thuyết truyền thống, nhiều nghiên cứu gần đây đã đề xuất những cách tiếp cận mới nhằm tối ưu hóa hiệu quả của giáo dục STEM. Maj (2022) bàn về khái niệm “Tối ưu hóa tải trọng nhận thức” (Cognitive Load Optimization - CLO), được xem như một hướng tiếp nối và phát triển từ “Thuyết tải trọng nhận thức” (Cognitive Load Theory - CLT) do John Sweller đề xuất từ những năm 1980. Thuyết CLT tập trung vào việc quản lý các thành phần của tải trọng nhận thức (Intrinsic, Extraneous, Germane) để giúp người học tiếp thu nội dung phức tạp một cách dễ dàng hơn. Theo đó, CLO hướng tới việc cấu trúc nội dung và hoạt động giảng dạy thành các “sơ đồ” khoa học, nhằm tránh tình trạng quá tải nhận thức cho học sinh, đặc biệt trong các hoạt động học tập liên môn đòi hỏi kết nối nhiều kiến thức STEM. Tương tự, mô

hình Learn STEM khuyến khích vai trò chủ động của học sinh trong quá trình học tập, đồng thời đề cao vai trò hướng dẫn của giáo viên thay vì phương thức giảng dạy truyền thống (Stracke et al., 2019).

Tuy nhiên, một số nghiên cứu cảnh báo rằng, việc áp dụng giáo dục STEM một cách cứng nhắc và thiên về công nghệ có thể dẫn đến tình trạng học sinh trở nên thụ động, giảm đi tính sáng tạo vốn là mục tiêu cốt lõi của giáo dục STEM. Rodrigues và cộng sự (2023) nhấn mạnh rằng, các chương trình STEM cần linh hoạt điều chỉnh cho phù hợp với từng bối cảnh văn hóa và giáo dục cụ thể, tránh việc sao chép máy móc và lạm dụng công nghệ.

Ở Việt Nam, Bộ Giáo dục và Đào tạo đã ban hành nhiều chính sách khuyến khích giáo dục STEM như xây dựng các hướng dẫn triển khai, tích hợp giáo dục STEM vào Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 (Tuong et al., 2023). Nhiều trường phổ thông ở đô thị lớn đã và đang sử dụng đa dạng công cụ kỹ thuật số như phòng thí nghiệm ảo, nền tảng học tập trực tuyến, phần mềm mô phỏng và các công cụ hỗ trợ thực hành khác (Hieu et al., 2020). Tuy nhiên, một số trường ở các khu vực nông thôn hoặc miền núi vẫn chưa có cơ hội tiếp cận đầy đủ với những tiện ích này (Do & Pham, 2021). Hàng năm, nhiều Sở Giáo dục và Đào tạo của các tỉnh thành và ở từng trường phổ thông có tổ chức “Ngày hội STEM” khuyến khích học sinh và giáo viên tham gia nhằm mục đích: Khơi dậy và thúc đẩy niềm đam mê học tập của học sinh thông qua các hoạt động trải nghiệm thực tế và sáng tạo; Phát triển tư duy sáng tạo, tư duy phản biện, giải quyết vấn đề, giao tiếp và khả năng làm việc nhóm của học sinh; Tạo sân chơi lành mạnh giúp học sinh được thực hành, trải nghiệm và ứng dụng lý thuyết vào giải quyết các vấn đề thực tiễn; Đặc biệt tăng cường sự nhận thức, sự quan tâm của cộng đồng về vai trò của giáo dục STEM đối với phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao trong kỷ nguyên chuyển đổi số.

4.2. Một số giải pháp nâng cao hiệu quả của giáo dục STEM trong bối cảnh chuyển đổi số

Kết quả khảo sát định lượng của nghiên cứu cho thấy nhận thức chung về tầm quan trọng của giáo dục STEM trong chuyển đổi số là rất cao, song việc triển khai thực tế còn hạn chế.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy, hầu hết người tham gia khảo sát đều nhận thức rõ tầm quan trọng và lợi ích của việc tích hợp STEM trong bối cảnh số hóa (95,83% khẳng định tính cần thiết, 90% đồng ý rằng, STEM và công nghệ số giúp nâng cao kỹ năng của học sinh). Tuy nhiên, mức độ triển khai thực tế còn nhiều hạn chế:

Bảng 1: Kết quả khảo sát về nhận thức và thực trạng triển khai giáo dục STEM

(N = 120, gồm 60 học sinh, 50 giáo viên và 10 cán bộ quản lý giáo dục từ 5 trường THPT tại tỉnh Lâm Đồng và Bình Thuận).

Nội dung khảo sát	Tỷ lệ tán thành (%)
STEM trong chuyển đổi số là quan trọng và cần thiết.	95,83
Tích hợp STEM và công nghệ số giúp nâng cao kỹ năng của học sinh.	90,00
Trường THPT đã triển khai chương trình STEM một cách hiệu quả.	25,00
Giáo viên được đào tạo đầy đủ về STEM và công nghệ số.	40,00
Cơ sở vật chất hiện tại đáp ứng yêu cầu triển khai STEM.	35,00
Nhà trường có hợp tác hiệu quả với doanh nghiệp trong giáo dục STEM.	20,83
Có sự hỗ trợ đầy đủ chính sách và cộng đồng giáo dục STEM.	29,16

Chỉ 25% cho rằng, trường trung học phổ thông của họ đã triển khai STEM hiệu quả. Phần lớn điểm yếu tập trung vào cơ sở vật chất, năng lực giáo viên và sự hợp tác bên ngoài - với khoảng 60-80% ý kiến cho rằng thiếu thiết bị, hạn chế trong đào tạo giáo viên cũng như chưa có sự hợp tác chặt chẽ với doanh nghiệp và chính sách hỗ trợ chưa đầy đủ. Kết quả khảo sát định tính (phỏng vấn) đã củng cố những hạn chế này khi nhiều giáo viên và cán bộ quản lý nhấn mạnh sự cần thiết phải nâng cấp hạ tầng, bồi dưỡng chuyên môn và xây dựng cơ chế phối hợp giữa nhà trường với các đối tác. Trên cơ sở những kết quả trên, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp chiến lược nhằm nâng cao hiệu quả giáo dục STEM trong bối cảnh chuyển đổi số, tập trung vào ba khía cạnh chính: 1) Xây dựng chương trình giáo dục STEM phù hợp với môi trường số; 2) Tăng cường hợp tác giữa nhà trường với doanh nghiệp; 3) Xây dựng hệ sinh thái giáo dục đổi mới hỗ trợ cho STEM. Các giải pháp này được trình bày chi tiết như sau:

4.2.1. Xây dựng chương trình giáo dục STEM phù hợp với môi trường số

Kết quả khảo sát cho thấy, việc triển khai chương trình giáo dục STEM hiện nay còn chưa đồng bộ - chỉ khoảng 25% đánh giá chương trình giáo dục STEM tại trường mình là hiệu quả (xem Bảng 1). Điều này cho thấy nhu cầu cấp thiết phải xây dựng các chương trình giáo dục STEM tích hợp một cách bài bản, phù hợp với điều kiện chuyển đổi số. Chương trình giáo dục STEM tích hợp cần được thiết kế từ nội dung đến phương pháp giảng dạy và công nghệ hỗ trợ sao cho gắn kết chặt chẽ các môn học, đồng thời đáp ứng nhu cầu thực tiễn của học sinh. Trong bối cảnh chuyển đổi số, chương trình giáo dục STEM cần kết

hợp hài hòa các công nghệ giáo dục hiện đại, không chỉ dừng lại ở việc số hóa tài liệu hay dạy học trực tuyến. Mục tiêu là tạo ra một môi trường học tập số - nơi học sinh có thể học thông qua nền tảng học trực tuyến, sử dụng phần mềm thí nghiệm ảo và công cụ mô phỏng để tiến hành thí nghiệm an toàn. Các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT) và thực tế ảo (VR/AR) mang lại cơ hội học tập chủ động, trực quan và cá nhân hóa cho học sinh, qua đó nâng cao hiệu quả tiếp thu kiến thức STEM. Để xây dựng chương trình phù hợp, nhà trường cần đánh giá nhu cầu và điều kiện cụ thể của từng trường, từ đó lựa chọn nội dung tích hợp gắn với các vấn đề thực tế mà địa phương quan tâm. Song song với việc thiết kế nội dung, đổi mới phương pháp giảng dạy là yếu tố quan trọng đảm bảo thành công của chương trình giáo dục STEM. Thay vì dạy học theo phương pháp truyền thống một chiều, giáo viên cần áp dụng dạy học theo dự án, học tập thông qua trải nghiệm để khuyến khích học sinh chủ động khám phá và giải quyết vấn đề thực tiễn. Chẳng hạn, năm học 2024 - 2025, Trường Trung học phổ thông Đức Trọng (Lâm Đồng) tổ chức “Ngày hội STEM” với chủ đề “Môi trường xanh” đã thu hút 59 dự án tham gia. Trong đó, một nhóm học sinh lớp 12 đã thiết kế thành công hệ thống chiếu sáng thông minh sử dụng cảm biến IoT để tự động điều chỉnh ánh sáng trong phòng học, tiết kiệm năng lượng; một nhóm học sinh lớp 10 thực hiện dự án “Mô hình lọc nước thông minh tiết kiệm chi phí” đã sử dụng hệ thống nhúng để phân tích, điều chỉnh quá trình lọc phù hợp với nguồn nước đầu vào. Thông qua các dự án này, học sinh vừa vận dụng kiến thức liên môn về Toán - Vật lý - Tin học - Sinh học, vừa rèn luyện kỹ năng công nghệ số và tư duy phản biện - những hành trang

quan trọng cho xã hội số hóa. Những ví dụ này minh họa cách tiếp cận STEM giúp kết nối lý thuyết với thực hành, đồng thời tạo hứng thú và nâng cao năng lực cho người học. Bên cạnh chương trình và phương pháp, chất lượng đội ngũ giáo viên có vai trò quyết định tới hiệu quả của giáo dục STEM. Khảo sát cho thấy, chỉ 40% người được hỏi cho rằng, giáo viên đã được đào tạo đầy đủ về STEM và công nghệ số (xem Bảng 1), phản ánh sự thiếu hụt về chuyên môn và kỹ năng trong giảng dạy tích hợp. Do vậy, cần chú trọng đào tạo, bồi dưỡng giáo viên về cả nội dung STEM liên môn lẫn phương pháp sư phạm tích cực có ứng dụng công nghệ. Các chương trình tập huấn nên tập trung vào việc sử dụng thiết bị thí nghiệm hiện đại, thiết kế bài giảng điện tử và hướng dẫn tổ chức các dự án học tập STEM. Ngoài ra, nhà trường nên tạo điều kiện để giáo viên chia sẻ kinh nghiệm và học hỏi lẫn nhau, tiếp cận các tài liệu và khóa học STEM tiên tiến (trực tiếp hoặc trực tuyến). Việc xây dựng cộng đồng giáo viên STEM năng động sẽ giúp lan tỏa những thực hành tốt, đồng thời hỗ trợ các giáo viên còn thiếu kinh nghiệm, qua đó nâng cao chất lượng giảng dạy trên diện rộng.

4.2.2. Tăng cường hợp tác với doanh nghiệp trong giáo dục STEM

Hợp tác với doanh nghiệp là giải pháp then chốt để khắc phục tình trạng thiếu nguồn lực và tăng tính thực tiễn trong giáo dục STEM ở trường phổ thông. Tuy nhiên, kết quả khảo sát cho thấy, mức độ hợp tác hiện nay còn rất hạn chế, chỉ có một tỉ lệ nhỏ (20,83%) ý kiến đánh giá rằng, các trường đang có hợp tác hiệu quả với doanh nghiệp (xem Bảng 1). Trong bối cảnh chuyển đổi số và yêu cầu cấp thiết về phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, sự liên kết chặt chẽ giữa nhà trường và doanh nghiệp sẽ giúp chương trình giáo dục STEM bám sát thực tế, đồng thời huy động được nhiều nguồn lực hỗ trợ cần thiết. Trước hết, doanh nghiệp đặc biệt là các công ty công nghệ, có thể hỗ trợ hiệu quả cho các trường phổ thông về cơ sở vật chất và công nghệ phục vụ triển khai STEM. Kết quả phỏng vấn cho thấy, nhiều trường trung học phổ thông hiện nay vẫn còn thiếu hụt nghiêm trọng trang thiết bị hiện đại để tổ chức các hoạt động STEM. Trong trường hợp này, sự tài trợ từ các doanh nghiệp sẽ mang lại lợi ích thiết thực. Các công ty có thể hỗ trợ trường học thông qua việc cung cấp thiết bị thí nghiệm tiên tiến, chẳng hạn bộ kit robot lập trình, các phần mềm giáo dục hoặc nền tảng học trực tuyến tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI). Nhờ vậy, học sinh sẽ được tiếp cận các công nghệ

mới nhất, tăng cường trải nghiệm thực hành, làm quen sớm với công nghệ và quy trình sản xuất hiện đại, từ đó chuẩn bị tốt hơn cho môi trường làm việc thực tế trong tương lai.

Bên cạnh việc hỗ trợ cơ sở vật chất, doanh nghiệp cũng đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng lực cho giáo viên và học sinh thông qua các hoạt động phối hợp đào tạo và tập huấn. Nhiều doanh nghiệp hiện nay sẵn sàng tổ chức các khóa đào tạo ngắn hạn, hội thảo chuyên đề về các công nghệ mới như IoT, phân tích dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo, nhằm giúp giáo viên cập nhật những kiến thức thực tế từ ngành công nghiệp. Ví dụ, một công ty công nghệ có thể tổ chức các workshop chuyên sâu về ứng dụng AI trong giảng dạy, hướng dẫn giáo viên cách sử dụng các công cụ AI để cá nhân hóa nội dung học tập cho học sinh. Khi giáo viên được nâng cao trình độ chuyên môn và kỹ năng công nghệ, họ sẽ tự tin hơn trong việc triển khai các dự án STEM phức tạp, dẫn dắt học sinh khám phá những chủ đề mới mẻ và thú vị.

Đối với học sinh, hợp tác với doanh nghiệp mở ra nhiều cơ hội để các em có thể trải nghiệm thực tế và ứng dụng các kiến thức đã học vào thực tiễn. Các trường có thể phối hợp với doanh nghiệp địa phương tổ chức cho học sinh tham quan nhà máy, xí nghiệp, hoặc tham gia các chương trình thực tập hướng nghiệp. Thông qua các hoạt động này, học sinh có cơ hội quan sát trực tiếp các quy trình công nghệ và nhận thức rõ hơn mối liên hệ giữa lý thuyết và thực tiễn sản xuất, kinh doanh. Chẳng hạn, một doanh nghiệp về năng lượng tái tạo đã mời học sinh Trường Trung học phổ thông Đức Trọng tham gia buổi học ngoại khóa về năng lượng mặt trời. Trong hoạt động này, các em không chỉ tìm hiểu về nguyên lý hoạt động của pin Mặt Trời mà còn trực tiếp thực hành lắp ráp một hệ thống điện mặt trời cỡ nhỏ, qua đó củng cố kiến thức Vật lý, rèn luyện kỹ năng làm việc nhóm và giải quyết vấn đề thực tiễn.

Ngoài ra, doanh nghiệp cũng đóng vai trò quan trọng trong việc tài trợ và tổ chức các cuộc thi STEM cho học sinh. Những cuộc thi về lập trình, thiết kế robot hoặc sáng tạo khoa học do doanh nghiệp hỗ trợ sẽ tạo động lực học tập mạnh mẽ, giúp học sinh áp dụng các kiến thức vào việc giải quyết các bài toán cụ thể, phát triển tư duy sáng tạo và kỹ năng thuyết trình, làm việc dưới áp lực. Qua các cuộc thi, doanh nghiệp còn có cơ hội phát hiện và bồi dưỡng tài năng trẻ, đồng thời xây dựng hình ảnh và mối quan hệ tốt đẹp với cộng đồng.

Tuy nhiên, để hợp tác giữa trường học và doanh nghiệp phát huy hiệu quả lâu dài, cần chú ý một số thách thức như sự khác biệt về mục tiêu giữa hai bên. Nhà trường hướng tới mục tiêu giáo dục toàn diện, còn doanh nghiệp thường chú trọng lợi nhuận. Để dung hòa vấn đề này, hai bên cần xây dựng các mục tiêu chung rõ ràng, cụ thể hóa trong các thỏa thuận hợp tác về trách nhiệm và quyền lợi mỗi bên. Bên cạnh đó, sự hỗ trợ từ phía nhà nước và các tổ chức phi chính phủ cũng rất quan trọng trong việc khuyến khích doanh nghiệp tham gia vào giáo dục. Chính phủ có thể đưa ra các cơ chế ưu đãi về thuế hoặc vinh danh những đơn vị đóng góp tích cực cho giáo dục STEM.

Như vậy, tăng cường hợp tác với doanh nghiệp là hướng đi chiến lược hiệu quả nhằm nâng cao chất lượng giáo dục STEM tại trường phổ thông trong thời đại số, giúp học sinh có được những trải nghiệm học tập đa dạng và đáp ứng yêu cầu nguồn nhân lực chất lượng cao cho tương lai.

4.2.3. Xây dựng hệ sinh thái giáo dục đổi mới hỗ trợ triển khai STEM

Bên cạnh các giải pháp cụ thể về chương trình và hợp tác với các doanh nghiệp, một định hướng tổng thể quan trọng là xây dựng hệ sinh thái giáo dục đổi mới nhằm hỗ trợ triển khai hiệu quả giáo dục STEM trong bối cảnh chuyển đổi số. Hệ sinh thái này tích hợp đồng bộ nhiều yếu tố gồm công nghệ, nội dung, con người, cơ sở vật chất và chính sách, qua đó hình thành môi trường học tập hiện đại, toàn diện, giúp giáo dục STEM phát huy tối đa tác dụng.

Thứ nhất, hệ sinh thái cần được trang bị đầy đủ công nghệ hiện đại ở tất cả các khâu của quá trình dạy và học. Các công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), thực tế ảo và tăng cường (VR/AR), Internet vạn vật (IoT) và phân tích dữ liệu lớn (Big Data) sẽ góp phần nâng cao đáng kể chất lượng giáo dục STEM. Cụ thể, AI có thể cá nhân hóa việc học, tự động phân tích năng lực và tiến độ của từng học sinh, qua đó đề xuất nội dung phù hợp. Công nghệ VR/AR giúp học sinh khám phá kiến thức khoa học trong môi trường ảo trực quan, sinh động, thực hành các thí nghiệm hoặc tiếp cận các mô hình mà điều kiện lớp học truyền thống khó thực hiện. IoT cho phép kết nối các thiết bị thông minh như cảm biến, robot, giúp học sinh tiến hành các dự án STEM tương tác trực tiếp. Ngoài ra, ứng dụng Big Data còn giúp giáo viên giám sát, đánh giá chi tiết việc học tập của học sinh để phát hiện và xử lý kịp thời những điểm yếu, nâng cao hiệu quả giảng dạy.

Thứ hai, hệ sinh thái phải bảo đảm sự kết nối giữa lý thuyết và thực hành, hướng tới phương pháp học tập trải nghiệm và ứng dụng thực tiễn (Learning by doing). Mỗi chủ đề STEM nên gắn với một hoạt động thực hành cụ thể để học sinh thấy rõ tính ứng dụng của kiến thức. Chẳng hạn, học sinh có thể tham gia các dự án thực tế như thiết kế hệ thống lọc tận dụng nước ao hồ để người dân sinh hoạt cơ bản hoặc xây dựng mô hình pin năng lượng Mặt Trời nhỏ gọn. Để làm được điều này, các trường cần đầu tư xây dựng các phòng thí nghiệm STEM hiện đại, thư viện học liệu số và không gian sáng tạo (Makerspace) giúp học sinh thực hành các dự án, phát huy khả năng sáng tạo và giải quyết vấn đề thực tiễn.

Thứ ba, hệ sinh thái nhấn mạnh vai trò trung tâm của giáo viên và học sinh. Giáo viên không chỉ truyền đạt kiến thức mà còn đóng vai trò hướng dẫn, cố vấn học sinh trong các dự án STEM. Do đó, cần có chương trình đào tạo, bồi dưỡng thường xuyên về kiến thức liên ngành và kỹ năng sử dụng công nghệ mới cho giáo viên. Với học sinh, cần tạo điều kiện để các em chủ động tham gia vào việc thiết kế và thực hiện các dự án, giúp các em cảm thấy hứng thú, gắn bó hơn với việc học.

Thứ tư, hệ sinh thái cần xây dựng sự hợp tác bền vững giữa trường học với doanh nghiệp, viện nghiên cứu và trường đại học để tận dụng các nguồn lực bên ngoài. Những đối tác này sẽ hỗ trợ nhà trường về cơ sở vật chất, chuyên môn và tạo cơ hội thực hành thực tế cho học sinh. Nhà nước đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng cơ chế, chính sách ưu đãi, hỗ trợ tài chính và giám sát để đảm bảo tính bền vững và hiệu quả lâu dài của hệ sinh thái STEM, từ đó thúc đẩy đổi mới sáng tạo, góp phần phát triển kinh tế trong kỉ nguyên số.

5. Bàn luận

Kết quả nghiên cứu đã tiếp tục khẳng định tính cấp thiết của giáo dục STEM gắn với chuyển đổi số, tương tự các phát hiện trước đây (Ortiz-Revilla et al., 2021; Subasman & Aliyyah, 2023) về vai trò của STEM trong phát triển kĩ năng thế kỉ XXI. Tuy nhiên, so với những nghiên cứu trước thường chỉ dừng lại ở việc đề cập chung đến rào cản hay giải pháp triển khai, công trình này sử dụng phương pháp hỗn hợp với đối tượng khảo sát đa dạng (học sinh, giáo viên, cán bộ quản lí) tại các trường ở hai tỉnh có đặc thù kinh tế - xã hội khác nhau, từ đó mang lại góc nhìn chi tiết hơn về những khó khăn thực tế khi đưa STEM vào giảng dạy dưới tác động của chuyển đổi số.

Một đóng góp mới của nghiên cứu là làm rõ

khoảng cách giữa nhận thức tích cực về STEM (chiếm đa số ý kiến) và tỉ lệ khá thấp trường trung học phổ thông triển khai chương trình STEM hiệu quả. Qua so sánh với các nghiên cứu trong nước (Do & Pham, 2021; Tuong et al., 2023), kết quả lần này nhấn mạnh cụ thể hơn về hạn chế trong điều kiện cơ sở vật chất, năng lực giáo viên và đặc biệt là hợp tác doanh nghiệp còn mờ nhạt - yếu tố chưa được đề cập sâu trong các báo cáo trước. Ngoài ra, nghiên cứu cũng củng cố lo ngại của Rodrigues và cộng sự (2023) về nguy cơ “sao chép” máy móc mô hình STEM mà không điều chỉnh cho phù hợp với bối cảnh địa phương.

Xét về hàm ý ứng dụng, nghiên cứu không chỉ gợi ý những giải pháp mang tính tổng thể (đào tạo giáo viên, nâng cấp hạ tầng, hợp tác doanh nghiệp...) mà còn chỉ ra các hành động cụ thể có thể triển khai ngay trong phạm vi trường học và địa phương. Ví dụ, các trường có thể: phân bổ lại ngân sách để trang bị tối thiểu thiết bị thí nghiệm và các gói công nghệ cơ bản (máy tính có cấu hình phù hợp, đường truyền ổn định, gói phần mềm thí nghiệm ảo...); tổ chức khóa bồi dưỡng giáo viên theo mô-đun phối hợp với các cơ sở đào tạo sư phạm, trong đó tập trung chủ đề công nghệ số (IoT, AI cơ bản, an toàn thông tin ...) và phương pháp giảng dạy liên môn; thiết lập cơ chế hợp tác với doanh nghiệp ở địa phương thông qua các hội thảo thường niên, trong đó doanh nghiệp và nhà trường cùng thống nhất chương trình tài trợ, thực tập hoặc cuộc thi STEM cho học sinh; xây dựng câu lạc bộ hoặc nhóm dự án STEM có sự tham gia của học sinh, giáo viên và cả đại diện doanh nghiệp/nhà khoa học, qua đó tạo sân chơi thường xuyên để học sinh thực hành và nghiên cứu (Ví dụ, nông nghiệp công nghệ cao, quản lý tài nguyên nước ...).

Trong tương lai, để nâng tầm kết quả nghiên cứu và thúc đẩy ứng dụng bền vững, cần tiến hành thêm các nghiên cứu can thiệp (Intervention studies) để kiểm chứng hiệu quả của từng giải pháp công nghệ (AI, VR/AR, IoT...) đối với năng lực STEM của học sinh. Việc đo lường một cách định lượng sự chuyển biến về kết quả tập, kĩ năng sáng tạo hay tư duy phản biện trước và sau quá trình can thiệp sẽ giúp tạo ra dẫn chứng khoa học thuyết phục, hỗ trợ các nhà quản lý giáo dục ra quyết sách về đầu tư, chính sách và nhân sự. Cuối cùng, hướng tới xây dựng hệ sinh thái STEM toàn diện với sự đồng hành của cộng đồng, doanh nghiệp, các trường đại học/sở nghiên cứu, chính quyền địa phương sẽ là chìa khóa để giáo dục STEM tại Việt Nam vừa mở rộng quy mô vừa nâng cao chất lượng, đáp ứng yêu cầu hội nhập quốc tế trong bối cảnh số hóa.

6. Kết luận

Nghiên cứu này cung cấp một cái nhìn toàn diện về mối liên hệ giữa giáo dục STEM và quá trình chuyển đổi số bậc trung học phổ thông, từ đó góp phần thu hẹp khoảng cách giữa nhận thức và thực tiễn triển khai giáo dục STEM tại Việt Nam. Thông qua phương pháp nghiên cứu hỗn hợp, bài viết không chỉ tái khẳng định vai trò thiết yếu của giáo dục STEM trong việc phát triển tư duy sáng tạo và năng lực giải quyết vấn đề cho học sinh mà còn chỉ rõ những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả thực hiện như cơ sở vật chất, trình độ đào tạo giáo viên và mức độ hợp tác giữa nhà trường với doanh nghiệp. Điểm nổi bật so với các công trình nghiên cứu trước đây là sự tập trung cụ thể vào việc lồng ghép công nghệ số vào chương trình STEM, qua đó chỉ rõ mức độ sẵn sàng cũng như các khó khăn cụ thể trong từng khâu vận hành ở bối cảnh giáo dục Việt Nam hiện nay.

Về đóng góp thực tiễn, kết quả nghiên cứu đã làm rõ các rào cản quan trọng đối với tính bền vững của giáo dục STEM, đặc biệt là hạ tầng công nghệ chưa đầy đủ, năng lực giáo viên chưa đồng đều và sự thiếu liên kết chặt chẽ với doanh nghiệp. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đề xuất các giải pháp thiết thực như xây dựng chương trình học tích hợp liên môn có ứng dụng công nghệ, hình thành cộng đồng chuyên môn giáo viên STEM, thúc đẩy sự hợp tác bền vững giữa trường học và doanh nghiệp, đồng thời ứng dụng mô hình học tập trải nghiệm gắn với các dự án thực tiễn địa phương. Ngoài ra, nghiên cứu cũng khuyến nghị các nhà trường và cơ quan quản lý cần tích cực đầu tư vào hệ sinh thái giáo dục STEM, kết hợp nhiều giải pháp hỗ trợ đồng bộ từ chính sách nhà nước, sự đồng hành của doanh nghiệp và tham gia tích cực từ phía cộng đồng.

Để thúc đẩy hiệu quả trong tương lai, nghiên cứu đưa ra khuyến nghị triển khai các nghiên cứu can thiệp nhằm thử nghiệm các mô hình giáo dục STEM tích hợp công nghệ tiên tiến như AI, VR/AR, IoT trong nhiều điều kiện khác nhau nhằm đánh giá khách quan và cụ thể tác động tới kĩ năng sáng tạo và năng lực giải quyết vấn đề của học sinh. Đồng thời, xây dựng các cơ chế quan sát và đo lường dài hạn chất lượng giáo dục STEM cũng như đề xuất xây dựng khung hợp tác công - tư rõ ràng giúp trường học thiết lập các mối quan hệ hợp tác ổn định, đảm bảo cập nhật liên tục công nghệ và phương pháp giảng dạy mới. Qua đó, giáo dục STEM sẽ không chỉ trao kiến thức liên môn và kĩ năng số mà còn tạo nền tảng đổi mới sáng tạo và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế dài hạn, đáp ứng hiệu quả yêu cầu cạnh tranh toàn cầu.

Tài liệu tham khảo

- Barzallo, J. G. H., Dávila, C. A. H., Sánchez, I. V. M. D. O., Sánchez, J. C., & Marín, H. J. V. (2024). *Educación STEM: Preparando Estudiantes para la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas*. <https://doi.org/10.70180/978-9942-7273-4-3>.
- Bazhenov, R. (2022). Stem approaches in teaching students to design electronic learning resources. *The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2022.06.56>.
- Do, T., & Pham, L. T. K. (2021). Digital transformation in STEAM education at the Vietnamese secondary school in the new normal. <https://doi.org/10.1145/3468978.3468996>.
- Hieu, N. T., Huy, L. M., Phat, H. M., Anh, N. N. P., & Wong, W.-K. (2020). *Decision sciences in education: The STEMtech model to create stem products at high schools in Vietnam*. *Advances in Decision Sciences*.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2014). *Experiential learning theory: Previous research and new directions*. <https://doi.org/10.4324/9781410605986-9>.
- Khalid, I. L., Abdullah, M. N. S., & Fadzil, H. M. (2024). A systematic review: Digital learning in STEM education. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.37934/araset.51.1.98115>.
- Lehane, L. (2020). Experiential learning—David A. Kolb. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_17.
- Maj, S. (2022). A practical new 21st century learning theory for significantly improving STEM learning outcomes at all educational levels. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11510>.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriassecq, I. (2021). A theoretical framework for integrated STEM education. *Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>.
- Penprase, B. E. (2020). Theories of teaching and learning. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41633-1_3.
- Piddiachyi, S. (2022). Stem education as an innovative means of increasing students' creative potential. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Pedagogy. Social Work*, 2(51), 108–112. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2022.51.108-112>.
- Rahmi, W. (2024). Analytical study of experiential learning: Experiential learning theory in learning activities. *Edukasia*. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v5i2.1113>.
- Rodrigues, A. M., Camillo, J., & Mattos, C. R. de. (2023). *STEM and its roots and branches: Critical reflections from cultural-historical activity theory*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44377-0_1.
- Stracke, C. M., Dijk, G. V., Daneniene, J., Kelmelyte, V., Lisdat, F., Wesolowski, A., Barreiros, A., Baltazar, R., Simoens, W., Desutter, J., Pascoal, A., Rimkevičė, A., Spatafora, M., Cotovanu, A. M., & Spatafora, A. (2019). *Learn STEM: The pedagogical model for innovative STEM learning and teaching*.
- Subasman, I., & Aliyyah, R. R. (2023). The impact of technological transformation on career choices in the STEM sector. *Jurnal Kebijakan dan Pengembangan Pendidikan*, 1(2). <https://doi.org/10.61397/jkpp.v1i2.94>.
- Tuong, D. H., Tran, T.-B., & Nguyen, D. T. (2023). *Digital transformation for Vietnam education: From policy to school practices*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37387-9_20.
- Zizikova, S. I., Nikolaev, P. P., & Levchenko, A. (2023). Digital transformation in education. *E3S Web of Conferences*, 381, 02036. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338102036>.