

SỬ DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG QUY TRÌNH THIẾT KẾ KỸ THUẬT STEM NHẪM PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ CỦA HỌC SINH THPT

Bùi Thi Thu Trà

Email: trafbui@gmail.com

Trường THPT Lương Sơn, Phú Thọ

Lê Chí Nguyễn

Email: lechinguyen@vnu.edu.vn

Trường ĐHQG, ĐHQG Hà Nội

Tóm tắt: Nghiên cứu này khảo sát vai trò của trí tuệ nhân tạo (AI) như một công cụ hỗ trợ nhận thức trong quy trình thiết kế kỹ thuật STEM nhằm phát triển năng lực giải quyết vấn đề của học sinh THPT. AI không được sử dụng để tạo đáp án tự động mà chỉ được tích hợp ở hai giai đoạn quan trọng: (1) so sánh và lựa chọn phương án thiết kế; (2) cải tiến nguyên mẫu sau thử nghiệm. Nghiên cứu sử dụng thiết kế thực nghiệm đối chứng trước – sau với 124 học sinh tham gia hoạt động STEM “Chế tạo động cơ điện một chiều đơn giản”. Dữ liệu được thu thập bằng rubric đánh giá năng lực giải quyết vấn đề, năng lực thực hiện thiết kế kỹ thuật và năng lực cải tiến nguyên mẫu. Kết quả cho thấy nhóm thực nghiệm đạt kết quả cao hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm đối chứng ở tất cả các tiêu chí đánh giá. AI hỗ trợ học sinh phân tích phương án thiết kế, phân tư kỹ thuật và cải tiến nguyên mẫu dựa trên minh chứng thực nghiệm thay vì suy luận cảm tính. Nghiên cứu đề xuất mô hình tích hợp AI trong giáo dục STEM theo định hướng hỗ trợ suy luận kỹ thuật, tư duy phản biện và giải quyết vấn đề.

Từ khóa: AI hỗ trợ nhận thức; giáo dục STEM; quy trình thiết kế kỹ thuật; năng lực giải quyết vấn đề; phân tư kỹ thuật.

UTILIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN STEM ENGINEERING DESIGN PROCESSES TO DEVELOP PROBLEM-SOLVING SKILLS IN HIGH SCHOOL STUDENTS

Abstract: This study investigated the role of artificial intelligence (AI) as cognitive scaffolding within the STEM Engineering Design Process (EDP) to develop high school students' problem-solving competence. AI was not used as an automatic answer generator but was integrated only at two critical stages: (1) comparing and selecting design alternatives and (2) improving prototypes after testing. A quasi-experimental pretest-posttest control-group design was conducted with 124 students participating in the STEM activity “Designing a Simple Direct Current Motor.” Data were collected using performance-based rubrics to assess problem-solving competence, engineering design performance, and prototype improvement competence. The results indicated that the experimental group significantly outperformed the control group across all assessment dimensions. AI supports students in analyzing design alternatives, engaging in reflective engineering reasoning, and improving prototypes based on experimental evidence rather than intuitive judgments. This study proposes a pedagogically controlled framework for integrating AI into STEM education to enhance engineering reasoning, critical thinking, and problem-solving competence.

Keywords: cognitive AI scaffolding; STEM education; engineering design process; problem-solving competence; reflective engineering reasoning.

Nhận bài: 10/4/2026

Phản biện: 25/5/2026

Duyệt đăng: 28/5/2026

I. GIỚI THIỆU

Giáo dục STEM hiện nay ngày càng nhấn mạnh việc phát triển năng lực giải quyết vấn đề, tư duy kỹ thuật, sáng tạo và tư duy bậc cao của học sinh thông qua các hoạt động học tập gắn với thực tiễn (Bybee, 2010; Honey et al., 2014). Trong định hướng này, quy trình thiết kế kỹ thuật (Engineering Design Process – EDP) được xem là một khung dạy học cốt lõi vì cho phép học sinh tham gia vào các hoạt động xác định vấn đề, đề xuất giải pháp, chế tạo nguyên mẫu, kiểm tra và cải tiến sản phẩm thông qua quá trình suy luận lặp (Dym et al., 2005; National Research Council, 2012). Thay vì chỉ tiếp thu kiến thức một cách thụ động, học sinh phải vận dụng kiến thức liên môn để đưa ra các quyết định thiết kế và giải quyết các vấn đề thực tiễn.

Mặc dù EDP có nhiều giá trị trong giáo dục STEM, việc triển khai hiệu quả quy trình này trong dạy học thực tế vẫn còn nhiều khó khăn. Học sinh thường có thể chế tạo nguyên mẫu ban đầu nhưng gặp hạn chế trong việc phân tích điểm yếu kỹ thuật, đánh giá các phương án thiết kế và cải tiến sản phẩm dựa trên kết quả thử nghiệm. Khó khăn này đặc biệt rõ ở giai đoạn cải tiến thiết kế (redesign), nơi học sinh cần kết nối dữ liệu thử nghiệm với suy luận kỹ thuật để điều chỉnh sản phẩm một cách hợp lý (Kolodner et al., 2003; Crismond & Adams, 2012). Trong nhiều hoạt động STEM, học sinh có xu hướng tập trung vào việc hoàn thành sản phẩm hơn là thực hiện quá trình phân tư và cải tiến liên tục. Điều này làm

cho hoạt động STEM trở nên thiên về sản phẩm thay vì phát triển tư duy kỹ thuật và suy luận giải quyết vấn đề. Ngoài ra, khi phải đồng thời xử lý kiến thức khoa học, quyết định thiết kế và đánh giá nguyên mẫu, học sinh dễ gặp quá tải nhận thức trong quá trình học tập (Sweller, 1988).

Sự phát triển nhanh chóng của trí tuệ nhân tạo, đang mở ra nhiều cơ hội mới cho việc hỗ trợ học tập thích ứng trong giáo dục. AI hội thoại có khả năng cung cấp phản hồi tức thời, gợi ý suy luận, đặt câu hỏi phản tư và hỗ trợ học sinh trong các hoạt động học tập phức hợp (Kasneci et al., 2023; Dwivedi et al., 2023). Theo quan điểm nhận thức phân tán (distributed cognition), các công cụ công nghệ có thể đóng vai trò như nguồn lực nhận thức bên ngoài giúp mở rộng quá trình suy luận và ra quyết định của người học (Hutchins, 1995). Trong giáo dục STEM, AI có thể hỗ trợ học sinh phân tích các phương án thiết kế, xác định lỗi kỹ thuật và cải tiến nguyên mẫu thông qua các tương tác mang tính phản hồi.

Tuy nhiên, phần lớn các ứng dụng AI trong giáo dục hiện nay chủ yếu tập trung vào tìm kiếm thông tin, trả lời tự động hoặc cung cấp đáp án nhanh. Trong nhiều trường hợp, học sinh sử dụng AI như công cụ tạo đáp án thay vì công cụ hỗ trợ suy luận và phân biện kỹ thuật. Điều này có thể làm giảm cơ hội phát triển tư duy độc lập và suy luận giải quyết vấn đề của học sinh trong các hoạt động thiết kế kỹ thuật. Đặc biệt, các nghiên cứu về vai trò của AI như công cụ hỗ trợ nhận thức trong quy trình thiết kế kỹ thuật STEM, nhất là ở giai đoạn đánh giá và cải tiến nguyên mẫu, vẫn còn hạn chế (Zawacki-Richter et al., 2019; Holmes et al., 2019).

Nghiên cứu này xem AI không phải là công cụ tạo lời giải tự động mà là công cụ hỗ trợ nhận thức được tích hợp vào quy trình thiết kế kỹ thuật STEM. Cụ thể, AI chỉ được sử dụng ở hai giai đoạn quan trọng gồm: (1) so sánh và lựa chọn phương án thiết kế; (2) cải tiến nguyên mẫu sau thử nghiệm. Trong mô hình này, AI hỗ trợ học sinh phân tích tính khả thi của thiết kế, xác định lỗi kỹ thuật và điều chỉnh nguyên mẫu mà không thay thế hoạt động tư duy và ra quyết định của học sinh. Nghiên cứu tập trung xem xét ảnh hưởng của AI hỗ trợ nhận thức đối với:

H1. Năng lực thực hiện thiết kế kỹ thuật;

H2. Năng lực cải tiến nguyên mẫu của học sinh trong các hoạt động STEM.

Kết quả nghiên cứu này bước đầu đánh giá tính khả thi của một khung tích hợp AI trong giáo dục STEM theo định hướng hỗ trợ tư duy thiết kế kỹ thuật và phản tư của học sinh.

II. CƠ SỞ LÝ LUẬN

2.1. Quy trình thiết kế kỹ thuật trong giáo dục STEM

Quy trình thiết kế kỹ thuật (Engineering Design Process – EDP) được xem là thành phần cốt lõi của giáo dục STEM nhằm giúp học sinh giải quyết các vấn đề thực tiễn thông qua hoạt động thiết kế, thử nghiệm và cải tiến sản phẩm kỹ thuật (Dym et al., 2005; National Research Council, 2012). Theo Dym và cộng sự (2005), EDP là một quá trình giải quyết vấn đề mang tính lặp, trong đó người học phải liên tục xác định yêu cầu, đề xuất giải pháp, đánh giá tính khả thi và điều chỉnh thiết kế dựa trên kết quả thử nghiệm. Không giống các hoạt động học tập tái hiện kiến thức, EDP đòi hỏi học sinh huy động kiến thức liên môn, suy luận kỹ thuật và tư duy phản biện để đưa ra các quyết định thiết kế phù hợp (Crismond & Adams, 2012). Vì vậy, EDP không chỉ hướng tới việc tạo ra sản phẩm mà còn đóng vai trò quan trọng trong phát triển năng lực giải quyết vấn đề và tư duy kỹ thuật của học sinh.

Theo quan điểm của lý thuyết hỗ trợ nhận thức (cognitive scaffolding), người học có thể thực hiện hiệu quả các nhiệm vụ phức hợp khi nhận được sự hỗ trợ phù hợp trong quá trình học tập (Wood et al., 1976). Dựa trên lý thuyết kiến tạo xã hội của Vygotsky (1978), hỗ trợ nhận thức giúp học sinh phát triển tư duy thông qua các tương tác định hướng và phản hồi phù hợp trong “vùng phát triển gần”. Trong giáo dục STEM, hỗ trợ nhận thức đặc biệt quan trọng vì quy trình thiết kế kỹ thuật đòi hỏi học sinh phải lập kế hoạch, theo dõi, đánh giá và điều chỉnh quá trình giải quyết vấn đề. Các nghiên cứu tổng quan gần đây cho thấy hỗ trợ nhận thức bằng công nghệ có thể cải thiện chất lượng suy luận, mức độ tham gia học tập và năng lực giải quyết vấn đề của học sinh trong môi trường STEM (Belland et al., 2017).

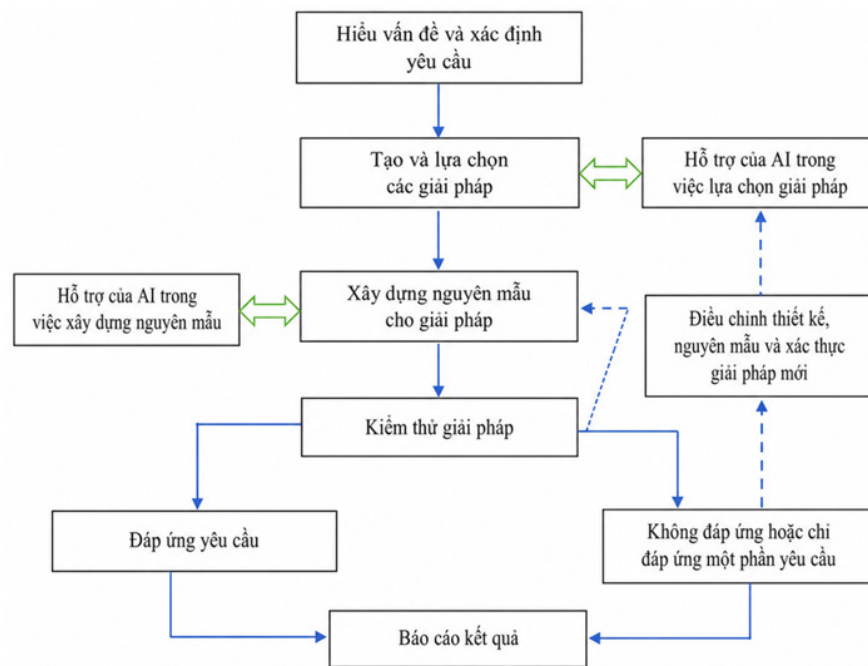
Sự phát triển nhanh chóng của trí tuệ nhân tạo AI, đang mở ra nhiều cơ hội mới cho việc hỗ trợ học tập thích ứng trong giáo dục. AI hội thoại có khả năng cung cấp phản hồi tức thời, gợi ý suy luận, đặt câu hỏi phản tư và hỗ trợ học sinh trong các hoạt động học tập phức hợp (Kasneci et al., 2023; Dwivedi et al., 2023).

Theo quan điểm nhận thức phân tán (distributed cognition), các công cụ công nghệ có thể đóng vai trò như nguồn lực nhận thức bên ngoài giúp mở rộng quá trình suy luận và ra quyết định của người học (Hutchins, 1995). Trong giáo dục STEM, AI có thể hỗ trợ học sinh phân tích các phương án thiết kế, xác định lỗi kỹ thuật và cải tiến nguyên mẫu thông qua các tương tác phản hồi mang tính đối thoại và phản tư. Tuy nhiên, phần lớn các ứng dụng AI trong giáo dục hiện nay vẫn chủ yếu tập trung vào tìm kiếm thông tin hoặc cung cấp đáp án tự động hơn

là hỗ trợ iterative engineering reasoning trong EDP (Holmes et al., 2019; Zawacki-Richter et al., 2019).

2.2. Mô hình AI- EDP trong giáo dục STEM

Trong nghiên cứu này, AI được tích hợp trực tiếp vào quy trình thiết kế kỹ thuật STEM ở hai giai đoạn quan trọng: (1) đề xuất và lựa chọn giải pháp; (2) chế tạo và cải tiến nguyên mẫu. Mô hình AI-supported EDP được xây dựng dựa trên các nghiên cứu của Dym và cộng sự, Kolodner và National Research Council về quy trình thiết kế kỹ thuật trong giáo dục STEM.



Hình 1. AI- EDP trong giáo dục STEM

(Dym et al., 2005; Kolodner, 2002; National Research Council, 2012).

Mô hình bắt đầu từ hoạt động xác định vấn đề và yêu cầu thiết kế. Ở giai đoạn này, học sinh phân tích nhiệm vụ, xác định tiêu chí sản phẩm và các ràng buộc thiết kế. Sau đó, học sinh chuyển sang giai đoạn đề xuất và lựa chọn giải pháp với sự hỗ trợ của AI. AI hỗ trợ học sinh mở rộng ý tưởng thiết kế, gợi ý các phương án khác nhau và phân tích ưu nhược điểm của từng giải pháp. Thông qua các phản hồi mang tính gợi mở, AI giúp học sinh xem xét vấn đề dưới nhiều góc độ khác nhau thay vì lựa chọn giải pháp theo trực giác.

Sau khi lựa chọn giải pháp, học sinh tiến hành chế tạo nguyên mẫu. Trong giai đoạn này, AI tiếp tục hỗ trợ thông qua việc gợi ý vật liệu, cấu trúc thiết kế và cách tối ưu hóa sản phẩm. Khi nguyên

mẫu được hoàn thành, học sinh tiến hành thử nghiệm và đánh giá mức độ đáp ứng yêu cầu của sản phẩm. Nếu sản phẩm chưa đạt yêu cầu hoặc chỉ đáp ứng một phần yêu cầu, học sinh tiếp tục điều chỉnh và cải tiến thiết kế với sự hỗ trợ phản hồi từ AI trước khi thử nghiệm lại.

Mô hình AI- EDP trong giáo dục STEM, nhấn mạnh bản chất lặp của quá trình thiết kế kỹ thuật, trong đó hoạt động thử nghiệm – đánh giá – cải tiến được thực hiện liên tục nhằm tối ưu hóa sản phẩm. AI đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ nhận thức giúp học sinh phản tư, điều chỉnh chiến lược và đưa ra các quyết định thiết kế dựa trên phân tích và bằng chứng thay vì cảm tính.

Bảng 1. Hoạt động dạy học STEM có hỗ trợ AI trong quy trình thiết kế kỹ thuật

Giai đoạn EDP	Hoạt động của học sinh	Vai trò hỗ trợ của AI
Xác định vấn đề	Phân tích yêu cầu thiết kế, xác định tiêu chí sản phẩm	Học sinh tự xác định vấn đề và yêu cầu thiết kế
Đề xuất giải pháp	Đưa ra các ý tưởng thiết kế và lựa chọn phương án phù hợp	AI gợi ý ý tưởng, hỗ trợ phân tích ưu nhược điểm và lựa chọn giải pháp
Chế tạo nguyên mẫu	Thiết kế và chế tạo sản phẩm	AI gợi ý cách xây dựng nguyên mẫu và tối ưu hóa cấu trúc thiết kế
Thử nghiệm sản phẩm	Kiểm tra khả năng hoạt động của sản phẩm	Học sinh tự tiến hành thử nghiệm và đánh giá kết quả
Cải tiến thiết kế	Điều chỉnh và hoàn thiện sản phẩm sau thử nghiệm	Học sinh tự điều chỉnh thiết kế dựa trên kết quả thử nghiệm
Báo cáo kết quả	Trình bày sản phẩm và giải thích nguyên lý hoạt động	Học sinh tự báo cáo và phản tư quá trình thiết kế

2.3. Năng lực giải quyết vấn đề của học sinh trong giáo dục STEM

Năng lực giải quyết vấn đề được xem là một trong những năng lực cốt lõi của giáo dục STEM. Trong bối cảnh thiết kế kỹ thuật, năng lực này thể hiện ở khả năng xác định vấn đề, đề xuất giải pháp, thực hiện thiết kế, đánh giá kết quả và cải tiến sản phẩm dựa trên bằng chứng thực nghiệm. Không giống các bài toán có cấu trúc cố định, các vấn đề trong STEM thường mang tính mở và có nhiều phương án giải quyết khác nhau. Vì vậy, học sinh cần huy động kiến thức liên môn, tư duy phân biện và suy luận kỹ thuật để đưa ra quyết định phù hợp.

Trong nghiên cứu này, năng lực giải quyết vấn đề của học sinh được đánh giá thông qua các thành phần: (1) hiểu và phân tích vấn đề; (2) đề xuất và lựa chọn giải pháp; (3) thực hiện thiết kế và chế

tạo; (4) đánh giá kết quả thử nghiệm; (5) cải tiến sản phẩm. Các thành phần này phản ánh đầy đủ quá trình giải quyết vấn đề trong EDP và phù hợp với đặc trưng của giáo dục STEM.

Việc tích hợp AI vào EDP được giả định sẽ hỗ trợ học sinh phát triển năng lực giải quyết vấn đề thông qua việc tăng cường điều tiết siêu nhận thức, hỗ trợ suy luận kỹ thuật và thúc đẩy phản tư trong quá trình thiết kế. AI không thay thế hoạt động tư duy của học sinh mà đóng vai trò hỗ trợ nhận thức nhằm giúp học sinh đưa ra quyết định thiết kế hiệu quả hơn.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả

Nghiên cứu này đã khảo sát vai trò AI như một công cụ hỗ trợ nhận thức trong dạy học STEM theo quy trình thiết kế kỹ thuật EDP chủ đề: “Chế tạo động cơ điện một chiều đơn giản”



Hình 2. AI hỗ trợ thiết kế và cải tiến nguyên mẫu

Kết quả thực nghiệm (hình 2) cho thấy việc tích hợp AI trong các hoạt động STEM đã góp phần nâng cao năng lực giải quyết vấn đề, năng lực thực hiện thiết kế kỹ thuật và năng lực cải tiến nguyên mẫu của học sinh so với dạy học STEM thông thường. Trong chủ đề STEM này, AI chỉ được sử dụng ở hai giai đoạn gồm: So sánh các phương án thiết kế; Hỗ trợ cải tiến nguyên mẫu.

Ở giai đoạn đề xuất giải pháp, AI hỗ trợ học sinh phân tích và so sánh các phương án thiết kế dựa trên các tiêu chí như độ ổn định khi quay, ma sát của trục quay, khả năng chế tạo và hiệu quả hoạt động của mô hình. AI không đề xuất nguyên lý mới mà chỉ hỗ trợ phân tích ưu điểm và hạn chế của các phương án do học sinh đề xuất.

Ở giai đoạn cải tiến nguyên mẫu, AI hỗ trợ học sinh phân tích các lỗi kỹ thuật như rung lắc, tốc độ quay thấp hoặc tiếp xúc điện chưa ổn định. Từ kết quả thử nghiệm, AI gợi ý các điều chỉnh trên nguyên mẫu hiện có như cân bằng lại khung dây, giảm ma sát tại trục quay, điều chỉnh vị trí nam châm và cải thiện tiếp xúc điện.

Kết quả ở Bảng 2, AI hỗ trợ học sinh cải thiện đáng kể năng lực thực hiện thiết kế kỹ thuật ở tất cả các thành phần gồm đề xuất giải pháp, lựa chọn giải pháp và chế tạo nguyên mẫu. Điều này cho thấy AI có vai trò như một công cụ hỗ trợ suy luận kỹ thuật và ra quyết định trong quá trình thực hiện hoạt động STEM. Kết quả này phù hợp với giả thuyết H1.

Bảng 2. Kết quả năng lực thực hiện thiết kế kỹ thuật

Thành phần đánh giá	Nhóm thực nghiệm Mean ± SD	Nhóm đối chứng Mean ± SD	t	p
Đề xuất giải pháp	3.82 ± 0.48	3.21 ± 0.51	5.64	< .001
Lựa chọn giải pháp	3.76 ± 0.44	3.09 ± 0.55	6.08	< .001
Chế tạo nguyên mẫu	3.83 ± 0.46	3.17 ± 0.49	6.09	< .001
Tổng năng lực thiết kế kỹ thuật	3.80 ± 0.41	3.16 ± 0.45	6.85	< .001

Ngoài ra, kết quả ở Bảng 3, học sinh nhóm thực nghiệm có năng lực phân tích lỗi kỹ thuật, đề xuất điều chỉnh và cải tiến nguyên mẫu tốt hơn nhóm đối chứng. Điều này chứng tỏ AI có thể hỗ trợ hiệu quả quá trình phân tư kỹ thuật (tự đánh

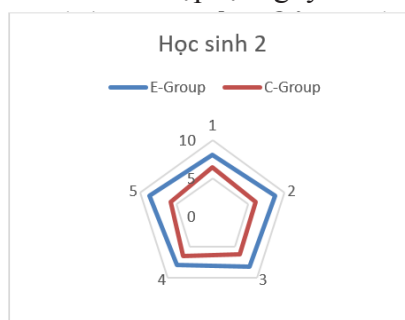
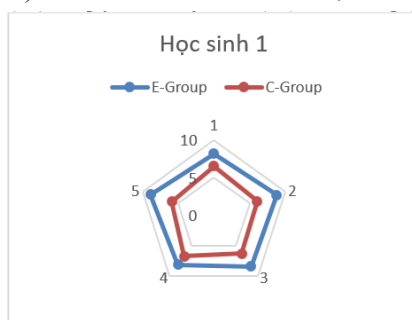
giá và điều chỉnh) trong dạy học STEM. Kết quả nghiên cứu xác nhận giả thuyết H2 và cho thấy AI không chỉ đóng vai trò cung cấp thông tin mà còn hỗ trợ học sinh trong quá trình đánh giá và cải tiến sản phẩm kỹ thuật.

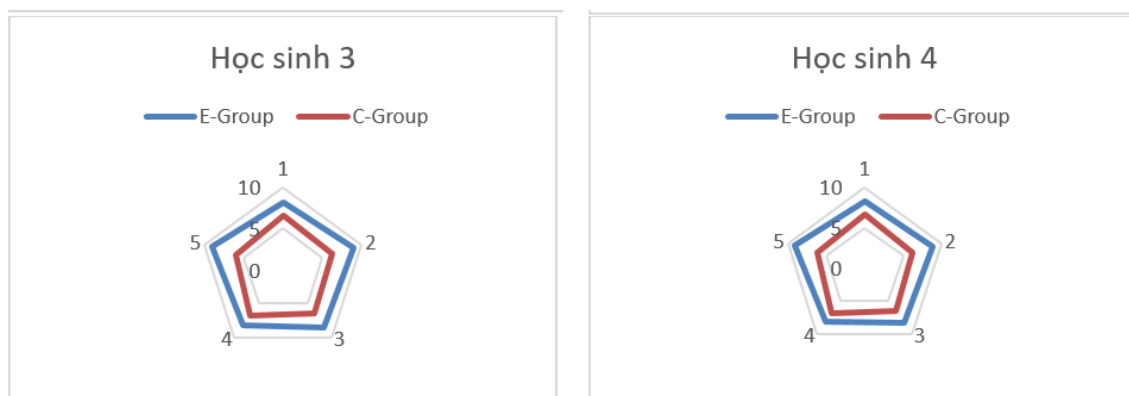
Bảng 3. Kết quả kỹ năng cải tiến nguyên mẫu

Tiêu chí	Nhóm thực nghiệm Mean ± SD	Nhóm đối chứng Mean ± SD	t	p
Phân tích lỗi kỹ thuật	3.71 ± 0.45	3.12 ± 0.50	5.38	< .001
Đề xuất điều chỉnh	3.65 ± 0.47	3.08 ± 0.52	5.12	< .001
Cải tiến nguyên mẫu	3.46 ± 0.51	3.09 ± 0.49	3.22	.002
Tổng năng lực	3.61 ± 0.43	3.09 ± 0.46	5.01	< .001

Để xem xét ảnh hưởng của AI hỗ trợ nhận thức đối với năng lực suy luận kỹ thuật, bốn học sinh đại diện được lựa chọn ngẫu nhiên từ nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng để so sánh bằng biểu đồ radar (Hình 2). Biểu đồ radar thể hiện năm

thành phần năng lực liên quan đến hoạt động STEM có hỗ trợ AI, bao gồm: hiểu yêu cầu thiết kế (S1), so sánh các phương án thiết kế (S2), ra quyết định kỹ thuật (S3), chế tạo nguyên mẫu (S4) và cải tiến lặp lại nguyên mẫu (S5).





Hình 2. Đồ thị kỹ năng của học sinh nhóm đối chứng E và nhóm thực nghiệm C

Hình 2 cho thấy nhóm thực nghiệm có diện tích biểu đồ radar lớn hơn đáng kể so với nhóm đối chứng ở tất cả các học sinh đại diện. Dựa trên ước lượng hình học, diện tích trung bình của biểu đồ radar ở nhóm thực nghiệm đạt khoảng 170,8 đơn vị tương đối, trong khi nhóm đối chứng chỉ đạt khoảng 94,2 đơn vị. Chênh lệch diện tích khoảng 76,6 đơn vị cho thấy học sinh trong nhóm có hỗ trợ AI phát triển được hồ sơ năng lực suy luận kỹ thuật toàn diện và cân bằng hơn.

Sự khác biệt lớn nhất được quan sát ở S2 (so sánh phương án thiết kế) và S5 (cải tiến lặp lại nguyên mẫu). Kết quả này cho thấy AI hỗ trợ nhận thức đặc biệt hiệu quả trong các giai đoạn có yêu cầu nhận thức cao của Quy trình thiết kế kỹ thuật (Engineering Design Process). Thông qua các tương tác phản tư với AI, học sinh có khả năng đánh giá tốt hơn các phương án thiết kế, xác định điểm hạn chế của nguyên mẫu và điều chỉnh thiết kế dựa trên minh chứng thử nghiệm. Ngược lại, nhóm đối chứng thể hiện kết quả thấp hơn ở các thành phần liên quan đến cải tiến nguyên mẫu, cho thấy dạy học STEM truyền thống có thể chưa hỗ trợ đầy đủ cho hoạt động đánh giá phản tư và cải tiến kỹ thuật mang tính lặp lại.

3.2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tích hợp AI theo hướng hỗ trợ nhận thức đã góp phần chuyển hoạt động STEM từ tiếp cận thiên về chế tạo sản phẩm sang tiếp cận nhấn mạnh suy luận kỹ thuật và phản tư trong quy trình thiết kế. Khác với việc sử dụng AI như công cụ tạo đáp án tự động, nghiên cứu này giới hạn vai trò của AI ở hai hoạt động: hỗ trợ so sánh phương án thiết kế và hỗ trợ cải tiến nguyên mẫu. Cách tiếp cận này giúp duy trì vai trò chủ thể của học sinh trong quá trình giải quyết vấn đề kỹ thuật.

Một điểm đáng chú ý là AI đặc biệt có ý nghĩa ở các giai đoạn học sinh thường gặp khó khăn trong EDP, nhất là đánh giá tính khả thi của giải pháp và cải tiến nguyên mẫu sau thử nghiệm. Trong nhiều hoạt động STEM truyền thống, học sinh thường dừng lại ở việc hoàn thành nguyên mẫu ban đầu mà chưa thực hiện đầy đủ quá trình phản tư. Kết quả nghiên cứu cho thấy AI có thể hỗ trợ học sinh phân tích vấn đề dưới nhiều góc độ kỹ thuật khác nhau và điều chỉnh thiết kế dựa trên bằng chứng thực nghiệm thay vì cảm tính. Điều này phù hợp với quan điểm của Crismond và Adams (2012) về tư duy phản biện, điều chỉnh thiết kế trong giáo dục STEM.

IV. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Nghiên cứu này cho thấy việc tích hợp AI như một công cụ hỗ trợ nhận thức trong quy trình thiết kế kỹ thuật STEM có tác động tích cực đến năng lực giải quyết vấn đề, tư duy kỹ thuật và năng lực cải tiến nguyên mẫu của học sinh. AI không đóng vai trò tạo lời giải tự động mà hỗ trợ học sinh phân tích phương án thiết kế, phản tư và điều chỉnh sản phẩm dựa trên kết quả thử nghiệm. Kết quả nghiên cứu góp phần khẳng định tiềm năng của AI hội thoại như một công cụ cognitive scaffolding trong giáo dục STEM. Nghiên cứu đã đề việc tích hợp AI trong giáo dục STEM cần được kiểm soát về mặt sự phạm và định hướng theo hỗ trợ suy luận kỹ thuật thay vì thay thế hoạt động tư duy của học sinh. Trong thực tiễn dạy học, giáo viên nên sử dụng AI ở các giai đoạn học sinh gặp khó khăn như phân tích giải pháp, đánh giá nguyên mẫu và iterative redesign nhằm tăng cường phản tư và giải quyết vấn đề trong hoạt động STEM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Belland, B. R., Walker, A. E., Kim, N. J., & Lefler, M. (2017). Synthesizing results from empirical research on computer-based scaffolding in STEM education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 87(2), 309–344. <https://doi.org/10.3102/0034654316670999>
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Crismond, D., & Adams, R. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x>
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. 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, 102642. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT Press.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>