THÀNH TỐ TOÁN HỌC TRONG BÀI HỌC STEM Ở TIỂU HỌC: KHẢO SÁT NHẬN THỨC CỦA GIÁO VIÊN VÀ PHÂN TÍCH SẢN PHẨM HỌC TẬP CỦA HỌC SINH

Trương Thu Thuỷ
Trường tiểu học Thanh Trì, xã Thanh Trì
Email: thuyrose97@gmail.com

Tóm tắt: *Công văn 909/BGDĐT-GDTH ngày 08/3/2023 xác định giáo dục STEM ở tiểu học là mô hình tiếp cận liên môn, giúp học sinh vận dụng kiến thức Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học vào giải quyết vấn đề thực tiễn. Tuy nhiên, do STEM không phải một môn học trong Chương trình giáo dục phổ thông 2018 nên không có yêu cầu cần đạt riêng; thành tố Toán học vì thế thiếu điểm neo để kiểm chứng mức độ tích hợp. Nghiên cứu khảo sát 103 giáo viên tiểu học đã tổ chức bài học STEM và phân tích 187 bộ sản phẩm học tập của học sinh gồm phiếu học tập và bản vẽ thiết kế. Bài viết đề xuất thang bốn mức tích hợp Toán học kèm phép thử loại bỏ làm tiêu chí phân định khách quan. Kết quả cho thấy 86,4% giáo viên đồng ý rằng Toán học là thành tố quan trọng, nhưng khi buộc phải xếp hạng bốn thành tố thì Toán học đứng cuối; phân tích sản phẩm xác nhận 77,5% số bộ chỉ đạt mức trang trí hoặc mức công cụ, chỉ 4,3% đạt mức tích hợp thực chất. Kết quả này tương hợp với phát hiện quốc tế rằng nhiệm vụ toán học trong bài học STEM tích hợp chủ yếu đòi hỏi mức độ tư duy thấp. Bài viết đồng thời chỉ ra một hệ quả phương pháp luận: thang Likert đơn lẻ không bộc lộ được thứ tự ưu tiên thực của giáo viên, trong khi kĩ thuật xếp hạng cưỡng bức làm được điều đó.*

Từ khoá: *giáo dục STEM; thành tố Toán học; tiểu học; Công văn 909/BGDĐT-GDTH; phép thử loại bỏ.*

THE MATHEMATICAL COMPONENT IN PRIMARY SCHOOL STEM LESSONS: A SURVEY OF TEACHERS' PERCEPTIONS AND AN ANALYSIS OF STUDENTS' LEARNING PRODUCTS

Abstract: *Official Letter No. 909/BGDDT-GDTH dated 8 March 2023 defines STEM education in Vietnamese primary schools as an interdisciplinary model enabling pupils to apply knowledge of Science, Technology, Engineering and Mathematics to solve practical problems. However, since STEM is not a subject within the 2018 General Education Curriculum, it has no learning outcomes of its own; the mathematics component therefore lacks any anchor against which the depth of integration can be verified. This study surveyed 103 primary teachers who had organised STEM lessons and analysed 187 sets of pupil work comprising worksheets and design drawings. The article proposes a four-level scale of mathematical integration together with a removal test as an objective discriminating criterion. Results show that 86.4% of teachers agreed that mathematics is an important component, yet when required to rank the four components, mathematics came last; analysis of pupil work confirmed that 77.5% of sets reached only the decorative or instrumental level, with just 4.3% attaining substantive integration. These findings align with international evidence that mathematical tasks within integrated STEM lessons demand mainly low levels of cognitive thinking. The article also identifies a methodological implication: a stand-alone Likert scale does not reveal teachers' actual order of priority, whereas forced ranking does.*

Keywords: *STEM education; mathematics component; primary education; Official Letter No. 909/BGDDT-GDTH; removal test.*

Nhận bài: 16/07/2026 *Phản biện: 16/08/2026* *Duyệt đăng: 25/08/2026*

I. MỞ ĐẦU

Giáo dục STEM ở tiểu học Việt Nam được triển khai theo Công văn 909/BGDĐT-GDTH ngày 08/3/2023, xác định STEM là cách tiếp cận liên môn giúp học sinh vận dụng kiến thức Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học để giải quyết vấn đề thực tiễn. Sau hơn hai năm triển khai, bài học STEM đã trở nên phổ biến ở nhiều trường tiểu học.

Tuy nhiên, STEM không phải môn học riêng trong Chương trình GDPT 2018 nên không có hệ thống yêu cầu cần đạt độc lập. Giáo viên phải dựa vào yêu cầu của các môn thành phần để xác định năng lực cần hình thành. Trong đó, Toán học dễ bị mờ nhạt vì không gắn trực tiếp với sản phẩm vật chất như Kĩ thuật hoặc hiện tượng quan sát như Khoa học.

Đây cũng là vấn đề quốc tế. English (2016) cho rằng Toán học thường được hưởng lợi ít hơn trong STEM tích hợp; Maass và cộng sự (2019) khẳng định vai trò của Toán học vẫn bị đánh giá thấp; Forde và cộng sự (2023) cho thấy các nhiệm vụ toán học trong bài học STEM chủ yếu yêu cầu mức tư duy thấp. Ở Việt Nam, nghiên cứu hiện tập trung vào năng lực và điều kiện triển khai của giáo viên (Nguyen et al., 2024) hoặc mức độ sẵn sàng (Bui et al., 2022), trong khi chưa xem xét riêng chất lượng tích hợp Toán học và đối chiếu với sản phẩm học tập của học sinh.

Nghiên cứu trả lời ba câu hỏi: (1) Giáo viên nhận thức thế nào về vai trò và cách xác định nội

dung Toán trong bài học STEM? (2) Toán học được tích hợp ở mức nào trong sản phẩm học tập? (3) Có độ lệch giữa nhận thức và mức độ tích hợp thực tế hay không?

Nghiên cứu có bốn đóng góp chính: đề xuất thang bốn mức tích hợp Toán học kèm phép thử loại bỏ; chỉ ra rằng thang Likert đơn lẻ không phản ánh đầy đủ thứ tự ưu tiên khi Toán học đứng cuối trong xếp hạng cưỡng bức; kiểm chứng phát hiện của Forde và cộng sự (2023) trong bối cảnh tiểu học Việt Nam bằng dữ liệu sản phẩm học tập; và lí giải hạn chế tích hợp từ đặc điểm cấu trúc của giáo dục STEM thay vì quy hoàn toàn cho năng lực cá nhân giáo viên.

II. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lí luận và tổng quan nghiên cứu

STEM tích hợp là cách tổ chức dạy học huy động kiến thức, kĩ năng từ ít nhất hai lĩnh vực để giải quyết vấn đề thực tiễn. Vấn đề quan trọng không chỉ là có tích hợp hay không mà còn ở mức độ cân đối giữa các thành tố.

Các nghiên cứu quốc tế cho thấy Toán học thường bị xem nhẹ trong STEM. English (2016, 2017) chỉ ra rằng STEM nhiều khi chủ yếu đại diện cho Khoa học và nhấn mạnh cần nâng cao vị thế của Toán học. Maass và cộng sự (2019) cũng xác nhận vai trò hạn chế của Toán học trong STEM liên ngành. Forde và cộng sự (2023) cho thấy sự hiện diện của Toán học giúp nâng chất lượng bài học STEM, nhưng các nhiệm vụ toán học thường chỉ đòi hỏi mức tư duy thấp.

Ở tiểu học, English và King (2015) chứng minh học sinh lớp 4 có thể tham gia các nhiệm vụ thiết kế có yêu cầu nhận thức cao, cho thấy hạn chế chủ yếu nằm ở thiết kế nhiệm vụ chứ không phải lứa tuổi. Tại Việt Nam, năng lực dạy học STEM tích hợp của giáo viên tiểu học còn không đồng đều (Nguyen et al., 2024), mức độ sẵn sàng phụ thuộc vào tập huấn và hỗ trợ nhà trường (Bui et al., 2022). Đào tạo giáo viên STEM cũng còn thiên về kĩ năng công cụ hơn năng lực thiết kế nhiệm vụ (Castro-Rodríguez & Montoro, 2021; Alférez-Pastor et al., 2023), trong khi giáo viên gặp nhiều rào cản khi triển khai nội dung công nghệ – kĩ thuật (Pappa et al., 2024).

Cần phân biệt sự hiện diện của Toán học với tích hợp Toán học. Một thao tác đo hoặc tính đơn giản chưa thể xem là tích hợp nếu không gắn với yêu cầu cần đạt và không góp phần phát triển năng lực toán học. Đây là khoảng trống mà nghiên cứu này hướng tới làm rõ bằng một công cụ phân định cụ thể.

2.2. Thang bốn mức tích hợp Toán học và phép thử loại bỏ

Bảng 1. Thang bốn mức tích hợp thành tố Toán học trong bài học STEM ở tiểu học

Mức	Tên gọi	Dấu hiệu nhận biết	Phép thử loại bỏ
1	Trang trí	Toán học chỉ xuất hiện trong tên chủ đề hoặc lời dẫn; không có thao tác toán học nào trong nhiệm vụ	Gỡ bỏ thao tác toán học: bài học không thay đổi
2	Công cụ	Học sinh sử dụng thao tác đã thành thạo từ lớp dưới (đo, đếm) như phương tiện phụ trợ	Gỡ bỏ: sản phẩm vẫn hoàn thành được
3	Vận dụng	Học sinh vận dụng một yêu cầu cần đạt của môn Toán đang học vào bối cảnh thiết kế	Gỡ bỏ: sản phẩm hoàn thành nhưng kém chính xác
4	Tích hợp thực chất	Thao tác toán học là điều kiện cần để giải quyết vấn đề thiết kế	Gỡ bỏ: học sinh không thể hoàn thành nhiệm vụ

Nguồn: Đề xuất của tác giả.

Điểm cốt lõi của thang này là cột cuối cùng - phép thử loại bỏ. Tiêu chí được phát biểu như sau: giả định gỡ bỏ toàn bộ thao tác toán học khỏi bài học, học sinh có còn tạo ra được sản phẩm hay không? Nếu bài học không thay đổi gì, Toán học chỉ ở mức trang trí. Nếu sản phẩm vẫn hoàn thành được nhưng kém chính xác hơn, Toán học ở mức công cụ hoặc vận dụng. Nếu học sinh không thể hoàn thành nhiệm vụ, Toán học đã được tích hợp thực chất.

Giá trị của phép thử này nằm ở tính thao tác hoá. Các mô tả rubric thông thường sử dụng những cụm từ như tích hợp sâu sắc hay vận dụng có ý nghĩa, vốn phụ thuộc nhiều vào diễn giải chủ quan của người đánh giá và do đó khó đạt được sự thống nhất giữa các người mã hoá độc lập. Phép

thử loại bỏ chuyển câu hỏi định tính thành một câu hỏi phản thực tế có thể trả lời được bằng cách đọc chính nhiệm vụ được giao, không cần suy đoán về ý định của người thiết kế.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng thiết kế mô tả cắt ngang với hai nguồn dữ liệu độc lập.

Mẫu gồm 103 giáo viên tiểu học từng tổ chức ít nhất một bài học STEM, chọn thuận tiện: 91 nữ (88,3%), 12 nam (11,7%); 19 người có thâm niên dưới 5 năm (18,4%), 47 người từ 5–15 năm (45,6%), 37 người trên 15 năm (35,9%); 71 giáo viên đã tập huấn STEM (68,9%) và 32 chưa tập huấn (31,1%).

Phiếu khảo sát gồm bốn phần: thông tin nền; nhận thức về bốn thành tố STEM bằng thang Likert 5 mức và xếp hạng cưỡng bức S, T, E, M; cách xác định nội dung Toán; và mức độ khó khăn với 5 chỉ báo, Cronbach's alpha = 0,83. Việc kết hợp Likert và xếp hạng nhằm phân biệt đánh giá mức độ quan trọng với thứ tự ưu tiên thực tế.

Nguồn dữ liệu thứ hai gồm 187 bộ sản phẩm học tập, mỗi bộ có phiếu học tập và bản vẽ thiết kế. Nghiên cứu không sử dụng ảnh sản phẩm vật chất vì không phản ánh trực tiếp các thao tác toán học. Mỗi bộ được mã hóa theo thang bốn mức ở Bảng 1 và đối chiếu kế hoạch bài dạy để áp dụng phép thử loại bỏ. Hai người mã hóa độc lập 45 bộ (24,1%), hệ số kappa có trọng số đạt 0,81.

Dữ liệu được xử lí bằng thống kê mô tả. Với nhiệm vụ xếp hạng, điểm trung bình thứ hạng càng nhỏ thể hiện mức độ ưu tiên càng cao. Do cỡ mẫu còn nhỏ, nghiên cứu không kiểm định sự khác biệt giữa các nhóm.

2.4. Nhận thức của giáo viên về thành tố Toán học

Bảng 2. Thứ hạng nhận thức về tầm quan trọng của bốn thành tố STEM (n = 103)

Thành tố	ĐTB thứ hạng	ĐLC	Thứ bậc
Khoa học (S)	1,68	0,74	1
Kĩ thuật (E)	2,31	0,81	2
Công nghệ (T)	2,74	0,86	3
Toán học (M)	3,27	0,79	4

Nguồn: Kết quả khảo sát của tác giả. ĐTB thứ hạng càng nhỏ thể hiện mức độ quan trọng được đánh giá càng cao.

Kết quả bộc lộ một tương phản rõ rệt. Khi trả lời mệnh đề Likert, 89 trong số 103 giáo viên, tương đương 86,4%, chọn mức đồng ý hoặc rất đồng ý với nhận định rằng Toán học là thành tố quan trọng trong bài học STEM. Nhưng khi buộc phải xếp hạng bốn thành tố, Toán học nhận điểm trung bình thứ hạng 3,27 - đứng cuối cùng, sau Khoa học, Kĩ thuật và Công nghệ.

Tương phản này có ý nghĩa phương pháp luận vượt ra ngoài phạm vi bài viết. Nếu nghiên cứu chỉ sử dụng thang Likert, kết luận rút ra sẽ là giáo viên đánh giá cao vai trò của Toán học - một kết luận đúng về mặt số liệu nhưng sai lệch về mặt thực chất. Thang Likert cho phép người trả lời đánh giá cao mọi phương án mà không phải đánh đổi, trong khi việc thiết kế một bài học STEM luôn là bài toán đánh đổi về thời lượng và trọng tâm. Kĩ thuật xếp hạng cưỡng bức tái tạo được ràng buộc đánh đổi đó, và vì vậy phản ánh trung thực hơn thứ tự ưu tiên thực tế.

Cách giáo viên xác định nội dung Toán khi thiết kế bài học (Bảng 3) củng cố nhận định trên. Chỉ 21 giáo viên (20,4%) cho biết có đối chiếu với yêu cầu cần đạt của môn Toán mà học sinh đang học, và chỉ 5 giáo viên (4,9%) chủ động thiết kế vấn đề sao cho buộc phải dùng đến Toán học. Ngược lại, 44 giáo viên (42,7%) cho biết không xác định riêng nội dung Toán mà để nó xuất hiện một cách tự nhiên trong quá trình học sinh làm sản phẩm.

Bảng 3. Cách xác định nội dung Toán học khi thiết kế bài học STEM (n = 103)

Cách xác định nội dung Toán khi thiết kế bài học	Số lượng (n)	Tỉ lệ (%)
Không xác định riêng, để xuất hiện tự nhiên khi làm sản phẩm	44	42,7
Chọn thao tác đo, đếm phù hợp với sản phẩm dự kiến	33	32,0
Đối chiếu yêu cầu cần đạt của môn Toán học sinh đang học	21	20,4
Thiết kế vấn đề sao cho buộc phải dùng đến Toán học	5	4,9
Tổng	103	100,0

Nguồn: Kết quả khảo sát của tác giả. Tổng tỉ lệ có thể lệch 0,1% do làm tròn.

Về khó khăn, hai khó khăn được đánh giá cao nhất là khó tìm nội dung Toán phù hợp với chủ đề và thiếu tiêu chí xác định mức độ tích hợp. Việc khó khăn về tiêu chí xếp thứ hai, trên cả khó khăn về thời lượng, là một chỉ dấu đáng chú ý: giáo viên ý thức được rằng mình thiếu công cụ để tự đánh giá chất lượng tích hợp trong chính bài học của mình.

2.5. Mức độ tích hợp Toán học trong sản phẩm học tập

Phân bố tập trung mạnh ở hai mức thấp. Mức công cụ chiếm tỉ lệ cao nhất với 106 bộ (56,7%); cộng với mức trang trí, hai mức thấp chiếm 145 bộ, tương đương 77,5% tổng số. Ở đầu kia của thang, chỉ 8 bộ (4,3%) đạt mức tích hợp thực chất - tức là những bài học mà nếu gỡ bỏ thao tác toán học, học sinh không thể hoàn thành nhiệm vụ.

Kết quả này tương hợp chặt chẽ với phát hiện của Forde và cộng sự (2023) về mức độ tư duy thấp của các nhiệm vụ toán học trong bài học STEM tích hợp. Điều đáng lưu ý là hai nghiên cứu sử dụng nguồn dữ liệu hoàn toàn khác nhau - quan sát lớp học so với sản phẩm học tập - và ở hai bối cảnh giáo dục khác nhau, nhưng đi tới cùng một kết luận. Sự hội tụ này làm tăng độ tin cậy của nhận định chung rằng đây là vấn đề mang tính hệ thống chứ không phải đặc thù của một nền giáo dục.

Phân bố mạch nội dung Toán xuất hiện trong sản phẩm làm rõ thêm bản chất vấn đề. Đo lường chiếm ưu thế áp đảo với 152 bộ (81,3%), tiếp đến là Số và phép tính ở dạng đơn giản với 118 bộ (63,1%). Ngược lại, mạch Thống kê và Xác suất chỉ xuất hiện ở 14 bộ (7,5%) và các thao tác về phép nhân, phép chia hay tỉ lệ chỉ ở 9 bộ (4,8%). Nói cách khác, Toán học trong bài học STEM tiểu học chủ yếu quy về đo và đếm - đúng những thao tác mà học sinh đã thành thạo từ các lớp dưới, nên khó tạo ra phát triển năng lực mới.

Cần đối chiếu hai con số để thấy tính nhất quán của dữ liệu. Ở khảo sát, 25,2% giáo viên cho biết có đối chiếu yêu cầu cần đạt môn Toán hoặc chủ động thiết kế vấn đề buộc dùng Toán. Ở sản phẩm, 22,5% số bộ đạt mức vận dụng hoặc tích hợp thực chất. Hai tỉ lệ này rất gần nhau, cho thấy giáo viên tự báo cáo khá trung thực về cách thiết kế của mình; vấn đề không nằm ở việc giáo viên nói khác làm, mà ở chỗ đa số không đặt ra yêu cầu tích hợp Toán ngay từ khâu thiết kế.

2.6. Thảo luận và khuyến nghị

Đối chiếu hai nguồn dữ liệu cho thấy ba nhận định chính.

Thứ nhất, độ lệch không nằm giữa lời nói và việc làm mà giữa niềm tin tổng quát và thứ tự ưu tiên thực tế. Dù 86,4% giáo viên cho rằng Toán học quan trọng, khi thiết kế bài học họ vẫn ưu tiên Kĩ thuật, Công nghệ và Khoa học hơn, khiến Toán học thường bị đẩy xuống vai trò công cụ.

Thứ hai, nguyên nhân mang tính cấu trúc hơn là cá nhân. Khó khăn được xếp hạng cao thứ hai là thiếu tiêu chí xác định mức độ tích hợp. Do STEM không có hệ yêu cầu cần đạt riêng, giáo viên thiếu căn cứ để tự đánh giá thành tố Toán đã đủ hay chưa. Việc 68,9% giáo viên đã tham gia tập huấn nhưng vấn đề vẫn tồn tại cho thấy cách bồi dưỡng hiện hành chưa đủ khắc phục hạn chế này.

Thứ ba, giới hạn không nằm ở lứa tuổi học sinh. English và King (2015) cho thấy học sinh lớp 4 có thể tham gia các nhiệm vụ thiết kế có yêu cầu nhận thức cao. Việc mạch Thống kê và Xác suất gần như vắng bóng trong 187 bộ sản phẩm cho thấy vấn đề chủ yếu nằm ở thiết kế nhiệm vụ, không phải năng lực người học.

Từ đó, nghiên cứu đề xuất bốn khuyến nghị: (1) đưa phép thử loại bỏ vào kế hoạch bài dạy STEM; (2) thiết kế chủ đề từ yêu cầu cần đạt môn Toán rồi mới lựa chọn bối cảnh; (3) tăng khai thác mạch Thống kê và Xác suất; và (4) chuyển trọng tâm bồi dưỡng từ tổ chức hoạt động sang thiết kế nhiệm vụ học tập. Hướng này phù hợp với khuyến nghị về phát triển chuyên môn giáo viên (OECD, 2025), những hạn chế trong đào tạo giáo viên tiểu học cho STEM (Alférez-Pastor et al., 2023) và bằng chứng tại Việt Nam rằng hiệu quả phụ thuộc nhiều vào chất lượng thiết kế nhiệm vụ hơn bản thân công nghệ (Dan et al., 2024).

III. KẾT LUẬN

Nghiên cứu khảo sát 103 giáo viên tiểu học và phân tích 187 bộ sản phẩm học tập để đánh giá mức độ tích hợp thành tố Toán học trong bài học STEM.

Ba kết quả chính được ghi nhận. Thứ nhất,

86,4% giáo viên cho rằng Toán học quan trọng, nhưng thành tố này xếp cuối trong bốn thành tố với điểm trung bình thứ hạng 3,27; chỉ 25,2% giáo viên đối chiếu yêu cầu cần đạt môn Toán khi thiết kế bài học. Thứ hai, 77,5% sản phẩm chỉ đạt mức trang trí hoặc công cụ, chỉ 4,3% đạt tích hợp thực chất; nội dung Toán chủ yếu là đo lường và phép tính đơn giản. Thứ ba, hai nguồn dữ liệu nhất quán, cho thấy hạn chế chủ yếu nằm ở khâu thiết kế.

Nghiên cứu đóng góp thang bốn mức tích hợp kèm phép thử loại bỏ để phân định mức độ tích hợp, đồng thời cho thấy thang Likert đơn lẻ chưa phản ánh được thứ tự ưu tiên và nên kết hợp với xếp hạng cưỡng bức.

Nghiên cứu còn ba hạn chế: mẫu thuận tiện 103 giáo viên chưa cho phép khái quát hoặc so sánh nhóm đã/chưa tập huấn; sản phẩm do chính lớp của giáo viên khảo sát cung cấp có thể chịu hiệu ứng người tham gia; phép thử loại bỏ mới được áp dụng bởi hai người mã hóa nên cần kiểm định thêm độ tin cậy.

Nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng mẫu xác suất, thực nghiệm quy trình thiết kế STEM xuất phát từ yêu cầu cần đạt môn Toán và phát triển các chủ đề khai thác mạch Thống kê và Xác suất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Alférez-Pastor, M., Collado-Soler, R., Lérida-Ayala, V., Manzano-León, A., Aguilar-Parra, J. M., & Trigueros, R. (2023). Training digital competencies in future primary school teachers: A systematic review. Education Sciences, 13(5), 461. https://doi.org/10.3390/educsci13050461

Bộ Giáo dục và Đào tạo (2018). Chương trình giáo dục phổ thông môn Toán (ban hành kèm theo Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26/12/2018).

Bộ Giáo dục và Đào tạo (2020). Thông tư số 27/2020/TT-BGDĐT ngày 04/9/2020 ban hành Quy định đánh giá học sinh tiểu học.

Bộ Giáo dục và Đào tạo (2023). Công văn số 909/BGDĐT-GDTH ngày 08/3/2023 về việc hướng dẫn tổ chức hoạt động giáo dục STEM trong giáo dục tiểu học.

Bui, T.-L., Tran, T.-T., Nguyen, T.-H., Nguyen-Thi, L., Tran, V.-N., Dang, U. P., Nguyen, M.-T., & Hoang, A.-D. (2022). Dataset of Vietnamese preschool teachers' readiness towards implementing STEAM activities and projects. Data in Brief, 46, 108821. https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108821

Castro-Rodríguez, E., & Montoro, A. B. (2021). STEM education and primary teacher training in Spain. Revista de Educación, 393, 353–378. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497

Dan, N. N., Trung, L. T. B. T., Nga, N. T., & Dung, T. M. (2024). Digital game-based learning in mathematics education at primary school level: A systematic literature review. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20(4), em2423. https://doi.org/10.29333/ejmste/14377

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3, 3. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(S1), 5–24. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x

English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. International Journal of STEM Education, 2, 14. https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7

Forde, E. N., Robinson, L., Ellis, J. A., & Dare, E. A. (2023). Investigating the presence of mathematics and the levels of cognitively demanding mathematical tasks in integrated STEM units. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 5(1), 3. https://doi.org/10.1186/s43031-022-00070-1

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. ZDM Mathematics Education, 51, 869–884. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5

Nguyen, P., Le, H., Dinh, V., Nguyen, H., Vu, Q., Le, C., & Pham, T. (2024). Current situation of primary school teachers' integrated STEM teaching competence: An exploratory study in the northern mountainous provinces of Vietnam. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 13(1), 64–75. https://doi.org/10.15294/jpii.v13i1.49636

OECD. (2025). Preparing teachers for digital education: Continuing professional learning on digital skills and pedagogies (OECD Education Policy Perspectives No. 122). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/af442d7a-en

Pappa, C. I., Georgiou, D., & Pittich, D. (2024). Technology education in primary schools: Addressing teachers' perceptions, perceived barriers, and needs. International Journal of Technology and Design Education, 34(2), 485–503. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09828-8