

The Impact of a Short-Term Workshop on Students' Intention to Use 3D Printing Technology in Education: A Case Study

Minh Hoa Quan 

National Sun Yat-sen University, Taiwan

Corresponding author. Email: hoaqm.hcmue@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: 12/03/2026
Revised: 14/04/2026
Accepted: 20/04/2026
Online First: 12/05/2026
Published: 28/05/2026

KEYWORDS

Awareness;
Pedagogy;
STEM education;
Technological competence;
Tinkercad.

ABSTRACT

3D printing technology has increasingly been applied across various domains of everyday life; however, it still faces certain limitations in educational contexts. Therefore, greater attention should be given to enhancing the intention to use this technology among students in education-related majors. To address this need, this study designed a short-term workshop on the application of 3D printing technology in education and examined its impact on a sample of 30 students studying in Ho Chi Minh City. The results show that the workshop not only helped students develop more positive perceptions of 3D printing technology but also increased their intention to use this technology in the future. In addition, students were able to initially apply this technology to design simple educational activities related to their academic disciplines and provided positive feedback on the workshop. However, they also encountered several challenges, including limited design skills and the insufficient availability of 3D printers during the workshop. These findings suggest the need for further studies to develop high-quality, long-term training programs with adequate infrastructural support in order to optimize learning outcomes for students.

Khám phá tác động của Workshop ngắn hạn đến ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục của sinh viên: Một nghiên cứu trường hợp

Quản Minh Hòa 

Đại học Quốc lập Trung Sơn, Đài Loan

Tác giả liên hệ. Email: hoaqm.hcmue@gmail.com

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 12/03/2026
Ngày hoàn thiện: 14/04/2026
Ngày chấp nhận đăng: 20/04/2026
Ngày đăng trực tuyến: 12/05/2026
Ngày xuất bản: 28/05/2026

TỪ KHÓA

Nhận thức;
Sư phạm;
Giáo dục STEM;
Năng lực công nghệ;
Tinkercad.

TÓM TẮT

Công nghệ in 3D ngày càng phủ khắp các lĩnh vực trong đời sống, song vẫn đối mặt với những hạn chế nhất định trong giáo dục. Vì vậy, việc nâng cao ý định sử dụng công nghệ này của sinh viên thuộc khối ngành giáo dục cần được quan tâm. Nhằm đáp ứng nhu cầu này, nghiên cứu đã thiết kế một workshop ngắn hạn về việc ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục và khảo sát tác động của nó đến mẫu 30 sinh viên đang học tập tại Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả cho thấy workshop không chỉ giúp sinh viên bồi dưỡng nhận thức tích cực về công nghệ in 3D mà còn nâng cao ý định sử dụng công nghệ này trong tương lai. Không những thế, bước đầu các sinh viên đều vận dụng được công nghệ này để thiết kế các hoạt động giáo dục đơn giản liên quan đến chuyên ngành của mình và có nhiều phản hồi tích cực về workshop đã tổ chức. Tuy nhiên, sinh viên cũng đối mặt với một số khó khăn như khả năng thiết kế của bản thân cũng như sự thiếu hụt về máy in 3D trong quá trình tham gia. Những khám phá này gợi mở cần có những nghiên cứu tiếp nối về phát triển chương trình đào tạo chất lượng, dài hạn với sự hỗ trợ đầy đủ về cơ sở vật chất để tối ưu hóa hiệu quả cho sinh viên.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2026.2121>

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. Giới thiệu

Việc sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục ngày càng được nhiều quốc gia hưởng ứng và chú trọng bởi những lợi ích mà nó đem lại cho giáo dục nói chung và giáo viên nói riêng. Cụ thể, đối với lĩnh vực giáo dục, có thể sử dụng công nghệ in 3D với 6 mục đích chính bao gồm: (1) dạy cho học sinh về công nghệ in 3D; (2) dạy cho giáo viên về công nghệ in 3D; (3) sử dụng như một công nghệ hỗ trợ trong quá trình giảng dạy; (4) tạo ra các sản phẩm giúp hỗ trợ việc học tập; (5) thiết kế các công nghệ hỗ trợ (assistive technologies) và (6) hỗ trợ các hoạt động tuyên truyền, phổ biến ra cộng đồng [1]. Đối với giáo viên, việc sử dụng công nghệ này giúp phát triển năng lực chung (giao tiếp, tư duy phân biện, học tập suốt đời, tư duy không gian, tư duy phân tích và giải quyết vấn đề); nâng cao sự tham gia và động lực trong giảng dạy; tạo cơ hội thực hành trải nghiệm bổ ích và nâng cao sự tự tin về năng lực của bản thân [2]. Tuy nhiên, chủ đề nghiên cứu này vẫn còn khá mới, chỉ bắt đầu có những công bố từ năm 2015 đến nay. Trong đó, Hoa Kỳ dẫn đầu với 40% nghiên cứu, tiếp theo là Thổ Nhĩ Kỳ (25%), Trung Quốc (15%), Israel (10%), Tây Ban Nha (5%), Hy Lạp (5%) và không có nghiên cứu nào từ châu Phi hoặc Nam Mỹ [2]. Thực trạng trên gợi mở cần có thêm những nghiên cứu ở các quốc gia để góp phần giảm sự thiên lệch này.

Tại Việt Nam, công nghệ in 3D đã chính thức được đề cập trong chương trình Công nghệ lớp 11 dưới dạng chuyên đề học tập [3]. Ngoài ra, công nghệ này còn được các nhà giáo dục ứng dụng để hỗ trợ dạy học môn Toán [4], [5] hay hoạt động giáo dục STEM [6]. Song, việc ứng dụng công nghệ này trong hoạt động giáo dục tại nước ta vẫn còn hạn chế và chưa nhận được nhiều sự quan tâm, đặc biệt là đối với định hướng đào tạo cho sinh viên các ngành sư phạm. Trong khi đó, trên thế giới đã có nhiều khám phá tác động của các chương trình đào tạo về công nghệ in 3D trong giáo dục, đa dạng về cả thời lượng (từ vài tuần đến một học kì) lẫn chuyên ngành đào tạo cho sinh viên như: giáo dục khoa học [7]–[10], giáo dục toán học [10], giáo dục công nghệ thông tin và truyền thông [11], và giáo dục STEAM [12]. Những nghiên cứu này đã cung cấp dữ liệu thực tiễn về giá trị mà các chương trình đào tạo đem lại cho sinh viên, không những giúp họ nhận thức rõ được lợi ích của công nghệ in 3D, cải thiện thái độ tích cực đối với công nghệ này, mà còn bồi dưỡng năng lực dạy học tích hợp công nghệ in 3D và nâng cao ý định sử dụng công nghệ này trong tương lai, v.v.

Đặt trong bối cảnh giáo dục Việt Nam hiện nay, điều này tạo ra một khoảng trống nghiên cứu trong việc thiết kế chương trình đào tạo chính thức về sử dụng công nghệ in 3D dành cho sinh viên có chuyên ngành đào tạo liên quan đến giáo dục STEM. Do đó, dựa trên những nền tảng lý luận của những bài viết liên quan, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích bước đầu khám phá ý định sử dụng công nghệ in 3D của sinh viên thông qua một tác động ngắn hạn để mở ra tiềm năng mang tính dài hạn hơn trong việc đào tạo sinh viên trong tương lai. Cụ thể, trong giới hạn phạm vi đề tài, tác giả tập trung thiết kế một workshop ngắn hạn về chủ đề ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục cho đối tượng sinh viên các ngành sư phạm hoặc đang tham gia các hoạt động liên quan đến giáo dục STEM để trả lời những câu hỏi nghiên cứu sau.

Câu hỏi nghiên cứu 1. *Mức độ hoàn thành nhiệm vụ của sinh viên phản ánh như thế nào về tính khả thi của thực tiễn tổ chức workshop?*

Câu hỏi nghiên cứu 2. *Tác động của workshop đến ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục của sinh viên như thế nào?*

Câu hỏi nghiên cứu 3. *Sinh viên phản hồi như thế nào về trải nghiệm tham gia workshop, bao gồm các khía cạnh tâm đắc, khó khăn gặp phải và các đề xuất cải thiện trong tương lai?*

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng thiết kế tiền thực nghiệm (pre-experimental design), cụ thể là mô hình một nhóm đo lường trước–sau can thiệp (one-group pretest–posttest) cho trường hợp 30 sinh viên đang học tập tại một trường Đại học có đào tạo chuyên ngành sư phạm ở Thành phố Hồ Chí Minh [13]. Bài viết

kết hợp phân tích cả dữ liệu định lượng từ việc tự đánh giá của sinh viên theo thang đo Likert và dữ liệu định tính từ các sản phẩm học tập và phản hồi tự luận của sinh viên nhằm khám phá toàn diện hơn về tác động của một workshop ngắn hạn về việc ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục đến sự thay đổi trong ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục của sinh viên.

2.2. Thu thập dữ liệu và công cụ đánh giá

Mẫu khảo sát được chọn theo phương pháp thuận tiện bằng cách gửi form đăng kí cho một câu lạc bộ liên quan đến giáo dục STEM tại trường Đại học đó vào tháng 3 năm 2025. Sinh viên được đảm bảo hiểu rõ mục đích của workshop và cam kết về bảo mật thông tin cá nhân cũng như tự nguyện đăng kí. Dữ liệu thu thập đánh giá của sinh viên bao gồm cả dữ liệu định lượng và dữ liệu định tính, được mã hóa theo số thứ tự để tiến hành đánh giá, đảm bảo nguyên tắc ẩn danh.

Đối với dữ liệu định lượng, nghiên cứu thiết kế bảng hỏi theo thang Likert 7 mức độ (1 là hoàn toàn không đồng ý tăng dần đến 7 là hoàn toàn đồng ý) để đánh giá ý định sử dụng (Behavioral Intention - BI) và 5 yếu tố chính tác động chính đến ý định sử dụng bao gồm: kỳ vọng hiệu suất (Performance expectancy - PE); kỳ vọng nỗ lực (Effort expectancy - EE); điều kiện hỗ trợ (Facilitating conditions - FC); Nhận thức về tác động sư phạm (Perceived Pedagogical Impact - PPI). Cụ thể, bài viết điều chỉnh và chuyển ngữ từ bảng hỏi của nghiên cứu [14] (đối với khía cạnh PPI) và nghiên cứu [15] (đối với các khía cạnh còn lại) để thu thập ý định sử dụng và các khía cạnh ảnh hưởng đến ý định sử dụng công nghệ in 3D của sinh viên trước và sau khi tham gia workshop. Trong đó, kết quả khảo sát trước và sau thực nghiệm của bảng hỏi này đều đảm bảo độ tin cậy để thực hiện các phân tích kiểm định vì hệ số Cronbach's Alpha đều từ 0,7 trở lên, kết hợp cùng hệ số tương quan biến – tổng đều lớn hơn 0,4.

2.3. Đặc điểm mẫu thực nghiệm

Mẫu thực nghiệm trong workshop ngắn hạn này được mô tả cụ thể qua Bảng 1. Trong đó, mặc dù có 3 sinh viên không thuộc chuyên ngành về sư phạm, nhưng lại có niềm yêu thích với giáo dục STEM và có kinh nghiệm tổ chức hoạt động trải nghiệm STEM cho học sinh tại các nhà trường phổ thông trước đây. Kết hợp với câu trả lời tự luận về kinh nghiệm về công nghệ in 3D, còn cho thấy rằng 83,3% sinh viên chưa từng sử dụng phần mềm thiết kế 3D hay máy in 3D, và chỉ có 33,3% sinh viên biết đến một số phần mềm thiết kế hoặc một vài bước trong quy trình in 3D. Điều này cũng chính là động lực để các sinh viên đăng kí tham gia workshop, vì mong muốn được tìm hiểu sâu hơn về quy trình công nghệ in 3D, cách sử dụng máy in 3D, cách vận dụng công nghệ này vào dạy học tại nhà trường phổ thông và đánh giá hiệu quả mà nó mang lại.

Bảng 1. Đặc điểm mẫu thực nghiệm.

	Thông tin	Tần suất	Tỉ lệ (%)
Giới tính	Nam	21	70,0
	Nữ	9	30,0
Năm học	Năm 1	13	43,3
	Năm 2	13	43,3
	Năm 3	4	13,3
Chuyên ngành	Sư phạm Khoa học tự nhiên	13	43,3
	Giáo dục Tiểu học	8	26,7
	Sư phạm Toán học	5	16,7
	Hóa học	2	6,7
	Sư phạm Sinh học	1	3,3
	Vật lí học	1	3,3
Tổng		30	100

2.4. Phân tích dữ liệu

Đối với câu hỏi nghiên cứu 1, bài viết sử dụng phương pháp thống kê mô tả để phân tích sự tham gia và mức độ hoàn thành nhiệm vụ của sinh viên.

Đối với câu hỏi nghiên cứu 2, bài viết sử dụng phần mềm R 4.5.1 để phân tích sự khác biệt về ý định sử dụng và các yếu tố tác động đến ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục trước và sau khi tham gia hoạt động workshop. Để phân tích sự thay đổi này, đề tài sẽ sử dụng kiểm định Wilcoxon và tính hệ số tác động r vì cỡ mẫu nhỏ và không phân phối chuẩn.

Đối với câu hỏi nghiên cứu 3, bài viết sử dụng phương pháp phân tích chủ đề (thematic analysis) để phân tích các phản hồi tự luận của sinh viên [16]. Cụ thể, các câu trả lời của sinh viên sẽ được chia thành những chủ đề chính, sau đó được thống kê, mô tả để phân tích kèm với một số trích dẫn minh họa tiêu biểu cho từng chủ đề.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Cơ sở lý luận thiết kế hoạt động nhằm bồi dưỡng ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục

3.1.1. Ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục

Công nghệ in 3D trong nghiên cứu này được hiểu là bao gồm việc thiết kế mô hình hóa 3D và in vật phẩm 3D (3D modelling and printing). Để giải thích về ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục (Behavioral Intention - BI), lý thuyết chấp nhận và sử dụng công nghệ hợp nhất (Unified theory of acceptance and use of technology) là lý thuyết đang được ứng dụng phổ biến bởi các nhà nghiên cứu giáo dục [17]. Rõ hơn, dựa trên lý thuyết này, các nghiên cứu gần đây đã xây dựng các công cụ đánh giá ý định sử dụng công nghệ in 3D của giáo viên và một số yếu tố ảnh hưởng đến ý định này [14], [15]. Với phạm vi tác động là một hoạt động workshop chuyên môn trong thời gian ngắn với đối tượng là sinh viên, nghiên cứu chỉ tập trung lựa chọn khám phá những yếu tố chính dưới đây.

Kỳ vọng hiệu suất (Performance expectancy - PE) là niềm tin của sinh viên rằng việc sử dụng công nghệ in 3D sẽ nâng cao hiệu quả giảng dạy thông qua hỗ trợ quá trình giảng dạy, tăng hiệu suất dạy học và cải thiện chất lượng học tập và giảng dạy [15].

Kỳ vọng nỗ lực (Effort expectancy - EE) là niềm tin của sinh viên về mức độ dễ sử dụng công nghệ in 3D. Khái niệm này phản ánh mức độ mà sinh viên cảm thấy thoải mái khi sử dụng máy in 3D. Nói cách khác, EE được đề xuất để đo lường nhận thức cá nhân về mức độ nỗ lực cần thiết để sử dụng công nghệ in 3D [15].

Điều kiện hỗ trợ (Facilitating conditions - FC) là niềm tin của sinh viên vào việc được tiếp cận với hệ thống cơ sở vật chất đầy đủ, hiểu biết về công nghệ in 3D và các cá nhân/nhóm người hỗ trợ khi họ gặp khó khăn khi sử dụng [15].

Nhận thức về tác động sư phạm (Perceived Pedagogical Impact - PPI) là niềm tin của sinh viên về việc sử dụng công nghệ in 3D trong lớp học có thể ảnh hưởng đến thành tích học tập, động lực học tập, mức độ tham gia tích cực vào quá trình giảng dạy, và thời lượng học sinh sử dụng máy tính cho mục đích học tập [14].

3.1.2. Các biện pháp nâng cao ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục

Dựa trên nghiên cứu tổng quan trong việc đào tạo sinh viên về công nghệ in 3D một cách hiệu quả của nghiên cứu trước [2], bài viết rút ra 4 biện pháp chính dưới đây.

Biện pháp 1. Vận dụng kiến thức chuyên môn vào thực tiễn: Nhấn mạnh việc sử dụng các hoạt động thực hành và tài nguyên giáo dục nhằm phát huy chuyên môn của sinh viên. Đảm bảo các tài liệu mà người tham gia đào tạo có thể sử dụng trong thực tiễn, chẳng hạn như giáo án, hoạt động, tài liệu, phiếu học tập hoặc hướng dẫn. Điều này giúp đáp ứng mong muốn của họ trong việc được tiếp cận tài nguyên giáo dục mở và miễn phí sau đào tạo để sử dụng trong lớp học hoặc thiết kế hoạt động mới.

Biện pháp 2. Nâng cao chiến lược sư phạm: Tập trung vào các phương pháp tăng cường sự tham gia của người học, đề xuất các hoạt động mẫu giúp tích hợp công nghệ 3D vào trường học, đồng thời củng cố hiệu quả bản thân và kỹ năng của sinh viên.

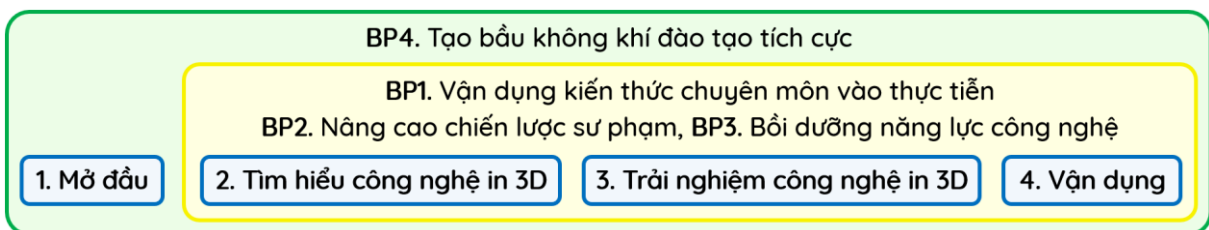
Biện pháp 3. Bồi dưỡng năng lực công nghệ: Đảm bảo sinh viên thành thạo các khía cạnh công nghệ thông qua môi trường đào tạo thuận lợi, tác động trực tiếp đến quá trình học tập và phát triển kỹ năng. Điều này nhấn mạnh sự cần thiết của các chương trình đào tạo giáo viên toàn diện, tích hợp kiến thức nội dung, sư phạm và công nghệ để tối đa hóa lợi ích cho cả giáo viên tương lai và học sinh.

Biện pháp 4. Tạo bầu không khí tích cực cho chương trình đào tạo: Một bầu không khí hỗ trợ, giao tiếp và hợp tác có thể nâng cao hiệu quả chương trình. Việc học hỏi từ đồng nghiệp hoặc thảo luận với người hướng dẫn giúp họ có động lực tham gia tập huấn nhiều hơn cũng như nhận được những hướng dẫn khắc phục khó khăn và phản hồi kịp thời.

Tùy vào quy mô và mục đích tổ chức chương trình đào tạo giáo viên về công nghệ in 3D, người đào tạo có thể lựa chọn các biện pháp và mức độ sử dụng phù hợp.

3.2. Thiết kế tiến trình tổ chức workshop ngắn hạn về ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục

Trong workshop này, các biện pháp đã được xây dựng ở mục 3.1.2 được tích hợp đầy đủ và tương ứng với các hoạt động được tổ chức như Hình 1.



Hình 1. Tích hợp các biện pháp bồi dưỡng vào các hoạt động của workshop.

Trong đó, BP4 đóng vai trò quan trọng trong việc tạo nền tảng tâm lý tích cực xuyên suốt toàn bộ workshop, nhằm xây dựng môi trường học tập thoải mái, tạo động lực để sinh viên thoải mái tham gia ở tất cả các giai đoạn. Nội dung workshop được thiết kế theo tiến trình 4 bước gồm: (1) Mở đầu, (2) Tìm hiểu công nghệ in 3D, (3) Trải nghiệm công nghệ in 3D, và (4) Vận dụng. Trong tiến trình này, các biện pháp BP1, BP2 và BP3 được tích hợp vào từng giai đoạn hoạt động tương ứng, đảm bảo tính trải nghiệm toàn diện về chủ đề ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục cho sinh viên.

Cụ thể, workshop được thiết kế để đảm bảo các mục tiêu tăng cường ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục và góp phần bồi dưỡng năng lực ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục (được xem xét dưới góc độ các thành phần của khung TPACK, đặc biệt là kiến thức công nghệ (Technological Knowledge – TK) và kiến thức sư phạm công nghệ (Technological Pedagogical Knowledge – TPK) [18]) sau đây.

(1) Ý định sử dụng công nghệ in 3D: [PE] Nhận ra rằng việc sử dụng công nghệ in 3D sẽ nâng cao hiệu quả giảng dạy, [EE] Đánh giá được tính dễ sử dụng của công nghệ in 3D, [FC] Biết được những điều kiện hỗ trợ cho việc sử dụng công nghệ in 3D, [PPI] Hiểu được những tác động sư phạm của việc ứng dụng công nghệ in 3D, [BI] Sử dụng công nghệ in 3D để thiết kế một hoạt động học/trải nghiệm cho học sinh

(2) Năng lực ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục: [NL1] Trình bày được lịch sử ra đời và ứng dụng của máy in 3D, [NL2] Trình bày được quy trình công nghệ in 3D, [NL3] Thiết kế được mô hình chiếc cốc 3D theo yêu cầu, [NL4] Trình bày được các cách để ứng dụng công nghệ in 3D vào giáo dục, [NL5] Sử dụng được máy in 3D để hoàn thành sản phẩm, [NL6] Sử dụng được các mô hình in 3D sẵn có để chế tạo sản phẩm, [NL7] Trình bày, chia sẻ về sản phẩm đã thực hiện, [NL8] Vận dụng được kiến thức, kỹ năng đã học để thiết kế được ý tưởng tích hợp công nghệ in 3D trong giáo dục.

Để đạt được mục tiêu của workshop, nội dung tổng quát của workshop về ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục được thể hiện trong Bảng 2. Trong đó, workshop có thời lượng là 4 giờ tham gia trực tiếp và 1 tuần làm việc tại nhà.

Bảng 2. Nội dung kế hoạch tổ chức workshop.

Hoạt động (Mục tiêu)	Biện pháp tích hợp và nội dung	Sản phẩm sinh viên
1. Mở đầu (NL1)	<ul style="list-style-type: none"> - Hoạt động theo nhóm 4 – 5 thành viên và tham gia trò chơi “Trọng sinh về thời kì công nghệ in 3D” để tìm hiểu lịch sử ra đời và ứng dụng của công nghệ này. - Sinh viên ghi nhận mục tiêu và nội dung cần tìm hiểu trong buổi workshop. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân ghi nhận về lịch sử công nghệ in 3D.
2. Tìm hiểu về công nghệ in 3D trong giáo dục (PE, EE, FC, PPI, BI, NL2, NL3, NL4, NL5)	<ul style="list-style-type: none"> - Thảo luận và tìm hiểu kiến thức về quy trình in 3D theo quy trình đơn giản với sự hỗ trợ của phần mềm Tinkercad, UltiMaker Cura. - Được hướng dẫn những thao tác chủ yếu trong việc thiết kế 3D, mô phỏng mạch điện trên phần mềm Tinkercad. Sau đó, thiết kế một chiếc cốc có kích thước theo yêu cầu. - Được giới thiệu về cấu tạo của máy in 3D và được hướng dẫn sử dụng. Sau đó, đại diện sẽ tiến hành in bản thiết kế chiếc cốc đã hoàn thành ở trên. Tiếp đến, sinh viên rút ra cách hoạt động của máy in 3D từ quá trình quan sát và chốt lại kiến thức. - Được giới thiệu về các hình thức vận dụng công nghệ in 3D trong giáo dục với những ví dụ minh họa chi tiết; các nguồn học liệu hỗ trợ như Gallery của Tinkercad, Thingiverse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phân ghi nhận về quy trình in 3D. - Thao tác thiết kế 3D, vận hành máy in 3D - Phân ghi nhận về các hình thức vận dụng công nghệ in 3D trong giáo dục
3. Trải nghiệm công nghệ in 3D (PE, EE, PPI, BI, NL6, NL7)	<ul style="list-style-type: none"> - Được trải nghiệm 2 sản phẩm mạch đèn LED và robot lau nhà có ứng dụng công nghệ in 3D và không có ứng dụng công nghệ in 3D. Từ đó, sinh viên rút ra nhận xét về lợi ích của việc ứng dụng công nghệ in 3D trong giáo dục và những điều cần phải lưu ý khi sử dụng công nghệ này. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình đèn LED và robot lau nhà - Trình bày, chia sẻ
4. Vận dụng (BI, NL8)	<ul style="list-style-type: none"> - Nhận nhiệm vụ thiết kế một hoạt động học/hoạt động trải nghiệm có ứng dụng công nghệ in 3D trong vòng 1 tuần và nộp bài qua Google Form, sau đó, phản hồi về quá trình tham gia workshop. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ý tưởng tổ chức hoạt động - Phản hồi tự luận

3.3. Kết quả thực nghiệm sư phạm

3.3.1. Diễn biến thực nghiệm sư phạm của workshop

Kết quả phân tích diễn biến thực nghiệm sư phạm của workshop cho thấy sinh viên có mức độ tham gia tích cực và hoàn thành tương đối tốt các nhiệm vụ trong từng hoạt động. Những phát hiện này đã cung cấp bằng chứng ban đầu về tính khả thi của workshop trong bối cảnh thực tiễn.

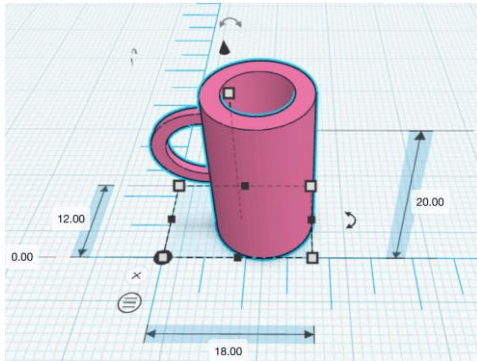
Hoạt động 1: Mở đầu

Các sinh viên hoạt động theo nhóm 4 – 5 thành viên để tham gia trò chơi “Trọng sinh về thời kì công nghệ in 3D” để tìm hiểu lịch sử ra đời và ứng dụng của công nghệ này. Mỗi nhóm sinh viên sẽ giữ một dữ kiện liên quan đến chủ đề này và các sinh viên bắt buộc phải đi trao đổi giữa các nhóm lẫn nhau để có thể tổng hợp được kết quả hoàn chỉnh. Đa phần các sinh viên đều thể hiện được sự hứng thú và tích cực tham gia vào việc thu thập thông tin. Sau khi đại diện các nhóm trình bày về kết quả và nhận được sự phản hồi từ người tổ chức, các bạn cũng chia sẻ sự quan tâm đến một vài ứng dụng và giai đoạn lịch sử liên quan. Điều này bước đầu đã góp phần kích thích động lực tìm hiểu về công nghệ này của sinh viên.

Hoạt động 2: Tìm hiểu công nghệ in 3D trong bối cảnh giáo dục

Sau khi được hướng dẫn những thao tác thiết yếu về việc thiết kế mô hình 3D bằng phần mềm Tinkercad. Các bạn đều thực hiện nhiệm vụ thiết kế một chiếc cốc có kích thước theo yêu cầu (Hình 2a), tuy nhiên, vẫn còn mất nhiều thời gian thiết kế vì chưa làm quen với thao tác trên Tinkercad. Tiếp theo, các bạn đã được tìm hiểu về cấu tạo của máy in 3D và bạn đại diện sẽ tiến hành in bản thiết kế chiếc cốc đã hoàn thành sớm nhất ở nhiệm vụ trên (Hình 2b). Kết quả trong quá trình quan sát cho thấy

hầu hết các sinh viên đều rút ra được cách hoạt động của máy in 3D. Cuối cùng, các bạn hoàn thành việc ghi nhận các hình thức vận dụng công nghệ in 3D trong giáo dục và các ví dụ minh họa.



(a)



(b)

Hình 2. (a) Bản vẽ thiết kế và (b) sản phẩm in 3D chiếc cốc của sinh viên 27.

Hoạt động 3: Trải nghiệm hoạt động giáo dục có ứng dụng công nghệ in 3D

Sinh viên đã được trải nghiệm 2 sản phẩm mạch đèn LED (Hình 3a) và robot lau nhà (Hình 3b) có ứng dụng công nghệ in 3D và không có ứng dụng công nghệ in 3D. Kết quả cho thấy các nhóm đều có thể hoàn thành nhiệm vụ lắp đèn LED vào mô hình đèn 3D. Tuy nhiên, đối với nhiệm vụ sử dụng robot 3D, chỉ có 2/8 nhóm có thể hoàn thành đúng thời gian cho phép. Bởi các kích thước mô hình 3D có độ sai số nhất định khi in ra so với bản thiết kế, do đó các bạn gặp khó khăn khi cần mài các khớp robot nhỏ lại trước khi lắp chúng lại với nhau. Điều này cũng giúp các bạn rút ra những lưu ý khi dạy học có ứng dụng công nghệ in 3D. Nhìn chung, các bạn đều chia sẻ rằng việc ứng dụng mô hình 3D trong dạy học sẽ thú vị hơn và mang lại nhiều lợi ích sư phạm đối với học sinh.



(a)



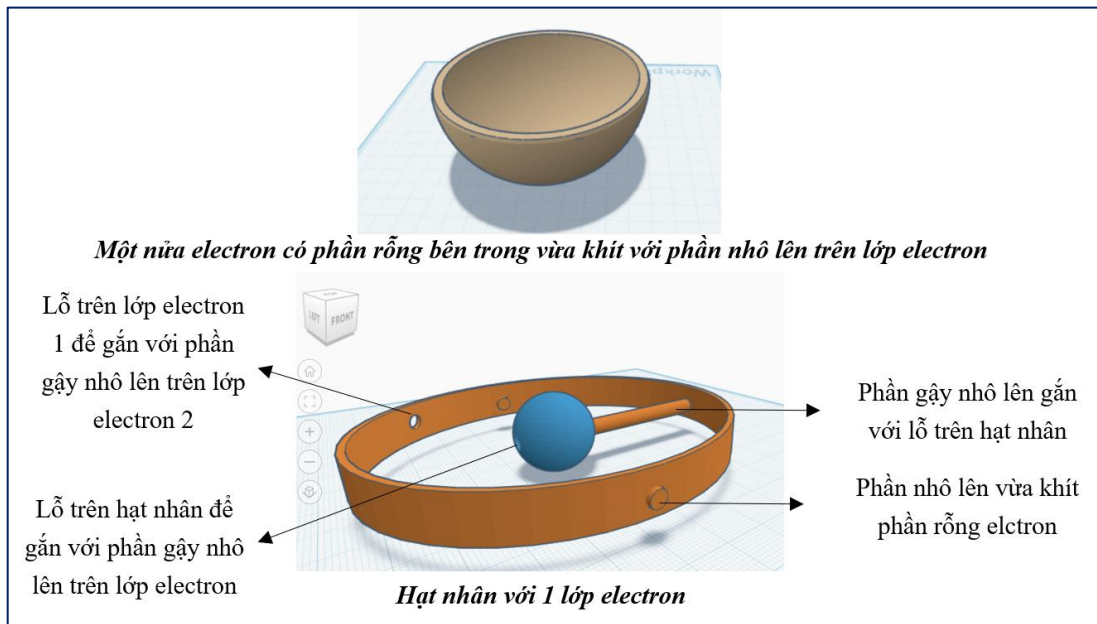
(b)

Hình 3. Minh họa sản phẩm (a) mô hình đèn LED, (b) robot lau nhà 3D.

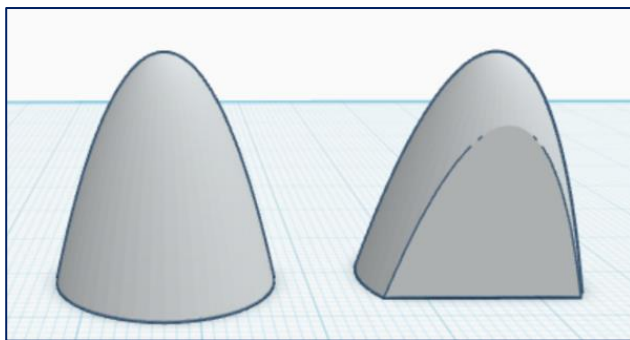
Hoạt động 4: Vận dụng

Trong vòng một tuần sau workshop, tất cả sinh viên đều đề xuất được các ý tưởng vận dụng công nghệ in 3D phù hợp với chuyên ngành đang theo học. Phần lớn các ý tưởng tập trung vào việc sử dụng mô hình thiết kế 3D trên Tinkercad như một phương tiện trực quan hóa kiến thức cho học sinh (Hình 4a và Hình 4b). Bên cạnh đó, một số sinh viên đề xuất khai thác công nghệ in 3D như một công cụ để tổ chức các hoạt động STEM, cho phép học sinh tham gia thiết kế và chế tạo sản phẩm (Hình 4c). Trong đó, một số ý tưởng tiêu biểu như mô hình cấu tạo nguyên tử 3D được thiết kế nhằm hỗ trợ cả hoạt động hình thành kiến thức và luyện tập thông qua việc lắp ráp và nhận diện các nguyên tử (Hình 4a). Cụ thể, sinh viên 25 chia sẻ: “Đây là mô hình cấu tạo nguyên tử 3D trực quan hóa cấu trúc nguyên tử theo mô hình Bohr; các hạt nhân được thiết kế với các lỗ để gắn lớp electron 1. Lớp electron 1 sẽ có 2 phần nhô lên hai phía để gắn hai electron, các lỗ để gắn lớp electron 2 và các gậy nhô ra để gắn hạt nhân. Tương tự, lớp electron 2 sẽ có 8 phần nhô lên để gắn 8 electron, các lỗ để gắn lớp electron 3 và các gậy nhô ra để gắn vào lỗ hạt nhân. Các hạt electron được thiết kế tách thành 2 phần, rộng ở phía trong. Phần rộng phía trong phải vừa khít với phần nhô lên trên các lớp electron. Giáo viên có thể dùng mô hình này trong

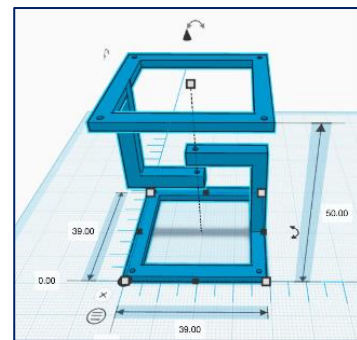
hoạt động hình thành kiến thức (biểu diễn, minh họa) hoặc hoạt động luyện tập (yêu cầu học sinh sử dụng để lắp thành cấu tạo của một số nguyên tử và nêu tên của chúng).”



(a)



(b)



(c)

Hình 4. Ý tưởng vận dụng công nghệ in 3D của sinh viên: (a) Sinh viên 25 - Mô hình cấu tạo nguyên tử dạy học môn Khoa học tự nhiên lớp 7; (b) Sinh viên 27 - Mặt cắt trong dạy học nội dung hình học không gian môn Toán lớp 12; (c) Sinh viên 7 - Hoạt động trải nghiệm chủ đề “Mô hình Tensegrity – Cân bằng trong không gian”.

3.3.2. Sự thay đổi về ý định sử dụng công nghệ in 3D của sinh viên

Kết quả phân tích kiểm định Wilcoxon Signed Ranks Test trước và sau tham gia workshop về ý định sử dụng và các yếu tố ảnh hưởng đến ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục được thể hiện ở Bảng 3. Kết quả cho thấy tất cả các khía cạnh đều tăng và có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$). Thêm vào đó, theo điều kiện về hệ số tác động r [19], buổi workshop đã có tác động lớn đến việc tăng cường tất cả các khía cạnh bao gồm kỳ vọng về nỗ lực, điều kiện hỗ trợ, nhận thức về tác động sư phạm và ý định sử dụng của sinh viên ($r > 0,5$). Trong đó, kỳ vọng về nỗ lực và điều kiện hỗ trợ được tác động lớn nhất ($r = 0,96$ và $r = 0,97$). Kết quả này đã kiểm chứng được tác động của kế hoạch đã đề xuất trong việc nâng cao ý định sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục của sinh viên và các khía cạnh ảnh hưởng liên quan. Tuy nhiên, trong khi CI của các khía cạnh đều khá ổn định, trải dài trong khoảng tác động mạnh, đều từ 0,5 trở lên, thì duy nhất CI của khía cạnh PE có tồn tại giá trị 0,18 thuộc mức tác động nhỏ. Điều này phản ánh sự khác biệt này chưa có tính ổn định và tính tin cậy cao như những khía cạnh còn lại.

Bảng 3. Kết quả phân tích sự khác biệt trước và sau tác động.

Khía cạnh	Trước tác động		Sau tác động		p	r	95% CI for r
	M	SD	M	SD			
PE	5,32	1,27	5,98	1,08	0,023	0,53	[0,18; 0,76]
EE	4,33	1,08	5,63	0,89	< 0,001	0,96	[0,91; 0,98]
FC	3,90	1,53	5,72	0,79	< 0,001	0,97	[0,92; 0,98]
PPI	5,64	1,16	6,22	0,76	0,001	0,76	[0,52; 0,88]
BI	4,41	1,05	5,26	1,23	0,001	0,80	[0,60; 0,91]

3.3.3. Phản hồi của sinh viên về workshop

Các phản hồi của sinh viên về workshop được tổng hợp chi tiết trong Bảng 4, trong đó người tham gia có thể lựa chọn trả lời nhiều ý cho mỗi câu hỏi hoặc không trả lời nếu không có ý kiến. Nhìn chung, các phản hồi cho thấy workshop phù hợp với đối tượng triển khai và mang lại những trải nghiệm học tập tích cực, đồng thời cũng chỉ ra một số khó khăn và những đề xuất cần cải thiện trong tương lai.

(1) Điều tâm đắc: Phần lớn sinh viên chia sẻ rằng họ đã học được cách sử dụng phần mềm thiết kế Tinkercad cũng như cách vận dụng công nghệ in 3D trong dạy học và tổ chức hoạt động trải nghiệm cho học sinh (43,3%). Tiếp đến, một số lượng đáng kể sinh viên cũng bày tỏ sự thích thú khi được trải nghiệm và thực hành trực tiếp với máy in 3D (33,3%). Ngoài ra, việc nâng cao hiểu biết nền tảng về công nghệ in 3D, bao gồm lịch sử công nghệ in 3D, quy trình in 3D, cách máy in 3D hoạt động cũng chiếm một tỉ trọng tương đối (23,3%). Cuối cùng, một số sinh viên nhấn mạnh những trải nghiệm học tập tích cực trong workshop, giúp học gắn kết hơn khi tham gia (20,0%), ví dụ như không khí học tập thoải mái cùng cơ hội tự tay thiết kế và sử dụng các sản phẩm học tập ứng dụng công nghệ in 3D.

(2) Khó khăn: Đa số sinh viên còn chưa thành thạo các quy trình của công nghệ in 3D, bao gồm khám phá các tính năng của phần mềm thiết kế Tinkercad, cách chuyển file thiết kế sang máy in 3D, v.v. vì thời lượng workshop tương đối ngắn và hạn chế về số lượng máy in 3D (63,3%). Thêm vào đó, một số khác đánh giá năng tư duy thiết kế của bản thân còn hạn chế, cũng như gặp khó khăn trong quá trình đưa ý tưởng thiết kế 3D vào hoạt động giáo dục (10,0%). Cuối cùng, việc thiếu môi trường để vận dụng những gì đã học về công nghệ in 3D trong giáo dục cũng được một số ít các bạn còn lại đề cập (6,7%).

(3) Đề xuất: Dựa trên những khó khăn gặp phải, một số sinh viên cũng đề xuất một số giải pháp để khắc phục vấn đề này như cải thiện thời lượng và hình thức tổ chức hoạt động (26,7%), mở rộng thêm một số kiến thức về công nghệ in 3D (20,0%) và tăng cường số lượng máy in 3D để các bạn được trải nghiệm, thực hành nhiều hơn (6,7%).

Bảng 4. Thống kê mô tả các phản hồi của sinh viên sau workshop.

Khía cạnh	Chủ đề chính	Mình họa câu trả lời	Tần suất	Tỉ lệ (%)
Điều tâm đắc	Vận dụng công nghệ in 3D vào chương trình giáo dục phổ thông	Sinh viên 26: “Mới đầu em nghĩ công nghệ in 3D sẽ không thể áp dụng vào chuyên ngành Sư phạm Sinh của em được nhưng mà sau buổi workshop em đã biết thêm cách để áp dụng in 3D vào chuyên ngành của em và tìm hiểu được rất nhiều thứ mà em chưa biết tới trong Tinkercad, có nhiều ý tưởng hay, thực tế có thể áp dụng cho việc giảng dạy sau này.”	13	43,3
	Kỹ năng sử dụng phần mềm Tinkercad	Sinh viên 4: “Em thấy tâm đắc nhất là về phần mềm Tinkercad có cả thiết kế mạch điện khi mà một số mạch, thiết bị khá là đắt thì phần mềm cho mình được thử lắp luôn ngoài ra còn có thông tin để tìm hiểu về cái mạch đó với web bán cái mạch đó lun (waooo).”	13	43,3

	Kỹ năng sử dụng máy in 3D	Sinh viên 1: “Đạ em tâm đắc nhất về việc được học cách vận hành của máy in 3D”	10	33,3
	Kiến thức nền tảng về công nghệ in 3D	Sinh viên 5: “Em tâm đắc về lịch sử của ứng dụng công nghệ in 3D trong cuộc sống. Em cho rằng đó là những bước tiến lớn trong sự phát triển của loài người. Em học được cách thiết kế, cách sử dụng máy in 3D và những kiến thức về chúng.”	7	23,3
	Trải nghiệm tích cực trong workshop	Sinh viên 21: “Em rất tâm đắc về cách và phương pháp anh truyền đạt kiến thức đến tụi em, nó vừa hài hước vừa sâu sắc, lôi cuốn và không bị nhàm chán ạ.”	6	20,0
Khó khăn	Thành thạo quy trình ứng dụng công nghệ in 3D	Sinh viên 2: “Mới đầu em còn khá lúng túng để thiết kế trên Tinkercad, làm lâu thì cũng dần quen tay.”	19	63,3
	Năng lực thiết kế và ứng dụng công nghệ in 3D vào chương trình dạy học	Sinh viên 30: “Em thấy khó là làm sao để lên ý tưởng có thể kết hợp in 3D vào bài học thường ngày vì thời gian chuẩn bị cũng khá lâu cũng như việc giảng dạy cũng mất thời gian tương đối dài nên sẽ khá khó nếu em thực hiện việc dạy bài in 3D vào chương trình phổ thông thường ngày.”	6	20,0
	Môi trường ứng dụng	Sinh viên 1: “Đạ, ít môi trường để sử dụng những gì đã học.”	2	6,7
Đề xuất	Cải thiện cách tổ chức hoạt động	Sinh viên 24: “Đạ, em nghĩ trước buổi tập huấn, anh yêu cầu các thành viên thiết kế 1 mô hình đơn giản, như vậy buổi tập huấn sẽ không mất thời gian cho việc giới thiệu lại các bước sử dụng Tinkercad mà có thể tập huấn với những mô hình phức tạp hơn.”	8	26,7
	Bổ sung nội dung kiến thức	Sinh viên 10: “Em muốn biết cách vệ sinh cũng như khắc phục các lỗi của máy in 3D.”	3	10,0
	Tăng cường máy in 3D	Sinh viên 28: “Em ước có nhiều máy in hơn hoặc em có thể trải nghiệm sử dụng chúng.”	2	6,7

3.4. Thảo luận và hạn chế

Kết quả nghiên cứu đã khẳng định được tiềm năng của workshop đã tổ chức trong việc nâng cao ý định sử dụng công nghệ in 3D, khả năng vận dụng công nghệ này vào thiết kế hoạt động giáo dục cũng như nhận được các phản hồi tích cực về quá trình tham gia của sinh viên. Điều này củng cố thêm những kết quả nghiên cứu trước đây khi khám phá về những tiềm năng mà các chương trình đào tạo mang lại cho sinh viên [7]–[12]. Đồng thời, những khó khăn mà sinh viên phản hồi về mặt thời gian thực hành, khó khăn trong việc lần đầu sử dụng Tinkercad và số lượng máy in 3D còn giới hạn, cũng được các nghiên cứu khác ghi nhận khi thực hiện các chương trình đào tạo mang tính ngắn hạn [7], [11].

Mặc dù đã nỗ lực trong việc thiết kế nghiên cứu phù hợp với phạm vi tiếp cận, bài viết cũng đối mặt với một số hạn chế nhất định về thời gian tác động và đặc điểm mẫu nghiên cứu. Với thời lượng tác động ngắn hạn, đề tài cũng chưa thể tối ưu hóa việc phát triển năng lực sử dụng công nghệ in 3D trong các hoạt động giáo dục cho sinh viên. Đồng thời, mẫu nghiên cứu tương đối nhỏ và tập trung vào các bạn có sự hứng thú với giáo dục STEM nên chưa thể giải thích toàn diện cho các sinh viên khác. Đặc điểm mẫu chưa đồng đều, với một số ngành chỉ có một sinh viên, nên chưa thể đánh giá tác động cụ thể theo từng chuyên ngành. Song, những khám phá ban đầu này sẽ góp phần định hướng việc nghiên cứu, thiết kế và triển khai các chương trình đào tạo sinh viên sư phạm hay giáo viên một cách chính thức về việc sử dụng công nghệ in 3D trong giáo dục một cách hiệu quả và bền vững hơn với các ngành giáo dục nói chung hay cho từng chuyên ngành sư phạm nói riêng trong tương lai.

4. Kết luận

Kết quả thực nghiệm sư phạm với mẫu 30 sinh viên thuộc một câu lạc bộ liên quan đến giáo dục STEM cho thấy workshop đã có tác động tích cực đến việc nâng cao ý định sử dụng công nghệ in 3D

trong giáo dục của họ (với mức độ từ trung bình đến lớn). Đồng thời, sinh viên đã có thể vận dụng công nghệ in 3D để đề xuất các hoạt động dạy học hay trải nghiệm đơn giản liên quan đến chuyên ngành của mình. Kết hợp với những phản hồi tích cực của sinh viên sau workshop cũng góp phần khẳng định tính phù hợp, hiệu quả của kế hoạch đã đề xuất. Mặc dù đề tài cũng không tránh khỏi những hạn chế, nhưng điều này cũng hàm ý trong tương lai cần có những nghiên cứu tiếp nối liên quan đến việc (1) Thiết kế chuỗi workshop dài hạn cũng như đề xuất một học phần đào tạo sinh viên về việc tích hợp công nghệ in 3D trong giáo dục; (2) Mở rộng số lượng và đối tượng thực nghiệm sinh viên đa dạng hơn để nâng cao tính tin cậy của kết quả và (3) Thiết kế học liệu số để chia sẻ với cộng đồng giáo dục tham khảo và trao đổi chuyên môn.

Xung đột lợi ích

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

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Ford and T. Minshall, "Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education," *Addit. Manuf.*, vol. 25, pp. 131–150, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.addma.2018.10.028.
- [2] M. Tejera, S. Galiç, and Z. Lavicza, "3D Modelling and Printing in Teacher Education: A Systematic Literature Review," *J. STEM Educ. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–32, Jan. 2026, doi: 10.1007/s41979-025-00147-2.
- [3] Ministry of Education and Training, "General education program issued with Circular 32/2018/TT-BGDĐT," 2018.
- [4] M. D. Tang, V. T. Pham, and T. N. Nguyen, "Proposing a Teaching Process for the Topic 'Geometric Solids in Real-life Contexts' in Lower Secondary Education with the Support of 3D Printing Technology," (in Vietnamese), *Vietnam J. Educ.*, vol. 24, no. 17, 2024.
- [5] D. M. P. Nguyen and T. M. N. Pham, "Applying 3D Printing Technology to Support Teaching the Topic 'Volume of Solids of Revolution' in Grade 12 Mathematics," (in Vietnamese), *Vietnam J. Educ.*, vol. 23, no. 23, pp. 1–6, 2023.
- [6] M. H. Quan, L. D. Nguyen, T. N. Nguyen, and T. K. A. Nguyen, "Integrating Tinkercad into the designing solution phase of STEM educational activities: A case study in Vietnam," in *Proc. 9th Int. Conf. Digital Learning Strategies and Applications (DLSA)*, Taipei, Taiwan, May 2024.
- [7] A. Arslan and I. Erdogan, "Use of 3D Printers for Teacher Training and Sample Activities," *Int. J. Progress. Educ.*, vol. 17, no. 3, pp. 343–360, Jun. 2021, doi: 10.29329/ijpe.2021.346.22.
- [8] H. Güleriyüz, "Attitudes of Pre-Service Teachers on the Use of 3D Printing with Tinkercad in Science Education," *Eur. J. Math. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 4, pp. 217–228, Dec. 2023, doi: 10.12973/ejmse.4.4.217.
- [9] E. Novak and S. Wisdom, "Effects of 3D Printing Project-based Learning on Preservice Elementary Teachers' Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety About Teaching Science," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 27, no. 5, pp. 412–432, Oct. 2018, doi: 10.1007/s10956-018-9733-5.
- [10] N. Ali, D. Cairns, M. S. Khine, and M. Demirbilek, "A case study of preparing Emirati pre-service teachers to integrate 3D printing into teaching and learning," in *Integrating 3D Printing into Teaching and Learning: Practitioners' Perspectives*, N. Ali and M. S. Khine, Eds. Leiden, Netherlands: Brill, 2020, pp. 228–247, doi:10.1163/9789004415133.
- [11] M. Üçgül and S. Altıok, "The perceptions of prospective ICT teachers towards the integration of 3D printing into education and their views on the 3D modeling and printing course," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 8, pp. 10151–10181, Aug. 2023, doi: 10.1007/s10639-023-11593-z.
- [12] A. Barbosa, I. Vale, and D. Alvarenga, "The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: A focus on engineering design," *STEM Educ.*, vol. 4, no. 3, pp. 222–246, 2024, doi: 10.3934/steme.2024014.
- [13] L. Cohen, L. Manion, and K. Morrison, *Research Methods in Education*, 8th ed. London, U.K.: Routledge, 2018.
- [14] A. Branko, A. Šorgo, C. Helm, R. Weinhandl, and V. Lang, "Exploring Factors Affecting Elementary School Teachers' Adoption of 3D Printers In Teaching," *TechTrends*, vol. 67, no. 6, pp. 990–1006, Nov. 2023, doi: 10.1007/s11528-023-00909-y.
- [15] P. Holzmann, E. J. Schwarz, and D. B. Audretsch, "Understanding the determinants of novel technology adoption among teachers: the case of 3D printing," *J. Technol. Transf.*, vol. 45, no. 1, pp. 259–275, Feb. 2020, doi: 10.1007/s10961-018-9693-1.
- [16] V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, Jan. 2006, doi: 10.1191/1478088706qp0630a.
- [17] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis, "User Acceptance of Information Technology: Toward A Unified View1," *MIS Q.*, vol. 27, no. 3, pp. 425–478, Sep. 2003, doi: 10.2307/30036540.
- [18] M. Schmid, E. Brianza, and D. Petko, "Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK.xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model," *Comput. Educ.*, vol. 157, p. 103967, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2020.103967.
- [19] C. O. Fritz, P. E. Morris, and J. J. Richler, "Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation.," *J. Exp. Psychol. Gen.*, vol. 141, no. 1, pp. 2–18, 2012, doi: 10.1037/a0024338.

Minh Hoa Quan received his bachelor's degree in Physics Teacher Education and his master's degree in Education Science from Ho Chi Minh City University of Education in 2021 and 2025, respectively. Since 2025, he has been a PhD candidate in the International Graduate Program of Education and Human Development at National Sun Yat-sen University, Taiwan. His research interests include science education, STEM education, education for sustainable development, and the integration of technology in teaching and learning. He also applies statistical analysis to investigate educational phenomena, identify factors that influence student learning, and develop assessment tools for evaluating student competencies. He has published over ten academic papers and four books in recognized national journals and publishers, and actively engages in both national and international conferences and seeks research collaborations as well as supports student research development. His long-term goal is to apply these research interests to support students as well as pre-service and in-service teachers in accessing more equitable and high-quality education.

Email: hoaqm.hcmue@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3152-4818>