ĐỀ XUẤT KHUNG NĂNG LỰC STEM-TPACK TRONG KHÔNG GIAN SÁNG CHẾ CHO SINH VIÊN SƯ PHẠM CÔNG NGHỆ

Nguyễn Quốc Khánh
Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Vinh
Email: khanh.cntt.ktv@gmail.com

Tóm tắt: *Nghiên cứu đề xuất khung năng lực STEM-TPACK theo quy trình thiết kế nhằm hỗ trợ học tập và đánh giá năng lực của sinh viên Sư phạm Công nghệ trong không gian sáng chế. Trên cơ sở rà soát có chọn lọc chín tài liệu công bố giai đoạn 2022–2026, nghiên cứu xác định ba khoảng trống: TPACK chủ yếu được đánh giá bằng điểm tổng hợp; sản phẩm và hồ sơ quá trình ít được sử dụng làm minh chứng đánh giá có cấu trúc; nghiên cứu trên sinh viên Sư phạm Công nghệ còn hạn chế. Khung đề xuất gồm năm giai đoạn với hai lớp năng lực: thiết kế kĩ thuật và chuyển hóa sư phạm, đồng thời xác định hoạt động học tập, minh chứng đánh giá và kế hoạch kiểm định ba bước. Khung hiện chưa được thử nghiệm; độ tin cậy của công cụ đo và tác động đến năng lực người học cần được kiểm chứng.*

Từ khóa: *Sư phạm Công nghệ; năng lực STEM; TPACK; học tập dựa trên thiết kế; không gian sáng chế.*

A PROPOSED STEM-TPACK COMPETENCE FRAMEWORK IN A MAKERSPACE FOR TECHNOLOGY EDUCATION STUDENTS

Abstract: *This study proposes a STEM-TPACK competence framework organized around the design process to support learning and competence assessment among Technology Education students in a makerspace. Based on a selective review of nine publications from 2022 to 2026, the study identifies three research gaps: TPACK is primarily assessed using composite scores; artifacts and process records are rarely used as structured assessment evidence; and research involving Technology Education students remains limited. The proposed framework comprises five stages and two competence layers: technical design and pedagogical translation. It also specifies learning activities, assessment evidence, and a three-step validation plan. The framework has not yet been empirically tested; the reliability of its assessment instruments and its effects on students' competence require further validation.*

Keywords: *Technology Education; STEM competence; TPACK; design-based learning; makerspace.*

Nhận bài: 25/09/2026 *Phản biện: 25/10/2026* *Duyệt đăng: 30/10/2026*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giáo dục STEM ngày càng được quan tâm trong đào tạo giáo viên. Tổng quan 26 nghiên cứu thực nghiệm giai đoạn 2015–2025 cho thấy học tập dựa trên dự án, quy trình thiết kế kĩ thuật và môi trường có công nghệ hỗ trợ có liên quan đến năng lực nghề nghiệp của sinh viên sư phạm, song chương trình thiếu linh hoạt và nguồn lực hạn chế vẫn là những trở ngại (Polatuly và cs., 2026). Không gian sáng chế (makerspace) được nghiên cứu như một môi trường hỗ trợ hoạt động thiết kế và chế tạo (Max và cs., 2023a; Rouse và cs., 2026; Stevenson và cs., 2026).

Tại Việt Nam, năng lực dạy học STEM của sinh viên sư phạm chưa được nghiên cứu đầy đủ (Phuong và cs., 2025). Khung năm miền của Phuong và cộng sự dành cho sinh viên sư phạm nói chung, chưa đề cập riêng năng lực thiết kế và chế tạo. Trong khi đó, sinh viên Sư phạm Công nghệ cần có khả năng tạo sản phẩm kĩ thuật và chuyển sản phẩm, quá trình chế tạo thành hoạt động dạy học.

Các tài liệu được rà soát cho thấy ba khoảng trống: (i) TPACK chủ yếu được đánh giá bằng điểm tổng hợp trước và sau can thiệp, chưa phản ánh việc vận dụng kiến thức ở từng giai đoạn thiết kế (Dewi và cs., 2022; Max và cs., 2023a, 2023b); (ii) năng lực thiết kế thường được đo bằng thang tự đánh giá, trong khi sản phẩm và nhật kí thiết kế ít được sử dụng làm minh chứng đánh giá có cấu trúc (Stevenson và cs., 2026; Tsai, 2025; Yüksel, 2025); (iii) sinh viên Sư phạm Công nghệ ít được nghiên cứu, các công trình liên quan mới chủ yếu mang tính mô tả (Rouse và cs., 2026).

Từ đó, nghiên cứu đề xuất khung năng lực STEM-TPACK theo quy trình xác định vấn đề, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm và cải tiến, sử dụng sản phẩm và hồ sơ quá trình trong makerspace làm minh chứng đánh giá. Hai nhận định cần kiểm chứng gồm: (i) điểm rubric theo từng giai đoạn phân biệt được các mức năng lực mà điểm TPACK tổng hợp không phân biệt được; (ii) điểm đánh giá từ sản phẩm và nhật kí phù hợp với mức tự đánh giá của người học. Nếu dữ liệu không xác nhận các nhận định này, cách tiếp cận theo quy trình cần được xem xét lại. Khung hiện được xây dựng từ phân tích tài liệu và chưa được kiểm định thực nghiệm.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lí luận: TPACK, học tập dựa trên thiết kế và không gian sáng chế

TPACK xem tri thức nghề nghiệp của giáo viên là sự kết hợp giữa kiến thức nội dung (CK), kiến thức sư phạm (PK), kiến thức công nghệ (TK) và bốn miền kiến thức giao thoa. Trong đó, TPACK thể hiện khả năng lựa chọn, sử dụng công nghệ phù hợp với nội dung, người học và cách tổ chức dạy học (Max và cs., 2023a). Năng lực này được phát triển thông qua hoạt động giải quyết vấn đề, thực hành, phản ánh và vận dụng kiến thức vào thực tiễn. Max và cs. (2023a) đề xuất môi trường học tập cần tính đến kiến thức, mức tự tin ban đầu của sinh viên, tổ chức hoạt động theo vấn đề hoặc dự án và tạo điều kiện cho người học phản ánh về quá trình thực hiện.

Học tập dựa trên thiết kế tổ chức việc giải quyết vấn đề thành những vòng thiết kế, thử nghiệm và chỉnh sửa sản phẩm. Các nghiên cứu mô tả quy trình này theo những cách khác nhau, gồm tám bước thiết kế kĩ thuật (Tsai, 2025), năm pha tư duy thiết kế (Yüksel, 2025) hoặc sáu giai đoạn dẫn đến kế hoạch bài dạy (Dewi và cs., 2022). Điểm chung là người học sử dụng phản hồi để điều chỉnh sản phẩm.

Makerspace là không gian được trang bị công cụ vật lí và công cụ số phục vụ thiết kế, chế tạo (Rouse và cs., 2026). Trong đào tạo giáo viên, pedagogical makerspace có thêm sự hướng dẫn của giảng viên, tạo điều kiện để sinh viên thực hiện dự án, chế tạo sản phẩm, phân tích kết quả và phản ánh về khả năng vận dụng vào dạy học (Max và cs., 2023a). Việc giới thiệu không gian, tập huấn công cụ và hỗ trợ trong quá trình thực hiện giúp sinh viên tham gia các hoạt động này (Rouse và cs., 2026).

Trên cơ sở đó, khung đề xuất kết hợp ba thành phần: TPACK xác định kiến thức cần vận dụng, quy trình thiết kế xác định hoạt động của sinh viên, còn makerspace tạo điều kiện hình thành sản phẩm và hồ sơ quá trình làm minh chứng đánh giá năng lực.

2.2. Thực trạng từ tổng quan bằng chứng

Phần tổng quan sử dụng chín công bố được lựa chọn có chủ đích từ các nguồn tiếp cận đến tháng 10/2026, có toàn văn, công bố giai đoạn 2022–2026, nghiên cứu sinh viên sư phạm hoặc giáo viên tương lai và đề cập đến thiết kế, makerspace, TPACK hoặc năng lực STEM. Các nhận định chỉ giới hạn trong nhóm tài liệu được rà soát.

Trong đó, bảy nghiên cứu can thiệp hoặc nghiên cứu trường hợp triển khai các hoạt động từ tám tuần đến một học kì, gồm dự án trong pedagogical makerspace, hoạt động STEM theo tư duy thiết kế, chế tạo với micro và mô hình học tập theo quy trình thiết kế (Dewi và cs., 2022; Max và cs., 2023a, 2023b; Tsai, 2025; Yüksel, 2025; Rouse và cs., 2026; Stevenson và cs., 2026). Phần lớn nghiên cứu ghi nhận kết quả tích cực. TPACK của nhóm can thiệp tăng so với nhóm đối chứng ($p = 0,005$; $\eta^2p = 0,05$; Max và cs., 2023a, 2023b); năng lực thiết kế dạy học đạt N-Gain mức cao (Dewi và cs., 2022); tư duy thiết kế, hiểu biết kĩ thuật và tự hiệu quả được cải thiện (Tsai, 2025; Yüksel, 2025). Tuy nhiên, tự hiệu quả công nghệ chung không thay đổi (Stevenson và cs., 2026), còn kết quả về năng lực hành động chưa cho phép suy rộng (Rouse và cs., 2026).

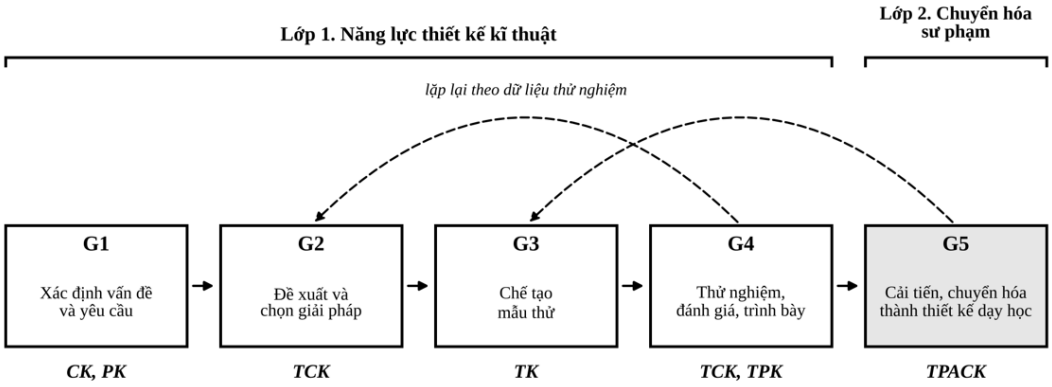
Những kết quả trên vẫn có hạn chế về phương pháp và công cụ đánh giá. Tsai (2025) và Yüksel (2025) sử dụng thiết kế một nhóm; nghiên cứu của Tsai chỉ gồm $N = 27$ sinh viên tại một trường, trong khi Max và cs. (2023a) có nhóm đối chứng nhưng chỉ theo dõi trong một học kì. Đáng chú ý, năm trong bảy nghiên cứu sử dụng thang đo hoặc bảng hỏi tự báo cáo, chỉ hai nghiên cứu chấm sản phẩm hoặc quá trình, chủ yếu là kế hoạch bài dạy và hoạt động thiết kế nói chung (Dewi và cs., 2022; Yüksel, 2025). Sự thiếu thống nhất giữa các công cụ đo và nguy cơ thiên lệch mong muốn xã hội cũng được ghi nhận (Max và cs., 2023b; Polatuly và cs., 2026).

Tại Việt Nam, khung năng lực STEM năm miền của Phuong và cs. (2025) gồm 25 chỉ số ($N = 400$; Cronbach's alpha = 0,724), nhưng chưa có chỉ số trực tiếp về thiết kế và chế tạo sản phẩm kĩ thuật; sinh viên còn gặp khó khăn trong tích hợp liên môn và ứng dụng công nghệ. Trong bảy nghiên cứu can thiệp hoặc nghiên cứu trường hợp được rà soát, chỉ Rouse và cs. (2026) đề cập đến đào tạo giáo viên công nghệ, song nghiên cứu mang tính mô tả và không thể suy rộng. Như vậy, các bằng chứng hiện có cho thấy triển vọng của hoạt động thiết kế trong đào tạo giáo viên, nhưng chưa làm rõ cách đánh giá năng lực của sinh viên Sư phạm Công nghệ thông qua sản phẩm và hồ sơ quá trình.

2.3. Khung năng lực STEM-TPACK theo quy trình thiết kế

Khung được xây dựng theo ba bước. Trước hết, tám bước thiết kế kĩ thuật của Tsai (2025) được gộp thành năm giai đoạn để có thể triển khai trong một học phần; các nghiên cứu đã rà soát có thời lượng từ 8 đến 14 tuần. G1 gộp bước 1-2, G2 gộp bước 3-4, G3 ứng với bước 5, G4 gộp bước 6-7 và G5 ứng với bước 8. Tiếp theo, mỗi giai đoạn được gắn với thành phần TPACK cần quan sát theo cấu trúc của Max và cs. (2023a). Cuối cùng, G5 được bổ sung hoạt động chuyển sản phẩm thành thiết kế dạy học. Việc bổ sung này dựa trên kế hoạch bài dạy ở Dewi và cs. (2022), thử nghiệm sản phẩm với học sinh tiểu học ở Tsai (2025) và hoạt động phản ánh về dạy học ở Rouse và cs. (2026). Rubric tám giai đoạn của Yüksel (2025) được dùng để tham khảo cách chấm ở mục 2.4.

Hình 1 thể hiện hai lớp năng lực của khung. G1-G4 tập trung vào thiết kế kĩ thuật khi sinh viên trực tiếp làm sản phẩm; G5 tập trung vào chuyển sản phẩm ấy thành hoạt động dạy học, đòi hỏi huy động PK và TPACK. Mũi tên từ G4 về G2 biểu thị việc sửa thiết kế theo dữ liệu thử nghiệm; mũi tên từ G5 về G3 biểu thị việc sửa sản phẩm sau khi cân nhắc yêu cầu dạy học.



Hình 1. Khung năng lực STEM-TPACK theo quy trình thiết kế (đề xuất). CK, PK, TK: kiến thức nội dung, sư phạm, công nghệ; TCK, TPK: các giao điểm

(Nguồn: Đề xuất của nghiên cứu)

Cách gán TPACK cho các giai đoạn hiện là giả thuyết thiết kế, chưa được xác nhận bằng thực nghiệm. G1 cần kiến thức khoa học, toán và công nghệ (CK) để phát biểu vấn đề, đồng thời cần hiểu nhu cầu người học (PK). G2 đòi hỏi giải thích vì sao công nghệ được chọn phù hợp với nội dung (TCK). G3 nhấn vào sử dụng công cụ chế tạo (TK). G4 dùng dữ liệu thử nghiệm và phản hồi của người học để điều chỉnh sản phẩm (TCK, TPK). G5 kết hợp các miền kiến thức khi thiết kế hoạt động dạy học (TPACK). Thành phần ghi là "trọng tâm" ở Bảng 1 chỉ là ưu tiên quan sát; mỗi giai đoạn vẫn có thể huy động nhiều thành phần.

Bảng 1. Khung năng lực STEM-TPACK theo quy trình thiết kế (đề xuất)

Giai đoạn	Thành phần TPACK trọng tâm	Chỉ báo quan sát được	Căn cứ
G1. Xác định vấn đề và yêu cầu	CK, PK	Phát biểu được vấn đề kĩ thuật gắn với nhu cầu của người dùng hoặc người học; nêu được kiến thức khoa học, toán, công nghệ liên quan	Tsai (2025), bước 1-2
G2. Đề xuất và lựa chọn giải pháp	TCK	So sánh các phương án; lập luận chọn phương án dựa trên ràng buộc kĩ thuật và kiến thức nội dung	Tsai (2025), bước 3-4

G3. Chế tạo mẫu thử	TK	Dùng đúng và an toàn công cụ, phần mềm chế tạo; xử lí sự cố trong quá trình chế tạo	Tsai (2025), bước 5
G4. Thử nghiệm, đánh giá, trình bày	TCK, TPK	Thiết kế phép thử và ghi nhận dữ liệu; kết luận về chất lượng mẫu thử; thu phản hồi từ người học thật	Tsai (2025), bước 6-7
G5. Cải tiến và chuyển hóa thành thiết kế dạy học	TPACK	Sửa sản phẩm dựa trên dữ liệu thử nghiệm; xây dựng hoạt động dạy học có mục tiêu, tiến trình, đánh giá, dùng sản phẩm làm công cụ; nêu hạn chế	Tsai (2025), bước 8; phần chuyển hóa do khung bổ sung

Khung đề xuất bổ sung cho khung năm miền của Phuong và cs. (2025) các chỉ báo về thiết kế và chế tạo sản phẩm kĩ thuật. G1 và G5 có nội dung gần với những miền liên quan đến thiết kế bài học tích hợp, đánh giá và cải tiến; G2–G4 mô tả cụ thể các hoạt động chưa được thể hiện bằng chỉ số trong khung năm miền. Kiến thức sư phạm (PK) chỉ được xác định rõ ở G1, G4 và G5. Do đó, khung đề xuất chưa đánh giá đầy đủ năng lực tổ chức môi trường học tập và trực tiếp dạy học STEM; hai năng lực này cần công cụ đánh giá bổ sung. Khung hiện chưa được kiểm định.

2.4. Quy trình học tập dựa trên thiết kế và minh chứng đánh giá

Trước khi bước vào các giai đoạn G1–G5, sinh viên cần được giới thiệu không gian chế tạo, tập huấn sử dụng công cụ (Rouse và cs., 2026) và hướng dẫn cách triển khai dự án. Theo Max và cs. (2023a), việc nắm được cách tổ chức dự án, kết hợp với phản ánh định kì, giúp sinh viên nhận ra những kiến thức TPACK còn thiếu trong quá trình thực hiện. Đến G5, sinh viên tham khảo các ví dụ dạy học, góp ý cho kế hoạch bài dạy của nhau và chỉnh sửa kế hoạch theo phản hồi nhận được (Dewi và cs., 2022).

Bảng 2. Hoạt động học tập và minh chứng đánh giá theo giai đoạn (đề xuất)

Giai đoạn	Hoạt động trong makerspace	Minh chứng thu thập
G1	Phân tích nhu cầu, tìm hiểu sản phẩm tương tự, phát biểu yêu cầu	Phiếu mô tả vấn đề; trang nhật kí thiết kế
G2	Phác thảo, động não, chọn phương án	Bản phác thảo; bảng so sánh phương án và lập luận
G3	Chế tạo mẫu mức thấp trước, tập huấn công cụ khi cần	Mẫu thử; ảnh, video quá trình; nhật kí sự cố
G4	Thử nghiệm với người học thật; báo cáo (có thể dạng video)	Báo cáo thử nghiệm; dữ liệu và phản hồi thu được
G5	Cải tiến; đánh giá đồng đẳng; xây dựng hoạt động dạy học dùng sản phẩm	Sản phẩm sau cải tiến; kế hoạch bài dạy; bài phản ánh

Mỗi chỉ báo trong bảng 1 dự kiến được đánh giá ở ba mức: dưới mức mục tiêu, đạt mức mục tiêu và vượt mức mục tiêu, tham khảo cách Yüksel (2025) chấm tám giai đoạn thiết kế. Bảng 2 nêu các minh chứng có thể thu thập ở từng giai đoạn. Để giảm sự phụ thuộc vào tự báo cáo, việc chấm mỗi chỉ báo cần dựa trên ít nhất hai loại minh chứng, chẳng hạn sản phẩm và nhật kí thiết kế, hoặc sản phẩm và bài phản ánh. Hai người chấm đánh giá độc lập; mức độ nhất quán giữa họ sẽ được kiểm tra ở bước hai của kế hoạch kiểm định (mục 2.5). Bảng hỏi TPACK thực hiện vào đầu và cuối học phần được dùng để đối chiếu với kết quả chấm.

Khi xây dựng thang đánh giá, cần cân nhắc cách làm của Rouse và cs. (2026): chấm bài phản ánh về quá trình thay cho chất lượng sản phẩm nhằm giảm áp lực phải tạo ra sản phẩm hoàn hảo. Tiêu chí cụ thể cho ba mức của từng chỉ báo sẽ được hoàn thiện trong bước kiểm định nội dung.

2.5. Điều kiện triển khai và kế hoạch kiểm định

Các nghiên cứu được rà soát gợi ý năm điều kiện cần xem xét khi triển khai khung: thời lượng học phần, khả năng sử dụng không gian chế tạo và

tiếp cận người hỗ trợ công cụ, kiến thức ban đầu của sinh viên, sự hỗ trợ trong quá trình thực hiện dự án và mức độ linh hoạt của chương trình cùng nguồn lực hiện có. Các hoạt động thiết kế trong nghiên cứu của Tsai (2025) và Max và cs. (2023a) kéo dài từ 8 đến 14 tuần. Đặc biệt, TPACK trước dự án có khả năng dự báo TPACK sau dự án ($\beta = 0,42$; $p = 0,003$; Max và cs., 2023a), trong khi chương trình thiếu linh hoạt và nguồn lực hạn chế là những rào cản triển khai (Polatuly và cs., 2026). Do cơ sở dự kiến thử nghiệm chưa được khảo sát, cần xác định trước thời lượng học phần, thiết bị chế tạo, nhân sự hướng dẫn, kiến thức nền của sinh viên và khả năng điều chỉnh chương trình.

Khung dự kiến được kiểm định qua ba bước. Thứ nhất, lấy ý kiến chuyên gia về các chỉ báo, đánh giá độ tin cậy nội tại và cấu trúc thang đo bằng Cronbach's alpha và phân tích nhân tố khám phá (EFA), tham khảo Phuong và cs. (2025). Thứ hai, kiểm tra độ nhất quán giữa hai người chấm độc lập bằng hệ số kappa hoặc hệ số tương quan nội lớp. Thứ ba, thực hiện nghiên cứu bán thực nghiệm có nhóm đối chứng và đo trước – sau nhằm khắc phục hạn chế của thiết kế một nhóm (Tsai, 2025; Yüksel, 2025). Cỡ mẫu cần được tính theo mức hiệu ứng kì vọng; quy mô từ 27 đến 495 người trong các nghiên cứu đã rà soát chỉ dùng để tham khảo.

Hai nhận định ở phần I được kiểm tra riêng. Đối với nhận định (i), hai mô hình hồi quy cùng dự báo một kết quả tham chiếu độc lập, chẳng hạn điểm dạy thử. Mô hình thứ nhất sử dụng điểm TPACK tổng hợp, mô hình thứ hai bổ sung điểm theo năm giai đoạn. Điểm theo giai đoạn chỉ được xem là cung cấp thêm thông tin khi mô hình thứ hai giải thích thêm phương sai vượt ngưỡng xác định trước. Đối với nhận định (ii), mức độ phù hợp giữa điểm chấm từ minh chứng và điểm tự đánh giá được kiểm tra bằng tương quan hạng. Các ngưỡng đánh giá phải được công bố trước khi thu thập dữ liệu; nếu kết quả không đạt ngưỡng, cần xem xét lại cách tiếp cận theo quy trình. Nghiên cứu hiện tại chưa thực hiện các phép kiểm tra này.

2.6. Ví dụ minh họa và giới hạn của khung

Để minh họa cách sử dụng khung, nghiên cứu xây dựng tình huống giả định một nhóm sinh viên Sư phạm Công nghệ chế tạo thiết bị đo độ ẩm đất bằng vi điều khiển nhằm dạy bài cảm biến ở trung học cơ sở. Bảng 3 trình bày hoạt động, thành phần TPACK, minh chứng và dấu hiệu đạt ở từng giai đoạn G1–G5, tương ứng với Bảng 1. Đây là tình huống giả định, không phải dữ liệu hay kết quả thử nghiệm.

Bảng 3. Ví dụ minh họa vận hành khung trên thiết bị đo độ ẩm đất (giả định, không phải dữ liệu)

Giai đoạn	Việc nhóm làm (ví dụ giả định)	TPACK	Minh chứng	Dấu hiệu đạt
G1	Nêu vấn đề: học sinh khó hình dung cách một đại lượng vật lí thành tín hiệu số; liệt kê kiến thức vật lí, toán, công nghệ cần dùng	CK, PK	Phiếu mô tả vấn đề; trang nhật kí	Phát biểu được vấn đề gắn với nhu cầu người học; nêu được kiến thức liên quan
G2	So sánh hai loại cảm biến theo giá, độ ổn định, độ khó lắp ráp; lập luận chọn một loại	TCK	Bản phác thảo; bảng so sánh phương án	So sánh từ hai phương án theo ít nhất hai ràng buộc kĩ thuật; lập luận có dẫn kiến thức nội dung
G3	Lắp mẫu thử, nạp chương trình cho vi điều khiển; ghi nhật kí sự cố	TK	Mẫu thử; ảnh, video quá trình; nhật kí sự cố	Dùng đúng và an toàn công cụ; xử lí được sự cố khi lắp
G4	Đo thử với vài mẫu đất có độ ẩm khác nhau, ghi số đọc; cho một nhóm học sinh dùng thử, thu phản hồi	TCK, TPK	Báo cáo thử nghiệm; số đọc và phản hồi	Thiết kế phép thử và ghi nhận dữ liệu; kết luận về chất lượng mẫu thử; thu được phản hồi
G5	Sửa thiết kế theo dữ liệu thử nghiệm; xây dựng hoạt động dạy học dùng thiết bị, gồm mục tiêu, tiến trình, đánh giá	TPACK	Sản phẩm sau cải tiến; kế hoạch bài dạy; bài phản ánh	Sửa sản phẩm dựa trên dữ liệu; xây dựng hoạt động dạy học có mục tiêu, tiến trình, đánh giá; nêu hạn chế

Việc đánh giá cần dựa trên sản phẩm và hồ sơ quá trình có thể quan sát được. Chẳng hạn, ở G2, nếu nhóm chỉ chọn một loại cảm biến vì dễ mua mà không xem xét phương án khác, chỉ báo chưa đạt mức mục tiêu. Nếu nhóm so sánh ít nhất hai phương án theo hai ràng buộc kĩ thuật trở lên và giải thích lựa chọn, chỉ báo được xem là đạt mức mục tiêu. Ví dụ này minh họa cách áp dụng tiêu chí, không gán điểm cho một nhóm sinh viên cụ thể.

Khung đề xuất vẫn có những giới hạn cần kiểm chứng. Trước hết, cần xác định việc gắn các giai đoạn thiết kế với thành phần TPACK và bổ sung bước chuyển sản phẩm thành hoạt động dạy học có cung cấp thêm thông tin đánh giá so với rubric thiết kế thông thường, chẳng hạn rubric tám giai đoạn của Yüksel (2025). Nếu không, giá trị của khung có thể chỉ dừng ở mô tả quá trình. Việc phân chia hoạt động chế tạo thành các giai đoạn cũng có nguy cơ thu hẹp tính mở của quá trình thiết kế. Bên cạnh đó, nhật kí và bài phản ánh vẫn chứa thông tin tự thuật; sử dụng nhiều nguồn minh chứng có thể giảm nhưng không loại bỏ hoàn toàn thiên lệch mong muốn xã hội (Polatuly và cs., 2026).

Cơ sở bằng chứng hiện có chưa đủ để xác định mức độ phù hợp của khung với sinh viên Sư phạm Công nghệ. Phần lớn nghiên cứu được rà soát tập trung vào sinh viên sư phạm khoa học và giáo dục tiểu học; nghiên cứu về giáo viên công nghệ còn mang tính mô tả (Rouse và cs., 2026). Tổng quan của bài báo chỉ gồm chín tài liệu, khung chưa được kiểm chứng bằng dữ liệu và tại Việt Nam mới có một khung năng lực được sử dụng để tham chiếu (Phuong và cs., 2025). Vì vậy, giá trị đo lường và hiệu quả đào tạo của khung cần được xác định thông qua kế hoạch kiểm định ở mục 2.5.

III. KẾT LUẬN

Qua rà soát chín tài liệu, nghiên cứu xác định ba khoảng trống: TPACK thường được đánh giá bằng điểm tổng hợp; sản phẩm và hồ sơ quá trình trong makerspace ít được sử dụng làm minh chứng đánh giá có cấu trúc; sinh viên Sư phạm Công nghệ hiếm khi xuất hiện trong mẫu nghiên cứu. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất khung năng lực STEM-TPACK gồm năm giai đoạn, trong đó G1–G4 tập trung vào thiết kế kĩ thuật và G5 chuyển sản phẩm, quá trình chế tạo thành hoạt động dạy học. Khung xác định hoạt động học tập, minh chứng đánh giá theo từng giai đoạn và kế hoạch kiểm định ba bước.

Nếu được kiểm định, các chỉ báo của khung có thể hỗ trợ giảng viên xây dựng rubric đánh giá học phần có hoạt động chế tạo, kết hợp sản phẩm, hồ sơ quá trình và bảng hỏi tự đánh giá. Tuy nhiên, khung hiện chưa được thử nghiệm nên chưa thể kết luận về độ tin cậy của công cụ đo, mức độ phù hợp với sinh viên Sư phạm Công nghệ hay tác động đến năng lực người học. Trước khi thí điểm, cơ sở đào tạo cần rà soát thời lượng học phần, điều kiện sử dụng makerspace, nhân sự hỗ trợ và kiến thức nền của sinh viên. Nghiên cứu tiếp theo cần hoàn thiện tiêu chí chấm, kiểm định nội dung và độ nhất quán giữa người chấm, thực hiện bán thực nghiệm có nhóm đối chứng và theo dõi sau một học kì để đánh giá khả năng duy trì, phát triển năng lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Dewi, N. R., Rusilowati, A., Saptono, S., & Haryani, S. (2022). Project-based scaffolding TPACK model to improve learning design ability and TPACK of pre-service science teacher. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 11(3), 420-432. https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.38566

Max, A.-L., Lukas, S., & Weitzel, H. (2023a). The pedagogical makerspace: Learning opportunity and challenge for prospective teachers' growth of TPACK. British Journal of Educational Technology, 55(1), 208-230. https://doi.org/10.1111/bjet.13324

Max, A.-L., Weitzel, H., & Lukas, S. (2023b). Factors influencing the development of pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge in a pedagogical makerspace. Frontiers in Education, 8, Article 1166018. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1166018

Phuong, P. N. T., Hong, B. V., & De, D. V. (2025). STEM teaching competency framework for pre-service teacher: A study in Vietnam. International Journal of Evaluation and Research in Education, 14(6), 4734-4743. https://doi.org/10.11591/ijere.v14i6.35387

Polatuly, S., Ramankulov, S., Yedilbayev, Y., Çoruh, A., & Kuanbayeva, B. (2026). STEM-TVET integration for developing pre-service teachers' professional competence: A systematic literature review. Frontiers in Education, 11, Article 1812251. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1812251

Rouse, R., Ellis, D., & Puddicombe, C. K. (2026). Agency in the making: Empowering pre-service technology teachers. Australasian Journal of Technology Education, 11(Special Issue), 1-14.

Stevenson, M., Georgiou, H., Van Der Jagt, E., & Hellwig, A. F. J. (2026). Shaping STEM attitudes: The impact of a makerspace experience on primary preservice teachers. Research in Science & Technological Education. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/02635143.2026.2628604

Tsai, F.-H. (2025). Fostering engineering and computational thinking competencies in pre-service elementary teachers through an EDP-based STEM digital making activity. Sustainability, 17(20), Article 9156. https://doi.org/10.3390/su17209156

Yüksel, A. O. (2025). Design-based STEM activities in teacher education and its effect on pre-service science teachers' design thinking skills. Journal of Science Education and Technology, 34, 904-918. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10215-2