

**A COMPARATIVE STUDY OF THREE
TACTILE MAP PRINTING
TECHNIQUES IN THE DESIGN OF
EDUCATIONAL MATERIALS FOR
VISUALLY IMPAIRED STUDENTS**

Truong Nhan Minh¹, Le The Trung¹,
Ta Duc Hieu^{2*} and Hoang Thi Nga³
*Ho Chi Minh City University of Education, Ho
Chi Minh city, Vietnam*

¹*Students, Department of Geography, Ho Chi
Minh City University of Education,
Ho Chi Minh City, Vietnam*

²*Department of Geography, Ho Chi Minh City
University of Education, Ho Chi Minh City, Vietnam*

³*Department of Special Education, Ho Chi
Minh City University of Education,
Ho Chi Minh City, Vietnam*

*Corresponding author: Ta Duc Hieu,
e-mail: hieutd@hcmue.edu.vn

Received May 26, 2025.

Revised August 13, 2025.

Accepted December 25, 2025.

Abstract. Maps are important teaching tools that help develop spatial thinking in students; for visually impaired students, tactile maps play an especially significant role. Currently, three common techniques are used to produce tactile maps: Thermoform, Swell, and 3D printing. This study compares the suitability of these techniques in the design of educational materials for visually impaired students in Ho Chi Minh City. Using questionnaire surveys combined with in-depth interviews, the research findings show that all 14 experts encountered no difficulties in using the Thermoform technique, which effectively meets both the needs and practical conditions of schools. This study also emphasizes the crucial role of teaching aids, especially tactile maps, in developing the qualities and competencies of visually impaired students within the context of inclusive education in mainstream schools.

Keywords: visual impairment students, Thermoforming Printing Technique, Swell Printing Technique, 3D Printing Technique.

**NGHIÊN CỨU SO SÁNH
BA KỸ THUẬT IN BẢN ĐỒ NỔI
TRONG THIẾT KẾ HỌC LIỆU
CHO HỌC SINH KHIẾM THỊ**

Trương Nhân Minh¹, Lê Thế Trung¹,
Tạ Đức Hiếu^{2*} và Hoàng Thị Nga³
¹*SV, Khoa Địa lý, Trường Đại học Sư phạm
Thành phố Hồ Chí Minh,*

thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
²*Khoa Địa lý, Trường Đại học Sư phạm
Thành phố Hồ Chí Minh,*

thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
³*Khoa Giáo dục Đặc biệt, Trường Đại học
Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh,*

thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
*Tác giả liên hệ: Tạ Đức Hiếu,
e-mail: hieutd@hcmue.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/5/2025.

Ngày sửa bài: 13/8/2025.

Ngày nhận đăng: 25/11/2025.

Tóm tắt. Bản đồ là phương tiện dạy học quan trọng giúp phát triển tư duy không gian cho học sinh; với học sinh khiếm thị, bản đồ nổi có vai trò đặc biệt quan trọng. Hiện nay, có ba kỹ thuật in bản đồ nổi phổ biến: Thermoform, Swell và in 3D. Nghiên cứu này thực hiện so sánh và khảo sát mức độ phù hợp của ba kỹ thuật in bản đồ nổi trong thiết kế học liệu cho học sinh khiếm thị tại Thành phố Hồ Chí Minh. Với phương pháp điều tra bảng hỏi, kết hợp phỏng vấn sâu, kết quả nghiên cứu cho thấy 14/14 chuyên gia không gặp khó khăn khi sử dụng kỹ thuật in Thermoform, đáp ứng tốt nhu cầu, điều kiện thực tế tại trường học. Nghiên cứu này đồng thời nhấn mạnh vai trò quan trọng của hệ thống phương tiện dạy học, đặc biệt là bản đồ nổi, trong việc phát triển phẩm chất và năng lực cho học sinh khiếm thị trong bối cảnh giáo dục hòa nhập tại các trường phổ thông.

Từ khóa: học sinh khiếm thị, kỹ thuật in tạo hình chân không, kỹ thuật in giấy phồng, kỹ thuật in đồ họa ba chiều.

1. Mở đầu

Việc triển khai chương trình Giáo dục phổ thông (GDPT) 2018 đã góp phần nâng cao khả năng tiếp cận giáo dục cho học sinh (HS) khuyết tật, đặc biệt là học sinh khiếm thị (HSKT) ở Việt Nam. Các văn bản pháp lý như Luật Giáo dục (2019), Thông tư 03/2018/TT-BGDĐT và Thông tư liên tịch 42/2013/TTLT-BGDĐT-BLĐTBXH-BTC đã thể hiện sự cam kết của Nhà nước trong việc đầu tư cơ sở vật chất, thiết bị và học liệu dành riêng cho nhóm HS này [1, 2]. Tuy nhiên, các chính sách hiện hành chủ yếu dừng lại ở định hướng chung, thiếu quy định cụ thể về chuẩn kỹ thuật đối với các phương tiện dạy học chuyên biệt, đặc biệt là bản đồ nổi (BDN), một công cụ thiết yếu hỗ trợ HSKT phát triển tư duy không gian và khả năng tiếp cận tri thức địa lý [3, 4].

Trên thế giới, vai trò của BDN trong dạy học địa lý cho HSKT đã được khẳng định qua nhiều nghiên cứu [5-8]. Các công trình này không chỉ chứng minh hiệu quả sư phạm mà còn phân tích sâu các công nghệ in nổi như Thermoform, Swell, in 3D dưới nhiều góc độ khác nhau như tính kỹ thuật, chi phí, độ bền và khả năng triển khai trong môi trường giáo dục [3, 9-11]. Tại các quốc gia như Hoa Kỳ, Nhật Bản, Hàn Quốc, các kỹ thuật này đã được chuẩn hóa, tích hợp vào hệ thống kiểm định thiết bị, đảm bảo tính đồng bộ giữa chính sách giáo dục đặc thù và tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia [12-15].

Ngược lại, tại Việt Nam, việc ứng dụng BDN còn khá khiêm tốn, thiếu định hướng thống nhất và chưa có khung tiêu chuẩn kỹ thuật làm cơ sở triển khai. Mặc dù Thông tư 42/2013 và Nghị định 28/2012 đã đề cập đến cơ chế hỗ trợ tài chính và xã hội hóa thiết bị giáo dục cho HS khuyết tật, song vẫn chưa ban hành các tiêu chí kỹ thuật cụ thể đối với phương tiện chuyên dụng [2, 16]. Hệ quả là các cơ sở giáo dục dành cho HSKT buộc phải tự tổ chức thiết kế và sản xuất học liệu, khiến quá trình triển khai BDN phụ thuộc nhiều vào điều kiện công nghệ tại chỗ, thiếu tính thống nhất và khó kiểm soát chất lượng [3].

Bên cạnh đó, quá trình triển khai còn đối mặt với nhiều thách thức như thiếu đội ngũ chuyên môn, chi phí sản xuất cao và sự không đồng bộ giữa công nghệ in với cơ sở vật chất [17, 18]. Những yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến tính khả thi trong dạy học và khả năng tiếp cận học liệu của HSKT. Tính đến nay, các nghiên cứu trong nước về kỹ thuật in nổi nói chung và BDN nói riêng vẫn còn hạn chế, chưa có công trình nào thực sự đào sâu khai thác về lĩnh vực này [19].

Ngoài ra, bối cảnh chuyển đổi số và sự tiến bộ của công nghệ in ấn cũng đặt ra yêu cầu đổi mới và phát triển học liệu trong giáo dục hòa nhập. Việc lựa chọn kỹ thuật in BDN không chỉ mang tính công nghệ mà còn ảnh hưởng đến hiệu quả sư phạm và khả năng tiếp cận tri thức của HSKT. Các kỹ thuật in như Thermoform (tạo hình chân không), Swell (giấy phồng) và in 3D (đồ họa ba chiều) ngày càng được ứng dụng, nhưng mỗi phương pháp có đặc điểm riêng, đòi hỏi lựa chọn phù hợp với điều kiện triển khai trong thực tiễn nhà trường.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tập trung vào việc so sánh ba kỹ thuật in BDN trong thiết kế học liệu dành cho HSKT, nhằm xác định giải pháp tối ưu, từ đó đề xuất quy trình thiết kế BDN phù hợp với yêu cầu giáo dục hiện đại và điều kiện triển khai thực tế tại các cơ sở giáo dục.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Tổng quan các kỹ thuật in BDN cho học sinh khiếm thị

2.1.1. Kỹ thuật in Thermoform (tạo hình chân không)

Kỹ thuật in Thermoform (hay tạo hình chân không - vacuum forming) là phương pháp tạo hình bằng nhiệt, được sử dụng phổ biến để sản xuất BDN phục vụ học tập cho HSKT [3-15, 17-24]. Quá trình này dựa trên việc gia nhiệt để làm mềm tấm nhựa chuyên dụng, sau đó ép tấm nhựa lên khuôn mẫu đã thiết kế sẵn. Nhờ áp suất chân không, nhựa bám chặt vào bề mặt khuôn, tái tạo chính xác các chi tiết cần thể hiện. Khi làm nguội, nhựa cứng lại, tạo thành sản phẩm có độ nổi ổn định theo khuôn ban đầu [17, 21].

Kỹ thuật Thermoform bắt nguồn từ công nghệ tạo hình nhiệt, được ứng dụng trong sản xuất bao bì và chi tiết nhựa từ đầu thế kỷ XX. Sau này, kỹ thuật được điều chỉnh để phục vụ giáo dục HSKT, đặc biệt trong sản xuất BDN và tài liệu xúc giác [19]. Nhiều quốc gia phát triển đã cải tiến quy trình nhằm đáp ứng yêu cầu về độ an toàn, chính xác và khả năng tiếp nhận bằng xúc giác. Việc vận dụng kỹ thuật này đòi hỏi hiểu rõ quy trình chế bản in, bước chuẩn bị khuôn mẫu cho tạo hình [4, 8, 23]. Chế bản thường làm từ giấy nhám, giấy gân hoặc len, tạo hình bằng đúc hoặc ép nhiệt, đóng vai trò quyết định đến độ chính xác và chất lượng BDN.

Quy trình Thermoform gồm ba bước chính: thiết kế và chế tạo chế bản, gia nhiệt - tạo hình và hoàn thiện sản phẩm. Trước hết, người thực hiện xác định mẫu thiết kế, lựa chọn vật liệu phù hợp, sau đó gắn các chi tiết địa lý hoặc chữ nổi Braille lên bề mặt chế bản. Tấm nhựa Brailon được đặt lên khuôn và gia nhiệt đến khi đạt độ mềm dẻo cần thiết. Khi đó, áp suất chân không được kích hoạt, hút không khí ra ngoài, giúp tấm nhựa bám chặt vào khuôn và tái tạo chính xác các chi tiết. Sau khi tạo hình, sản phẩm được để nguội để cố định hình dạng. Nếu cần thiết, chữ nổi Braille có thể được dán bổ sung nhằm tăng khả năng nhận biết bằng xúc giác [25].

Kỹ thuật Thermoform sử dụng giấy Brailon, một loại nhựa chuyên dụng có đặc tính mờ, đục, không độc hại và khả năng chống thấm, đảm bảo an toàn cho người sử dụng. Giấy Brailon có hai loại: Loại dày, phù hợp với các chi tiết phức tạp và yêu cầu độ bền cao; loại mỏng, thích hợp cho các yếu tố đơn giản hơn [17, 23]. Kỹ thuật này cho phép điều chỉnh mức độ nổi theo khả năng cảm nhận của người dùng, nên vẫn được ứng dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia, dù mang tính thủ công [25]. Tuy nhiên, quá trình chế bản yêu cầu nhiều thời gian và kỹ năng thủ công. Ngoài ra, việc sử dụng thiết bị chuyên dụng (như máy ép chân không) và vật liệu riêng biệt khiến chi phí đầu tư ban đầu tương đối cao. Một hạn chế khác là kỹ thuật này chưa thể hiện hiệu quả các chi tiết địa hình có chiều sâu tầng phức tạp.

2.1.2. Kỹ thuật in Swell (in giấy phồng)

Kỹ thuật in Swell (in giấy phồng) là một phương pháp tạo hình xúc giác dựa trên phản ứng giãn nở của vật liệu khi gặp nhiệt. Phương pháp này sử dụng giấy Swell Touch đặc biệt (hay còn gọi là giấy vi nang) kết hợp với mực in nhạy cảm với nhiệt hoặc tia UV. Khi tiếp xúc với nhiệt độ trong khoảng 5–35°C (hoặc 41–95°F), phần mực đen đã in sẵn sẽ phồng lên, tạo thành các chi tiết nổi, phục vụ cho việc tiếp cận thông tin bằng xúc giác của HSKT [9, 21].

Kỹ thuật in Swell đã thu hút sự chú ý trong các nghiên cứu về hình họa xúc giác trong khoảng ba thập kỷ qua. Ban đầu được phát triển cho mục đích in nổi đơn giản, kỹ thuật này đã được cải tiến và ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giáo dục dành cho HSKT. Việc sử dụng giấy Swell Touch kết hợp với công nghệ in nhiệt cho phép tạo ra hình ảnh nổi nhanh chóng và chính xác mà không cần chế bản phức tạp như kỹ thuật Thermoform.

Quy trình in Swell được thực hiện bằng máy Swell Form, với các bước cơ bản sau: đầu tiên, mẫu đồ họa được in trên giấy Swell Touch bằng mực chuyên dụng. Sau đó, giấy được đặt vào khay nhiệt của máy, với mặt in hướng lên. Hệ thống bóng đèn trong máy sẽ tỏa nhiệt đều khi giấy đi qua, khiến phần mực đen hấp thụ nhiệt và phồng lên, tạo thành hình ảnh nổi. Đáng chú ý, người dùng cũng có thể vẽ trực tiếp lên giấy Swell Touch bằng bút chuyên dụng để tạo hiệu ứng phồng tương tự, không cần qua máy in. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành máy, cần đảm bảo môi trường thông thoáng và người sử dụng phải có kỹ thuật nhất định để tránh sự cố như kẹt giấy, lỗi nhiệt hoặc tiếp xúc trực tiếp với bóng đèn [9, 20].

Kỹ thuật in Swell là phương pháp tiện lợi, không đòi hỏi chế bản phức tạp, cho phép tạo hình nhanh chóng, phù hợp với các hình ảnh đơn giản, thường được ứng dụng trong các môn như Toán, Sinh học và Mỹ thuật. Giấy Swell Touch dễ thao tác, linh hoạt và tương đối an toàn khi sử dụng đúng quy trình. Tuy nhiên, kỹ thuật này còn hạn chế trong việc thể hiện hình ảnh phức tạp như bản đồ, đặc biệt là các chi tiết địa lý nhỏ hoặc có yếu tố chiều sâu. Ngoài ra, máy Swell Form yêu cầu điều kiện vận hành nghiêm ngặt và đòi hỏi người sử dụng có kỹ năng để xử lý sự cố kỹ thuật [9].

2.1.3. Kỹ thuật in 3D Printing (đồ họa ba chiều)

Kỹ thuật in 3D (3D Printing) (hay còn gọi là đồ họa ba chiều) là phương pháp tạo mô hình vật thể bằng cách đắp từng lớp vật liệu dựa trên dữ liệu thiết kế kỹ thuật số. Trong lĩnh vực giáo dục HSKT, in 3D được đánh giá là một giải pháp tiên tiến, cho phép tái hiện các mô hình xúc giác với độ chi tiết cao, phục vụ hiệu quả cho việc học tập và khám phá thế giới bằng xúc giác [9, 24, 25].

Kỹ thuật in 3D ra đời từ cuối thế kỷ XX và đã phát triển mạnh mẽ trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0. Ban đầu được ứng dụng trong công nghiệp và y học, công nghệ này dần được điều chỉnh để phục vụ giáo dục, trong đó có giáo dục đặc biệt. Nhiều nghiên cứu đã ghi nhận hiệu quả và tính linh hoạt của in 3D trong việc thiết kế tài liệu học tập xúc giác, đặc biệt với các mô hình có hình khối phức tạp, cần độ chính xác cao.

Quy trình in 3D bắt đầu từ việc thiết kế mô hình bằng phần mềm CAD (Computer-Aided Design) hoặc tải mô hình có sẵn từ các thư viện trực tuyến. Mô hình cần được lưu dưới định dạng tiêu chuẩn như STL (Stereolithography) để máy in có thể xử lý. Tiếp theo, vật liệu in (thường là nhựa, đôi khi là kim loại hoặc vật liệu sinh học) được nạp vào máy [9, 24, 25]. Trong quá trình in, đầu phun sẽ đắp từng lớp vật liệu lên nhau cho đến khi hoàn thiện mô hình. Sau khi in xong, sản phẩm cần xử lý hậu kỳ như loại bỏ phần đỡ, làm sạch bề mặt hoặc sơn phủ để tăng tính thẩm mỹ và độ bền. Cuối cùng, sản phẩm được kiểm tra nhằm đảm bảo chất lượng và phù hợp với mục đích sử dụng [9, 24, 25].

Kỹ thuật in 3D cho phép tạo ra các sản phẩm có kích thước lớn, hình dạng phức tạp và có thể tùy chỉnh theo yêu cầu cụ thể. Quá trình sản xuất không cần chế bản thủ công, giúp tiết kiệm thời gian trong thiết kế lặp lại và tạo điều kiện tối ưu cho cá nhân hóa tài liệu học tập. Tuy nhiên, kỹ thuật này đòi hỏi người sử dụng phải có kiến thức chuyên môn về phần mềm thiết kế và cách vận hành máy in. Ngoài ra, chi phí đầu tư ban đầu cho thiết bị và vật liệu in còn cao, và không phải đối tượng sử dụng nào cũng có thể dễ dàng tiếp cận công nghệ này [9, 22].

2.2. So sánh các kỹ thuật in BDN cho học sinh khiếm thị

Từ tổng quan ba kỹ thuật in BDN phổ biến hiện nay (Thermoform, Swell và in 3D), nhóm tác giả tiến hành tổng hợp, phân tích và so sánh dựa trên cơ sở lý thuyết kỹ thuật và kết quả khảo sát từ các nghiên cứu trước đó [3-15, 17-24]. Theo đó, bảng so sánh được xây dựng dựa trên 05 nhóm tiêu chí với 26 chỉ báo (CB), có thâm chiếu đến các mô tả kỹ thuật và ứng dụng thực tiễn được công bố gồm: Tính hữu dụng (5 CB); Tính dễ tiếp cận (5 CB); Tính linh hoạt (5 CB); Thách thức kỹ thuật (4 CB); Khả năng phát triển sản phẩm (7 CB). Từ đó, rút ra một số đúc kết như sau:

Bảng 1. So sánh các kỹ thuật in BDN cho học sinh khiếm thị

Tiêu chí		Kỹ thuật in Thermoform	Kỹ thuật in Swell	Kỹ thuật in 3D Printing
1	Tính hữu dụng			
1.1	Năng suất của kỹ thuật trong việc tạo ra sản phẩm	Nhanh khi có chế bản, sản xuất hàng loạt	Nhanh, đặc biệt với bản đồ đơn giản	Nhanh, đặc biệt với bản đồ đơn giản
1.2	Hiệu quả biểu diễn thông tin địa lý phức tạp	Khả năng vừa phải, phụ thuộc vào độ chi tiết của chế bản	Kém trong việc mô phỏng địa hình phức tạp	Tốt trong việc mô tả thông tin chi tiết, phức tạp
1.3	Độ bền, chi tiết, chính xác của sản phẩm	Độ bền cao, chịu được tác động vật lý. Độ chi tiết vừa phải, giới hạn bởi chế bản	Độ bền thấp, dễ tổn thương bởi nước và va đập. Độ chi tiết thấp, tùy vào phân bố kí hiệu	Độ bền cao, tùy vào chất liệu in. Độ chi tiết sắc nét, rõ ràng

1.4	Cảm giác, xúc giác, trải nghiệm của hskt	Đường nét nổi rõ (khoảng 0,5mm - 2mm), cảm nhận xúc giác tốt nhưng chi tiết vừa phải	Mềm mại, cảm giác xúc giác nhạy nhưng chi tiết ít rõ, độ nổi khoảng 0,2 - 0,5mm	Cảm nhận chậm hơn do bị trùng nhiều lớp, độ nổi khoảng 0,5mm (tùy điều chỉnh)
1.5	Hiệu quả trong việc tiếp cận kiến thức của hskt	Dễ tiếp cận cho các bài học cơ bản, nhưng khó khăn hơn với kiến thức phức tạp	Hữu ích cho các hình ảnh cơ bản, hạn chế trong việc truyền tải thông tin phức tạp	Khó tiếp cận vì các chi tiết thể hiện theo phân bậc
2	Tính dễ tiếp cận			
2.1	Khả năng tìm kiếm, mua nguyên vật liệu, máy móc	Nguyên liệu dễ tìm, máy móc đặc thù, dễ tiếp cận hơn tại các cơ sở giáo dục	Nguyên vật liệu nhập khẩu, máy swell form chi phí cao, khó mua, yêu cầu đầu tư lớn	Máy in 3d và nguyên liệu như nhựa tương đối dễ tìm, nhưng không phổ biến rộng rãi
2.2	Khả năng tiếp cận quy trình	Quy trình đơn giản, dễ tiếp cận, phù hợp thực tiễn nhà trường	Quy trình đơn giản hơn, nhưng yêu cầu kỹ thuật đặc thù, chuyên viên có kinh nghiệm cao	Quy trình cần kỹ năng thiết kế cad, đòi hỏi kiến thức về công nghệ
2.3	Khả năng tự điều chỉnh kỹ thuật và cá nhân hóa	Khả năng tùy chỉnh trung bình, cần chế bản trước	Khả năng tùy chỉnh vừa phải, ứng dụng đơn giản	Linh hoạt cao, cho phép cá nhân hóa hoàn toàn thông qua thiết kế cad
2.4	Năng lực công nghệ tiếp cận kỹ thuật	Dễ tiếp cận hơn vì được sử dụng rộng rãi trong các trường	Yêu cầu kỹ thuật cao, khó tiếp cận máy móc, ít phổ biến	Yêu cầu am hiểu về cad, kỹ thuật in 3d, khó tiếp cận
2.5	Chi phí bao đầu cho việc tiếp cận kỹ thuật	Chi phí đầu tư ban đầu khá cao do giá máy móc đắt, tuy nhiên vật liệu lại dễ tiếp cận	Chi phí ban đầu thấp do máy in rẻ nhưng giấy in đắt hơn 1/10 thermoform (2022)	Chi phí ban đầu cao do máy in và nguyên liệu mực chuyên dụng
3	Tính linh hoạt			
3.1	Tốc độ in ấn bản	Nhanh khi có chế bản, sản xuất hàng loạt	Nhanh tương đối hơn do phải xử lý từng bản in qua máy	Chậm do in từng lớp chồng lên nhau
3.2	Thời gian in ấn, thao tác kỹ thuật	Mỗi lần ép nhiệt khoảng 5 phút cho chế bản chi tiết ít, 7 phút cho chế bản chi tiết phức tạp	Mỗi lần in khoảng 3 - 5 phút cho mỗi bản đồ vì không phụ thuộc chế bản	Mỗi sản phẩm 3d in khoảng 10 – 20 giờ tùy vào độ phức tạp
3.3	Khả năng bảo quản và tái sử dụng sản phẩm	Rất bền, có thể tái sử dụng nhiều lần, bảo quản tốt trong thời gian dài	Sản phẩm dễ hư hại nếu không bảo quản cẩn thận	Tùy thuộc vào vật liệu, có thể bảo quản tốt nếu vật liệu in chất lượng
3.4	Số lượng in ấn tối ưu	Thích hợp in số lượng lớn nếu có chế bản chất lượng	Thích hợp cho sản xuất hàng loạt nhưng chỉ bản đồ đơn giản	Thích hợp cho in số lượng nhỏ

3.5	Linh hoạt trong nguyên vật liệu in ấn (giấy in, mực in,...)	Chủ yếu sử dụng nhựa brailon và khuôn mẫu, linh hoạt trong lựa chọn vật liệu	Dùng giấy swell touch, yêu cầu mực carbon, khó linh hoạt hoặc thay đổi vật liệu	Linh hoạt, có thể dùng nhiều loại vật liệu in khác nhau như nhựa pla, abs,...
4	Thách thức và kỹ thuật			
4.1	Kinh phí sản xuất	Chi phí cao do đầu tư máy móc ban đầu	Chi phí về giấy chuyên dụng, đặc biệt phải vận chuyển từ nước ngoài	Chi phí đầu tư ban đầu rất cao cho máy in 3d, tuy nhiên vật liệu in có thể linh hoạt
4.2	Độ phức tạp thiết bị, phần mềm in ấn	Thiết bị đòi hỏi máy hút chân không và khuôn mẫu chính xác	Sử dụng máy swell form và phần mềm đồ họa tương đối đơn giản	Cần sử dụng phần mềm cad và máy in 3d có độ phân giải cao, đòi hỏi kỹ thuật phức tạp
4.3	Bảo trì vận hành kỹ thuật	Đòi hỏi căn chỉnh thời gian ép nhiệt	Máy swell form ít cần bảo trì, nhưng giấy in và mực in phải được bảo quản cẩn thận	Bảo trì máy in 3d đòi hỏi chuyên môn cao, cần kiểm tra thường xuyên để đảm bảo hiệu suất
4.4	Sự phức tạp trong đào tạo người sử dụng kỹ thuật	Đào tạo đơn giản, thường mất ít thời gian để thành thạo quy trình in	Cần thời gian đào tạo dài và chuyên sâu để vận hành thiết bị và quy trình tạo khuôn	Yêu cầu kiến thức về cad và công nghệ in 3d, đòi hỏi nhiều thời gian học tập
5	Khả năng phát triển sản phẩm			
5.1	Khả năng chuyển giao kỹ thuật in ấn	Dễ chuyển giao, phù hợp thực tế nhà trường	Khó chuyển giao do khả năng mua máy bị hạn chế	Khả năng chuyển giao cao, phụ thuộc vào kỹ năng sử dụng cad và máy in 3d
5.2	Chất lượng sản phẩm bền đẹp lại	Chất lượng tốt với độ bền cao, chi tiết không phức tạp và khó đạt độ phân giải cao	Chất lượng ổn định với các chi tiết cơ bản, hạn chế trong biểu diễn phức tạp	Chất lượng tốt, cho phép biểu diễn chi tiết rất phức tạp và chính xác
5.3	Chi phí phù hợp với khả năng tiếp cận	Phù hợp với các dự án lớn, cân chuẩn bị kỹ lưỡng chế bản	Phù hợp cho các dự án nhỏ và trung bình, không phù hợp với các mô hình phức tạp	Linh hoạt, có thể áp dụng vào nhiều loại dự án từ nhỏ đến phức tạp
5.4	Sẵn sàng áp dụng vào in ấn các dự án khác	Phát triển hạn chế, yêu cầu thiết bị chuyên dụng, khó tích hợp với công nghệ mới	Tiềm năng cải tiến, nhưng phụ thuộc vào sự nâng cấp của các thiết bị cơ bản	Phát triển lớn nhờ công nghệ in 3d đang phát triển nhanh chóng
5.5	Yếu tố bền vững lâu dài của kỹ thuật	Bền vững, có thể tái sử dụng trong thời gian dài	Kém bền hơn do vật liệu dễ bị hỏng theo thời gian	Rất bền vững nếu được bảo quản đúng cách, sản phẩm 3d có thể tồn tại lâu dài

5.6	Tần suất sử dụng dự kiến	Sử dụng thường xuyên trong các trung tâm in ấn đặc biệt và giáo dục	Sử dụng ít phổ biến ngoài các đơn vị được tài trợ	Dự kiến tăng lên khi công nghệ in 3d ngày càng phổ biến hơn
5.7	Phản hồi từ người sử dụng	Đánh giá cao, nhưng tốn thời gian chuẩn bị chế bản	Nhanh chóng, nhưng kém bền vững	Linh hoạt nhưng khả năng tiếp cận thấp

Nguồn: nhóm tác giả tổng hợp từ [3-15, 17-24]

2.3. Khảo sát đánh giá sự phù hợp của ba kỹ thuật in bản đồ nổi cho học sinh khiếm thị

2.3.1. Mô tả về khảo sát

Để đánh giá mức độ phù hợp của ba kỹ thuật in BDN đối với HSKT, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát ý kiến chuyên gia thông qua điều tra bảng hỏi kết hợp phỏng vấn sâu. Đối tượng khảo sát gồm 9 giáo viên (GV) cốt cán, 4 cán bộ quản lý (CBQL) và 1 chuyên viên kỹ thuật có nhiều năm kinh nghiệm trong lĩnh vực chuyển dịch sách giáo khoa hình và chữ nổi cho HSKT tại các trường chuyên biệt và trung tâm hỗ trợ giáo dục hòa nhập trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh.

Bảng hỏi được xây dựng với 26 CB đánh giá, chia thành 5 nhóm tiêu chí tương ứng với bảng 1, được thiết kế theo thang đo Likert 5 mức độ (từ “Hoàn toàn không đồng ý” đến “Hoàn toàn đồng ý”). Trước khi triển khai chính thức, bộ công cụ khảo sát được kiểm định độ tin cậy bằng hệ số Cronbach’s Alpha (α) nhằm đảm bảo tính nhất quán, độ tin cậy của các CB. Bên cạnh đó, các cuộc phỏng vấn bán cấu sâu được thực hiện trực tiếp, ghi chép toàn bộ nội dung trả lời, và xử lý theo quy trình mã hóa thủ công kết hợp với bảng phân tích chủ đề bằng Excel.

Phân tích định lượng được thực hiện bằng thống kê mô tả về số lượng và tỉ lệ (%), giá trị trung bình (ĐTB), độ lệch chuẩn (ĐLC). Dữ liệu định tính được phân tích theo hướng tiếp cận nội dung, đối chiếu giữa các nhóm chuyên gia nhằm rút ra các nhận định sâu về tính khả thi, ưu điểm và nhược điểm của từng kỹ thuật in nổi trong điều kiện giáo dục hiện hành. Thang đo được quy ước như sau:

Bảng 2. Quy ước thang đo

Thang đo 5 mức độ					
Giá trị khoảng cách = (maximum – minimum)/n = (5-1)/5 = 0.8					
ĐTB	1,0 - 1,8	1,8 - 2,6	2,6 - 3,4	3,4 - 4,2	4,2 - 5,0
Mức độ	Hoàn toàn không đồng ý	Không đồng ý	Phân vân	Đồng ý	Hoàn toàn đồng ý

2.3.2. Kết quả khảo sát và thảo luận

Đánh giá của chuyên gia về những kỹ thuật in đã sử dụng cho thấy, Thermoform là kỹ thuật in được sử dụng thường xuyên và phổ biến nhất, chiếm tỉ lệ rất cao 100% (14/14), Swell xếp vị trí thứ hai với 35,71% (5/14). Trong khi đó, kỹ thuật in 3D Printing hoàn toàn xa lạ với chuyên gia khi tỉ lệ sử dụng chiếm rất thấp 0% (0/14) điều này đã phản ánh khả năng tiếp cận kỹ thuật của các chuyên gia mặc dù Thermoform là kỹ thuật không mới nhưng phù hợp với bối cảnh Việt Nam hiện nay. Đề lí giải cho nhận định này, tính đến năm 2024 giá của một máy in Swell dao động khoảng 100 triệu đồng (bao gồm phí vận chuyển và thuế), một tờ giấy in Swell Touch khoảng 2 đô la Mỹ trở lên. Do vậy, ngoài trường hợp của Trung tâm Khiếm thị Nhật Hồng và Thư viện Tổng hợp Thành phố Hồ Chí Minh thì tại các đơn vị khác loại máy này lại trở nên khá khan hiếm. Bên cạnh đó, các chuyên gia đều tán đồng với nguyên nhân khiến họ không tiếp cận kỹ thuật in 3D Printing là vì chi phí nhập khẩu cao, khó tiếp cận, đòi hỏi người sử dụng phải có chuyên môn nhất định và thực tế trường vẫn chưa được trang bị. Nhưng điểm bất cập lớn hơn là nguồn nhân lực làm sách hình và chữ nổi lại rất ít, hầu hết, họ chính là những GV dạy học HSKT nên chủ yếu phải tự thân tìm hiểu và hướng dẫn nhau. Do vậy, khó khăn đối với kỹ thuật Swell

cũng phản ánh khó khăn của kỹ thuật của kỹ thuật 3D Printing. Chính vì thế, việc tiếp cận kỹ thuật mới phải cần thêm thời gian và sự đầu tư kinh phí. Với ý kiến nêu trên, nhiều chuyên gia vẫn băn khoăn với kỹ thuật này và trường hợp nếu được đầu tư miễn phí về trang thiết bị nhưng vẫn còn cân nhắc vì một khi máy hư thì không hoặc khó có khả năng sửa chữa ở Việt Nam [21]. Các nhận định này cũng không mâu thuẫn với phân tích tổng quan và cho thấy rằng Thermoform là lựa chọn hàng đầu, dựa trên bình diện chung nhất thì kỹ thuật này đáp ứng được thực tế kì vọng của chuyên gia. Như vậy, phân tích tiếp theo chỉ được đánh giá dựa trên hai kỹ thuật là Thermoform và Swell.

Bảng 3. Đánh giá của chuyên gia về tính hữu dụng

Stt	Chỉ báo	Kỹ thuật in Thermoform			Kỹ thuật in Swell		
		ĐTB	ĐLC	A	ĐTB	ĐLC	A
1	Năng suất của kỹ thuật trong việc tạo ra sản phẩm.	3,92	0,62	0,853	3,80	0,84	0,675
2	Hiệu quả biểu diễn thông tin địa lí phức tạp.	4,43	0,76		3,60	0,55	
3	Độ bền, chi tiết, chính xác của sản phẩm.	4,29	0,61		3,80	0,45	
4	Cảm giác, xúc giác, trải nghiệm của HSKT.	4,50	0,76		4,00	1,00	
5	Hiệu quả trong việc tiếp cận kiến thức của HSKT.	4,50	0,65		3,20	0,84	
ĐTB chung		4,33	0,68		3,68	0,73	

Nguồn: số liệu khảo nghiệm tác giả thực hiện năm 2024

Kết quả khảo sát từ chuyên gia cho thấy Thermoform có tính hữu dụng cao hơn Swell, với ĐTB chung là 4,33 đạt mức “hoàn toàn đồng ý” (ĐLC = 0,68, $\alpha = 0,853$), so với Swell ở mức 3,68 đạt mức “đồng ý” (ĐLC = 0,73, $\alpha = 0,675$). Các chỉ báo như hiệu quả tiếp cận kiến thức và trải nghiệm xúc giác (4,50), khả năng biểu diễn thông tin địa lí phức tạp (4,43), và độ chính xác sản phẩm (4,29) đều nghiêng về Thermoform. Tuy nhiên, độ lệch chuẩn cao ở một số chỉ báo, đặc biệt với Swell (ĐLC = 1,00) ở chỉ báo cảm giác xúc giác, cho thấy sự phân hóa trong đánh giá, phản ánh mâu thuẫn giữa ưu thế kỹ thuật và tính khả thi triển khai. Một số chuyên gia ưa chuộng Swell vì thao tác đơn giản, không cần chế bản, phù hợp với điều kiện trường học; trong khi số khác đánh giá cao Thermoform nhờ độ nổi rõ và độ bền cao, đặc biệt khi dạy học các nội dung địa lí phức tạp.

Bảng 4. Đánh giá của chuyên gia về tính dễ tiếp cận

Stt	Chỉ báo	Kỹ thuật in Thermoform			Kỹ thuật in Swell		
		ĐTB	ĐLC	A	ĐTB	ĐLC	A
1	Khả năng tìm kiếm, mua nguyên vật liệu, máy móc.	4,14	0,77	0,81	2,40	0,34	0,93
2	Khả năng tiếp cận quy trình.	4,21	0,80		3,00	1,41	
3	Khả năng tự điều chỉnh kỹ thuật và cá nhân hóa.	4,36	0,74		4,00	1,00	
4	Năng lực công nghệ tiếp cận kỹ thuật.	4,29	0,72		3,80	1,30	
5	Chi phí bao đầu cho việc tiếp cận kỹ thuật.	4,29	0,72		3,60	1,14	
ĐTB chung		4,26	0,75		3,36	1,24	

Nguồn: số liệu khảo nghiệm tác giả thực hiện năm 2024

Tương tự, tính dễ tiếp cận, Thermoform được chuyên gia đánh giá đạt mức “hoàn toàn đồng ý” (ĐTB chung = 4,26, ĐLC = 0,75, $\alpha = 0,81$), trong khi Swell đạt mức “đồng ý” (ĐTB chung = 3,36, ĐLC = 1,24, $\alpha = 0,93$). Sự chênh lệch trong đánh giá của chuyên gia cho thấy sự biến động xuất hiện ở tính dễ tiếp cận đối với kỹ thuật Swell. Kết quả này phù hợp với nhận định ban đầu cho rằng Swell là một kỹ thuật hiện đại, nhưng mức độ tiếp cận lại thấp do phụ thuộc vào máy móc và nguyên liệu phải hoàn toàn nhập khẩu. Ngoài ra, các chuyên gia cũng cho rằng, độ chi tiết của Thermoform cao hơn nếu chế bản đạt chuẩn và Swell chỉ đạt mức tương đối vì phụ thuộc nhiều vào chất lượng giấy.

Bảng 5. Đánh giá của chuyên gia về tính linh hoạt

Stt	Chỉ báo	Kỹ thuật in Themoform			Kỹ thuật in Swell		
		ĐTB	ĐLC	A	ĐTB	ĐLC	A
1	Tốc độ in ấn bdn.	3,86	0,63	0,76	3,20	0,34	0,43
2	Thời gian in ấn, thao tác kỹ thuật.	3,64	0,93		3,40	1,10	
3	Khả năng bảo quản và tái sử dụng sản phẩm.	4,29	0,61		3,80	1,14	
4	Số lượng in ấn tối ưu.	4,21	0,56		4,00	1,10	
5	Linh hoạt trong nguyên vật liệu in ấn .	3,86	1,10		2,40	0,70	
ĐTB chung		3,97	0,75		3,36	0,87	

Nguồn: số liệu khảo nghiệm tác giả thực hiện năm 2024

Về tính linh hoạt, Thermoform tiếp tục được đánh giá cao với ĐTB chung = 3,97 (ĐLC = 0,75; $\alpha = 0,76$), trong khi Swell đạt mức 3,36 (ĐLC = 0,87; $\alpha = 0,43$), đều đạt mức “đồng ý”. Hệ số α rất thấp ở Swell cho thấy sự thiếu nhất quán trong đánh giá, phản ánh tính phân mảnh giữa các khía cạnh như tốc độ, vật liệu và bảo quản. Nhìn một cách tổng thể, Thermoform vẫn thể hiện tính linh hoạt tốt, kỹ thuật Swell cũng có sự linh hoạt nhất định, tuy nhiên, khả năng bảo quản của Swell lại không ổn định bằng do dễ bị hư hại nếu va đập mạnh và khả năng kháng nước rất kém. Số lượng sản phẩm in từ kỹ thuật này thường bị hạn chế do sự chi phối của chi phí nguyên liệu nhập khẩu đắt đỏ. Tuy nhiên, khi xem xét khách quan, tốc độ và thời gian thao tác kỹ thuật Swell vẫn nhanh hơn so với Thermoform vì chế bản Thermorform đòi hỏi thực hiện thủ công, khó chỉnh sửa. Ngược lại, Swell vận hành hoàn toàn trên máy tính, với chế bản được tạo lập và in trực tiếp từ phần mềm đồ họa. Tóm lại, xét trên hai tiêu chí đầu, Thermoform vẫn là kỹ thuật được chuyên gia ưu tiên lựa chọn cho việc làm BDN nhờ tính thuận tiện và khả năng tiếp cận. Mặc dù Swell có những lợi thế của công nghệ hiện đại, song kỹ thuật này chưa thể là lựa chọn hàng đầu. Điều này đặt ra câu hỏi: Vì sao kỹ thuật Swell dù hiện đại nhưng chưa phải là ưu tiên của các chuyên gia trong thiết kế sách hình và chữ nổi Braille nói chung cũng như BDN nói riêng tại Việt Nam?

Bảng 6. Đánh giá của chuyên gia về thách thức và kỹ thuật

Stt	Chỉ báo	Kỹ thuật in Themoform			Kỹ thuật in Swell		
		ĐTB	ĐLC	A	ĐTB	ĐLC	A
1	Kinh phí sản xuất.	3,43	1,50	0,81	2,80	1,30	0,76
2	Độ phức tạp thiết bị, phần mềm in ấn.	3,00	1,17		3,40	0,55	
3	Bảo trì vận hành kỹ thuật.	3,29	1,38		2,80	1,10	
4	Sự phức tạp trong đào tạo người sử dụng kỹ thuật.	3,07	1,38		3,80	0,84	
ĐTB chung		3,19	1,35		3,20	0,94	

Nguồn: số liệu khảo nghiệm tác giả thực hiện năm 2024

Về tiêu chí thách thức kỹ thuật, cả hai kỹ thuật đều nhận được đánh giá ở mức “*phân vân*” đến “*đồng ý*”. Với Thermoform, ĐTB các chỉ báo dao động từ 3,00 đến 3,43, ĐLC tương đối cao ($\text{ĐLC} > 1,00$), nhưng hệ số α đạt 0,81, điều này chứng tỏ các biến quan sát trong cùng một yếu tố đo lường có cùng một khái niệm. Ngược lại, đối với Swell, các chỉ báo như chi phí nguyên vật liệu ($\text{ĐTB} = 2,80$), phức tạp trong đào tạo người dùng ($\text{ĐTB} = 3,80$), hay độ phức tạp thiết bị ($\text{ĐTB} = 3,40$) đều có $\text{ĐLC} > 0,80$ và $\alpha = 0,76$, phản ánh sự phân hóa trong nhận định.

Sự khác biệt này cho thấy một số chuyên gia đánh giá cao Swell ở tính tự động, dễ thao tác in, nhưng cũng chỉ ra các rào cản về chi phí và năng lực vận hành. Trong khi đó, một bộ phận khác cho rằng Swell chỉ phù hợp ở các đơn vị có kinh phí đầu tư lớn, có thể tiếp cận thiết bị chuyên dụng và nhân lực được đào tạo bài bản. Đây là lí do vì sao hiện nay chỉ một số trung tâm lớn hoặc dự án hợp tác quốc tế mới sử dụng Swell, trong khi phần lớn các cơ sở giáo dục HSKT vẫn phải trông chờ vào học liệu xúc giác được hỗ trợ từ bên ngoài. Điều này cho thấy, ngoài yếu tố kỹ thuật, tính khả thi trong triển khai còn phụ thuộc vào điều kiện kinh tế và năng lực tổ chức ở từng địa phương.

Bảng 7. Đánh giá của chuyên gia về khả năng phát triển sản phẩm

Stt	Chỉ báo	Kỹ thuật in Thermoform			Kỹ thuật in Swell		
		ĐTB	ĐLC	A	ĐTB	ĐLC	A
1	Khả năng chuyển giao kỹ thuật in ấn.	4,29	0,73	0,80	3,80	1,10	0,80
2	Chất lượng sản phẩm bền đem lại.	4,43	0,65		4,00	1,00	
3	Chi phí phù hợp với khả năng tiếp cận.	4,07	0,83		3,20	1,64	
4	Sẵn sàng áp dụng vào in ấn các dự án khác.	4,36	0,50		3,80	1,10	
5	Yếu tố bền vững lâu dài của kỹ thuật.	4,14	0,77		4,00	1,22	
6	Tần suất sử dụng dự kiến.	4,00	0,78		4,00	1,00	
7	Phản hồi từ người sử dụng.	4,36	0,63		3,40	0,55	
ĐTB chung		3,97	0,75		3,36	0,87	

Nguồn: số liệu khảo nghiệm tác giả thực hiện năm 2024

Về khả năng phát triển sản phẩm, kết quả khảo sát cho thấy kỹ thuật Thermoform tiếp tục được chuyên gia ưu tiên lựa chọn với ĐTB chung = 4,23 ($\text{ĐLC} = 0,70$), đạt mức “*hoàn toàn đồng ý*”; trong khi Swell đạt mức “*đồng ý*” với ĐTB chung = 3,74 ($\text{ĐLC} = 1,09$). Hệ số α ở cả hai kỹ thuật đều đạt 0,80, phản ánh mức độ nhất quán cao giữa các chỉ báo và cho thấy sự đồng thuận tương đối trong đánh giá của chuyên gia.

Trong phỏng vấn, 12/14 chuyên gia khẳng định Thermoform phù hợp để phát triển thành kỹ thuật in BDN chính thức tại các cơ sở giáo dục HSKT. Lí do chủ yếu là thiết bị này đã được trang bị ở nhiều trường, quy trình vận hành quen thuộc, chi phí đầu tư ban đầu hợp lí, BDN tạo ra có độ bền cao, chi tiết rõ nét và có thể tái sử dụng. Quan trọng hơn, đội ngũ GV tại các đơn vị đã có kinh nghiệm với kỹ thuật này, giúp tiết kiệm thời gian đào tạo lại. Khác với Thermoform, Swell mặc dù có lợi thế về công nghệ và tốc độ in, nhưng chi phí nguyên liệu cao, thiết bị khó tiếp cận, đòi hỏi kỹ năng vận hành riêng biệt khiến việc nhân rộng gặp nhiều trở ngại.

Như vậy, Thermoform là kỹ thuật phù hợp nhất trong bối cảnh giáo dục HSKT tại Việt Nam nhờ độ bền cao, khả năng tái sử dụng tốt và tương thích với điều kiện triển khai hiện có. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu quốc tế, như M. H. Abidi, A. N. Siddiquee, H. Alkhalefah, and V. J. H. Srivastava, khi xác định Thermoform là phương pháp phổ biến và hiệu quả nhất trong sản xuất BDN, đặc biệt trong môi trường giáo dục có hạn chế về tài nguyên [24]. Kỹ thuật in Swell được đánh giá cao ở tốc độ và thao tác đơn giản nhưng bị hạn chế về độ bền, tính chi tiết và chi phí nguyên liệu, phù hợp với nhận định của S. Ramsamy-Iranah, M. Maguire, J. Gardner, S. Rosunee,

and N. J. B. J. o. V. I. Kistamah khi kỹ thuật này chỉ thích hợp cho tài liệu đơn giản, ngắn hạn [20]. Kỹ thuật in 3D có tiềm năng phát triển nhờ khả năng cá nhân hóa và độ chi tiết cao, song yêu cầu về công nghệ, chi phí và nhân lực khiến kỹ thuật này khó triển khai rộng, phù hợp với báo cáo của L. Holloway, K. Marriott, and M. Butler cho rằng in 3D chỉ hiệu quả khi có hạ tầng và chuyên môn đồng bộ [9]. Tóm lại, kết quả nghiên cứu phản ánh xu hướng chung trên thế giới, Thermoform vẫn là giải pháp ưu tiên trong điều kiện giáo dục đặc thù chưa được chuẩn hóa về công nghệ, trong khi Swell và 3D chỉ phù hợp ở quy mô nhỏ hoặc trong môi trường công nghệ cao.

3. Kết luận

Tổng quan kết quả nghiên cứu cho thấy kỹ thuật in Thermoform có tính khả thi cao trong việc xây dựng BDN cho HSKT. Các chuyên gia hoàn toàn tự tin áp dụng quy trình dựa trên kỹ thuật này do đáp ứng được cả mong muốn và điều kiện thực tế của các trường học hiện nay. Vì vậy, nhóm tác giả lựa chọn kỹ thuật in Thermoform làm nền tảng để đề xuất một quy trình xây dựng BDN, nhằm giải quyết khó khăn chính là sự thiếu hụt một quy trình kỹ thuật thống nhất.

Kết quả khảo sát cũng chỉ ra rằng thách thức kỹ thuật vẫn là trở ngại lớn nhất đối với các chuyên gia. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo nên tập trung vào việc xây dựng quy trình bản đồ nổi theo hướng tiếp cận công nghệ thông tin, tối ưu hóa quy trình để tăng cường khả năng chuyển giao. Điều này sẽ góp phần tháo gỡ những khó khăn của chuyên gia và nhà trường trong việc giảm thiểu chi phí đầu tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giáo dục và Đào tạo, (2018). *Thông tư số 03/2018/TT-BGDĐT: Quy định về giáo dục hòa nhập đối với người khuyết tật*. Hà Nội, Việt Nam.
- [2] Bộ Giáo dục và Đào tạo, Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội, Bộ Tài chính, (2013). *Thông tư liên tịch số 42/2013/TTLT-BGDĐT-BLĐTBXH-BTC: Quy định chính sách về giáo dục đối với người khuyết tật*. Truy cập từ <https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=173285>
- [3] Phutane M, et al, (2022). Tactile materials in practice: Understanding the experiences of teachers of the visually impaired. *Journal of Special Education Technology*, 15(3), 1–34.
- [4] Bleau M, van Acker C, Martiniello N, Nemargut JP & Ptito MJSR, (2023). Cognitive map formation in the blind is enhanced by three-dimensional tactile information. *Scientific Reports*, 13(1), 9736.
- [5] Ungar S, Bayal AE, Blades M, Ochaita E & Spencer CJCP, (1997). Use of tactile maps by blind and visually impaired people. *Cartographic Perspectives*, (28), 4–12.
- [6] Jacobson RD, (1998). Cognitive mapping without sight: Four preliminary studies of spatial learning. *Journal of Environmental Psychology*, 18(3), 289–305.
- [7] Gilson C, Wurzbarger B & Johnson DE, (1965). The use of the raised map in teaching mobility to blind children. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 59(2), 59–62.
- [8] De Freitas MIC, Gramasco TB, Alves JDG & Gadotti AJCBTOW, (2015). *Tactile models and Geography teaching for visually-impaired persons: Experiences in a Service Center for Blind People in Rio Claro SP, Brazil*. Boletim Paulista de Geografia, 116.
- [9] Holloway L, Marriott K & Butler M, (2018). *Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics*. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–13). New York: ACM.
- [10] Ducasse J, Brock AM & Jouffrais C, (2017). *Accessible interactive maps for visually impaired users*. In *Mobility of Visually Impaired People: Fundamentals and ICT Assistive Technologies* (pp. 537–584). Springer.
- [11] de Oliveira ST, Suemitsu K & Okimoto MLLR, (2016). *Design of a tactile map: An assistive product for the visually impaired*. In *Advances in Ergonomics in Design: Proceedings of the*

- AHFE 2016 International Conference on Ergonomics in Design, July 27–31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA* (pp. 711–719). Springer.
- [12] Quốc hội Hàn Quốc, (2016). *Republic of Korea, National Assembly: Legislation related to persons with disabilities*. Seoul, Korea.
 - [13] Kim KM & Fox MH, (2011). A comparative examination of disability anti-discrimination legislation in the United States and Korea. *Disability & Society*, 26(3), 269–283.
 - [14] National Library Service for the Blind and Physically Handicapped, (2014). *Specification 800: Braille Books and Pamphlets*. Washington D.C.: Library of Congress.
 - [15] Japanese Industrial Standards Committee, (2001). *JIS T 9251:2001: Dimensions and patterns of raised parts of tactile ground surface indicators for blind persons*. Tokyo, Japan.
 - [16] Chính phủ Việt Nam, (2012). *Nghị định số 28/2012/NĐ-CP: Quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật người khuyết tật*. Hà Nội, Việt Nam.
 - [17] Mukhiddinov M & Kim S-Y, (2021). A systematic literature review on the automatic creation of tactile graphics for the blind and visually impaired. *Processes*, 9(10), 1726.
 - [18] Hamash M, Ghreir H & Tiernan PJES, (2024). Breaking through barriers: A systematic review of extended reality in education for the visually impaired. *Education Sciences*, 14(4), 365.
 - [19] LT Trung, TNM, (2024). *Xây dựng bản đồ nổi trong môn Lịch sử và Địa lí lớp 8 dành cho học sinh khiếm thị*. Báo cáo nghiên cứu sinh viên, Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh.
 - [20] Ramsamy-Iranah S, Maguire M, Gardner J, Rosunee S & Kistamah NBJoVI, (2016). A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate colour to children and young people with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, 34(1), 54–71.
 - [21] Phan N, Châu H & Lê QT, (2023). *Xây dựng qui trình thực hiện và hệ thống chế bản in sách giáo khoa hình và chữ nổi Braille cho học sinh khiếm thị*. Kết quả nhiệm vụ khoa học - công nghệ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TP.HCM.
 - [22] Ibrahim A, Ali HH & Mahmoud ZJFoAR, (2024). Perception beyond sight: Investigating the cognitive maps of congenitally blind individuals in urban environments. *Frontiers of Architectural Research*, 13(4), 809–821.
 - [23] Dacen Nagel DL, Coulson MRJ & Geovisualization CTIJfGI, (1990). Tactual mobility maps: A comparative study. *Cartographic Journal*, 27(2), 47–63.
 - [24] Abidi MH, Siddiquee AN, Alkhalefah H & Srivastava VJH, (2024). A comprehensive review of navigation systems for visually impaired individuals. *Heliyon*, 10(1).
 - [25] Wabiński J, Mościcka A & Touya GJTCTJ, (2022). Guidelines for standardizing the design of tactile maps: A review of research and best practice. *The Cartographic Journal*, 59(3), 239–258.