

APPLICATION OF DELPHI METHOD IN STRUCTURAL CONSTRUCTION MODELING COMPETENCIES IN STEM EDUCATION

Kieu Thi Quyen^{1*}, Nguyen Van Bien², Nguyen Anh Thuan²

¹Haiphong University

²Hanoi National University of Education

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	14/11/2023	Developing appropriate assessment tools and measures to evaluate behavioral manifestations of students' modeling abilities not only indicates the results of science learning but also helps teachers and students see the results. Studies have shown that STEM lessons are a context for students to develop modeling abilities and through modeling, students gain an understanding of the natural world. Therefore, the research team implemented a systematic document review method and expert interview method to propose a structural framework for modeling competencies in STEM education including 3 component clusters and 7 competency components and 18 behavioral manifestations. Finally, the structural framework for modeling competencies in STEM education was conducted to seek expert consensus through two Delphi rounds. The built framework of modeling capacity in STEM education will be the basis for evaluating the development and fostering of modeling capacity in STEM lessons.
Revised:	23/01/2024	
Published:	23/01/2024	
KEYWORDS		
Modeling capacity		
Modeling capacity structure		
STEM education		
Delphi method		
Application of the Delphi method		

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP DELPHI XÂY DỰNG CẤU TRÚC NĂNG LỰC MÔ HÌNH HOÁ TRONG GIÁO DỤC STEM

Kiều Thị Quyên^{1*}, Nguyễn Văn Biên², Nguyễn Anh Thuận²

¹Trường Đại học Hải Phòng

²Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 14/11/2023	Phát triển các công cụ đánh giá phù hợp và các thước đo đánh giá các biểu hiện hành vi trong năng lực mô hình hoá của học sinh không chỉ cho biết kết quả của việc học tập khoa học mà còn làm cho giáo viên, học sinh có thể nhìn thấy kết quả đó. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng bài học STEM là bối cảnh để học sinh phát triển năng lực mô hình hoá và thông qua quá trình mô hình hoá, học sinh hiểu biết về thế giới tự nhiên. Vì vậy, nhóm nghiên cứu thực hiện phương pháp đánh giá hệ thống tài liệu và phương pháp phỏng vấn chuyên gia nhằm đề xuất khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM gồm 3 cụm thành tố, 7 thành tố năng lực và 18 biểu hiện hành vi. Cuối cùng khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM được thực hiện lấy ý kiến đồng thuận của chuyên gia qua 2 vòng Delphi. Khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM được xây dựng sẽ là cơ sở để đánh giá sự phát triển, bồi dưỡng năng lực mô hình hoá trong các bài học STEM.
Ngày hoàn thiện: 23/01/2024	
Ngày đăng: 23/01/2024	
TỪ KHÓA	
Năng lực mô hình hoá	
Cấu trúc năng lực mô hình hoá	
Giáo dục STEM	
Phương pháp Delphi	
Ứng dụng phương pháp Delphi	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9207>

* Corresponding author. Email: quyenkt@dhhp.edu.vn

1. Giới thiệu

Chúng tôi đã thực hiện đánh giá có hệ thống các nghiên cứu về mô hình hóa trong 10 năm qua cho thấy rằng các mô hình giúp người học cải thiện khả năng xây dựng, sửa đổi, so sánh, đánh giá và xác nhận các mô hình, tất cả đều là những thực hành khoa học quan trọng [1]-[4].

Trong nghiên cứu khoa học, một mô hình được cho là đại diện của một đối tượng nghiên cứu [1], một phép tương tự để kết nối với đối tượng nghiên cứu [2] và một công cụ được sử dụng để hỗ trợ hiểu khái niệm, giải quyết vấn đề hoặc dự đoán hiện tượng [3], [4]. Mô hình cũng là một biểu diễn tóm tắt và đơn giản hóa một hệ thống bằng cách sử dụng các đặc điểm chính để giải thích và dự đoán các hiện tượng khoa học [4].

Theo Nguyễn Đức Thâm (2003), mô hình là một hệ thống được hình dung trong óc hay được thực hiện một cách vật chất, hệ thống đó phản ánh những thuộc tính bản chất của đối tượng nghiên cứu hoặc tái tạo nó, bởi vậy việc nghiên cứu mô hình sẽ cung cấp cho ta những thông tin mới về đối tượng. Trong vật lý học, mô hình có các chức năng sau: Mô tả sự vật, hiện tượng, giải thích các tính chất và hiện tượng có liên quan đến đối tượng, tiên đoán các tính chất và hiện tượng mới. Mô hình có những tính chất cơ bản như: tính tương tự với vật gốc, tính đơn giản, tính trực quan, tính quy luật riêng [5].

Để thực hiện quá trình mô hình hoá, các nhà nghiên cứu mô hình để học sinh (1) xây dựng các mô hình phù hợp với các bằng chứng và lý thuyết trước đó để minh họa giải thích, hoặc dự đoán các hiện tượng, (2) sử dụng các mô hình để mô tả các đặc điểm, giải thích và dự đoán các hiện tượng, (3) so sánh và đánh giá khả năng của các mô hình khác nhau để phản hồi chính xác và giải thích hiện tượng và đưa ra các hiện tượng mới, (4) sửa đổi các mô hình để tăng sức mạnh giải thích và dự đoán và (5) tìm hiểu tác dụng của nhiều mô hình trong mô tả hiện tượng hoặc đối tượng tương tự [6], [7]. Nicolaou và Constantinou (2014) xác định năng lực mô hình hóa gồm thực hành mô hình hóa (Modeling Practices) và siêu kiến thức mô hình hoá (Metaknowledge). Thực hành mô hình hoá bao gồm đề xuất, sửa đổi, phân tích, xác thực và sử dụng các mô hình trong thực tế. Siêu kiến thức mô hình hoá bao gồm siêu kiến thức về mô hình (mục đích và sử dụng mô hình), và siêu kiến thức về quy trình mô hình hoá (đề cập đến khả năng mô tả và phản ánh rõ ràng của học sinh về quá trình lập mô hình) [8]. Đối với sản phẩm của thực hành mô hình hoá, các sản phẩm cụ thể chứng minh kiến thức và khả năng mô hình hóa của học sinh, Chiu (2019) đã nhấn mạnh sản phẩm của quá trình mô hình hoá trong cấu trúc năng lực mô hình bao gồm ba thành tố gồm kiến thức về mô hình và mô hình hoá; thực hành mô hình hoá và siêu nhận thức về mô hình và mô hình hoá, trong đó sản phẩm mô hình hoá được coi trọng trong thành tố thực hành mô hình hoá [9].

Theo Sanders (2009), trong giáo dục STEM học sinh áp dụng các kiến thức khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học vào giải quyết một số vấn đề thực tiễn trong bối cảnh cụ thể [10]. Trong các nhà trường, giáo dục STEM được tổ chức chủ yếu theo hình thức bài học STEM, trong đó nội dung bài học theo chủ đề STEM gắn với việc giải quyết tương đối trọn vẹn một vấn đề thực tiễn. Bài học STEM có các đặc trưng cơ bản như: gắn với tình huống và vấn đề thực tiễn; được phỏng theo quy trình thiết kế kỹ thuật; dẫn học sinh vào chuỗi hoạt động tìm tòi khám phá có kết thúc mở... [11]. Theo Nguyễn Văn Biên (2020), *bài học STEM thường được phỏng theo quy trình thiết kế kỹ thuật*: Học sinh được yêu cầu thiết kế, chế tạo, vận hành thử nghiệm và tối ưu hoá một sản phẩm phục vụ cho yêu cầu của đời sống. Để thực hiện được các nhiệm vụ đó, học sinh có thể được hướng dẫn thông qua văn bản, video,... hoặc dưới sự hướng dẫn trực tiếp của giáo viên. Với sự định hướng, hỗ trợ của giáo viên, học sinh sẽ đặt ra các vấn đề bản thân gặp phải, có thể là tìm hiểu nguyên lý hoạt động của sản phẩm, các bước chế tạo... và tìm cách giải quyết. Trong quá trình tìm cách giải quyết sẽ có những ý tưởng nảy sinh, giải pháp mới. Quá trình “thiết kế – thử nghiệm – điều chỉnh” được vận hành liên tục [11]. English (2023) cũng khẳng định rằng bối cảnh STEM có lợi cho việc giải thích hiện tượng nghiên cứu thông qua các hoạt động mô hình hoá [12]. Nghiên cứu của Krell (2017) cũng cho thấy rằng học sinh tham gia các hoạt động STEM sẽ có nhận thức về quá trình mô hình hoá cao hơn các học sinh khác ít tham gia STEM [13].

Như vậy, trong quá trình tham gia vào bài học STEM, học sinh có nhiều cơ hội để thực hiện quá trình mô hình hoá hay nói cách khác học sinh được bồi dưỡng và phát triển năng lực mô hình hoá trong quá trình tham gia vào bài học STEM. Vì vậy, nhóm nghiên cứu thực hiện phương pháp Delphi nhằm đề xuất khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM để đánh giá sự phát triển, bồi dưỡng năng lực mô hình hoá trong các bài học STEM.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đánh giá hệ thống tài liệu

Nghiên cứu đánh giá, tổng hợp các công bố khoa học về năng lực mô hình hoá trong 10 năm gần đây (2012 đến nay) bao gồm 42 bài báo khoa học, báo cáo khoa học, sách khoa học, luận án, luận văn. Các tài liệu này được thu thập trên Science Direct và Reseachgate.net và bằng các từ khóa liên quan đến năng lực mô hình hoá cả tiếng Việt và tiếng Anh. Từ đó chúng tôi đề xuất cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM, chúng tôi đã tham vấn 8 chuyên gia về lĩnh vực nghiên cứu giáo dục có những công bố liên quan đến năng lực mô hình hoá và giáo dục STEM để điều chỉnh đề xuất cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM trước khi thực hiện phương pháp Delphi.

2.2. Phương pháp phỏng vấn chuyên gia Delphi

Phương pháp Delphi là phương pháp tham vấn chuyên gia thông qua quá trình lặp đi lặp lại thu thập các đánh giá của các chuyên gia bằng cách sử dụng một loạt bảng câu hỏi xen kẽ với phản hồi. Các bảng câu hỏi được thiết kế để tập trung vào các vấn đề, cơ hội, giải pháp hoặc dự báo. Mỗi bảng câu hỏi tiếp theo được phát triển dựa trên kết quả của bảng câu hỏi trước đó. Quá trình này sẽ dừng lại khi câu trả lời đạt được sự đồng thuận hay khi đã trao đổi đầy đủ thông tin [14]. Nghiên cứu sử dụng phương pháp Delphi thông qua quá trình tham vấn 20 chuyên gia được lựa chọn trong lĩnh vực giáo dục học, bao gồm 8 giáo sư, phó giáo sư, tiến sĩ có chuyên môn sâu về lĩnh vực giáo dục học đang công tác tại các trường đại học và viện nghiên cứu; 12 giáo viên có kinh nghiệm từ 5 năm trở lên về dạy học phát triển năng lực và giáo dục STEM trong các trường trung học phổ thông và trung học cơ sở. Phương pháp Delphi được thực hiện qua hai vòng bằng hệ thống phiếu hỏi trực tuyến hoặc trực tiếp gửi tới các chuyên gia được lựa chọn trên để xây dựng các thành tố năng lực và biểu hiện hành vi, hoàn thiện bảng câu hỏi và tham vấn các ý kiến về cấu trúc năng lực đã đề xuất.

2.3. Phương pháp tổng hợp, xử lý và phân tích số liệu

Với phương pháp nghiên cứu sử dụng thống kê toán học, chúng tôi sử dụng phần mềm thống kê SPSS nhằm đánh giá sự đồng thuận của chuyên gia đối với cấu trúc năng lực mô hình hoá đã đề xuất. Nghiên cứu sử dụng nguyên tắc KAMET (Knowledge Acquisition for Multiple Experts with Time scales) nhằm đưa ra mức độ đánh giá quan trọng của mỗi biểu hiện hành vi (q_i) và loại bỏ các biểu hiện hành vi ít phù hợp trên cơ sở đánh giá tổ hợp các giá trị thống kê bao gồm trung vị ($Mdqi$), độ lệch tứ phân vị (Qqi), giá trị trung bình (Mqi) và phương sai (Vqi) là tỷ lệ số chuyên gia thay đổi ý kiến đánh giá. Quy tắc KAMET được miêu tả trong Bảng 1 [15], [16].

Bảng 1. Quy tắc KAMET phân tích đánh giá từ các chuyên gia sử dụng phương pháp Delphi

Điều kiện	Vòng t của câu hỏi Delphi	Vòng $t + 1$ của câu hỏi Delphi	Vòng $t + 2$ của câu hỏi Delphi
1	Nếu $Mqi \geq 3,5$	Nếu $Mqi \geq 3,5$ và $Qqi \leq 0,5$ và $Vqi < 15\%$ thì q_i được chấp nhận và không cần phải tham vấn thêm.	
2	Nếu $Mqi < 3,5$	Nếu $Mqi < 3,5$ và $Qqi \leq 0,5$ và $Vqi \leq 15\%$ thì q_i không được chấp nhận và không cần phải tham vấn thêm.	
3	Nếu $Mqi < 3,5$	Nếu $Mqi \geq 3,5$ hoặc $Vqi > 15\%$ thì tiếp tục thực hiện bước $t + 2$.	Nếu $Mqi \geq 3,5$ và $Qqi \leq 0,5$ và $Vqi \leq 15\%$ thì q_i được chấp nhận và không cần phải tham vấn thêm.

Trong đó:

M_{qi} : là giá trị trung bình của các chỉ tiêu hay câu hỏi tham vấn (q_i);

Q_{qi} : là độ lệch tứ phân vị;

V_{qi} : là tỷ lệ chuyên gia thay đổi ý kiến đánh giá.

Phân tích kết quả Delphi vòng 1, các biểu hiện hành vi không đạt đồng thuận của chuyên gia ở vòng 1 sẽ được điều chỉnh và thực hiện Delphi vòng 2.

Phân tích kết quả điều tra Delphi vòng 2: dữ liệu được phân tích để tính giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, thực hiện phân tích thống kê để đánh giá tỷ lệ chuyên gia thay đổi ý kiến đánh giá V_{qi} . Nếu kết quả khảo sát cho thấy $M_{qi} \geq 3,5$ và $Q_{qi} \leq 0,5$ và $V_{qi} < 15\%$ thì q_i được chấp nhận và không cần phải tham vấn thêm, không phải thực hiện vòng thứ 3.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cơ sở đề xuất các thành tố năng lực

Các nghiên cứu về năng lực mô hình hoá:

+ Nicolaou (2014) đề xuất năng lực mô hình hoá gồm hai thành tố: năng lực thực hành mô hình hoá (xây dựng, sử dụng, so sánh và điều chỉnh mô hình) và siêu nhận thức mô hình hoá (nhận thức về mục đích, bản chất của mô hình và quá trình xây dựng mô hình) [8].

+ Chiu (2019) đề xuất năng lực lập mô hình bao gồm ba thành tố gồm kiến thức về mô hình và mô hình hoá; thực hành mô hình hoá và siêu nhận thức về mô hình và mô hình hoá, trong đó sản phẩm mô hình hoá được coi trọng trong thành tố thực hành mô hình hoá [9].

+ Nguyễn Quý Thịnh (2021) đề xuất năng lực mô hình hoá bao gồm 3 năng lực thành phần: Năng lực nhận thức và tư duy về mô hình; năng lực thực hiện quy trình mô hình hoá và năng lực sử dụng mô hình đã xây dựng [16].

+ Nguyễn Phương Trinh (2021) đề xuất năng lực mô hình hoá gồm 4 thành tố: nhận thức về mô hình và mô hình hoá; thực hiện mô hình hoá; sản phẩm mô hình hoá; siêu nhận thức về mô hình và mô hình hoá [17].

Các nghiên cứu đều cho thấy rằng năng lực mô hình hoá là năng lực thực hiện đầy đủ các giai đoạn của quá trình mô hình hoá nhằm giải quyết một vấn đề cụ thể, trong đó các tác giả đều thống nhất năng lực mô hình hoá gồm các thành tố năng lực thực hành mô hình và thành tố năng lực siêu nhận thức về mô hình và mô hình hoá. Chúng tôi thấy rằng, thành tố năng lực nhận thức về mô hình và mô hình hoá là một thành tố quan trọng, theo cách đề xuất của Chiu (2019), thành tố này gồm hiểu biết về mô hình, mô hình hoá và siêu nhận thức về mô hình, mô hình hoá sẽ phù hợp với các giai đoạn của quá trình mô hình hoá và để đánh giá hơn. Thành tố thực hành mô hình hoá bao gồm xây dựng mô hình, sử dụng mô hình, so sánh mô hình, điều chỉnh mô hình và đánh giá mô hình.

Trong giáo dục STEM, khi thực hiện giải pháp giải quyết vấn đề thực tiễn, học sinh thực hiện các hành vi như xác định vấn đề nghiên cứu, thiết kế mô hình giải pháp, thực hiện giải pháp, đánh giá và điều chỉnh sản phẩm. Tức là học sinh liên tục được thực hiện quá trình mô hình hoá khi giải quyết vấn đề thực tiễn. Theo Nguyễn Văn Biên (2020), *tổ chức dạy học STEM có thể thực hiện theo nhiều quy trình khác nhau như: quy trình tìm tòi khám phá, quy trình 6E, quy trình 4C, quy trình dựa trên hoạt động thiết kế kỹ thuật. Trong đó quy trình dựa trên hoạt động thiết kế kỹ thuật mô tả cách mà các kỹ sư sử dụng để giải quyết vấn đề bắt đầu bằng đặt câu hỏi, hình dung giải pháp, thiết kế kế hoạch, tạo và kiểm tra mô hình và sau đó thực hiện cải tiến mô hình [11].*

Quan điểm của chúng tôi, năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM gồm năng lực nhận thức về mô hình, năng lực thực hành mô hình hoá và năng lực nhận thức quá trình mô hình hoá khi giải quyết vấn đề thực tiễn. Từ những nghiên cứu trên, chúng tôi đề xuất khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM gồm ba hợp phần: A. Nhận thức về mô hình; B. Thực hành mô hình hoá; C. Siêu nhận thức về mô hình hoá. Các thành tố trong mỗi hợp phần được làm rõ dựa trên quá trình mô hình hoá và các đặc trưng của giáo dục STEM.

3.2. Kết quả Delphi vòng 1

Một nghiên cứu thử nghiệm đã được thực hiện với 8 chuyên gia bằng cách sử dụng bản phác thảo cấu trúc năng lực mô hình hoá đã được chuẩn bị sẵn. Kết quả của nghiên cứu thử nghiệm là mẫu dự thảo đã được chỉnh sửa và lấy ý kiến của 8 chuyên gia để họ đánh giá mẫu này về mặt ngôn ngữ và từ ngữ.

Các chuyên gia đồng ý với cơ sở đề xuất cấu trúc năng lực xuất phát từ khái niệm mô hình, mô hình hoá và đặc điểm của bài học STEM, cấu trúc chung của năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM. Một số ý kiến của chuyên gia yêu cầu diễn đạt lại biểu hiện hành vi B11, B12 để làm rõ logic và sự liên kết giữa các hành vi trong thành tố năng lực B1-Xây dựng mô hình trong giáo dục STEM, các động từ chỉ hành động cụ thể như nêu, phân tích, giải thích... có thể định lượng được khi đề xuất hành vi. Chuyên gia cũng cho rằng nên sắp xếp lại các biểu hiện hành vi trong thành tố cụm thành tố A-Nhận thức về mô hình theo tiến trình các hành vi trong bài học STEM.

Sau khi đánh giá biểu mẫu theo ý kiến của các chuyên gia, biểu mẫu dự thảo đã được hoàn thiện lần cuối cùng và giai đoạn thực hiện Delphi vòng 1 được bắt đầu.

Bảng 2. Cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM dùng trong Delphi vòng 1.

Hợp phần	Thành tố năng lực	Biểu hiện hành vi	Mô tả
A. Nhận thức về mô hình	A1. Nhận thức bản chất, mục đích của mô hình	A11. Trình bày, giải tá, trình bày và giải thích hiện tượng đang được nghiên cứu thích bản chất mô hình, và có thể được sử dụng để kiểm tra các dự đoán về một khía cạnh cụ thể của hiện tượng. Phân biệt được các loại mô hình: mô hình tư duy, mô hình vật chất.	Học sinh nhận thức được bản chất của mô hình dùng để mô
		A12. Phân tích mục đích sử dụng các loại mô hình	Học sinh nhận thức được các mô hình đóng vai trò là hỗ trợ hướng dẫn; mô phỏng; hỗ trợ hiểu khái niệm về một hiện tượng đang được nghiên cứu; công cụ truyền thông; những biểu hiện bên ngoài cho một hiện tượng đang được nghiên cứu; và phương tiện để hình thành và thử nghiệm các dự đoán.
	A2. Lựa chọn mô hình	A21. Phân tích nhu cầu thực tiễn.	Học sinh trình bày được tình huống thực tiễn và nhu cầu thực tiễn.
		A22. Phân tích tình huống sử dụng mô hình.	Học sinh nêu và giải thích các điều kiện thực tiễn đặt ra. Học sinh dự đoán và giải thích được cách sử dụng để mô tả, giải thích hiện tượng trong thực tiễn và dự đoán hành vi hoặc trạng thái tiếp diễn khi thay đổi điều kiện đầu vào.
		A23. Lựa chọn mô hình.	Học sinh giải thích được lí do lựa chọn mô hình sẽ xây dựng.
	B. Thực hành mô hình hoá	B1. Xây dựng MH	B11. Tìm hiểu thông tin, các thành phần cốt lõi của hiện tượng thực tiễn mà mô sẽ mô tả.
B12. Thiết kế các khối chức năng, cách thức liên kết giữa các khối chức năng của mô hình.			Học sinh thiết kế các khối chức năng của mô hình, nêu và giải thích được cơ chế xảy ra của hiện tượng, các yếu tố ảnh hưởng đến sự vận hành của mô hình.
B13. Chế tạo sản phẩm mô hình.			Học sinh chế tạo được mô hình nguyên lí, mô hình có thể tùy chỉnh hoạt động theo một số điều kiện khác nhau.
B2. Vận hành mô hình		B21. Sử dụng mô hình để mô tả, giải thích các hiện tượng thực tế.	Học sinh sử dụng mô hình để mô tả hiện tượng thực tế, giải thích và phân tích hiện tượng thực dưới tác động của các điều kiện khác nhau. Học sinh so sánh kết quả vận hành của mô hình với hiện tượng thực.
		B22. Sử dụng mô hình để dự đoán các quy luật, hiện tượng tương tự.	Học sinh giải thích được sự tương tự giữa các hiện tượng và dùng mô hình để dự đoán tiếp diễn của hiện tượng, phân tích được các yếu tố đầu vào ảnh hưởng đến diễn biến hiện tượng.

Hợp phần	Thành tố năng lực	Biểu hiện hành vi	Mô tả
B3. Đánh giá và điều chỉnh và mô hình	B3. Đánh giá và điều chỉnh và mô hình	B31. Trình bày những hạn chế của mô hình.	Học sinh giải thích được mô hình vận hành trong điều kiện cụ thể nào, phân tích được hạn chế của mô hình trong giải quyết vấn đề thực tiễn.
		B32. Đánh giá mô hình dựa trên khả năng giải thích của mô hình với các lĩnh vực của hiện tượng hoặc các hiện tượng tương tự.	Học sinh chỉ ra được ưu điểm và nhược điểm của mô hình dựa trên khả năng giải thích của mô hình với các lĩnh vực của hiện tượng hoặc các hiện tượng tương tự.
		B33. Đề xuất và giải thích các biện pháp sửa đổi mô hình, phân tích và dự đoán sản phẩm mô hình khi thực hiện sửa đổi.	Học sinh đề xuất và giải thích các biện pháp sửa đổi mô hình, phân tích và dự đoán sản phẩm mô hình khi thực hiện sửa đổi.
		B34. Thực hiện sửa đổi mô hình, vận hành và đánh giá và điều chỉnh mô hình cho đến khi mô hình đáp ứng được nhu cầu thực tiễn.	Học sinh thực hiện sửa đổi mô hình, và lặp lại các bước vận hành và đánh giá và điều chỉnh mô hình cho đến khi mô hình đáp ứng được nhu cầu thực tiễn.
C. Siêu nhận thức về mô hình hoá	C1. Nhận thức các giai đoạn của quá trình lập mô hình.	C11. Mô tả khái quát các giai đoạn của quá trình mô hình hoá.	Học sinh mô tả và giải thích được các giai đoạn xây dựng mô hình.
		C12. Giải thích vai trò của các giai đoạn trong quá trình mô hình hoá.	Học sinh trình bày và phân tích được vai trò của các giai đoạn trong quá trình mô hình hoá.
		C2. Đánh giá quá trình lập mô hình.	C21. Chỉ ra những thuận lợi, khó khăn trong quá trình lập mô hình. C22. Đề xuất quy trình lập mô hình hiệu quả.

Chúng tôi thiết kế thang đo sự đồng thuận của chuyên gia với khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM dạng Likert 5 mức độ. Trong đó, mỗi chỉ số hành vi bao gồm một câu mô tả hành vi, một mã hóa và một phần phản hồi tùy chọn mức độ đồng thuận trên thang đo với mức 1 (rất không đồng ý), mức 2 (không đồng ý), mức 3 (trung lập), mức 4 (đồng ý), mức 5 (rất đồng ý). Bảng tham vấn ý kiến được gửi trước cho 20 chuyên gia, sau đó 7 ngày chúng tôi thực hiện phỏng vấn chuyên gia trực tiếp hoặc phỏng vấn qua điện thoại và nhận phản hồi bảng tham vấn.

Kết quả Delphi vòng 1 cho thấy giá trị trung bình của các chỉ tiêu tham vấn chuyên gia đều đạt giá trị lớn hơn 3,5. Kết quả cho biết khung cấu trúc năng lực phác thảo được sự đồng thuận lớn của các chuyên gia.

Bảng 3. Giá trị trung bình của các chỉ tiêu tham vấn chuyên gia trong Delphi vòng 1

	A11	A21	A22	A12	A23	B11	B12	B13	B21
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Giá trị	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Giá trị lỗi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giá trị trung bình	3,70	3,70	3,85	3,65	3,70	3,85	3,70	3,95	4,05
	B22	B31	B32	B33	B34	C11	C12	C21	C22
N	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Giá trị	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Giá trị lỗi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giá trị trung bình	4,05	3,85	3,65	3,80	3,80	4,10	3,90	3,85	4,00

3.3. Kết quả Delphi vòng 2

Sau khi thực hiện Delphi vòng 1, nhóm nghiên cứu thực hiện Delphi vòng 2 sau 15 ngày, số lượng chuyên gia tham vấn là 20 người, tỉ lệ chuyên gia tham gia vòng 1 tiếp tục tham gia vòng 2 là 14 người, số chuyên gia mới thực hiện tham vấn ở vòng 2 là 6 người. Kết quả Delphi vòng 2 cho thấy giá trị trung bình các chỉ tiêu được chuyên gia đánh giá có giá trị từ 3,65 đến 4,2, độ

lệch tứ phương vị và số chuyên gia thay đổi đánh giá có tỉ lệ dưới 10%. Như vậy, mặc dù có 6 chuyên gia mới tham gia tham vấn ở vòng hai, tuy nhiên kết quả đánh giá các tiêu chí trong khung cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM vẫn đạt độ đồng thuận cao. Theo Quy tắc KAMET, kết quả Delphi vòng 2 cho thấy sự đồng thuận của chuyên gia với đề xuất của nhóm nghiên cứu và không cần tiếp tục tham vấn vòng 3.

Bảng 4. Giá trị trung bình của các chỉ tiêu tham vấn chuyên gia trong Delphi vòng 2

		A11	A21	A22	A12	A23	B11	B12	B13	B21
N	Giá trị	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Giá trị lỗi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giá trị trung bình		3,70	3,70	3,85	3,65	3,70	4,00	3,85	4,10	4,20
Độ lệch tứ phương vị		0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0
Số chuyên gia thay đổi đánh giá		2 (10%)	2 (10%)	0 (0%)	2 (10%)	2 (10%)	1 (5%)	1 (5%)	1 (5%)	1 (5%)
		B22	B31	B32	B33	B34	C11	C12	C21	C22
N	Giá trị	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Giá trị lỗi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giá trị trung bình		4,25	4,05	3,85	4,00	4,00	4,30	4,10	4,05	4,20
Độ lệch tứ phương vị		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,00	0,00
Số chuyên gia thay đổi đánh giá		1 (5%)	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)	1 (5%)	1 (5%)

4. Kết luận

Thông qua đánh giá tài liệu và tham vấn chuyên gia, nhóm nghiên cứu đã thực hiện tham vấn chuyên gia qua một vòng thử nghiệm và hai vòng Delphi, kết quả tham vấn cho thấy sự đồng thuận cao của các chuyên gia với cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM tham vấn. Cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM được xây dựng với 3 cụm thành tố, 7 thành tố và 18 biểu hiện hành vi. Cấu trúc năng lực mô hình hoá được xây dựng nhằm hỗ trợ người nghiên cứu, giáo viên đánh giá khả năng bồi dưỡng và phát triển năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM. Để đánh giá tính khả thi của cấu trúc năng lực mô hình hoá trong giáo dục STEM trong thực tiễn, chúng tôi dự kiến tiến hành thực nghiệm sư phạm nhằm đánh giá sự phát triển năng lực mô hình hoá thông qua biểu hiện các hành vi tương ứng của học sinh khi tham gia các chủ đề STEM trong chương trình khoa học tự nhiên lớp 9.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] R. N. Giere, J. Bickle, and R. F. Maudlin, *Understanding scientific reasoning*. Belmont: Thomson/Wadsworth, 2006.
- [2] D. F. Treagust, "Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry," *Research in Science Education*, vol. 34, pp. 1-20, 2004, doi: 10.1023/B:RISE.0000020885.41497.ed.
- [3] J. J.-R. Clement, *Model based learning and instruction in science*, vol. 2, Dordrecht: Springer, 2008. doi: 10.1007/978-1-4020-6494-4.
- [4] R. S. Justi, "Modelling, teachers' views on the nature of modeling and implications for the education of modelers," *International Journal of Science Education*, vol. 24, no. 4, pp. 369-387, 2002, doi: 10.1080/09500690110110142.
- [5] D. T. Nguyen, *Methods of teaching physics in high schools*. Hanoi University of Education Publishing House, 2003.
- [6] C. V. Schwarz, "Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners," *Journal of Research in science Teaching*, vol. 46, no. 6, pp. 632-654, 2009, doi: 10.1002/tea.20311.
- [7] J. K. Gilbert, *Modelling-based teaching in science education*. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-29039-3.

-
- [8] C. T. Nicolaou and C. P. Constantinou, "Assessment of the Modeling Competence: A Systematic Review and Synthesis of Empirical Research," *Educational Research Review*, vol. 13, no. 3, pp. 52-73, 2014, doi: 10.1016/j.edurev.2014.10.001.
- [9] M. H. Chiu and J.-W. Lin, "Modeling competence in science education," *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2019, doi: 10.1186/s43031-019-0012-y.
- [10] M. Sanders, "STEM, STEM education, STEMmania," *Technology Teacher*, vol. 68, no. 4, pp. 20-26, 2009.
- [11] V. B. Nguyen and D. H. Tuong, *STEM education in high schools*. Vietnam Education Publishing House, 2020.
- [12] L. English, "Multidisciplinary modelling in a sixth-grade tsunami investigation," *International Journal of Science and Mathematics Education*, no. 21, pp. 41-65, 2023, doi: 10.1007/s10763-022-10303-4.
- [13] G. J. Skulmoski, F. T. Hartman, and J. Krahn, "The Delphi Method for Graduate Research," *Journal of Information Technology Education: Research*, no. 6, pp. 1- 21, 2007, doi: 10.28945/199.
- [14] M. Krell and D. Kruger, "University students' meta-modelling knowledge," *Research in Science & Technological Education*, vol. 35, no. 3, pp. 261-273, 2017, doi: 10.1080/02635143.2016.1274724.
- [15] H. C. Chu and G. J. Hwang, "A Delphi-Based Approach to Developing Experts Systems with the Cooperation of Multiple Experts," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 2826-2840, 2008, doi: 10.1016/j.eswa.2007.05.034.
- [16] H. A. Linstone and M. O. Turoff, *The Delphi Method, Techniques and Application*. USA: Addison Wesley Publishing Company, 1975, doi: 10.2307/3150755.
- [17] Q. T. Nguyen, "Applying the modeling method in teaching 'electromagnetic oscillations' - grade 12 physics with the support of information technology to develop students' modeling capacity," Master thesis, Hanoi University of Education, 2021.
- [18] N. P. Trinh, "Building and organizing the teaching of the STEAM lesson 'Smart Night Light' to foster modeling capacity of middle school students," Master thesis, Hanoi University of Education, 2021.