

COMPUTATIONAL THINKING COMPETENCY OF STUDENTS IN STEM ROBOTICS EDUCATION: AN OVERVIEW AND A PROPOSED COMPETENCY FRAMEWORK FOR VIETNAMESE STUDENTS

Tạ Thanh Trung^{*1}, Trương Đình Trung²

* Corresponding author
Email: kv.trungtt@hcmue.edu.vn

² Email: dinhtrung407@gmail.com

^{1,2} Ho Chi Minh City University of Education
280 An Duong Vuong, Ward 4, District 5,
Ho Chi Minh City, Vietnam

Received: 28/3/2025

Revised: 21/4/2025

Accepted: 23/5/2025

Published: 25/6/2025

Abstract: In the context of rapid technological development, computational thinking is a crucial competency in STEM education, helping students solve problems and adapt to the future labor market. This study reviews literature, analyzes international research, and observes practical situations at five lower secondary schools in Ho Chi Minh City to assess the manifestation of computational thinking competency in STEM Robotics education. Based on international criteria and practical data, the study proposes a computational thinking competency framework consisting of six main components (pattern recognition, problem decomposition, algorithm design, abstraction, generalization, debugging) with 25 specific criteria. This framework provides a scientific basis for designing STEM Robotics programs suitable for Vietnamese students, while expanding the application of computational thinking in STEM education. The study results not only guide curriculum development but also lay the foundation for experimental research and quantitative standardization of computational thinking competency in Vietnamese education.

Keywords: Competency assessment, competency framework, computational thinking competency, STEM Robotics education.

NĂNG LỰC TƯ DUY TÍNH TOÁN CỦA HỌC SINH TRONG GIÁO DỤC STEM ROBOTICS: TỔNG QUAN VÀ ĐỀ XUẤT KHUNG NĂNG LỰC CHO HỌC SINH VIỆT NAM

Tạ Thanh Trung^{*1}, Trương Đình Trung²

* Tác giả liên hệ
Email: kv.trungtt@hcmue.edu.vn

² Email: dinhtrung407@gmail.com

^{1,2} Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh
280 An Duong Vuong, Phường 4, Quận 5,
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận bài: 28/3/2025

Chỉnh sửa xong: 21/4/2025

Chấp nhận đăng: 23/5/2025

Xuất bản: 25/6/2025

Tóm tắt: Trong bối cảnh công nghệ phát triển mạnh mẽ, tư duy tính toán là năng lực quan trọng trong giáo dục STEM, giúp học sinh giải quyết vấn đề và thích ứng với thị trường lao động tương lai. Nghiên cứu này tổng quan tài liệu, phân tích các nghiên cứu quốc tế và quan sát thực tiễn tại 05 trường trung học cơ sở ở Thành phố Hồ Chí Minh để đánh giá biểu hiện năng lực tư duy tính toán trong giáo dục STEM Robotics. Dựa trên các tiêu chí quốc tế và dữ liệu thực tiễn, nghiên cứu đề xuất một khung năng lực tư duy tính toán gồm 06 thành tố chính (nhận dạng mẫu, phân tách vấn đề, thiết lập thuật toán, trừu tượng hóa, khái quát hóa, gỡ lỗi) với 25 tiêu chí cụ thể. Khung năng lực này cung cấp cơ sở khoa học cho việc thiết kế chương trình STEM Robotics phù hợp với học sinh Việt Nam, đồng thời mở rộng ứng dụng tư duy tính toán trong giáo dục STEM. Kết quả nghiên cứu không chỉ định hướng phát triển chương trình giảng dạy mà còn tạo nền tảng cho nghiên cứu thực nghiệm và chuẩn hóa định lượng về năng lực tư duy tính toán trong giáo dục Việt Nam.

Từ khóa: Đánh giá năng lực, khung năng lực, năng lực tư duy tính toán, giáo dục STEM Robotics.

1. Đặt vấn đề

Cuộc Cách mạng Công nghiệp lần thứ tư đã và đang thúc đẩy những thay đổi sâu rộng trong cách con người học tập, tư duy và giải quyết vấn đề. Sự phát triển của trí tuệ nhân tạo, khoa học dữ liệu và tự

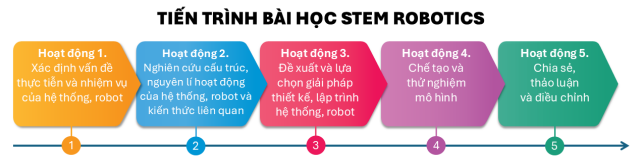
động hóa không chỉ làm thay đổi bản chất của nhiều ngành nghề mà còn đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc trang bị cho học sinh những kỹ năng tư duy bậc cao để thích ứng với môi trường công nghệ số (Anwar

et al., 2024). Trong bối cảnh này, tư duy tính toán (Computational Thinking - CT) được coi là phương pháp tiếp cận quan trọng giúp cá nhân giải quyết vấn đề theo cách thức hệ thống, có thể được máy tính hỗ trợ hoặc thực hiện một phần (Mills et al., 2024). Khả năng này không chỉ giới hạn trong lĩnh vực Tin học mà còn có ý nghĩa quan trọng đối với nhiều ngành khoa học và kỹ thuật (Grover & Pea, 2013). Tuy nhiên, cần phân biệt rõ giữa tư duy tính toán và năng lực tư duy tính toán (Computational Thinking Competency - CTC). Trong khi tư duy tính toán tập trung vào phương pháp giải quyết vấn đề, năng lực tư duy tính toán phản ánh khả năng áp dụng các phương pháp này vào thực tiễn (Yadav et al., 2016). Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, việc phát triển năng lực tư duy tính toán không chỉ giúp học sinh nâng cao khả năng tư duy phản biện, sáng tạo mà còn trang bị kỹ năng giải quyết vấn đề trong bối cảnh chuyển đổi số (Amri et al., 2022; Ching & Hsu, 2023).

Giáo dục STEM, đặc biệt là STEM Robotics, đã được nhiều nghiên cứu chứng minh là một môi trường lý tưởng để rèn luyện tư duy tính toán cho học sinh (Amri, Budiyo, Fenyvesi, Yuana, & Widiastuti, 2022; Ching & Hsu, 2023). Thông qua các hoạt động lập trình, thiết kế và điều khiển robot để giải quyết các vấn đề thực tế, học sinh có cơ hội phát triển nhiều khía cạnh của tư duy tính toán như: Xác định vấn đề, xây dựng thuật toán, phân tích dữ liệu và tư duy hệ thống (Angeli & Valanides, 2020).

Nhiều quốc gia như Hoa Kỳ, Anh, Phần Lan và Hàn Quốc đã tích hợp tư duy tính toán vào chương trình giáo dục phổ thông thông qua các khung năng lực cụ thể (Yadav et al., 2016; Grover & Pea, 2013). Tuy nhiên, việc triển khai tư duy tính toán trong giáo dục Việt Nam vẫn đang ở giai đoạn đầu và gặp nhiều thách thức. Dù Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 đã đề cập đến tư duy tính toán trong môn Tin học và một số lĩnh vực STEM nhưng hiện chưa có khung năng lực chính thức để đo lường và đánh giá sự phát triển của học sinh. Việc thiếu một mô hình chuẩn hóa khiến quá trình thiết kế chương trình giảng dạy và công cụ đánh giá trở nên khó khăn, đồng thời cản trở việc tích hợp tư duy tính toán vào các môn học ngoài Tin học. Hơn nữa, việc áp dụng các khung năng lực tư duy tính toán quốc tế vào bối cảnh giáo dục Việt Nam gặp nhiều trở ngại do sự khác biệt về hạ tầng công nghệ, trình độ giáo viên và tài liệu giảng dạy. STEM Robotics tại Việt Nam chủ yếu được triển khai dưới dạng hoạt động ngoại khóa, các cuộc thi hoặc bài học tích hợp (xem Hình 1), chưa được hệ thống hóa thành một chương trình

giảng dạy chính thức có mục tiêu phát triển năng lực tư duy tính toán một cách bài bản (Nguyễn et al., 2024; Lai & Vu, 2022; Ngan & Bien, 2020; Nga et al., 2022). Vì vậy, việc xây dựng một khung năng lực tư duy tính toán phù hợp với bối cảnh giáo dục Việt Nam là điều cần thiết để hỗ trợ công tác thiết kế chương trình và công cụ đánh giá hiệu quả.



(Nguồn: Hiện chỉnh từ Nga và cộng sự, 2022)

Hình 1: Tiến trình bài học STEM Robotics

Xuất phát từ những nhu cầu thực tiễn trên, bài viết tổng quan các nghiên cứu quốc tế về tư duy tính toán trong giáo dục phổ thông, từ đó đề xuất một khung năng lực tư duy tính toán phù hợp với học sinh Việt Nam trong bối cảnh STEM Robotics. Khung năng lực này không chỉ phản ánh yêu cầu của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 mà còn góp phần định hướng chiến lược phát triển tư duy tính toán trong giáo dục phổ thông tại Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

Quy trình đề xuất khung năng lực tư duy tính toán trong giáo dục STEM Robotics được thực hiện qua bốn bước chính, đảm bảo tính khoa học, hệ thống và tính ứng dụng thực tiễn (xem Hình 2). Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu có hệ thống nhằm thu thập, phân tích và tổng hợp các công cụ đánh giá năng lực tư duy tính toán. Từ đó, nghiên cứu đề xuất cấu trúc và các biểu hiện hành vi của năng lực này trong giáo dục STEM Robotics tại Việt Nam.

Nguồn tài liệu được chọn lọc từ các cơ sở dữ liệu uy tín như: Web of Science (WoS) và Scopus, với các từ khóa chính: "Computational thinking," "Computational thinking competency framework," "STEM Robotics," "Educational robotics," và "Programming." Quá trình tìm kiếm kết hợp toán tử Boolean (AND, OR) và giới hạn thời gian từ năm 2019 đến năm 2024. Tài liệu được lựa chọn dựa trên ba tiêu chí: 1) Liên quan trực tiếp đến đánh giá năng lực tư duy tính toán của học sinh; 2) Gồm nghiên cứu thực nghiệm và tổng quan có hệ thống (systematic review); 3) Được công bố trên các tạp chí đã qua bình duyệt (peer-reviewed journals) (Moher et al., 2009).

Sau quá trình sàng lọc, nghiên cứu xác định 06 bài

báo đáp ứng tiêu chí, đồng thời tham khảo thêm 02 bài từ Google Scholar để mở rộng cơ sở lý luận.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Một số khung năng lực tư duy tính toán của học sinh trên thế giới

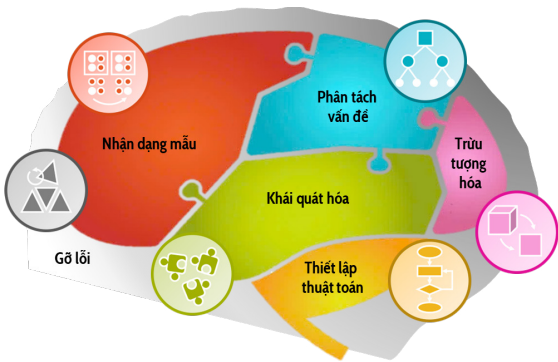
Nhiều nghiên cứu quốc tế đã được tiến hành để xây dựng khung năng lực tư duy tính toán, với mục tiêu tạo cơ sở cho các quốc gia phát triển các tiêu chuẩn, tiêu chí giảng dạy phù hợp với đặc điểm học sinh, giáo viên và điều kiện giáo dục của từng nước. Những mô hình năng lực tư duy tính toán được đề xuất thường có sự tương đồng trong việc xác định các thành tố cơ bản, bao gồm: Nhận dạng mẫu, phân tách vấn đề, thiết lập thuật toán, trừu tượng hóa, khái quát hóa, gỡ lỗi. Ngoài ra, những nghiên cứu chỉ ra rằng, năng lực tư duy tính toán không chỉ quan trọng trong lĩnh vực STEM mà còn có tác động mạnh mẽ đến khả năng giải quyết vấn đề trong nhiều lĩnh vực khác nhau của cuộc sống. Tổng quan tài liệu nghiên cứu về năng lực tư duy tính toán và việc đánh giá năng lực này của học sinh được trình bày cụ thể trong Bảng 1.

3.2. Sự tương thích giáo dục STEM Robotics trong việc phát triển các thành tố năng lực tư duy tính toán của học sinh

Năng lực tư duy tính toán đóng vai trò thiết yếu trong việc hình thành kỹ năng giải quyết vấn đề và

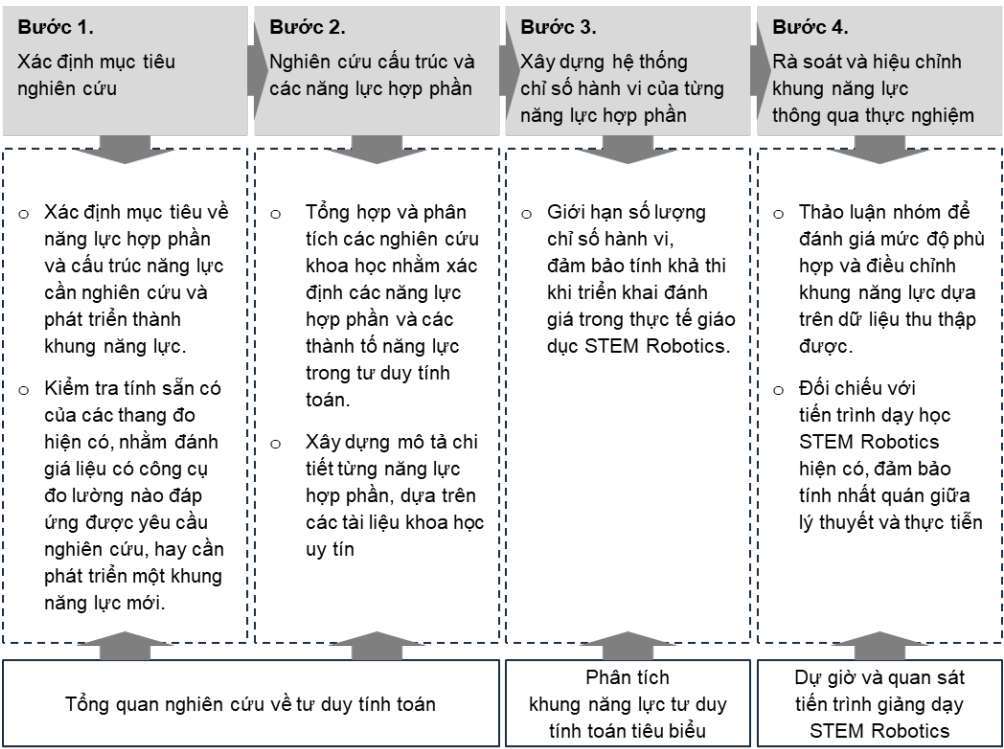
phát triển tư duy hệ thống ở học sinh. Nhiều nghiên cứu thực nghiệm gần đây, như của Yang (2024), Amri (2022), Angeli và Georgiou (2023), đã chỉ ra rằng giáo dục STEM Robotics góp phần tích cực vào việc nâng cao năng lực tư duy tính toán cho người học. Trên cơ sở kế thừa 06 thành tố cốt lõi của năng lực tư duy tính toán (xem Hình 3), nghiên cứu này xây dựng và đề xuất một khung năng lực tư duy tính toán phù hợp với bối cảnh dạy học STEM Robotics tại Việt Nam.

Thành tố 1 - Nhận dạng mẫu: Nhận dạng mẫu (pattern recognition) là khả năng tìm kiếm sự tương đồng giữa các vấn đề đã gặp (Jin & Harron, 2023; Yang, Lin, & Lin, 2024), giúp học sinh áp dụng các giải pháp đã kiểm chứng để giải quyết vấn đề mới



(Nguồn: Hiện chỉnh từ O’Kane (2023))

Hình 3: Cấu trúc năng lực tư duy tính toán



Hình 2: Quy trình nghiên cứu đề xuất khung năng lực tư duy tính toán

Bảng 1: Tóm tắt một số nghiên cứu khung năng lực tư duy tính toán của học sinh trên thế giới

Công trình	Quốc gia	Phương pháp nghiên cứu	Năm thu thập dữ liệu	Mẫu học sinh	Mô hình năng lực	Phương pháp đánh giá	Công cụ
Amri et al. (2022)	Indonesia	Thực nghiệm	N/A	8	Năng lực gồm 05 thành tố: Phân tách; Trừu tượng hóa; Thiết lập thuật toán; Mô hình hóa; Khái quát hóa.	Quan sát, phân tích diễn ngôn	Rubric, bảng kiểm
Angeli & Georgiou (2023)	Cộng hòa Síp	Thực nghiệm	N/A	170	Năng lực gồm 05 thành phần chính: Trừu tượng hóa; Khái quát hóa; Phân tách; Tư duy thuật toán và gỡ lỗi.	Quan sát, đánh giá thông qua sản phẩm học tập	Rubric, bảng kiểm
Aytekin & Topcu (2024)	Thổ Nhĩ Kỳ	Thực nghiệm	N/A	90	Năng lực gồm 06 thành tố: Trừu tượng hóa; Tư duy thuật toán/ thiết lập thuật toán; Phân tách; Xây dựng lưu đồ; Tư duy logic/ lí luận; Nhận dạng mẫu/cấu trúc.	Tiền kiểm, hậu kiểm	Bài kiểm tra, bảng kiểm
Forsström & Bond (2024)	N/A	Lí thuyết	2024	12	Năng lực có 04 thành tố chính: Trừu tượng hóa; Tư duy thuật toán; Phân tách; Nhận dạng mẫu.	N/A	N/A
García-Valcárcel & Caballero-Gonzalez (2019)	Tây Ban Nha	Thực nghiệm	2016-2017	131	Tập trung nghiên cứu 03 khía cạnh: Chuỗi; Giao tiếp với hệ thống; Gỡ lỗi.	Tiền kiểm, hậu kiểm	Rubric, bảng kiểm
Giannakoulas & Xinogalos (2023)	N/A	Lí thuyết	2022	61	Năng lực gồm 09 thành tố: Tư duy thuật toán; Phân tách; Trừu tượng hóa; Nhận dạng mẫu; Mô đun hóa; Giải quyết vấn đề; Khái quát hóa; Gỡ lỗi; Mô phỏng.	N/A	N/A
Pasterk & Benke (2024)	Áo	Lí thuyết	2024	N/A	Năng lực gồm 06 thành tố: Phân tách; Trừu tượng hóa; Thiết lập thuật toán; Gỡ lỗi, xây dựng vòng lặp; Khái quát hóa.	N/A	N/A
Yang et al. (2024)	Đài Loan	Thực nghiệm	2024	44	Năng lực gồm 04 thành tố: Trừu tượng quát hóa; Tư duy thuật toán; Nhận dạng mẫu; Gỡ lỗi.	Hai nhóm tiền kiểm, hậu kiểm	Bài kiểm tra.

nhau. Trong STEM Robotics, năng lực này thể hiện qua việc học sinh phân tích mô hình vận hành của robot và áp dụng quy tắc lập trình hiệu quả.

Ví dụ, khi lập trình robot di chuyển theo đường xác định, học sinh có thể nhận diện mối quan hệ giữa cảm biến và động cơ, từ đó tối ưu hóa thuật toán. Khi gặp lỗi kĩ thuật, học sinh có xu hướng so sánh với các tình huống trước đó để xác định nguyên nhân nhanh hơn, như kiểm tra kết nối hoặc xung đột trong lập

trình (Yang, Lin, & Lin, 2024).

Thành tố 2 - Phân tách vấn đề: Phân tách vấn đề (Decomposition) là khả năng chia nhỏ một hệ thống phức tạp thành các phần dễ quản lí (Marín-Marín et al., 2024). Trong STEM Robotics, học sinh áp dụng chiến lược này khi thiết kế và lập trình robot:

Cấu trúc phần cứng: Xác định các bộ phận của robot (khung, động cơ, cảm biến) dựa trên chức năng.

Lập trình từng mô-đun nhỏ: Viết và kiểm tra từng đoạn mã trước khi tích hợp.

Kiểm thử theo từng phần: Khi gặp lỗi, học sinh kiểm tra từng yếu tố riêng lẻ như kết nối điện, tín hiệu cảm biến hoặc logic điều khiển thay vì sửa toàn bộ hệ thống.

Ví dụ, khi lập trình robot tránh chướng ngại vật, thay vì lập trình tất cả hành vi cùng lúc, học sinh lập trình cảm biến phát hiện vật cản trước, sau đó thêm điều khiển động cơ để điều chỉnh hướng đi.

Thành tố 3 - Thiết lập thuật toán: Thiết lập thuật toán (Algorithm design) là khả năng tổ chức các bước theo trình tự logic để giải quyết vấn đề hiệu quả (Korkmaz, Çakir, & Özden, 2017). Trong STEM Robotics, năng lực này phát triển qua việc lập trình robot thực hiện nhiệm vụ cụ thể.

Học sinh sử dụng ngôn ngữ lập trình kéo thả với ba khối lệnh cơ bản: Trình tự (Sequence), lựa chọn (Selection), lặp lại (Repetition). Ví dụ, khi lập trình robot Bee-Bots di chuyển đến một vị trí:

- Trình tự: Xác định số bước di chuyển và hướng rẽ.
- Lựa chọn: Nếu gặp vật cản thì quyết định quay trái hay phải.
- Lặp lại: Nếu có nhiều điểm đến thì robot có thể lặp lại chuỗi lệnh để di chuyển tối ưu.

Với những bài toán phức tạp hơn, như lập trình robot cứu hỏa (Amri et al., 2022), học sinh phải thiết kế thuật toán để: 1) Xác định điều kiện kích hoạt cảm biến phát hiện lửa; 2) Ra quyết định về hướng di chuyển tối ưu; 3) Thực hiện nhiệm vụ phun nước dập lửa; 4) Kiểm tra kết quả và điều chỉnh thuật toán nếu cần.

Những hoạt động này giúp học sinh phát triển tư duy thuật toán, rèn luyện khả năng tư duy logic, tính kiên nhẫn và tổ chức công việc hiệu quả. Theo Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia Hoa Kỳ, tư duy thuật toán không chỉ là kỹ năng cốt lõi trong thời đại số mà còn là yếu tố nền tảng giúp công dân toàn cầu thành công trong môi trường công nghệ (Korkmaz, Çakir, & Özden, 2017).

Thành tố 4 - Trừu tượng hóa: Trừu tượng hóa (Abstraction) là khả năng tập trung vào các thông tin cốt lõi và loại bỏ những chi tiết không liên quan, từ đó khái quát hóa những đặc điểm chung từ những trường hợp cụ thể (Jin & Harron, 2023; Amri, Budiyanto, Fenyvesi, Yuana, & Widiastuti, 2022; Yang, Lin, & Lin, 2024). Đây là quá trình nhận thức nhằm xác định những thuộc tính bản chất của một nhóm đối tượng, đồng thời loại bỏ các đặc điểm cá

biệt (Grover & Pea, 2013). Thành tố này không chỉ giúp giảm khối lượng thông tin mà còn tăng hiệu quả giải quyết vấn đề, nhờ khả năng loại bỏ các chi tiết không cần thiết (Angeli & Georgiou, 2023).

Trong môi trường giáo dục STEM Robotics, tư duy trừu tượng của học sinh được thể hiện qua việc xác định các yêu cầu cơ bản của vấn đề, phân tích các thành phần chính của sản phẩm hay sơ đồ hóa nguyên lý hoạt động. Ví dụ, khi lập kế hoạch chế tạo robot, học sinh chọn lọc các module cần thiết và loại bỏ những module không quan trọng. Trong giai đoạn lập trình, học sinh nhóm các hành vi tương tự của robot để tối ưu hóa những đoạn lệnh, qua đó rút ngắn quy trình và tăng hiệu quả xử lý (Amri, Budiyanto, Fenyvesi, Yuana, & Widiastuti, 2022).

Hơn nữa, phương pháp dạy học dự án với sự hỗ trợ của robot đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển tư duy trừu tượng. Các hoạt động như lập kế hoạch và lập trình không chỉ thúc đẩy học sinh tập trung vào các yếu tố cốt lõi của vấn đề mà còn khuyến khích khả năng phân loại và khái quát hóa (Giannakoulas & Xinogalos, 2023). Khi học sinh thực hiện các nhiệm vụ như xây dựng một thuật toán điều khiển robot vượt chướng ngại vật, việc tập trung vào các yếu tố quan trọng như tốc độ di chuyển, góc quay, khoảng cách cảm biến giúp học sinh hình thành tư duy trừu tượng một cách có hệ thống. Điều này minh chứng rằng, tư duy trừu tượng không chỉ là một kỹ năng cần thiết trong giáo dục STEM Robotics, mà còn là nền tảng giúp học sinh phát triển tư duy hệ thống, giải quyết các bài toán phức tạp và ứng dụng sáng tạo trong thực tiễn (Grover & Pea, 2013).

Thành tố 5 - Khái quát hóa: Khái quát hóa (Generalization) trong năng lực tư duy tính toán được hiểu là khả năng áp dụng các nguyên lý hoặc chiến lược đã học vào những tình huống mới, từ đó học sinh chuyển giao khả năng giải quyết vấn đề sang nhiều vấn đề khác nhau (Amri, Budiyanto, Fenyvesi, Yuana, & Widiastuti, 2022). Thành tố này liên quan đến việc nhận diện và hiểu các khía cạnh trừu tượng hoặc các khái niệm cơ bản của một vấn đề, đồng thời đơn giản hóa và quản lý sự phức tạp để xây dựng các mô hình hoặc lý thuyết chung. Quá trình khái quát hóa không chỉ giúp học sinh phát triển khả năng tư duy cấp cao mà còn tạo ra khả năng nắm bắt những điểm tương đồng và khác biệt trong những tình huống khác nhau, từ đó nâng cao khả năng áp dụng kiến thức vào bối cảnh mới.

Khái quát hóa đóng vai trò quan trọng trong việc giải quyết vấn đề, giúp học sinh phát triển khả năng áp dụng tư duy tính toán trong nhiều tình huống

khác nhau. Ví dụ, khi học sinh đã lập trình thành công một thuật toán giúp robot tránh vật cản trong một môi trường cụ thể, các em có thể khái quát hóa nguyên lý này để áp dụng vào một môi trường mới với các điều kiện khác nhau như thay đổi về địa hình, tốc độ hoặc kích thước vật cản. Điều này không chỉ khuyến khích tính linh hoạt trong giải quyết vấn đề mà còn thúc đẩy học sinh phát triển tư duy sáng tạo và khả năng áp dụng lý thuyết vào thực tiễn (Pasterk & Benke, 2024).

Các nghiên cứu cho thấy rằng, khi học sinh được yêu cầu mô tả hành vi của robot trong việc giải quyết các tình huống mới hoặc áp dụng các thuật toán đã học để giải quyết vấn đề khác sẽ tạo điều kiện thuận lợi để các em biểu hiện khái quát hóa. Phương pháp này không chỉ giúp học sinh phát triển tư duy thuật toán mà còn mở rộng khả năng khái quát hóa và áp dụng các nguyên tắc vào những tình huống đa dạng hơn (Amri, Budiyo, Fenyvesi, Yuana & Widiastuti, 2022).

Thành tố 6 - Gỡ lỗi: Gỡ lỗi (Debugging) bao gồm việc phát hiện, xác định và sửa lỗi khi một chương trình hoặc giải pháp không hoạt động đúng như mong đợi (Pasterk & Benke, 2024; Marín -Marín, García - Tudela, & Duo-Terrón, 2024; García - Valcárcel & Caballero - Gonzalez, 2019). Quá trình thử nghiệm và gỡ lỗi thông qua phương pháp thử và sai giúp học sinh phát triển các chiến lược xử lý linh hoạt và dự đoán các vấn đề tiềm ẩn (Pou, Canaleta, & Fonseca, 2022).

Giáo dục STEM Robotics tạo ra một môi trường học tập lý tưởng giúp học sinh rèn luyện kỹ năng gỡ lỗi theo cách trực quan, sinh động và mang tính thực hành cao (Giannakoulas & Xinogalos, 2023). Trong hoạt động thiết kế robot, học sinh liên tục đánh giá và điều chỉnh mô hình theo nguyên tắc lặp (iterative design). Chẳng hạn, khi lập trình cánh tay robot gấp vật, nếu lực kẹp không đủ hoặc góc quay không chính xác thì học sinh phải thử nghiệm nhiều lần, điều chỉnh mã nguồn hoặc thay đổi cơ chế hoạt động của robot để đạt hiệu quả cao nhất.

Giáo viên tổ chức các hoạt động kiểm tra chéo (Peer review) giữa các nhóm học sinh nhằm đánh giá, phản hồi và tối ưu hóa các khối lệnh lập trình. Điều này không chỉ giúp học sinh sửa lỗi mà còn khuyến khích sự hợp tác và học hỏi lẫn nhau (Jin & Harron, 2023). Ngoài ra, giáo viên sử dụng kỹ thuật "Lập trình với lỗi có chủ đích", trong đó cung cấp các cấu trúc lệnh chứa lỗi và yêu cầu học sinh phát hiện, chỉnh sửa (García-Valcárcel & Caballero-Gonzalez, 2019). Bên cạnh đó, giáo viên tổ chức hoạt

động thử nghiệm trong điều kiện thực tế, yêu cầu học sinh kiểm tra robot trong nhiều môi trường khác nhau để phát hiện các lỗi vận hành và tối ưu hóa giải pháp (Ching & Hsu, 2023).

3.3. Khung năng lực tư duy tính toán của học sinh Việt Nam trong giáo dục STEM Robotics

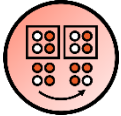
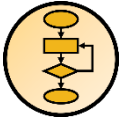
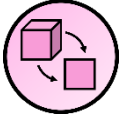
Nhóm tác giả đã xây dựng một khung năng lực tư duy tính toán dành cho học sinh trung học cơ sở Việt Nam trong bối cảnh dạy học STEM Robotics. Khung năng lực được phát triển dựa trên việc tổng hợp và phân tích có hệ thống các mô hình năng lực tư duy tính toán từ nhiều quốc gia (xem Bảng 1), sau đó được điều chỉnh phù hợp với đặc điểm thực tiễn của giáo dục Việt Nam, bao gồm điều kiện cơ sở vật chất, trình độ công nghệ cũng như đặc điểm nhận thức của học sinh.

Dữ liệu thực nghiệm được thu thập thông qua quan sát 230 học sinh trung học cơ sở tại Thành phố Hồ Chí Minh trong khoảng thời gian từ tháng 10 đến tháng 12 năm 2024. Các hoạt động học tập được thiết kế trong khuôn khổ giáo dục STEM Robotics với trọng tâm là giải quyết vấn đề, thiết kế mô hình robot, lập trình và vận hành các hệ thống sử dụng cảm biến, động cơ và bộ điều khiển.

Kết quả phân tích dữ liệu quan sát cho thấy, có 06 thành tố tư duy tính toán nổi bật trong quá trình học tập của học sinh, bao gồm: 1) Nhận dạng mẫu (PR) - phát hiện quy luật và tương đồng trong dữ liệu; 2) Phân tách vấn đề (DC) - chia nhỏ bài toán thành các phần dễ xử lý; 3) Thiết lập thuật toán (AD) - lập trình và tổ chức giải pháp logic; 4) Trừu tượng hóa (AT) - tập trung vào yếu tố cốt lõi của vấn đề; 5) Khái quát hóa (GN) - áp dụng nguyên lý vào nhiều bối cảnh; 6) Gỡ lỗi (DE) - phân tích, sửa lỗi và tối ưu hóa giải pháp. Trong đó, các hành vi liên quan đến PR, DC, AD và DE xuất hiện với tần suất cao và ổn định, phản ánh mức độ thành thạo ở những kỹ năng cơ bản. Ngược lại, các hành vi thuộc nhóm AT và GN xuất hiện với tần suất thấp hơn, cho thấy đây là các năng lực có tính trừu tượng cao, thường phát triển theo thời gian và yêu cầu mức độ hỗ trợ sư phạm nhiều hơn.

Để đảm bảo tính khả thi khi ứng dụng trong giảng dạy và đánh giá, những hành vi có tần suất xuất hiện dưới 5% trong tổng số lượt quan sát đã được loại bỏ khỏi khung năng lực. Khung năng lực cuối cùng bao gồm 06 thành tố chính, được cụ thể hóa bằng 25 chỉ số hành vi quan sát, phản ánh mức độ biểu hiện tư duy tính toán của học sinh trong các hoạt động học tập STEM Robotics (xem Bảng 2).

Bảng 2: Khung năng lực tư duy tính toán của học sinh trong giáo dục STEM Robotics

Thành tố	Nội hàm	Một số biểu hiện trong giáo dục STEM Robotics
 [PR] Nhận dạng mẫu	Tìm kiếm và phát hiện các điểm tương đồng hoặc quy luật chung giữa các vấn đề, dữ liệu hay quy trình.	[PR1]: So sánh và phát hiện các điểm tương đồng trong cấu tạo, chức năng hoặc ứng dụng của các linh kiện điện tử khác nhau, giúp tối ưu hóa việc lựa chọn và sử dụng chúng. [PR2]: Xác định các mẫu chung trong cấu trúc hoặc logic của các câu lệnh lập trình, từ đó áp dụng lại hiệu quả trong các ngữ cảnh khác nhau. [PR3]: Trình bày chức năng tương đồng của các linh kiện điện tử, qua đó giải quyết các vấn đề khác nhau một cách linh hoạt. [PR4]: Phân tích và chuyển đổi bài toán thực tiễn thành bài toán có thể giải quyết bằng máy tính hoặc các công cụ hỗ trợ khác.
 [DC] Phân tách vấn đề	Chia nhỏ vấn đề thành các phần đơn giản hơn để dễ quản lý và xử lý.	[DC1]: Xác định được vấn đề thực tiễn, bài toán lập trình hoặc mô hình cần chia nhỏ, giúp làm rõ phạm vi và mục tiêu xử lý. [DC2]: Xác định được cấu trúc của vấn đề thực tiễn, bài toán lập trình hoặc khối lệnh cần chia nhỏ, tạo tiền đề cho việc xử lý từng phần hiệu quả. [DC3]: Thực hiện chia nhỏ đối tượng theo cấu trúc và hệ thống một cách logic, đảm bảo khả năng quản lý và xử lý từng thành phần cụ thể.
 [AD] Thiết lập thuật toán	Xây dựng các bước logic hoặc quy trình giải quyết bài toán, đảm bảo các thao tác được thực hiện chính xác và đạt hiệu quả cao.	[AD1]: Xác định hành vi cần thiết của robot, mô hình hoặc hệ thống để thực hiện nhiệm vụ. [AD2]: Liệt kê đầu vào, đầu ra của quy trình và các công việc cần thực hiện của robot. [AD3]: Phân loại các bước theo kí hiệu được quy định, giúp dễ dàng minh họa và chuẩn hóa quy trình. [AD4]: Lựa chọn và sử dụng các khối lệnh cơ bản, cùng các cấu trúc lệnh phù hợp với nhiệm vụ như: vòng lặp (lặp lại mãi, lặp lại_khi_), điều kiện (nếu_thì_, nếu không_thì_),... [AD5]: Sắp xếp các khối lệnh theo thứ tự logic, đảm bảo robot hoạt động hiệu quả và chính xác. [AD6]: Vẽ lưu đồ khối lệnh cần lập trình để minh họa các bước thực hiện một cách rõ ràng, dễ hiểu.
 [AT] Trừu tượng hóa	Tập trung vào các thông tin cốt lõi và loại bỏ những chi tiết không liên quan, từ đó xác định các đặc điểm bản chất của một nhóm đối tượng.	[AT1]: Xác định thông tin quan trọng và cần thiết của linh kiện hoặc câu lệnh, loại bỏ những chi tiết không liên quan. [AT2]: Nêu được đặc điểm chung của nhóm thiết bị và nhóm câu lệnh, giúp tổng quát hóa vấn đề. [AT3]: Mô tả các đặc điểm và tính chất chung của những nội dung đã học thông qua sơ đồ tư duy hệ thống hóa thông tin đối tượng. [AT4]: Đưa ra các yêu cầu cốt lõi cho mô hình hoặc robot cần chế tạo dựa trên vấn đề thực tiễn, tập trung vào các yếu tố bản chất.
 [GN] Khái quát hóa	Áp dụng các nguyên lý hoặc chiến lược đã học vào những bối cảnh khác nhau, qua đó đưa ra giải pháp tổng quát cho các tình huống tương tự.	[GN1]: Từ một số bài toán lập trình cụ thể, rút ra quy tắc chung có thể áp dụng cho các bài toán tương tự. [GN2]: Nêu được các ứng dụng thực tiễn của chủ đề STEM Robotics, từ đó kết nối kiến thức với bối cảnh đời sống. [GN3]: Áp dụng các quy tắc, linh kiện hoặc câu lệnh đã học để giải quyết các vấn đề mới một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Thành tố	Nội hàm	Một số biểu hiện trong giáo dục STEM Robotics
 [DE] Gỡ lỗi	Phát hiện, phân tích và sửa chữa lỗi trong quá trình thực hiện, đảm bảo hệ thống hoặc giải pháp đạt được mục tiêu đã đề ra.	[DE1]: Xác định lỗi khi hệ thống hoặc mô hình không vận hành đúng như dự kiến.
		[DE2]: Phân tích và xác định nguyên nhân vấn đề, từ đó đề xuất các giải pháp cải tiến phù hợp.
		[DE3]: Đánh giá giải pháp để đảm bảo mô hình đạt được mục tiêu mong đợi.
		[DE4]: Thực hiện hiệu chỉnh các lỗi của hệ thống hoặc mô hình.
		[DE5]: Kiểm tra và đánh giá khả năng vận hành của mô hình sau khi tiến hành gỡ lỗi và cải tiến.

Bảng 3: Mối liên hệ giữa hoạt động dạy học STEM Robotics tại Việt Nam và các thành tố tư duy tính toán của học sinh

Hoạt động dạy học STEM Robotics	Các thành tố năng lực tư duy tính toán được phát triển	Mô tả mối liên hệ
1. Xác định vấn đề thực tiễn và nhiệm vụ của hệ thống robot	PR, DC, AT	Học sinh quan sát hiện tượng/ thực tiễn để phát hiện mẫu (PR) từ các tình huống tương tự; từ đó phân tách vấn đề (DC) thành các nhiệm vụ cụ thể; đồng thời trừu tượng hóa (AT) các yêu cầu cốt lõi cần robot giải quyết.
2. Nghiên cứu cấu trúc, nguyên lý hoạt động của robot và kiến thức liên quan	PR, AT	Quá trình phân tích cấu trúc robot và kiến thức khoa học giúp học sinh phát hiện các quy luật, nguyên lý vận hành chung (PR), từ đó xác định các yếu tố bản chất (AT) phục vụ thiết kế giải pháp.
3. Đề xuất và lựa chọn giải pháp thiết kế, lập trình hệ thống, robot	DC, AD, AT	Giai đoạn này đòi hỏi học sinh phải phân tách nhiệm vụ (DC) để thiết kế logic giải pháp phù hợp. Đồng thời, các em cần xây dựng thuật toán (AD) qua việc lựa chọn, tổ chức và mô hình hóa các khối lệnh và vận dụng tư duy trừu tượng (AT) để xác định các yếu tố trọng tâm.
4. Chế tạo và thử nghiệm mô hình	AD, DE	Khi chế tạo robot và viết chương trình, học sinh tiếp tục hoàn thiện thuật toán (AD) và thực hiện kiểm tra, phát hiện lỗi. Gỡ lỗi (DE) được vận dụng mạnh mẽ khi mô hình không hoạt động như dự kiến, giúp học sinh phát triển khả năng cải tiến.
5. Chia sẻ, thảo luận và điều chỉnh	GN, DE	Học sinh cần khái quát hóa (GN) kinh nghiệm và kiến thức rút ra để trình bày và áp dụng vào bối cảnh khác; đồng thời, gỡ lỗi (DE) tiếp tục được kích hoạt qua quá trình nhận phản hồi, đánh giá và điều chỉnh mô hình nhằm nâng cao hiệu quả vận hành.

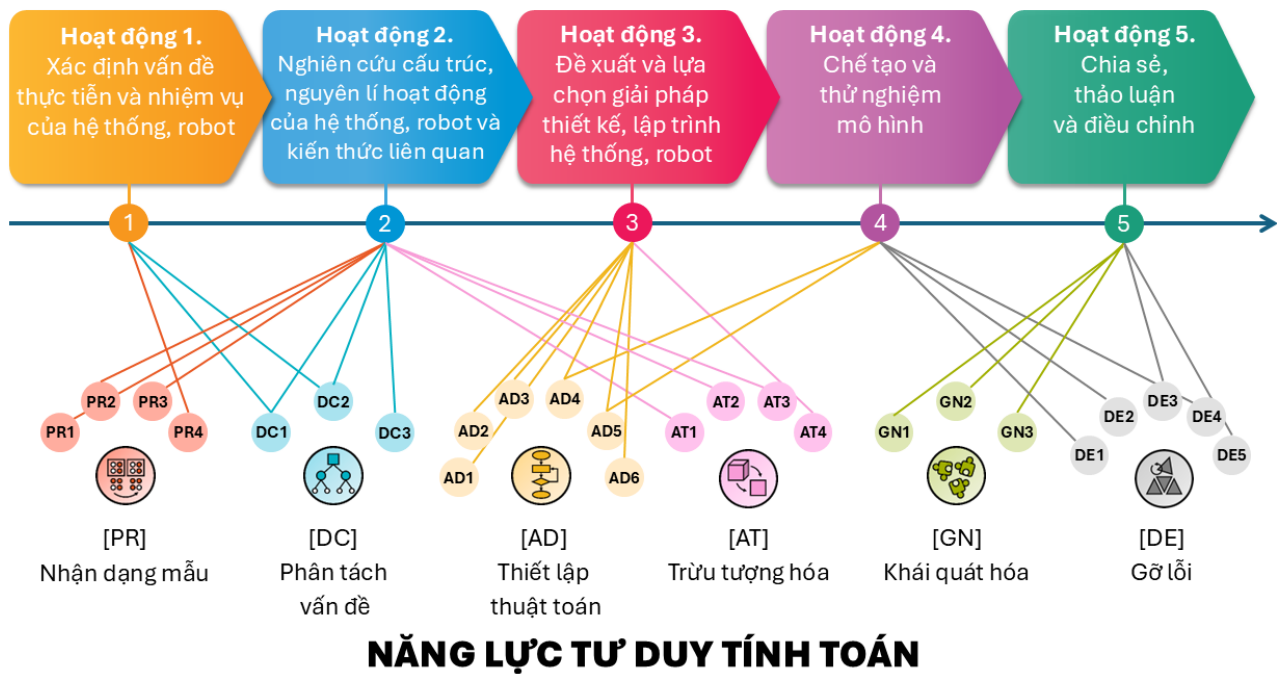
3.4. Mối liên hệ giữa các thành tố tư duy tính toán và tiến trình dạy học STEM Robotics tại Việt Nam

Mỗi giai đoạn trong tiến trình dạy học theo định hướng STEM Robotics đều có thể kích hoạt và phát triển các thành tố khác nhau của tư duy tính toán. Bảng 3 minh họa mối liên hệ này một cách cụ thể.

Việc phân bổ thành tố và mối liên hệ qua Bảng 3 và biểu hiện cụ thể của các hành vi tư duy tính toán được trình bày trực quan qua Hình 4, giúp minh định rõ quá trình phát triển và vận dụng năng lực này trong môi trường giáo dục thực tiễn.

Từ mối liên hệ chặt chẽ giữa các thành tố năng lực tư duy tính toán và tiến trình hoạt động dạy học STEM Robotics như đã phân tích trong Bảng 3, có thể nhận thấy rằng, mỗi bước trong quá trình học tập đều góp phần nuôi dưỡng và phát triển những biểu hiện cụ thể của năng lực này. Đây chính là cơ sở quan trọng để thiết kế và phát triển các công cụ đánh giá năng lực tư duy tính toán của học sinh một cách hệ thống, sát với thực tiễn và đặc trưng của giáo dục STEM tại Việt Nam.

TIẾN TRÌNH BÀI HỌC STEM ROBOTICS



Hình 4: Biểu hiện tư duy tính toán trong tiến trình dạy học STEM Robotics tại Việt Nam

4. Kết luận

Dựa trên tổng hợp các nghiên cứu quốc tế và thực tiễn tại Việt Nam, nghiên cứu này đề xuất một khung năng lực tư duy tính toán của học sinh trong giáo dục STEM Robotics gồm 25 tiêu chí, phân bố trong 06 thành tố chính: 1) Nhận dạng mẫu; 2) Phân tích vấn đề; 3) Thiết lập thuật toán; 4) Trừu tượng hóa; 5) Khái quát hóa; 6) Gỡ lỗi. Khung năng lực này nhấn mạnh sự tích hợp giữa lập trình, công nghệ và tư duy giải quyết vấn đề, hỗ trợ giáo viên trong thiết kế giảng dạy và giúp học sinh nâng cao năng lực tư duy tính toán một cách hệ thống.

Hướng nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào:

1) Chuẩn hóa công cụ đánh giá năng lực tư duy tính toán bằng phương pháp định lượng như SEM; 2) Triển khai nghiên cứu thực nghiệm trên nhiều nhóm học sinh để kiểm chứng hiệu quả; 3) Mở rộng phân tích tác động của yếu tố vùng miền, chương trình đào tạo và sự khác biệt cá nhân. Những nghiên cứu này sẽ góp phần hoàn thiện khung năng lực và nâng cao tính ứng dụng trong giáo dục STEM Robotics tại Việt Nam.

Lời cảm ơn: Tạ Thành Trung được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF).

Tài liệu tham khảo

Amri, S., Budiyanto, C. W., Fenyvesi, K., Yuana, R. A., & Widiastuti, I. (2022). Educational Robotics: Evaluating the Role of Computational Thinking in Attaining 21st Century Skills. *Open Education Studies*, 4, 322-338. doi:10.1515/edu-2022-0174.

Anwar, V. N., Darhim, Suhendra, & Nurlaelah, E. (2024). Exploring the Characteristics of Digital Pedagogy Model for Developing Computational Thinking in Mathematical Problem Solving. *Journal Teori dan Aplikasi Matematika*, 8(1), 137-149. doi:10.31764/jtam.v8i1.17419.

Angeli, C., & Georgiou, K. (2023). Investigating the Effects of Gender and Scaffolding in Developing

Preschool Children's Computational Thinking During Problem-Solving with Bee-Bots. *Frontier in Education*. doi:10.3389/educ.2022.757627.

Aytekin, A., & Topcu, M. S. (2024). Improving 6th Grade Students' Creative Problem-Solving Skills Through Plugged and Unplugged Computational Thinking Approaches. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 867-891. doi:10.1007/s10956-024-10130-y.

Ching, Y.-H., & Hsu, Y.-C. (2023). Educational Robotics for Developing Computational Thinking in Young Learners: A Systematic Review. *Tech Trends*, 68, 423-434. doi:10.1007/s11528-023-00841-1.

- Forsström, S., & Bond, M. (2024). Computational Thinking Assessment in Primary and Secondary Education: A Meta-Synthesis of Tools, Methods and Pedagogical Approaches. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(4). doi:10.21585/ijcses.v6i4.208.
- García-Valcárcel, A., & Caballero-Gonzalez, Y. (2019). Robotics to develop computational thinking in early Childhood Education. *Media Education Research Journal*, 63-72. doi:10.3916/C59-2019-06.
- Grover, S., & Pea, R. D. (2013). Computational Thinking in K-12 A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, XX, 1-6. doi:DOI: 10.3102/0013189X12463051.
- Grover, S., & Pea, R. D. (2017). Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School*, pp.20-34. Bloomsbury Publishing. doi:10.5040/9781350057142.ch-003.
- Giannakoulas, A., & Xinogalos, S. (2023). Studying the Effects of Educational Games on Cultivating Computational Thinking Skills to Primary School Students: a Systematic Literature Review. *Journal of Computers in Education*, 11, 1283-1325. doi:10.1007/s40692-023-00300-z.
- Jin, Y., & Harron, J. R. (2023). An Investigation of In-service Teachers' Perceptions and Development of Computational Thinking Skills in a Graduate Emerging Technologies Course. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(2), 1-20. doi:10.21585/ijcses.v6i2.165.
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569. doi:10.1016/j.chb.2017.01.005.
- Khine, M. S. (2017). *Robotics in STEM Education Redesigning the Learning Experience*. Springer Cham. doi:10.1007/978-3-319-57786-9.
- Lai, T. M., & Vu, T. H. (2022). Using the "Entity - Combination" Model to Form "Computational Thinking" in Teaching Reading and Writing Descriptive English Text for Students of English Pedagogy. *Vietnam Journal of Education*, 10(22), 7-12.
- Liu, D., Huang, R., Chen, Y., Adarkwah, M. A., Zhang, X., Li, X., . . . Da, T. (2024). Robotics in STEM Education. In *Using Educational Robots to Enhance Learning. Smart Computing and Intelligence* (pp. 87-104). Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-97-5826-5_5.
- Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P.-A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational Thinking and Programming with Arduino in Education: A Systematic Review for Secondary Education. *Heliyon*, 8(10), Article e29177. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e29177.
- Mills, K. A., Cope, J., Scholes, L., & Rowe, L. (2024). Coding and Computational Thinking Across the Curriculum: A Review of Educational Outcomes. *Review of Educational Research*, 1-38. doi:10.3102/00346543241241327.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA Statement. *Open Medicine*, 3(2), 123-130. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.
- Nga, N. T., Phuong, M. H., Ngân, L. H., Trung, T. T., Vĩ, N. T., Son, V. H., & Cảnh, L. M. (2022). *Giáo dục STEM Robotics ở trường trung học*. Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh.
- Ngan, L. H., & Bien, N. V. (2020). Designing a problem-solving competence framework in educational robotics [Xây dựng khung năng lực giải quyết vấn đề trong giáo dục khoa học robot của học sinh trung học cơ sở]. *Educational Sciences*, 65(7), p.185-196. doi:10.18173/2354-1075.2020-0089.
- Nguyen, N. H., Ho, C. H., & Nguyen, C. T. (2024). Factors That Can Affect Differences in Students's Computational Thinking. *TNU Journal of Science and Technology*, p.146-153. doi:10.34238/tnu-jst.10388.
- O'Kane, L. (2023, September 27). *Compute primary computing*. Retrieved December 31, 2024, from <https://www.icompute-uk.com/news/computational-thinking-2/>.
- Pasterk, S., & Benke, G. (2024). Computational Thinking for Self-Regulated Learning. *Proceedings of the 2024 Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1 (ITiCSE 2024)*, 641-645. doi:10.1145/3649217.3653565.
- Pou, A. V., Canaletta, X., & Fonseca, D. (2022). Computational Thinking and Educational Robotics Integrated into Project-Based Learning. *Sensors*, 22, Article 3746. doi:10.3390/s22103746.
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60, 565-568. doi:10.1007/s11528-016-0087-7.
- Yang, S.-Y., Lin, Y.-C., & Lin, Y.-T. (2024). *Improving Elementary Students' Computational Thinking Skills through an Educational Robot Intervention: A Quasi-Experimental Study* (Vol. 23). doi:10.26803/ijlter.23.9.18.