

DOI: <https://doi.org/10.59294/HIUJS.KHTT.2026.049>

XÂY DỰNG ỨNG DỤNG TRÒ CHƠI HOÁ HỖ TRỢ HỌC TẬP HỌC PHẦN CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ GIẢI THUẬT

Hoàng Ngọc Long*, Lê Hiếu Nghiêm, Nguyễn Tấn Đức,
Huỳnh Thanh Liêm, Phan Hồng Ngọc
Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục, việc tìm kiếm các phương pháp giảng dạy tích cực nhằm nâng cao mức độ tương tác và động lực học tập của người học trở nên ngày càng quan trọng. Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật (CTDL>) được xem là một trong những học phần khó đối với sinh viên ngành Công nghệ thông tin do đặc trưng trừu tượng cao và yêu cầu tư duy logic phức tạp. Bài báo đề xuất mô hình cơ sở tri thức (KB), thiết kế ba chế độ chơi (đơn, thử thách sinh tồn, nhiều người) và kết hợp các yếu tố trò chơi hóa như hệ thống điểm thưởng (Points), bảng xếp hạng (Leaderboards), huy hiệu (Badges) và các mô phỏng thuật toán trực quan. Hệ thống được thiết kế theo quy trình ADDIE và triển khai thử nghiệm trên 40 sinh viên CNTT. Kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy ứng dụng cải thiện đáng kể khả năng hình dung thuật toán, nâng cao tỷ lệ bao phủ kiến thức (từ 50.8% lên 75.4%), tăng điểm trung bình (63.5 ± 42 lên 74.6 ± 33) và động lực học tập thông qua tương tác, hợp tác và phản hồi tức thời.

Từ khóa: trò chơi hoá, cấu trúc dữ liệu & giải thuật, biểu diễn tri thức, học tập tương tác, động lực học tập

DESIGNING A GAMIFIED APPLICATION TO SUPPORT DATA STRUCTURES AND ALGORITHMS LEARNING

Hoang Ngoc Long, Le Hieu Nghiem, Nguyen Tan Duc,
Huynh Thanh Liem, Phan Hong Ngoc

ABSTRACT

In the context of digital transformation in education, Data Structures and Algorithms (DSA) remains one of the most challenging courses for Information Technology students due to its high level of abstraction and complex logical thinking requirements. This paper proposes a formal knowledge-base (KB) model, along with design solutions and the development of a gamified application supporting DSA learning. The system integrates gamification elements such as Points, Leaderboards, Badges, and interactive algorithm visualizations, organized into three distinct gameplay modes: single-player storyline, survival challenge, and multiplayer collaboration/competition. Developed following the ADDIE instructional design process, the application was experimentally deployed with 40 IT students. Initial experimental results demonstrate that the system significantly improves students' ability to visualize algorithms, increases knowledge coverage (from 50.8% to 75.4%), raises average scores (from 63.5 ± 42 to 74.6 ± 33), and enhances self-learning motivation through real-time interaction, collaboration, and immediate feedback mechanisms.

Keywords: gamification, data structures and algorithms, knowledge representation, interactive learning, learning motivation

* Tác giả liên hệ: Hoàng Ngọc Long, Email: longhn@hiu.vn

(Ngày nhận bài: 23/3/2026; Ngày nhận bản sửa: 08/4/2026; Ngày duyệt đăng: 25/4/2026)

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật (CTDL>) là học phần nền tảng quan trọng trong ngành Công nghệ thông tin, đòi hỏi tư duy logic, khả năng phân tích và giải quyết vấn đề hiệu quả. Tuy nhiên, do tính trừu tượng và độ phức tạp cao, môn học này thường gây nhiều khó khăn cho sinh viên trong quá trình tiếp thu kiến thức [1]. Các nghiên cứu cho thấy nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ việc thiếu công cụ minh họa trực quan cho thuật toán, phương pháp giảng dạy còn hạn chế về khả năng tương tác và phản hồi tức thời, cũng như sự khác biệt về nền tảng kiến thức giữa người học [2]. Trong những năm gần đây, trò chơi hoá [3] đã trở thành một mô hình được áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong giáo dục, nhằm tăng cường động lực và mức độ tham gia của người học thông qua các cơ chế phản hồi tức thời và tương tác. Trong bối cảnh chuyển đổi số hiện nay, việc nghiên cứu và phát triển các hệ thống hỗ trợ học tập CTDL> tích hợp yếu tố trò chơi hoá được xem là một hướng tiếp cận tiềm năng nhằm nâng cao động lực học tập và hiệu quả học tập của sinh viên.

2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

Hiện nay, mô hình trò chơi hóa trong giáo dục ngày càng được quan tâm và nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của phương pháp này trong việc gia tăng động lực học tập và mức độ tham gia của người học. Một nghiên cứu trong lĩnh vực Cơ điện tử [4] cho thấy nhóm sinh viên được áp dụng yếu tố bảng xếp hạng đạt điểm trung bình cao hơn ($M = 68.2$) so với nhóm đối chứng ($M = 60.51$), đồng thời nhóm thực nghiệm (25.01 lần) có số lần tương tác nhiều hơn so với nhóm đối chứng (18.36 lần). Tương tự, nghiên cứu [5] tại Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh về dạy học Địa lý lớp 12 và việc áp dụng trò chơi hóa trong các khóa học trực tuyến mở (MOOCs) tại Philippines [6] cũng ghi nhận sự cải thiện về mức độ hứng thú và kết quả học tập của người học. Những kết quả này cho thấy trò chơi hóa là một phương pháp khả thi trong việc thúc đẩy quá trình dạy và học trong nhiều bối cảnh giáo dục khác nhau [7]. Bên cạnh đó, nghiên cứu tại Tây Ban Nha [8] chỉ ra rằng các mô hình trò chơi hóa sâu, với nhiệm vụ thử thách và cơ chế phản hồi liên tục, có thể nâng cao khả năng tư duy và giải quyết vấn đề của người học. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu hiện nay chủ yếu tập trung vào các lĩnh vực như ngoại ngữ, khoa học xã hội hoặc các khóa học trực tuyến phổ thông. Ở các nghiên cứu [9, 10], tác giả đã thiết kế các giải pháp và phát triển trợ lý ảo hỗ trợ học tập học phần CTDL>. Mặc dù đã cải thiện khả năng tiếp cận kiến thức, các hệ thống này vẫn mang tính thụ động và thiếu yếu tố tương tác, cạnh tranh. Các nghiên cứu [11 - 13] tập trung xây dựng hệ thống đánh giá kiến thức cho CTDL>. Tuy nhiên, các hệ thống này vẫn mang tính đánh giá thuần túy và chưa tích hợp yếu tố trò chơi hóa để tăng động lực học tập. Việc áp dụng trò chơi hóa cho các học phần mang tính kỹ thuật cao như CTDL> vẫn còn hạn chế, đặc biệt trong việc thiết kế các hoạt động học tập có cấu trúc gắn với tiến trình học tập và cơ chế phản hồi liên tục. Xuất phát từ cơ sở đó, nghiên cứu hướng đến thiết kế và triển khai một hệ thống hỗ trợ học tập học phần CTDL> tích hợp các yếu tố trò chơi hóa nhằm tăng cường động lực học tập và cải thiện mức độ tương tác của sinh viên. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào các mục tiêu sau:

- Đề xuất mô hình tổ chức cơ chế trò chơi hóa và kịch bản học tập nhằm tăng cường động lực học tập và thúc đẩy sinh viên vận dụng kiến thức CTDL> trong giải quyết vấn đề.
- Xây dựng và triển khai một ứng dụng học tập CTDL> có tích hợp yếu tố trò chơi hóa nhằm hỗ trợ sinh viên tiếp cận khái niệm thuật toán một cách trực quan và hiệu quả hơn.
- Đánh giá hiệu quả của hệ thống thông qua dữ liệu học tập thu thập trong quá trình sử dụng, bao gồm mức độ tương tác, thành tích và tiến trình hoàn thành các hoạt động.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu tập trung vào thiết kế mô hình cơ sở tri thức, các chế độ chơi, thuật toán phân bổ hoạt động và cơ chế trò chơi hóa.

3.1. Mô hình cơ sở tri thức CTDL> hỗ trợ trò chơi hoá

Cơ sở tri thức (KB) được thiết kế nhằm hỗ trợ đa dạng hóa các hoạt động học tập (A) như các dạng câu hỏi, minh họa thuật toán, bài tập lập trình. Cơ sở tri thức KB được biểu diễn bởi bộ cấu trúc (tuple) sau:

$$KB = \langle C, K, B, P, A, O \rangle$$

Trong đó,

$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$: tập các chương CTDL> (C_1 : Tổng quan CTDL>, C_2 : Danh sách liên kết, C_3 : Tìm kiếm & Sắp xếp, C_4 : Hàng đợi & Ngăn xếp, C_5 : Cây).

K : Tập tất cả khái niệm kiến thức CTDL>, với $K = \bigcup_{c \in C} K_c$.

$B = \{R, U, AP, AN\}$: Tập mức độ nhận thức Bloom, với R - Nhận biết, U - Hiểu, AP - Vận dụng, AN - Phân tích.

$P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6\}$: Tập các giai đoạn độ khó (P_1 – P_2 : Dễ, P_3 – P_4 : TB, P_5 – P_6 : Khó).

$A = Q \cup V \cup D$: Tập các hoạt động học tập bao gồm:

- + Q: câu hỏi với các dạng (MCQ: Trắc nghiệm trực quan, FS: Điền khuyết chuỗi, FN: Điền khuyết số, FNS: Điền khuyết chuỗi số, MP: Ghép cặp).
- + V: Minh họa trực quan thuật toán (Visualization).
- + D: Bài tập lập trình (Debug).

Mỗi hoạt động $a \in A$ được gắn với một giá trị lợi ích định lượng (utility) nhằm phản ánh lượng kiến thức và độ phức tạp của hoạt động theo công thức:

$$U_a = w_b(a) \times w_p(a)$$

Trong đó, w_b là trọng số mức độ nhận thức Bloom của hoạt động ($R=1, U=2, AP=3, AN=4$); w_p là trọng số độ khó của giai đoạn P chứa hoạt động a đó. (P_1 – P_6 : 1–6). Ví dụ hoạt động học tập là câu hỏi như: *Cho mảng đã được sắp xếp tăng dần, $A=[2, 5, 8, 12, 16, 23, 38, 56]$. Thực hiện thuật toán tìm kiếm nhị phân để tìm phần tử 16. Sau lần so sánh đầu tiên, phần tử nào sẽ được chọn làm phần tử giữa?* Câu hỏi này thuộc C_3 (Tìm kiếm và Sắp xếp), mức độ Bloom là U nên $w_b = 2$, độ khó P_2 nên $w_p = 2$. Do đó, giá trị lợi ích định lượng tương ứng của hoạt động là $U_a = 2 \times 2 = 4$.

- O: Tập chuẩn đầu ra môn học với từng chương $\{O_1, O_2, O_3, O_4, O_5\}$

+ (O_1, C_1): Hiểu các khái niệm, độ phức tạp và cách biểu diễn thuật toán.

+ (O_2, C_2): Phân tích các bài toán tìm kiếm, các ràng buộc và giải pháp.

+ (O_3, C_2): Phân tích các bài toán sắp xếp, các ràng buộc và giải pháp.

+ (O_4, C_3 – C_5): Nắm vững các cấu trúc dữ liệu cơ bản cho lập trình.

+ (O_5, C_3 – C_5): Triển khai các CTDL và thuật toán với các bài toán đơn giản.

3.2. Thiết kế tổ chức phân bổ hoạt động học tập cho chế độ chơi đơn

Chế độ chơi đơn được thiết kế như một lộ trình tuyến tính phân lớp, trong đó mỗi chương (C) đóng vai trò là một cột mốc trong quá trình hình thành tư duy thuật toán của người học. Cơ chế này giúp chia nhỏ kiến thức thành các đơn vị nhỏ, đồng thời đo lường sự tiến bộ hướng tới chuẩn đầu ra (O) thông qua các ràng buộc của KB.

3.2.1. Quan hệ tiền đề và lộ trình mở khóa

Đề đảm bảo tính khoa học và sự phạm, hệ thống thiết lập quan hệ tiền đề ($pr \subseteq K \times K$) nhằm tổ chức lộ trình học tập tuyến tính từ các khái niệm nền tảng đến nội dung nâng cao. Hệ thống thực hiện quá trình sau để xây dựng lộ trình:

$$\langle K, pr, unlock \rangle \rightarrow \langle unlocked_list, is_goal_achieved, deficiency_list \rangle$$

Trong đó:

unlock: $K \rightarrow \{True, False\}$: Hàm mở khóa khái niệm, $unlock(k) = True \Leftrightarrow \forall k' \in pr(k), correctness(k') \geq 0.5$. Hàm $correctness(k') \in [0,1]$ là độ chính xác đánh giá mức độ hoàn thành của người học trong một màn chơi xác định dựa trên tổng giá trị lợi ích của các hoạt động làm đúng trên tổng giá trị lợi ích của tất cả các hoạt động thành phần, được tính theo công thức:
$$= \frac{\sum_{a \in A_{correct}} U_a}{\sum_{a \in A_{total}} U_a}$$

unlocked_list: Danh sách các khái niệm đã được mở khóa có thể học ngay;

is_goal_achieved: Cờ cho biết người học đã đạt chuẩn đầu ra;

deficiency_list: Danh sách các khái niệm còn yếu cần củng cố.

Để đảm bảo tính hợp lệ của lộ trình học tập, quan hệ tiền đề phải không có chu trình, tức $min |cycles(pr)| = 0$. Sau khi kiểm tra điều kiện này, hệ thống duyệt toàn bộ tập tri thức K để xác định các điều kiện mở khóa. Với mỗi tri thức k , hệ thống duyệt tập các tri thức tiền đề $pr(k)$. Một tri thức k mới chỉ được mở khóa khi tất cả các tri thức tiền đề của nó đã đạt ngưỡng tối thiểu $correctness(k') \geq 0.5$ với $\forall k' \in pr(k)$. Ngược lại, nếu tồn tại tri thức tiền đề chưa đạt ngưỡng ($correctness(k') < 0.5$) hệ thống sẽ đưa vào *deficiency_list* để cảnh báo những lỗ hổng tri thức cần củng cố. Qua cơ chế này, hệ thống đảm bảo việc mở khóa tri thức theo đúng trình tự sự phạm và hỗ trợ người học nhận biết các nội dung cần ôn lại để đạt được mục tiêu học tập.

3.2.2. Phân bổ hoạt động học tập theo thang bloom và độ khó

Dựa trên các quan hệ tiền đề đã thiết lập, các hoạt động học tập được phân bổ theo thang nhận thức Bloom nhằm đảm bảo sự tiến triển hợp lý về mức độ nhận thức và độ khó. Bảng 1 mô tả cấu trúc và phân loại các dạng hoạt động học tập (A) được triển khai trong mỗi chương, bao gồm ba nhóm chính: Câu hỏi lý thuyết (Q), minh họa trực quan hóa (V) và bài tập lập trình (D). Ngoài ra, lộ trình còn phân cấp theo tỷ lệ tuyến tính với độ khó tăng dần theo thang Bloom (B) và mức độ (Level) được ánh xạ với các giai đoạn (P).

Bảng 1. Bảng phân bổ tỷ lệ hoạt động trong chế độ chơi đơn theo từng chương

Mức độ	P	B	Dạng câu hỏi(Q)	Minh họa (V)	Bài tập lập trình (D)	Tỷ lệ
Dễ	P ₁ -P ₂	R	MCQ, MP	Quan sát hoạt ảnh tự động	Sửa lỗi/ bổ sung cú pháp đơn giản	50%
		U	MCQ, FS			
Trung bình	P ₃ -P ₄	U	MCQ, FN, FNS	Thao tác từng bước	Viết hàm xử lý đơn lẻ	30%
		AP	MCQ, FN, FNS, FS			
Khó	P ₅ -P ₆	AP	FN, FNS, FS, MP	Đối soát mã nguồn với hoạt ảnh minh họa	Giải quyết bài toán trọn vẹn	20%
		AN	FS, FNS, MP			

Ghi chú: MCQ = trắc nghiệm trực quan; FS = điền khuyết chuỗi; FN = điền khuyết số; FNS = điền khuyết chuỗi số; MP = ghép cặp

Bảng 2 thể hiện kịch bản các hoạt động học tập được phân bổ trong chương 1, từ các hoạt động dễ đến khó, đồng thời xen kẽ ba loại hình Q cho các màn lý thuyết, V và D cho một số màn chơi đặc thù cần trực quan hóa. Sự phân bổ tuyến tính này đảm bảo người học được dẫn dắt từ nhận biết đến vận dụng và phân tích một cách có hệ thống, đồng thời duy trì sự cân bằng giữa lý thuyết, thực hành và trải nghiệm trực quan, giúp tăng cường khả năng ghi nhớ, tư duy logic trong lập trình.

Bảng 2. Bảng kịch bản tổ chức hoạt động học tập chương 1 (C₁) trong chế độ chơi đơn

Mức độ	Nội dung chương 1 (C ₁)	Hoạt động học tập (A)	Mô tả kịch bản
Dễ	Khái niệm về CTDL>	Q	[R-MCQ-3, R-MP-2]
Dễ	Các tiêu chuẩn thuật toán	Q	[R-MCQ-2, R-MP-1, U-MCQ-2]
Dễ	Biểu diễn thuật toán	Q	[R-MP-2, U-MCQ-2, U-FS-1]
Dễ	Độ phức tạp thuật toán - P1	Q	[U-MCQ-3, U-FS-2]

Mức độ	Nội dung chương 1 (C ₁)	Hoạt động học tập (A)	Mô tả kịch bản
Dễ	Độ phức tạp thuật toán - P2	V	Minh họa đếm các phép toán trong đoạn chương trình và tính độ phức tạp
Dễ	Độ phức tạp thuật toán - P3	D	Hoàn thiện cú pháp còn thiếu và dự đoán độ phức tạp
Trung bình	Đánh giá thời gian thực hiện - P1	V	Minh họa so sánh thời gian thực thi hàm
Trung bình	Đánh giá thời gian thực hiện - P2	D	Hoàn thiện hàm với thời gian thực hiện trong phạm vi yêu cầu
Trung bình	Phân lớp theo độ phức tạp	Q	[U-MCQ-2, U-FN-2, U-FNS-1]
Trung bình	Dữ liệu	Q	[U-MCQ-2, AP-FN-2, AP-FS-1]
Khó	Cấu trúc dữ liệu	Q	[AP-FNS-2, AN-FS-2, AN-MP-1]
Khó	Quy trình xây dựng phần mềm	Q	[AN-FS-2, AN-FNS-1, AN-MP-2]

3.3. Thiết kế tổ chức kịch bản học tập ở chế độ thử thách

3.3.1. Cơ chế chơi thử thách

Khác với chế độ chơi đơn theo lộ trình tuyến tính, chế độ này giúp tổng ôn và đánh giá năng lực tổng hợp, yêu cầu người học vận dụng kiến thức nhiều chương trong môi trường có độ khó cao hơn. Trong chế độ này, hành trình của người học được mô hình hóa thành một chuỗi các giai đoạn $S = \{1, 2, \dots, 100\}$, trong đó mỗi giai đoạn tương ứng với một thử thách cụ thể. Người học được cấp một số lượng sinh mạng tối đa ($life_{max}$) và mục tiêu chính là tối đa hóa xác suất hoàn thành toàn bộ chuỗi thử thách. Trong quá trình tham gia, người học phải tuân thủ một số ràng buộc nhất định như sau: i) người chơi phải duy trì số lượng sinh mạng lớn hơn 0; ii) mỗi lần thất bại tại một màn, số sinh mạng sẽ bị trừ dần, làm gia tăng áp lực và yêu cầu độ chính xác trong quá trình thực hiện.

3.3.2. Phân bổ hoạt động theo giai đoạn độ khó

Hệ thống chia 100 màn chơi thành 6 giai đoạn (P₁ đến P₆) với độ khó tăng dần, được định nghĩa thông qua ma trận phân bổ Bloom, dạng câu hỏi và các chương nội dung (C₁ đến C₅).

Bảng 3. Các giai đoạn phân bổ theo độ khó cho chế độ thử thách

P	S	Diff	Bloom	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
P ₁	1 - 20	0.0 - 0.2	R-70% U-30%	R[MCQ-2]	R[FS-2] U[MP-1]	R[MCQ-1]	R[FN-1] U[MCQ-2]	R[MCQ-1]
P ₂	21 - 40	0.2 - 0.4	R-40% U-40% AP-20%	R[MCQ-2]	R[MCQ-1] U[MP-1]	R[MCQ-1] U[FNS-1] AP[FS-1]	U[MCQ-1] AP[FNS-1]	U[MP-1]
P ₃	41 - 60	0.4 - 0.6	U-50% AP-50%	-	U[MP-2] AP[FS-1]	U[FN-2] AP[FS-2]	U[MCQ-1] AP[FNS-1]	AP[MP-1]
P ₄	61 - 80	0.6 - 0.8	AP-60% AN-40%	-	AP[FS-1] AN[MP-1]	AP[FN-2] AN[MP-2]	AP[FNS-2] AP[FS-1]	AN[FNS-1]
P ₅	81 - 90	0.8 - 0.9	AP-40% AN-60%	-	AP[FS-1]	AP[FNS-2] AN[MP-2]	AP[FS-1] AN[FNS-2]	AN[FNS-2]
P ₆	91 - 100	0.9 - 1.0	AP-20% AN-80%	-	-	AP[FNS-1] AN[FN-2]	AN[FS-2] AN[MP-2]	AP[FS-1] AN[FNS-2]

Bảng 3 trình bày ma trận phân bổ hoạt động học tập theo từng giai đoạn thử thách. Mỗi dòng biểu diễn một giai đoạn độ khó (phase), trong khi các cột C₁–C₅ tương ứng với các chương nội dung của học phần CTDL>.

3.3.3. Cơ chế điều phối độ khó hoạt động

Trong chế độ thử thách, độ khó hoạt động tăng dần giúp định lượng hoá năng lực tổng hợp của người học. Người học chỉ được chuyển sang màn tiếp theo khi hoàn thành màn hiện tại. Nếu thất bại, hệ thống sẽ trừ một sinh mạng và yêu cầu người học thực hiện lại màn chơi. Hệ thống áp dụng thuật (Algorithm 1-2) dựa trên ma trận (Bảng 3) để khởi tạo các màn chơi ở chế độ này. Các câu hỏi được trích xuất từ KB đảm bảo đồng thời hai ràng buộc: tỷ lệ Bloom và định dạng theo chương. Đối với các hoạt động thực hành (V, D), sẽ ràng buộc bởi độ khó (diff) của a được tính toán theo công thức:

$$\text{diff}(a) = \begin{cases} N_a = 0 \rightarrow 0.5 \\ N_a \neq 0 \rightarrow 1 - \frac{S_a}{N_a} \end{cases}$$

Trong đó, S_a : Số lượt hoàn thành của hoạt động học tập hiện tại; N_a : Tổng số lượt đã chơi của hoạt động học tập hiện tại.

```

Algorithm 1: CHALLENGE_MODE_ESCALATION
Input: S, life_max, session_id
Output: final_stage, update_status
Procedure:
1. INITIALIZE current_life ← life_max; current_stage ← 1;
   is_alive ← TRUE; used_acts ← []
2. WHILE current_stage ≤ |S| AND is_alive == TRUE DO:
   s_id ← Khởi tạo id cho màn chơi

   P_current ← phase_identify(current_stage) // VD: Stage 1-20 → P1
   act_type ← get_stage_type(current_stage) // VD: Stage 1 → Q|V|D
   stage_acts ← SELECT_CHALLENGE_ACTIVITY // Algorithm 2
   used_acts ← used_acts ∪ stage_acts
   init_stage_record(session_id, s_id, current_stage) // Khởi tạo bản
   ghi cho màn chơi
   correctness ← execute_act(stage_acts)
   IF correctness < 0.5 THEN:
     current_life ← current_life - 1
     IF current_life ≤ 0 THEN: is_alive ← FALSE; PROMPT "Game Over"
   ELSE:
     status ← SCORING_AND_REWARDING(s_id) // Algorithm 4
     current_stage ← current_stage + 1
     IF current_stage > |S| THEN: PROMPT "Đã phá đảo thử thách!"
   ENDF
   update_stage_result(s_id, correctness) // Cập nhật kết quả màn chơi
   ENDF
3. RETURN {final_stage: current_stage, update_status }
    
```

Hình 1. Thuật toán tổ chức màn chơi ở chế độ thử thách

```

Algorithm 2: SELECT_CHALLENGE_ACTIVITY
Input: stage_id, P_current, act_type, alloc_table, used_acts, Q, V, D
Output: stage_acts
Procedure:
1. INITIALIZE stage_acts ← []
2. IF act_type == "Q" THEN:
   //Lấy bản phân phối của giai đoạn cụ thể
   target_matrix ← get_phase_matrix(alloc_table, P_current)
   //Chọn lọc tập câu hỏi dựa trên từng cặp bloom và chương
   FOR EACH cell(b,c) IN target_matrix DO:
     candidate_set ← {q ∈ Q | match(q, b, c) AND q ∉ used_acts}
     IF candidate_set == ∅ THEN:
       PROMPT "Không có hoạt động phù hợp" //Fallback
     ENDF
     q ← get_random_alloc(candidate_set, target_matrix)
     APPEND q TO stage_acts
   ENDFOR
   ELSE:
     (diff_min, diff_max) ← get_diff_range(alloc_table, P_current)
     IF act_type == "V" THEN: pool ← V ELSE pool ← D ENDF
     candidate_set ← []
     FOR EACH a IN pool DO: a_diff ← 1 - (a.S_a / a.N_a)
       IF diff_min ≤ a_diff ≤ diff_max AND a ∉ used_acts THEN
         APPEND a TO candidate_set
       ENDF
     ENDFOR
     IF candidate_set == ∅ THEN:
       PROMPT "Không có hoạt động phù hợp" //Fallback
     ENDF
     a ← get_random(candidate_set); APPEND a TO stage_acts
   ENDF
3. RETURN stage_acts
    
```

Hình 2. Thuật toán chọn hoạt động học tập ở chế độ thử thách

3.4. Thiết kế cơ chế học tập tương tác cho chế độ chơi nhiều

Trong khi các chế độ trước đó tập trung vào trải nghiệm cá nhân hóa, chế độ chơi nhiều người được thiết kế nhằm tăng cường tương tác giữa nhiều người học và thúc đẩy động lực học tập. Cho tập hợp các đội chơi T và các hoạt động học tập $Act \subseteq A$. Mục tiêu của mỗi đội là tối ưu hóa hàm lợi ích của đội (U_t), được xác định bởi sự cân bằng giữa điểm số và thời gian.

$$U_t = (\text{Score}_t \times \text{correctness}) - (\lambda \times \text{duration}_t)$$

Trong đó, Score_t là tổng điểm của các hoạt động ($\sum_{a \in Act} U_a$); duration_t là thời gian hoàn thành của đội; λ là hệ số phạt theo thời gian.

Thuật toán (Algorithm 3) mô tả thuật toán đánh giá kết quả cho chế độ nhiều người. Hàm được gọi khi các đã hoàn thành phiên chơi để phân định thắng thua và thứ hạng cho từng đội. Trong đó, hệ thống ghi nhận điểm số dựa trên tổng hệ số lợi ích U_a và thời gian hoàn thành của từng đội trong màn chơi. Sau khi tất cả các đội hoàn thành thử thách, hệ thống tính toán tổng giá trị lợi ích cho mỗi đội, từ đó xếp hạng và xác định đội chiến thắng. Đội thắng là đội có giá trị U_t lớn nhất, trong trường hợp các đội có U_t bằng nhau, thì sẽ quyết định dựa trên thời gian hoàn thành ngắn nhất.

Algorithm 3: MULTIPLAYER_MATCH_EVALUATION	
Input:	T, Act, λ, s_id
Output:	update_status, Rank_team //Danh sách xếp hạng đội
Procedure:	
1.	FOR EACH t IN T DO: $t.score \leftarrow 0$; $t.start_time \leftarrow current_time()$ ENDFOR
2.	// Tính tổng điểm và thời gian hoàn thành của đội
	FOR EACH t IN T DO:
	FOR EACH a IN Act DO:
	correctness \leftarrow //Xác định độ chính xác của hoạt động
	$t.a_util \leftarrow t.a_util + (a.util \times correctness)$ // tính giá trị
	lợi ích của đội đạt được qua hoạt động
	ENDFOR
	$t.duration \leftarrow get_completion_time(t)$ // Thời gian hoàn thành của đội
	$t.util \leftarrow t.a_util - (\lambda \times t.duration)$ // Tổng giá trị lợi ích của đội
	ENDFOR
3.	Rank_team \leftarrow SORT T BY: //Sắp xếp danh sách thứ hạng
	util DESCENDING;
	duration DESCENDING; //Nếu điểm bằng nhau đội hoàn thành sớm thắng
4.	threshold \leftarrow ceil(Rank_team / 2) // Xác định thắng / thua và thứ hạng
	FOR $i \leftarrow 1$ TO n DO:
	$t \leftarrow Rank_team[i]$; $t.rank \leftarrow i$;
	IF $i == 1$ THEN: $t.bonus_elo \leftarrow \gamma_{bonus}$ ENDFIF //Hệ số thưởng tự định nghĩa
	IF $i \leq threshold$ THEN: $t.is_win = TRUE$;
	ELSE THEN: $t.is_win = FALSE$; ENDFIF
	update_status \leftarrow SCORING_AND_REWARDING(s_id) //Algorithm 4
5.	RETURN {Rank_team, update_status}

Hình 3. Thuật toán cơ chế tương tác chế độ nhiều người

3.5. Cơ chế trò chơi hoá học tập

Hệ thống tích hợp các yếu tố trò chơi hóa gồm điểm thưởng, nhiệm vụ và bảng xếp hạng nhằm định lượng hóa năng lực và duy trì động lực học tập của sinh viên.

3.5.1. Công thức quy đổi điểm số

Hệ thống chuyển đổi kết quả hoàn thành hoạt động A thành điểm số s được thực hiện thông qua hàm chuyển đổi, trong đó xem xét đồng thời theo độ chính xác và hệ số chuyển đổi dựa theo chế độ: $s(a) = U_a \cdot \text{correctness}(a) \cdot \gamma$, với γ là hệ số chuyển đổi giá trị lợi ích hoạt động thành điểm số (xác định tùy vào chế độ chơi).

3.5.2. Nguyên tắc thưởng và bảng xếp hạng

Thuật toán (Algorithm 4) mô tả cơ chế tính điểm và điều tiết phần thưởng của hệ thống. Điểm số của mỗi hoạt động học tập được xác định dựa trên hệ số U_a và correctness , sau đó dựa theo từng chế độ chơi để cập nhật tiến trình, bảng xếp hạng, hệ số đấu hạng (elo). Trong chế độ chơi đơn, lộ trình tuyến tính kiểm soát bởi quan hệ pr và độ chính xác correctness . Điểm thưởng đóng vai trò là giá trị định lượng để cá nhân hóa việc mở khoá kiến thức mới. Đối với chế độ thử thách, hệ thống tích lũy điểm thưởng dựa trên giá trị lợi ích U_a của các hoạt động, thiết lập kỷ lục cá nhân làm cơ sở phân định thứ hạng trên bảng xếp hạng. Với chế độ chơi nhiều người, các đội chơi cạnh tranh trực tiếp để điều chỉnh

hệ số elo của mỗi thành viên. Giá trị điều chỉnh được tính toán căn cứ theo hệ số U_a của hoạt động. Ngoài ra, hệ thống còn kiểm tra nhiệm vụ hiện hành và huy hiệu để cộng thưởng khi các điều kiện tương ứng được thỏa mãn.

```

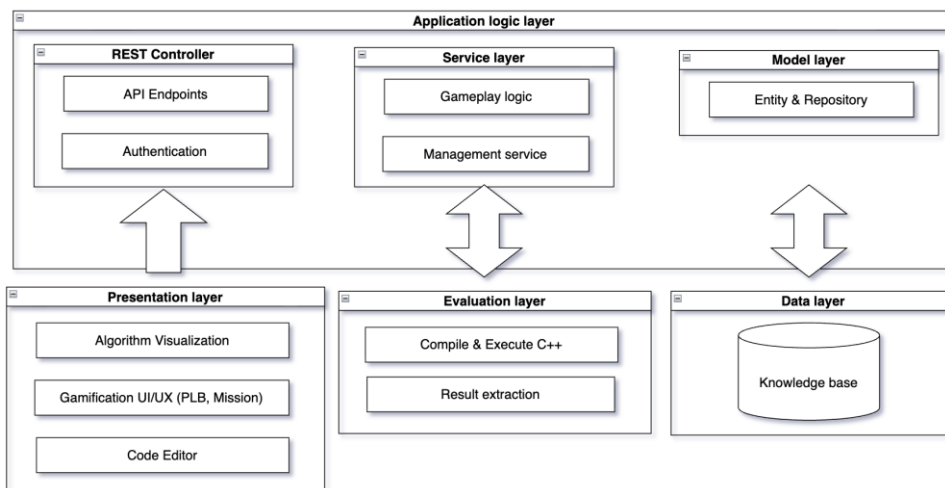
Algorithm 4: SCORING_AND_REWARDING
Input: s_id
Output: update_status
Procedure:
1. mode = get_mode(s_id)
   r ← get_result(s_id);
   activating_mission ← get_act_mission(u_id) //Danh sách nhiệm vụ đã nhận
   badge_list ← get_badges() //Lấy tập các huy hiệu từ KB
   update_status ← {} //Khởi tạo đối tượng phần hồi rỗng
2. SWITCH mode:
   CASE "single":
       //Truy xuất điểm cao nhất của màn chơi đã hoàn thành trước đây
       prev_max_score ← get_prev_max_s(r.u_id, r.a_id)
       IF r.correctness ≥ 0.5 THEN:
           s_raw ← r.acts_utility × r.correctness × Vsingle;
           s_diff ← MAX(0, s_raw - prev_max_score) //Tính điểm chênh lệch
           IF s_diff > 0 THEN:
               distribute_score(r.u_id, s_diff, "single"); //Cộng điểm
               update_status.added_score ← s_diff; ENDF
           unlock_next_l(u_id, r.a_id); update_status.unlock_next ← TRUE;
       ELSE: PROMPT "Không đạt cần ôn tập lại"; RETURN; ENDF BREAK;
   CASE "challenge":
       s ← r.acts_utility × r.correctness × Vchallenge;
       distribute_score(r.u_id, s, "challenge");//Cộng điểm thử thách
       update_status.added_score ← s; BREAK;
   CASE "multiplay":
       Δelo ← acts_utility × Vmultiplay //tính và cập nhật hệ số elo
       IF r.is_win THEN: increase_elo(r.u_id, Δelo + bonus_elo);
       update_status.adjusted_elo ← Δelo;
       ELSE THEN: decrease_elo(r.u_id, Δelo);
       update_status.adjusted_elo ← -Δelo;
       ENDF BREAK; ENDSWITCH
3. FOR EACH m IN mission_active DO: //thưởng nhiệm vụ
   IF check_mission_complete(m, a) AND is_completed(m) == FALSE THEN:
       m_reward ← get_mission_reward(m); //m_reward tùy cấu hình nhiệm vụ
       APPEND m_reward TO update_status.earned_reward;
       APPEND m TO update_status.completed_missions;
       grant_m_reward(m_reward); mark_m_completed(u_id, m) ENDF
   ENDFOR
   FOR EACH bdg IN badge_list DO: //thưởng thành tựu huy hiệu
       IF check_badge_condition(user_id, bdg) THEN
           APPEND bdg TO update_status.earned_badges;
           grant_badge(user_id, bdg) ENDF ENDFOR
4. RETURN update_status
    
```

Hình 4. Thuật toán cơ chế tính điểm và điều tiết thưởng

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

4.1. Kiến trúc hệ thống

Hệ thống được thiết kế như ở Hình 5 theo kiến trúc đa tầng, tách biệt giữa giao diện người dùng, logic xử lý và cơ chế đánh giá bài tập. Tầng hiển thị cung cấp giao diện trực quan hóa thuật toán, giao diện lập trình và các yếu tố trò chơi hóa như bảng xếp hạng và nhiệm vụ. Các yêu cầu từ người dùng được gửi đến tầng ứng dụng thông qua REST API hoặc WebSocket, nơi REST Controller tiếp nhận, xác thực và chuyển tiếp đến các dịch vụ xử lý nghiệp vụ như quản lý nội dung học tập, tiến trình người dùng và cơ chế trò chơi hóa. Việc truy xuất dữ liệu được thực hiện thông qua tầng Model layer kết nối với CSDL. Đối với các bài tập lập trình, mã nguồn của người học được gửi tới tầng đánh giá để biên dịch và thực thi chương trình C++, sau đó so sánh với các bộ kiểm thử để xác định kết quả. Tất cả dữ liệu học tập và kết quả đánh giá được lưu trữ trong cơ sở tri thức và được truy cập thông qua tầng ứng dụng.



Hình 5. Tổng quan kiến trúc hệ thống

4.2. Triển khai hệ thống

Hệ thống được triển khai dưới quy trình ADDIE [14] kết hợp với các công nghệ hiện đại nhằm đảm bảo khả năng xử lý đồng thời và phản hồi tức thời cho người học. Frontend được xây dựng bằng thư viện ReactJS, kết hợp với các công cụ lập trình đồ họa để hiển thị các không gian học tập 2.5D. Backend được xây dựng sử dụng Spring Boot để triển khai các RESTful API. Đây là thành phần chịu trách nhiệm chính về việc điều phối toàn bộ logic của các thuật toán, quản lý phiên làm việc của người dùng và kết nối truy cập CSDL. Cơ sở tri thức được tổ chức thông qua cơ sở dữ liệu quan hệ với PostgreSQL. Hệ thống đã được triển khai cho 3 chế độ chơi khác nhau:

- Chế độ chơi đơn (Hình 6): Chế độ gồm hơn 100 màn chơi, được tổ chức trên 5 chương của học phần CTDL> ngành Công nghệ thông tin tại Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng. Mỗi màn chơi được phân thành các hoạt động học tập. Các màn chơi có tính liên kết chặt chẽ với quan hệ tiền đề (pr), người chơi phải hoàn thành màn trước với $p_u \geq 0.5$ thì mới mở khoá màn kế tiếp.
- Chế độ thử thách (Hình 7): Chế độ tập trung vào kiểm tra năng lực tổng hợp được tổ chức theo quy tắc sống còn. Tổng số màn chơi tại chế độ này gồm 100 màn với độ khó được cấu hình tăng dần theo ($P_1 \rightarrow P_6$). Người học giới hạn giá trị sinh mạng là 5. Mỗi lần thất bại tại sẽ bị trừ 1 điểm sinh mạng. Cơ chế này buộc người học phải rèn luyện sự cẩn trọng và chuẩn bị kỹ lưỡng về mặt kiến thức.
- Chế độ nhiều người: Chế độ này nhằm thúc đẩy tương tác xã hội kết hợp giữa 2 hình thức: (1) Hợp tác - lập đội để giải quyết các hoạt động học tập được đưa ra. Phần thưởng tính toán dựa trên độ khó hoạt động, khuyến khích kỹ năng làm việc nhóm; (2) Đối kháng - ghép đội thi đấu với nhau trên cùng hoạt động học tập. Kết quả trực tiếp cập nhật điểm Elo dựa trên lợi ích hoạt động (U_a), giúp phân cấp năng lực.



Hình 6. Giao diện tổ chức lộ trình học tập chế độ cốt truyện



Hình 7. Giao diện thử thách bài tập lập trình (trung bình - lập trình hàm)

4.3. Đánh giá thực nghiệm

Hệ thống được cài đặt triển khai trên nền tảng web và thử nghiệm với 40 sinh viên ngành CNTT tại Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng. Mẫu nghiên cứu được phân bố tương đối đồng đều giữa các khóa học, bao gồm 10 sinh viên năm nhất, 11 sinh viên năm hai, 9 sinh viên năm ba và 10 sinh viên năm tư. Đảm bảo độ bao phủ tương đồng giữa các đối tượng chưa, đang và đã từng tiếp xúc với môn học. Bảng 4 cho thấy dữ liệu được ghi nhận trực tiếp từ kết quả các màn chơi, chế độ chơi và độ tương tác trung bình tổng của sinh viên trên hệ thống tại hai thời điểm: Ngày thứ 3 và ngày thứ 10 (thời gian 1 tuần sau khi làm quen hệ thống). Để đánh giá chính xác năng lực học tập của sinh viên, nghiên cứu thực hiện quy đổi điểm số quá trình của chế độ chơi đơn về thang điểm 100. Điểm trung bình của sinh viên $avg(s)$ được xác định dựa trên công thức:

$$Avg(s) = (earned_score / max_score) \times 100$$

Trong đó, $earned_score$: Tổng số điểm nhận được trong quá chế độ chơi đơn; max_score : Số điểm tối đa của các màn đã chơi trong chế độ chơi đơn.

Bảng 4. So sánh thành tích học tập của sinh viên tại ngày thứ 3 và ngày thứ 10 khi sử dụng ứng dụng

Phạm vi chế độ	Tiêu chí đánh giá	Ngày thứ 3	Ngày thứ 10
Chơi đơn	Điểm trung bình ($Avg(s)$)	$\approx 63.5/100 \pm 42$	$\approx 74.6/100 \pm 33$
	Tỷ lệ hoàn thiện $C_1 - C_5$	50.8%	75.4%
Thử thách	Số phiên tham gia thử thách	25	53
	Chuỗi màn chơi kỷ lục	34	62
Nhiều người	Số phiên đấu đội	12	25
Tổng quát	Tỷ lệ hoàn thành nhiệm vụ (%)	42%	79%
	Bài tập Bloom R-U (đúng %)	69%	84%
	Bài tập Bloom AP-AN (đúng %)	27%	45%
	Số bài lập trình hoàn thành	5	21
	Số huy hiệu đạt được	7	24
	Streak trung bình (ngày)	1.4	5.2

Từ dữ liệu thực nghiệm Bảng 4 cho thấy các chỉ số sau thử nghiệm đều có xu hướng tích cực. Cụ thể, độ bao phủ kiến thức tăng đáng kể khi tổng tỷ lệ hoàn thiện tăng đến 24.6%. Đồng thời, các chỉ số về mức độ tham gia của người học như số phiên chơi thử thách và đấu đội, chuỗi học tập, tỷ lệ nhiệm vụ hoàn thành, số huy hiệu đạt được cũng gia tăng đáng kể, phản ánh rõ rệt sự chuyển đổi tích cực về động lực học tập thông qua việc áp dụng trò chơi hoá. Bên cạnh đó, các chỉ số liên quan đến năng lực học tập như điểm trung bình trong chế độ chơi đơn, số bài lập trình và tỷ lệ đúng theo các mức thang Bloom đều có xu hướng cải thiện rõ rệt.

4.4. Bàn luận kết quả

Kết quả thực nghiệm bước đầu cho thấy hệ thống đã cải thiện đồng thời ba thành phần cốt lõi của mục tiêu đào tạo: Độ bao phủ kiến thức, mức độ tương tác và năng lực chuyên môn. Về độ bao phủ kiến thức, sự gia tăng rõ rệt của tỷ lệ hoàn thiện các chương học tăng từ 50.8% lên 75.4%, cho thấy lộ trình học tập cá nhân hóa đã giúp sinh viên tiếp cận nội dung một cách hệ thống và toàn diện hơn. Về mức độ tham gia, các chỉ số như số huy hiệu đạt được (từ 7 lên 24) và chuỗi học tập (Streak) trung bình (từ 1.4 lên 5.2 ngày) đều có xu hướng tăng rõ rệt, phản ánh sự hình thành thói quen học tập tự giác. Đồng thời, số phiên tham gia ở các chế độ thử thách và nhiều người cũng gia tăng, cho thấy các hoạt động học tập có tính tương tác đã góp phần nâng cao thái độ tích cực học tập của sinh viên. Về năng lực học tập, tỷ lệ giải quyết bài tập mức cao theo thang Bloom (AP-AN) tăng từ 27% lên 45%, đi kèm với số bài lập trình hoàn thành tăng từ 5 lên 21, cho thấy sự cải thiện trong tư duy phân tích và khả năng vận dụng kiến thức của sinh viên được củng cố đáng kể. Điểm trung bình chế độ chơi đơn đã có sự cải thiện đáng kể khi tăng từ 63.5 lên 74.6. Đáng chú ý là độ lệch chuẩn ban đầu có xu hướng giảm từ ± 42 giảm ± 33 , phản ánh xu hướng thu hẹp chênh lệch trình độ giữa các sinh viên đã có cải thiện. Tuy nhiên, mức phân tán ± 33 vẫn được đánh giá là khá cao điều này đặt ra yêu cầu cần tăng cường các cơ chế cá nhân hóa lộ trình và hỗ trợ thích ứng nhằm tối ưu hóa hiệu quả học tập cho nhóm sinh viên yếu hơn, hướng tới mục tiêu đồng đều hóa năng lực đầu ra. Tổng hòa các dữ liệu trên, việc kết hợp giữa cơ chế tương tác trực quan với các yếu tố trò chơi đã góp phần nâng cao động lực và hiệu quả tự học của sinh viên. Qua đó thể hiện tiềm năng trong việc cải thiện trải nghiệm và kết quả học tập khi được áp dụng phương pháp này trong giáo dục.

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Kết quả thực nghiệm đã khẳng định hệ thống đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu rào cản về tính trừu tượng của thuật toán thông qua tương tác trực tiếp và hoạt ảnh minh họa sinh động. Kịch bản học tập được thiết kế khoa học phối hợp cùng hệ thống phản hồi tức thời đã tạo ra lộ trình dẫn dắt hiệu quả, giúp người học củng cố kiến thức từ nền tảng đến chuyên sâu và hạn chế tình trạng mất gốc kiến thức. Bên cạnh đó, việc tích hợp cơ chế cạnh tranh lành mạnh và các yếu tố trò chơi hóa cũng đã chứng minh khả năng thúc đẩy mạnh mẽ động lực nội tại, chuyển đổi từ trạng thái học tập thụ động sang sự tham gia chủ động. Nghiên cứu này khẳng định phương pháp học tập dựa trên nền tảng trò chơi không chỉ nâng cao năng lực nhận thức mà còn là giải pháp tiềm năng, vượt trội hơn so với phương pháp truyền thống trong việc tiếp cận và học tập môn học CTDL>. Mặc dù đạt được những kết quả khả quan ban đầu, nghiên cứu hiện tại vẫn còn hạn chế về quy mô thử nghiệm và thời gian quan sát để đánh giá khả năng duy trì kiến thức dài hạn. Các hướng phát triển trong tương lai mà nhóm dự định sẽ tập trung vào: i) tích hợp các thuật toán học máy, đặc biệt là Học tăng cường (Reinforcement Learning), nhằm tự động điều chỉnh độ khó và kịch bản học tập dựa trên năng lực thực tế của từng cá nhân; ii) mở rộng thực nghiệm trên quy mô lớn hơn và kéo dài thời gian theo dõi để xây dựng mô hình đánh giá tác động toàn diện, từ đó khẳng định giá trị bền vững của phương pháp trò chơi hóa trong việc hình thành tư duy giải thuật chuyên sâu.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng cấp kinh phí thực hiện dưới mã số đề tài SVTC19.75.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Asgari, F.-C. Tsai, L. Mannila, F. Strömbäck và K. M. Sadique, "Students' perspectives on using digital tools in programming courses," *Discover Education*, tập 3, số 57, 2024.
- [2] R. Kadar, N. A. Wahab, J. Othman, M. Shamsuddin và S. B. Mahlan, "A Study of Difficulties in Teaching and Learning Programming: A Systematic Literature Review," *International Journal of Academic Research in Progressive Education & Deverlopment (IJARPE)*, tập 10, số 3, pp. 591-605, 2021.

- [3] L. Mihelac, C. Bentea, M. Nikolic, J. Vidal, M. Lama, V. Rosania, A. Petrescu, C. Vlad, C. Ponsiglione và D. M. Rotaru, *Gamification - An Innovative Teaching Method*, Galati University Press - Romania, 2022.
- [4] H. Cigdem, M. Ozturk, Y. Karabacak, N. Atik, S. Gürkan và M. H. Aldemir, “Unlocking student engagement and achievement: The impact of leaderboard gamification in online formative assessment for engineering education,” *Education and Information Technologies*, tập 29, p. 24835–24860, 2024.
- [5] H. V. Thắng, N. T. L. Khương, P. T. T. Hằng và V. X. Nam, “Vận dụng phương pháp trò chơi hóa (Gamification) để thiết kế và tổ chức dạy học môn Địa lí lớp 12,” *Tạp Chí Giáo Dục*, tập 24, số 10, pp. 24-29, 2024.
- [6] C. Moldez, G. Cerdeña, D. S. Maranan và M. A. Crisanto, “Innovation in Education: Developing and Assessing Gamification in the University of the Philippines Open University Massive Open Online Courses,” *Asean Journal of Open and Distance Learning (AJODL)*, tập 16, số 1, pp. 27-42, 2024.
- [7] M. Li, S. Ma và Y. Shi, “Examining the effectiveness of gamification as a tool promoting teaching and learning in educational settings: a meta-analysis,” *Frontiers in Psychology*, tập 14, 2023.
- [8] J. d. Olmo-Muñoz, A. Bueno-Baquero, R. Cózar-Gutiérrez và J. A. González-Calero, “Exploring Gamification Approaches for Enhancing Computational Thinking in Young Learners,” *Educ. Sci.*, tập 13, số 5, 2023.
- [9] H. N. Long, N. Đ. Thịnh, L. D. Thường, V. H. Đăng và T. H. Việt, “Phương pháp xây dựng ứng dụng hỗ trợ học tập dựa trên ChatGPT API,” *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng*, tập 2, pp. 28-39, 2024.
- [10] H. N. Long, V. H. Đăng và L. H. Nghiêm, “Phát triển trợ lý ảo học tập tích hợp LLM hỗ trợ học môn Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật,” *Tạp chí khoa học trường đại học quốc tế Hồng Bàng*, tập 36, 2025.
- [11] H. N. Long và Đ. V. Nhon, “Xây dựng ứng dụng kiểm tra đánh giá kiến thức môn học Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật,” *Tạp chí khoa học trường đại học quốc tế Hồng Bàng*, tập 35, 2025.
- [12] H. N. Long, M. T. Thanh and D. V. Nhon, "Designing a knowledge assessment system for the Data structures and Algorithms course," *Hong Bang International University Journal of Science*, vol. 6, pp. 65-74, 2024.
- [13] H. N. Long và Đ. V. Nhon, “An AI-Enhanced Adaptive Test Generation System for Data Structures and Algorithms Assessment Using Reinforcement Learning,” trong *2025 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF)*, Ho Chi Minh, 2025.
- [14] N. N. Zulkifli, A. F. M. Ayub, Y. Zhang và N. R. C. Nawi, “From Analysis to Creation: Utilizing the ADDIE Model for Developing and Educational Game for Children,” *The Asian Conference on Education 2023*, pp. 1841-1851, 2024.