

KIẾN TẠO HỆ SINH THÁI GIÁO DỤC SỐ: CẤU TRÚC VÀ MÔ HÌNH

Trần Trung¹,
Phạm Kim Chung^{2,+},
Nguyễn Thu Phương³

¹Học viện Dân tộc; ²Trường Đại học Giáo dục - Đại học Quốc gia Hà Nội;
³Nghiên cứu sinh Trường Đại học Sư phạm Hà Nội
+ Tác giả liên hệ • Email: chungpk@vnu.edu.vn

Article history

Received: 20/12/2024

Accepted: 24/01/2025

Published: 05/3/2025

Keywords

Digital transformation,
digital education, ecosystem,
digital education ecosystem
model, digital platform

ABSTRACT

Digital transformation is reshaping education, necessitating technology integration into all aspects of teaching and learning. This process requires a comprehensive digital education ecosystem where infrastructure, policies, schools, teachers, students, parents, and suppliers operate synchronously. The article presents theoretical perspectives and proposes implementation recommendations, supporting education managers, researchers, and technology enterprises in designing and applying practical solutions. Specifically, the research analyzes and proposes key factors in building a digital education ecosystem, including technology platforms, digital content, teachers, students, parents, and support policies. In addition to proposing an integration model between components to optimize the learner experience and improve teaching efficiency, the article discusses significant challenges, such as technology gaps and resource constraints. At the same time, practical solutions are proposed to overcome these barriers and move towards a sustainable and effective digital education.

1. Mở đầu

Trong kỉ nguyên số, chuyển đổi số đã trở thành một xu thế không thể đảo ngược, tác động mạnh mẽ đến mọi lĩnh vực của đời sống, bao gồm cả giáo dục. Theo Quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020, giáo dục là một trong những lĩnh vực ưu tiên hàng đầu. Văn bản này nhấn mạnh mục tiêu xây dựng nền giáo dục thông minh, phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, và thúc đẩy ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lí, giảng dạy và học tập. Trên bình diện quốc tế, các nghiên cứu đã chỉ ra rằng chuyển đổi số trong giáo dục không chỉ là sự ứng dụng các công nghệ tiên tiến mà còn đòi hỏi sự thay đổi đồng bộ về hệ thống và phương pháp sư phạm (UNESCO, 2020). Tại Việt Nam, các chương trình như Quyết định số 117/QĐ-TTg năm 2017 về tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lí và hỗ trợ hoạt động dạy - học, nghiên cứu khoa học đã đặt nền móng cho sự phát triển của giáo dục số. Tuy nhiên, thực tiễn triển khai vẫn gặp phải nhiều thách thức như chênh lệch công nghệ giữa các khu vực, thiếu nguồn lực, và sự phối hợp chưa đồng bộ giữa các thành phần liên quan. Bài báo làm rõ vai trò của hệ sinh thái (HST) giáo dục số, từ đó đề xuất một mô hình tích hợp nhằm tối ưu hóa trải nghiệm học tập và nâng cao hiệu quả giảng dạy. Trên cơ sở phân tích lí thuyết và thực tiễn, bài viết sẽ tập trung vào các thành phần cốt lõi như nền tảng công nghệ, nội dung số, chính sách hỗ trợ, cũng như các yếu tố liên quan đến con người như GV, HS và phụ huynh; đồng thời, thảo luận về những khó khăn trong quá trình triển khai và đề xuất các giải pháp thực tiễn, góp phần thúc đẩy chuyển đổi số toàn diện trong giáo dục tại Việt Nam và trên thế giới.

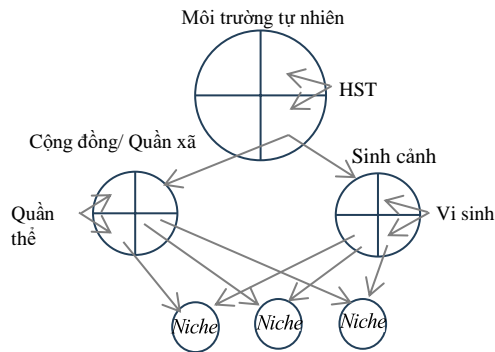
2. Kết quả nghiên cứu

2.1. Hệ sinh thái

HST là một hệ thống mở hoàn chỉnh gồm các thành phần sống (quần xã) và các thành phần vô sinh như không khí, nước và đất khoáng (gọi chung là sinh cảnh). HST có thể được nghiên cứu theo hai cách tiếp cận: (1) Hệ thống và tập hợp các loài với cấu trúc rõ ràng được điều chỉnh bởi các quy tắc chung. HST bao gồm các thành phần hữu sinh (sinh học) và vô sinh (phi sinh học) tương tác thông qua các chu trình dinh dưỡng và dòng năng lượng. Quá trình trao đổi năng lượng qua tương tác giữa các sinh vật, giữa các sinh vật và môi trường của chúng; (2) Các tập hợp các nhóm thực vật và động vật phụ thuộc lẫn nhau (Hecht & Crowley, 2019).

HST tự nhiên có thể được xác định là “cộng đồng sinh học” (các quần thể được tạo thành từ các cá thể cùng loài) cùng với môi trường phi sinh học (Khu vực mà loài sinh vật sống). Mỗi môi trường sống (hay còn gọi là sinh cảnh) có thể được chia thành các vi sinh cảnh (microhabitats) là môi trường sống nhỏ hơn nơi các quần thể (Populations) sinh sống (Begon et al., 2006). Ngách sinh thái (Niche) xác định bởi vị trí mà một loài có thể chiếm giữ trong tự nhiên, dựa trên các yêu cầu phi sinh học, sở thích về thức ăn, đặc điểm vi sinh cảnh (Polechová & Storch, 2008). Kế thừa những nghiên cứu trước đó, Poldoja (2016) đã đề xuất cấu trúc HST tự nhiên (xem hình 1).

Thành phần vô sinh bao gồm các nhân tố vô sinh như nước, không khí, chất khoáng,... Thành phần hữu sinh được chia thành ba nhóm: (1) *Sinh vật sản xuất*: sinh vật có khả năng tự tổng hợp nên chất hữu cơ; (2) *Sinh vật tiêu thụ*: sinh vật không có khả năng tự tổng hợp chất hữu cơ, lấy chất hữu cơ từ thức ăn; (3) *Sinh vật phân giải*: sinh vật có chức năng phân giải xác và chất thải của sinh vật thành chất vô cơ. HST tự nhiên được duy trì nhờ chu kì năng lượng. Dòng năng lượng trong HST bắt nguồn từ môi trường được sinh vật sản xuất hấp thụ và biến đổi thành năng lượng. Mọi quan hệ chính xác giữa các loài sinh vật có quan hệ dinh dưỡng với nhau về thành phần và tổ chức của hệ



Hình 1. Cấu trúc HST tự nhiên (Põldoja, 2016)
(Ghi chú: Niche: Ngách sinh thái)

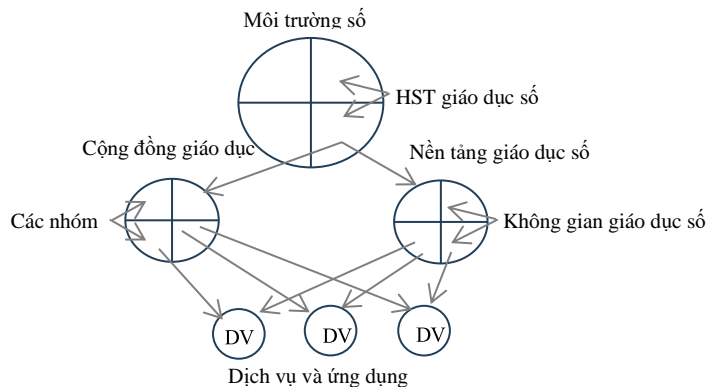
thống chuyển hóa năng lượng vật chất và tạo thành lưới/chuỗi thức ăn. Các sinh vật nhập năng lượng đảm bảo nhu cầu cho phần còn lại của quần xã, cung cấp nguồn năng lượng duy trì tất cả các sinh vật trong lưới thức ăn. Các mối quan hệ giữa các loài trong HST tự nhiên góp phần tạo nên cấu trúc của quần xã, bao gồm: - *Quan hệ hỗ trợ*: quan hệ mang lại lợi ích, không có hại cho các loài như cộng sinh, hội sinh; - *Quan hệ đối kháng*: quan hệ có hại cho một bên, bên kia có lợi hoặc không ảnh hưởng gì như cạnh tranh, ức chế và kí sinh (Eldredge, 2002).

Môi trường hiếm khi ổn định trong thời gian dài, một số HST có biến đổi và không theo chu kì hoặc có sự thay đổi tuần hoàn. Đặc điểm HST bền vững như sau: - Sự tương tác và phối hợp giữa các loài vì lợi ích chung; - Sự cân bằng: duy trì sự cân bằng giữa các loài để duy trì bền vững và ổn định; - Các loài được phân loại theo lĩnh vực và kết nối lỏng lẻo: thói quen, sở thích và mục tiêu tương tự; - Tự tổ chức: khả năng tự tổ chức bằng cách tự lập và có các cơ chế tự vệ (Chang & West, 2006).

2.2. Hệ sinh thái giáo dục số

Khái niệm “HST số” xuất hiện vào khoảng giữa năm 2000, thường được thảo luận từ góc độ sinh học. Một số tác giả đã đề xuất các khái niệm như “HST học tập điện tử” (E-learning), “HST học tập kĩ thuật số” hay “HST dạy và học kĩ thuật số” (Hecht & Crowley, 2019). Cách tiếp cận chủ yếu khác nhau về cách mô hình hóa thành phần sinh học và phi sinh học của HST. Theo Reyna (2011), HST giáo dục số bao gồm: (1) Thành phần hữu sinh liên quan đến đối tượng dạy và học; (2) Thành phần phi sinh học với sự hỗ trợ của các thiết bị công nghệ, Internet, E-learning và các nội dung để chuyển hóa thông tin thành kiến thức thông qua các công cụ giao tiếp và hợp tác. Anderson và cộng sự (2021) cũng nhấn mạnh rằng việc xây dựng HST giáo dục số cần bao gồm các yếu tố chính như hạ tầng công nghệ, nội dung học liệu số, chính sách hỗ trợ, và sự tham gia tích cực của GV, HS, phụ huynh. Põldoja (2016) so sánh giữa HST tự nhiên, HST số và đề xuất cấu trúc HST giáo dục số như hình 2.

Trong HST sinh học, năng lượng được chuyển hóa từ các chất vô cơ trong môi trường vào sinh vật thông qua các bậc dinh dưỡng trong chuỗi và lưới thức ăn, sau đó quay trở lại môi trường. Quá trình này gắn liền với các vòng tuần hoàn sinh địa hóa, giúp duy trì sự cân bằng HST và tạo điều kiện cho các loài thích nghi với sự thay đổi của môi trường. Đồng thời, các loài sinh vật tương tác theo nhiều mối quan hệ khác nhau, từ đó hình thành các liên kết sinh thái và cấu trúc cộng đồng. Tương tự, HST giáo dục số cũng vận hành theo nguyên lí này, khi các thành phần trong hệ thống có sự tương tác và trao đổi thông tin, tạo ra một môi trường học tập thích ứng và phát triển liên tục. Sự tương đồng giữa HST tự nhiên và HST giáo dục số được thể hiện chi tiết trong bảng 1.



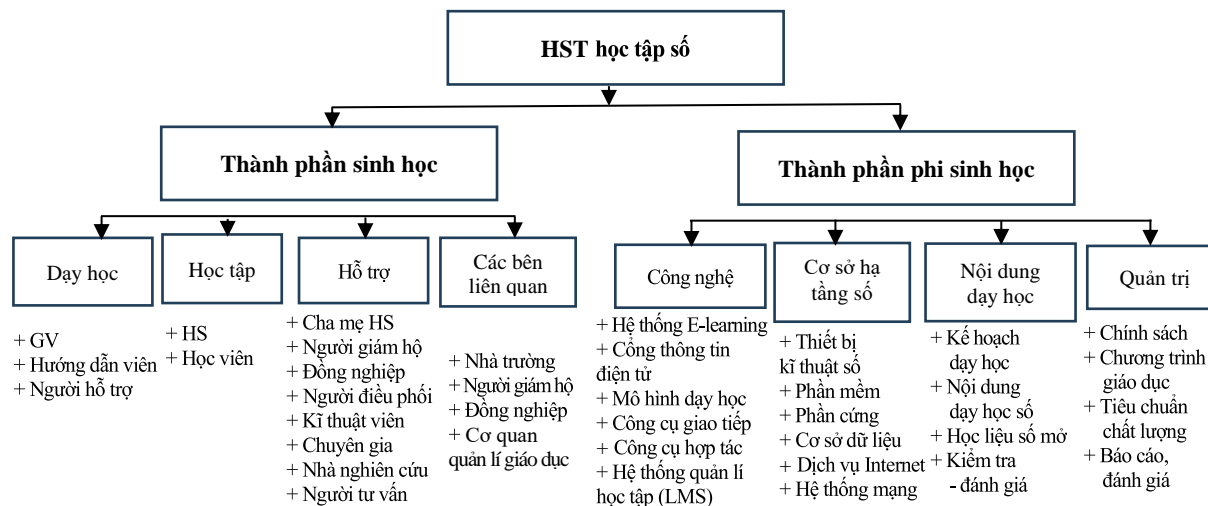
Hình 2. Cấu trúc HST giáo dục số (Põldoja, 2016)

Bảng 1. Đặc điểm tương tự giữa HST tự nhiên và HST giáo dục số

HST tự nhiên	HST giáo dục số
Các tài nguyên, dinh dưỡng được dự trữ trong sinh khối là nguồn năng lượng và quay vòng.	Học liệu số (như bài giảng trực tuyến, video, sách điện tử, và tài liệu tương tác) là nguồn tài nguyên, dinh dưỡng cho cả người học và GV. Nội dung này được chuyển tải thông qua các công cụ số và nền tảng học tập.
Dòng năng lượng và trao đổi vật chất thông qua HST mở được điều chỉnh bởi sự tương tác của các loài và thành phần phi sinh học (mạng lưới năng lượng và vật chất) - phụ thuộc đặc điểm của các loài, sự đa dạng và phân bố và tương tác giữa chúng (cộng sinh, kí sinh, hội sinh).	Vòng tuần hoàn năng lượng trong HST giáo dục số từ các nguồn lực, dữ liệu, kiến thức và công nghệ được sử dụng, chuyển đổi, và tái tạo liên tục để thúc đẩy sự phát triển và nâng cao hiệu quả giáo dục.
Dòng năng lượng trong HST bắt nguồn từ môi trường được sinh vật sản xuất hấp thụ và biến đổi thành năng lượng.	Giảng dạy và học tập như một dạng năng lượng trong HST học tập giáo dục số để biến đổi “thông tin thành kiến thức”.
Sự tồn tại của vòng tuần hoàn và từ môi trường cho phép các loài thích nghi với môi trường và môi trường thay đổi do các loài cho phép các sinh vật đóng góp và hưởng lợi từ thông tin môi trường.	Công nghệ số là yếu tố quan trọng trong việc duy trì và thúc đẩy dòng năng lượng trong HST giáo dục số. “Dịch vụ” được kích hoạt bởi những người dùng (người học, người dạy) và ý định học tập của họ. Nhận thức của người học/GV sẽ tạo ra các dịch vụ trong hệ thống học tập điện tử.
Tương tác bên trong thúc đẩy các quá trình HST và được kiểm soát bởi chính HST. Nhóm quần thể sử dụng mối liên hệ khác nhau và hình thành các liên minh (cộng đồng) tạm thời chia sẻ tài nguyên.	Phân tích học tập và phản hồi là một phần không thể thiếu của dòng năng lượng trong HST số. Hình thành các cộng đồng mạng, các loại tương tác khác, dựa trên giao tiếp, tín hiệu giữa các tác nhân, nhận thức lẫn nhau, tự tổ chức và phát triển.

“Thích ứng” (adaptation) là khái niệm quan trọng trong HST tự nhiên, liên quan đến sự tồn tại và phát triển bền vững của HST. Tương tự trong giáo dục cũng phát triển khái niệm “đạy học thích ứng” (adaptive learning). Sự thích ứng trong HST giáo dục số không chỉ tạo ra môi trường số mà còn liên quan đến năng lực số của cá nhân cũng như văn hóa, thói quen, cơ chế làm việc trong môi trường số. Sự phát triển nhanh chóng của khoa học và công nghệ thông tin, Cách mạng công nghiệp lần thứ tư và chuyển đổi số đòi hỏi các tổ chức, cá nhân phải liên tục tái cấu trúc từ nhận thức, thái độ, kỹ thuật và phương pháp làm việc và phát triển phương pháp mới thích ứng với các điều kiện thay đổi.

2.3. Đề xuất khung kiến trúc hệ sinh thái giáo dục số



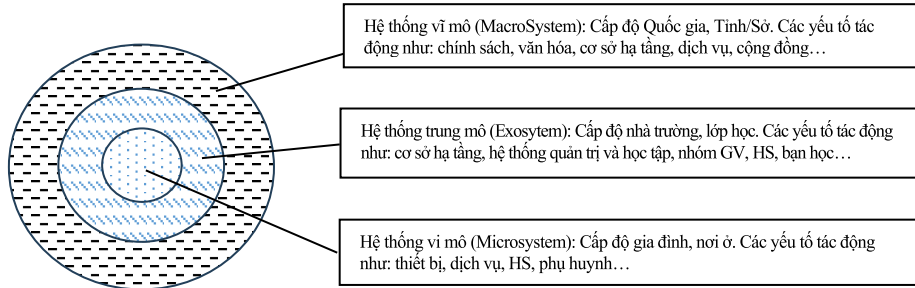
Hình 3. Các thành phần của HST học tập số (Nguyen & Tuamsuk, 2022)

HST giáo dục số đã được khám phá ở nhiều khía cạnh khác nhau tùy thuộc vào môi trường, đối tượng, mục tiêu của HST và đặc điểm tổ chức. Nghiên cứu này đề xuất khung kiến trúc HST giáo dục số dựa trên cơ sở hai mô hình sau:

+ *Mô hình HST với hai thành phần sinh học và phi sinh học*: Nghiên cứu về HST học tập số của Nguyen và Tuamsuk (2022), dựa trên các đối tượng tham gia, nền tảng kỹ thuật số, phương pháp, công nghệ, tài nguyên giáo dục và công cụ học tập (hình 3).

+ *Mô hình HST dựa trên các đặc điểm môi trường*: Mô hình HST này dựa trên các đặc điểm của cơ sở giáo dục, các bên liên quan và môi trường. Bronfenbrenner (1979) nhấn mạnh cách trẻ em lớn lên trong các môi trường văn hóa và thường xuyên biến đổi, bao gồm các hệ thống ở cấp độ: hệ thống vĩ mô (MacroSystem), hệ thống trung mô

(Exosystem) và hệ thống vi mô (Microsystem) (hình 4). Mô hình HST giáo dục số của Bronfenbrenner (1979) cho thấy các cá nhân không tồn tại biệt lập mà thay vào đó bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường như xã hội, nhà trường và gia đình.



Hình 4. Mô hình hệ thống sinh thái tác giả điều chỉnh mô hình của Bronfenbrenner (1979)

Tiếp cận dựa trên hai mô hình hệ thống sinh thái theo môi trường giáo dục số, các thành phần sinh học, phi sinh học và xác định các yếu tố chính ảnh hưởng đến HST giáo dục số trường học như: cơ sở hạ tầng; chính phủ/chính sách; trường học/GV; HS/phụ huynh; nhà cung cấp/tài trợ, nghiên cứu này đề xuất khung kiến trúc HST giáo dục số (bảng 3):

Bảng 3. Khung kiến trúc HST giáo dục số trường học

Môi trường	Thành phần	Chỉ số
Xã hội/ Cộng đồng (Tỉnh/ Sở GD-ĐT)	A1. Chính sách/chuyển đổi số	A1.1. Kế hoạch/ chiến lược chuyển đổi số Tỉnh/Sở.
		A1.2. Chỉ đạo, triển khai ứng dụng công nghệ thông tin, chuyển đổi số.
		A1.3. Chương trình/nội dung giảng dạy.
		A1.4. Đào tạo/bồi dưỡng GV.
	A2. Hạ tầng viễn thông và Internet	A2.1. Kết nối Internet cố định, di động (Tốc độ upload/download Internet).
		A2.2. Mạng truyền hình số.
		A2.3. Quyền truy cập Internet/truyền hình số.
		A2.4. Chi phí Internet/truyền hình số.
	A3. Hạ tầng dữ liệu số	A3.1. Kho dữ liệu giáo dục mở.
		A3.2. Phần mềm kết nối và trao đổi dữ liệu với cơ sở dữ liệu ngành Giáo dục.
A3.3. Học liệu được số hóa.		
A3.4. Công thông tin giáo dục.		
A4. Hạ tầng an toàn, an ninh mạng	A4.1. Trung tâm Điều hành An ninh mạng.	
	A4.2. Hệ thống Phát hiện và Ngăn chặn xâm nhập.	
	A4.3. Giải pháp bảo vệ Thiết bị đầu cuối.	
	A4.4. Quản lý truy cập và định danh.	
A5. Dịch vụ và tiện ích công nghệ số	A5.1. Nền tảng học tập kỹ thuật số.	
	A5.2. Sự tham gia của công ty cung cấp dịch vụ giáo dục, đối tác/nhà tài trợ.	
	A5.3. Tiện ích số (Định danh số; Thanh toán số; Hóa đơn số; Xác thực văn bản số; Chữ ký số).	
	A5.4. Chi phí đầu tư và vận hành công nghệ số.	
Trường học	B1. Hệ thống thiết bị mạng và kỹ thuật số trường học	B1.1. Kết nối Internet.
		B1.2. Máy tính phục vụ quản lý, điều hành.
		B1.3. Thiết bị kỹ thuật số phục vụ hỗ trợ dạy học trên lớp.
		B1.4. Thiết bị số hóa dữ liệu.
	B2. Hệ thống quản trị số	B2.1. Website trường học công khai thông tin giáo dục, các dịch vụ công trực tuyến.
		B2.2. Phần mềm quản lý nhà trường.
		B2.3. Phần mềm kết nối và trao đổi dữ liệu với cơ sở dữ liệu Ngành.
		B2.4. Triển khai dịch vụ thu phí số.
	B3. Quản trị số	B3.1. Kế hoạch ứng dụng công nghệ thông tin, chuyển đổi số nhà trường.
		B3.2. Năng lực số của nhà quản lý.
		B3.3. Xây dựng các quy trình khai thác hệ thống quản trị số.
		B3.4. Chính sách và quy định khuyến khích GV sáng tạo nội dung số.
	B4. GV	B4.1. Thiết bị và phần mềm của GV.
		B4.2. Năng lực số của GV.
		B4.3. Khả năng truy cập Internet và chi trả của GV.
B4.4. Tham gia cộng đồng và chia sẻ trong cộng đồng giáo dục số.		
B5. Hỗ trợ CNTT	B5.1. Tập huấn năng lực số cho cán bộ và GV.	
	B5.2. Tổ chức, phân công cán bộ phụ trách triển khai và hỗ trợ công nghệ thông tin.	

Gia đình		B5.3. Chính sách hỗ trợ GV và HS tham gia HST số. B5.4. Bảo trì định kỳ và đảm bảo các thiết bị luôn hoạt động tốt.
	C1. Thiết bị kỹ thuật số và mạng của gia đình	C1.1. Thiết bị kỹ thuật số trong gia đình. C1.2. Mạng Internet/truyền hình số trong gia đình. C1.3. Phần mềm diệt virus và bảo mật. C1.4. Phần mềm thiết lập kiểm soát của phụ huynh.
	C2. HS	C2.1. Năng lực số của HS. C2.2. Quyền truy cập vào các tài liệu học tập số, sách điện tử, video giảng dạy và các nguồn tài nguyên trực tuyến khác. C2.3. Tham gia cộng đồng học tập trực tuyến. C2.4. Thái độ và trách nhiệm trong học tập trong môi trường số.
	C3. Phụ huynh	C3.1. Năng lực số của phụ huynh. C3.2. Tạo điều kiện cho HS có không gian học tập yên tĩnh và hỗ trợ về mặt tinh thần. C3.3. Liên lạc với GV, nhà trường qua các kênh trực tuyến. C3.4. Quản lý, hướng dẫn HS về an toàn mạng.
	C4. Khả năng truy cập và chi trả mạng Internet	C4.1. Đường truyền Internet mạnh và ổn định. C4.2. Khả năng truy cập Internet/truyền hình số ở trung tâm cộng đồng hoặc các địa điểm công cộng. C4.3. Khả năng tài chính để chi trả cho gói dịch vụ Internet hàng tháng. C4.4. Nhận hỗ trợ tài chính cho dịch vụ Internet phục vụ mục đích giáo dục.

2.4. Kiến tạo hệ sinh thái giáo dục số

Mặc dù HST giáo dục số mở ra nhiều cơ hội cho giáo dục trong tương lai song quá trình xây dựng và phát triển vẫn gặp phải những thách thức đáng kể. Các rào cản trong việc kiến tạo HST giáo dục số mang tính toàn cầu, bao gồm: hạn chế về cơ sở hạ tầng kỹ thuật số (kết nối Internet băng thông rộng, thiết bị máy tính và ngoại vi cần thiết), thiếu phần mềm phù hợp, học liệu số, cũng như nguồn nhân lực có khả năng vận hành các hệ thống học tập số (Falk et al., 2015; Falk & Dierking, 2018; Costa et al., 2021). Tại Việt Nam, những hạn chế trở nên rõ rệt trong đại dịch Covid-19, khi các trường học buộc phải chuyển từ dạy học trực tiếp sang hình thức học từ xa. Sự chênh lệch về điều kiện tiếp cận công nghệ giữa các vùng miền đã dẫn đến tình trạng “cô lập kỹ thuật số.” Trước thực trạng trên, Chính phủ đã triển khai nhiều chính sách nhằm giảm chi phí kết nối Internet và hỗ trợ công nghệ, thiết bị cho dạy học trực tuyến. Những biện pháp này đã góp phần quan trọng trong việc duy trì hoạt động giáo dục trong giai đoạn khủng hoảng. Trong tương lai, để xây dựng một HST giáo dục số bền vững, cần ưu tiên thu hẹp khoảng cách số, đặc biệt tại các khu vực có điều kiện khó khăn; qua đó giúp đảm bảo tính công bằng trong tiếp cận giáo dục mà còn mở rộng cơ hội học tập cho nhiều đối tượng HS hơn.

Dưới đây là những gợi ý cụ thể để kiến tạo HST giáo dục số: - *Trang bị hạ tầng công nghệ cơ bản*: Đảm bảo Internet ổn định, ưu tiên băng thông cao hoặc kết nối vệ tinh tại vùng xa; Hỗ trợ thiết bị học tập cho HS khó khăn thông qua chương trình tài trợ hoặc cho mượn; Ứng dụng năng lượng tái tạo tại khu vực chưa có điện; - *Phát triển nền tảng và nội dung giáo dục số hóa*: Xây dựng nền tảng học trực tuyến miễn phí hoặc chi phí thấp; Cung cấp video bài giảng, tài liệu điện tử, bài tập trực tuyến chất lượng cao; Nội dung số hóa phù hợp với văn hóa, ngôn ngữ và chương trình giáo dục địa phương; - *Đào tạo và hỗ trợ GV*: Tổ chức tập huấn về giảng dạy trực tuyến và công nghệ giáo dục; Thành lập đội ngũ hỗ trợ kỹ thuật và GV cốt cán; Cung cấp hướng dẫn và công cụ giúp GV giảng dạy hiệu quả; - *Huy động sự tham gia của cộng đồng*: Hợp tác với doanh nghiệp, tổ chức phi chính phủ, trường đại học để huy động nguồn lực; Xây dựng cộng đồng giáo dục số với sự tham gia của GV, HS, phụ huynh; Hướng dẫn phụ huynh hỗ trợ con học tập trực tuyến; - *Xây dựng chính sách và tài trợ cho giáo dục số*: Đề xuất ưu đãi thuế, hỗ trợ tài chính cho doanh nghiệp phát triển giáo dục số; Huy động quỹ và kêu gọi tài trợ để mở rộng tiếp cận giáo dục số; - *Xây dựng các công cụ đánh giá và cải thiện HST giáo dục số*: Thiết lập chỉ số đo lường mức độ tiếp cận và hiệu quả của giáo dục số; Đánh giá định kỳ, cập nhật và cải tiến HST theo nhu cầu thực tế.

3. Kết luận

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp lần thứ tư và sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin, HST giáo dục số đóng vai trò trọng yếu trong việc nâng cao chất lượng giáo dục và đáp ứng nhu cầu học tập ngày càng đa dạng. Việc xây dựng một HST giáo dục số bền vững và hiệu quả đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa chính sách, hạ tầng công nghệ, nguồn lực tài chính và nhân sự nhằm đảm bảo tính đồng bộ, khả năng tiếp cận và tính ứng dụng thực tiễn. Một trong những yếu tố quyết định hiệu quả của HST giáo dục số là năng lực số của đội ngũ GV. Bên cạnh đó, hệ thống học liệu số cần được thiết kế theo hướng chuẩn hóa, dễ tiếp cận và phù hợp với đặc điểm của từng nhóm đối tượng HS, đảm bảo tính tương tác và hiệu quả tiếp thu kiến thức. Ngoài ra, sự phát triển của HST giáo dục số đòi hỏi sự tham gia tích

cực của nhiều bên liên quan, bao gồm cơ quan quản lý giáo dục, doanh nghiệp công nghệ, tổ chức phi chính phủ và cộng đồng. Việc huy động nguồn lực xã hội không chỉ giúp cải thiện hạ tầng công nghệ và cung cấp trang thiết bị học tập mà còn góp phần thu hẹp khoảng cách số, đặc biệt tại các khu vực có điều kiện KT-XH khó khăn. Tóm lại, phát triển HST giáo dục số cần được tiếp cận toàn diện, trong đó công nghệ là công cụ hỗ trợ, còn yếu tố con người, nội dung học liệu và sự hợp tác đa bên là những thành tố cốt lõi quyết định tính bền vững và hiệu quả của giáo dục số trong tương lai.

Lời cảm ơn: Bài báo này là kết quả nghiên cứu của đề tài Khoa học công nghệ cấp tỉnh “Xây dựng hệ sinh thái giáo dục số cho các trường phổ thông trên địa bàn tỉnh Hòa Bình” theo Quyết định số 2743/QĐ-UBND ngày 24/11/2023 của UBND tỉnh Hoà Bình về việc Phê duyệt kết quả tuyển chọn, giao trực tiếp tổ chức, cá nhân chủ trì thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp tỉnh bắt đầu thực hiện từ năm 2024.

Tài liệu tham khảo

- Anderson, S. C., Elsen, P. R., Hughes, B. B., Tonietto, R. K., Bletz, M. C., Gill, D. A., Holgerson, M. A., Kuebbing, S. E., MacKenzie, C. M., Meek, M. H., & Verissimo, D. (2021). Trends in ecology and conservation over eight decades. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(5), 274-282. <https://doi.org/10.1002/fee.2320>
- Barron, B. (2006). Interest and self-sustained learning as catalysts of development: A learning ecology perspective. *Human Development*, 49(4), 193-224. <https://doi.org/10.1159/000094368>
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology, from Individuals to Ecosystems* (4th ed). Blackwell Publishing.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiment by nature and design*. Harvard University Press.
- Chang, E., & West, M. (2006). *Digital Ecosystems A Next Generation of the Collaborative Environment*. Information Integration and Web-based Applications & Services, 3-24. <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/iiwas/iiwas2006.html#ChangW06>
- Costa, M. A. da S., Nedzhad, A., & Lucic, D. (2021). *Designing a digital education ecosystem*. In *Proceedings of the 68th International Scientific Conference on Economic and Social Development*. Aveiro.
- Eldredge, N. (2002). *Life on earth: An encyclopedia of biodiversity, ecology, and evolution*. ABC-CLIO. <https://doi.org/10.5040/9798216190813>
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2018). Viewing science learning through an ecosystem lens: A story in two parts. In D. Corrigan, C. Bunting, A. Jones, & J. Loughran (Eds.), *Navigating the changing landscape of formal and informal science learning opportunities* (pp. 9-29). Springer International Publishing.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., Osborne, J., Wenger, M., Dawson, E., & Wong, B. (2015). Analyzing science education in the United Kingdom: Taking a system-wide approach. *Science Education*, 99(1), 145-173. <https://doi.org/10.1002/sc.21140>
- Hecht, M., & Crowley, K. (2019). Unpacking the Learning Ecosystems Framework: Lessons from the Adaptive Management of Biological Ecosystems. *Journal of the Learning Sciences*, 29(2), 264-284. <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1693381>
- Nguyen, L. T., & Tuamsuk, K. (2022). Digital learning ecosystem at educational institutions: A content analysis of scholarly discourse. *Cogent Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2022.2111033>
- Pöldoja, H. (2016). *The structure and components for the open education ecosystem: Constructive design research of online learning tools*. Aalto University, Helsinki, Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-6993-7>
- Polechová, J., & Storch, D. (2008). *Ecological niche*. In *Encyclopedia of Ecology* (pp. 1088-1097). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00811-9>
- Reyna, J. (2011). *Digital teaching and learning ecosystem (DTLE): A theoretical approach for online learning environments*. ASCILITE Publications. <https://doi.org/10.14742/apubs.2011.1809>
- Thủ tướng Chính phủ (2017). *Quyết định số 117/QĐ-TTg ngày 25/01/2017 phê duyệt “Đề án tăng cường ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý và hỗ trợ hoạt động dạy - học, nghiên cứu khoa học, góp phần nâng cao chất lượng giáo dục và đào tạo giai đoạn 2017-2020, định hướng đến năm 2025”*.
- Thủ tướng Chính phủ (2020). *Quyết định số 749/QĐ-TTg ngày 03/6/2020 phê duyệt “Chương trình chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến năm 2030”*.
- UNESCO (2020). *Distance learning solutions*. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/solutions>