

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THỰC TẾ TĂNG CƯỜNG (AR) TRONG XÂY DỰNG HỆ THỐNG HỌC LIỆU SỐ DẠY HỌC HÌNH HỌC Ở TRƯỜNG THCS

Phạm Ngọc Sơn

Đỗ Đoàn Ngọc Nhi, Lê Thị Thùy Dương, Lê Phương Linh, Hoàng Văn Nam

Trường Đại học Thủ đô Hà Nội

Tóm tắt: Trong bối cảnh đổi mới giáo dục và sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến vào dạy học đang trở thành xu hướng tất yếu. Bài báo này giới thiệu và phân tích việc sử dụng công nghệ thực tế tăng cường (AR) để xây dựng hệ thống học liệu số trong dạy học hình học tại các trường Trung học Cơ sở (THCS). Với sự hỗ trợ của công nghệ AR, học sinh không chỉ được tiếp cận với các khái niệm hình học trừu tượng một cách trực quan và sinh động hơn, mà còn tăng cường khả năng tương tác với bài học. Nghiên cứu này tập trung vào ứng dụng AR qua phần mềm GeoGebra, một công cụ mạnh mẽ hỗ trợ học toán học trực tuyến. Kết quả khảo nghiệm cho thấy việc ứng dụng công nghệ AR trong dạy học hình học giúp nâng cao hiệu quả giảng dạy và tạo động lực học tập cho học sinh.

Từ khóa: Công nghệ thực tế tăng cường (AR), hệ thống học liệu số, hình học, dạy học Toán, THCS, GeoGebra, giáo dục STEM.

Nhận bài ngày 15.11.2024; gửi phản biện, chỉnh sửa, duyệt đăng ngày 20.01.2025

Liên hệ tác giả: Phạm Ngọc Sơn; email: pnsn@hnm.edu.vn

1. MỞ ĐẦU

Giáo dục hiện đại ngày càng đề cao việc sử dụng công nghệ trong quá trình giảng dạy, với mục tiêu nâng cao chất lượng học tập và giúp học sinh tiếp cận kiến thức một cách hiệu quả hơn. Trong đó, công nghệ thực tế tăng cường [1],[2],[3] đã và đang thu hút sự quan tâm đặc biệt của các nhà nghiên cứu giáo dục bởi khả năng mang lại những trải nghiệm học tập mới mẻ, sinh động và trực quan [4]. Công nghệ AR cho phép tạo ra những mô hình 3D giúp học sinh tương tác với các vật thể, mang lại sự sinh động và trực quan hơn so với phương pháp giảng dạy truyền thống [5]. Nhờ vào những lợi ích này, AR đang được triển khai trong nhiều lĩnh vực giáo dục khác nhau, đặc biệt là trong việc dạy học các môn có tính trừu tượng cao như Toán học.

Trong chương trình giáo dục phổ thông mới của Việt Nam, môn Toán học được xem là một môn học nền tảng, giúp học sinh phát triển năng lực tư duy và giải quyết vấn đề. Tuy nhiên, việc dạy học môn Toán, đặc biệt là hình học, thường gặp phải khó khăn khi học sinh phải tưởng tượng và hình dung các đối tượng hình học không gian [6], [7]. Những khái niệm trừu tượng trong hình học như hình khối, mặt phẳng, và các phép biến đổi hình học thường khiến học sinh cảm thấy khó hiểu và dễ mất hứng thú. Trong khi đó, các phương

pháp giảng dạy truyền thống chưa thực sự hiệu quả trong việc giúp học sinh phát triển tư duy không gian và trực quan hóa các khái niệm toán học.

Sự ra đời của công nghệ AR đã mang đến một công cụ hỗ trợ mạnh mẽ cho quá trình giảng dạy và học tập hình học. AR không chỉ giúp học sinh quan sát và tương tác trực tiếp với các mô hình hình học 3D mà còn giúp các em hiểu rõ hơn về cấu trúc và tính chất của các đối tượng hình học [8]. Điều này góp phần nâng cao chất lượng giảng dạy, khơi dậy sự hứng thú và cải thiện khả năng học tập của học sinh. Bên cạnh đó, việc sử dụng AR còn giúp giáo viên tạo ra các hoạt động giảng dạy sinh động, giảm thiểu sự phụ thuộc vào sách giáo khoa và các phương pháp giảng dạy truyền thống [9].

Trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra hiệu quả của việc sử dụng AR trong giáo dục, đặc biệt là trong việc dạy học hình học. Chẳng hạn, Yuen và cộng sự (2011) cho rằng AR giúp cải thiện khả năng trực quan hóa của học sinh và làm cho các bài học trở nên hấp dẫn hơn. Ở Việt Nam, mặc dù đã có một số nghiên cứu bước đầu về việc áp dụng công nghệ AR trong giáo dục, song việc triển khai AR trong dạy học hình học ở bậc THCS vẫn còn rất hạn chế [10],[11]. Điều này đặt ra nhu cầu cấp thiết phải nghiên cứu và xây dựng hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR để hỗ trợ việc dạy học hình học tại các trường THCS.

Nghiên cứu này nhằm xây dựng hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR để hỗ trợ việc giảng dạy và học tập hình học tại các trường THCS. Thông qua việc sử dụng công nghệ AR, học sinh sẽ có cơ hội tiếp cận với các mô hình hình học trực quan, giúp các em phát triển tư duy không gian và hiểu rõ hơn về các khái niệm hình học. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đánh giá hiệu quả của việc áp dụng công nghệ AR trong giảng dạy và học tập, từ đó đề xuất các giải pháp cải thiện chất lượng dạy học môn Toán trong bối cảnh đổi mới giáo dục.

Nghiên cứu đặt ra các mục tiêu cụ thể như sau:

1. Xây dựng hệ thống học liệu số sử dụng công nghệ AR cho môn hình học THCS.
2. Đánh giá hiệu quả của việc sử dụng công nghệ AR trong giảng dạy và học tập môn hình học, đặc biệt là trong việc phát triển tư duy không gian và khả năng trực quan hóa của học sinh.
3. Đề xuất các phương pháp giảng dạy tích hợp công nghệ AR nhằm nâng cao chất lượng dạy học môn Toán tại các trường THCS.

2. NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý luận

Công nghệ thực tế tăng cường (Augmented Reality – AR) là công nghệ cho phép tích hợp thông tin ảo vào thế giới thực và tương tác với nó theo thời gian thực. Không giống như thực tế ảo (Virtual Reality – VR), AR không thay thế hoàn toàn thế giới thực mà kết hợp các yếu tố ảo với môi trường thực tế [4]. AR sử dụng các thiết bị điện tử như smartphone, tablet, hoặc kính AR để hiển thị các đối tượng ảo 3D. Những đặc điểm này giúp AR trở thành một công cụ hữu ích trong giáo dục, đặc biệt là trong các môn học yêu cầu trực quan hóa cao như Toán học.

Ứng dụng của AR trong giáo dục đã được nhiều nhà nghiên cứu và giáo dục viên khẳng định. Công nghệ này không chỉ giúp học sinh hình dung các khái niệm trừu tượng mà còn tạo ra những trải nghiệm học tập sinh động, thu hút học sinh tham gia tích cực hơn vào quá trình học tập [12],[13]. AR giúp giải quyết nhiều thách thức trong giáo dục truyền thống, đặc biệt là khi học sinh gặp khó khăn trong việc hình dung và hiểu các khái niệm hình học không gian.

Theo Salinas và cộng sự (2020), việc sử dụng AR trong giảng dạy hình học có thể giúp cải thiện khả năng tư duy không gian của học sinh, giúp họ dễ dàng tiếp cận và hiểu các

khái niệm hình học phức tạp như khối đa diện, hình chóp, hình lăng trụ và các phép biến đổi không gian. Các ứng dụng AR như GeoGebra AR, Shapes 3D và Arloon Geometry đã được sử dụng để hỗ trợ giảng dạy môn Toán và đem lại hiệu quả cao trong việc phát triển tư duy hình học của học sinh [14].

Hệ thống học liệu số được hiểu là các tài liệu giáo dục dưới dạng số hóa, bao gồm các tài liệu học tập, video, hình ảnh, phần mềm hỗ trợ giảng dạy, và các ứng dụng tương tác. Việc xây dựng và sử dụng hệ thống học liệu số giúp giáo viên và học sinh tiếp cận với các nguồn tài liệu học tập đa dạng, phong phú và linh hoạt hơn. Trong bối cảnh công nghệ phát triển mạnh mẽ, việc ứng dụng hệ thống học liệu số trong giảng dạy là xu hướng tất yếu nhằm nâng cao chất lượng giáo dục [15].

Trong môn Toán học, hệ thống học liệu số đặc biệt hữu ích khi giúp học sinh hình dung rõ ràng hơn về các khái niệm trừu tượng, qua đó phát triển tư duy toán học và khả năng giải quyết vấn đề. Hệ thống học liệu số kết hợp với AR càng làm tăng tính tương tác, giúp học sinh trực tiếp trải nghiệm các khái niệm toán học thông qua các mô hình 3D, từ đó nắm bắt kiến thức một cách chủ động và hiệu quả hơn.

2.2. Xây dựng hệ thống học liệu số dạy học hình học THCS bằng công nghệ AR

Việc xây dựng hệ thống học liệu số dạy học hình học THCS bằng công nghệ AR phải đảm bảo các nguyên tắc sau:

- **Tính phù hợp:** Hệ thống học liệu phải phù hợp với chương trình giáo dục phổ thông mới của Bộ Giáo dục và Đào tạo, cụ thể là các yêu cầu về nội dung hình học cho học sinh THCS.

- **Tính trực quan và tương tác:** Học liệu phải đảm bảo tính trực quan cao, cho phép học sinh tương tác với các mô hình 3D để tăng cường khả năng tư duy và hiểu biết về hình học không gian.

- **Tính dễ sử dụng:** Học liệu phải dễ dàng tiếp cận và sử dụng, phù hợp với trình độ của giáo viên và học sinh trong môi trường giáo dục phổ thông.

- **Tính linh hoạt:** Hệ thống học liệu phải cho phép giáo viên điều chỉnh và sử dụng linh hoạt trong nhiều ngữ cảnh giảng dạy khác nhau, từ lớp học truyền thống đến học trực tuyến.

Quy trình xây dựng hệ thống học liệu số dạy học hình học bằng công nghệ AR bao gồm các bước sau:

Bước 1: Xác định nội dung hình học cần xây dựng học liệu số. Nội dung học liệu sẽ tập trung vào các chủ đề hình học cơ bản trong chương trình giáo dục phổ thông môn Toán THCS, bao gồm các khái niệm về hình khối (hình lập phương, hình lăng trụ, hình chóp, v.v.), các phép biến đổi hình học, và hình học không gian. Đây là các nội dung mà học sinh thường gặp khó khăn trong việc hình dung và tiếp cận khi học bằng phương pháp truyền thống.

Bước 2: Lựa chọn công cụ AR để xây dựng học liệu. GeoGebra AR được lựa chọn là công cụ chính để xây dựng các mô hình hình học 3D trong hệ thống học liệu số. GeoGebra AR cho phép giáo viên và học sinh dễ dàng tạo ra các mô hình toán học 3D và tương tác trực tiếp với chúng, giúp học sinh có thể quan sát các khối hình học từ nhiều góc độ khác nhau và hiểu rõ hơn về cấu trúc của chúng.

Bước 3: Thiết kế các mô hình học liệu số. Dựa trên nội dung đã xác định, các mô hình học liệu số sẽ được thiết kế dưới dạng các mô hình 3D có thể tương tác được, bao gồm các hình khối không gian và các phép biến đổi hình học. Các mô hình này sẽ được tích hợp vào các bài học hình học cụ thể, giúp học sinh có thể quan sát và tương tác với chúng trực tiếp trên các thiết bị điện tử.

Bước 4: Thử nghiệm và hiệu chỉnh hệ thống học liệu số. Sau khi thiết kế xong, hệ thống học liệu sẽ được đưa vào thử nghiệm tại một số trường THCS để đánh giá tính khả thi và hiệu quả của việc sử dụng AR trong giảng dạy hình học. Dựa trên phản hồi của giáo viên và học sinh, hệ thống học liệu sẽ được hiệu chỉnh để hoàn thiện hơn.

2.3. Đánh giá hiệu quả của hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR

Nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành thực nghiệm tại một số trường THCS để đánh giá hiệu quả của hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR trong giảng dạy hình học. Các buổi dạy học sẽ được tổ chức với sự tham gia của giáo viên và học sinh, trong đó giáo viên sẽ sử dụng hệ thống học liệu số kết hợp với AR để giảng dạy các chủ đề hình học đã xác định.

Các tiêu chí đánh giá hiệu quả của hệ thống học liệu số bao gồm:

- Hiệu quả học tập: Kết quả học tập của học sinh sau khi tham gia các buổi học sử dụng AR sẽ được so sánh với kết quả học tập của học sinh sử dụng phương pháp giảng dạy truyền thống.

- Mức độ hứng thú: Mức độ hứng thú của học sinh đối với việc học hình học sẽ được đánh giá thông qua các bảng hỏi và phỏng vấn sau các buổi học.

- Phản hồi từ giáo viên: Giáo viên sẽ được khảo sát về mức độ hài lòng với hệ thống học liệu số, cũng như những khó khăn và thuận lợi trong quá trình sử dụng AR trong giảng dạy.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được tiến hành trên 120 học sinh lớp 8 và 10 giáo viên Toán tại một số trường THCS trên địa bàn thành phố Hà Nội. Trước khi sử dụng hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR, một bảng khảo sát về mức độ khó khăn trong học tập và giảng dạy hình học được tiến hành. Kết quả khảo sát trước thực nghiệm cho thấy:

- 75% học sinh gặp khó khăn trong việc hình dung các đối tượng hình học không gian.
- 68% học sinh cảm thấy không hứng thú khi học các bài học liên quan đến hình học.
- 80% giáo viên cho rằng việc giảng dạy hình học gặp nhiều thách thức do tính trừu tượng của môn học.

Sau khi áp dụng hệ thống học liệu số dựa trên công nghệ AR trong giảng dạy hình học, kết quả thu được như sau:

Tiêu chí	Trước thực nghiệm (n=120)	Sau thực nghiệm (n=120)
Học sinh hiểu rõ các khái niệm hình học	25%	85%
Học sinh gặp khó khăn trong học hình học	75%	20%
Học sinh cảm thấy hứng thú với môn học	32%	78%
Giáo viên gặp khó khăn trong giảng dạy	80%	35%

Bảng trên cho thấy có sự cải thiện rõ rệt sau khi sử dụng hệ thống học liệu số dựa trên AR trong giảng dạy hình học. Tỷ lệ học sinh hiểu rõ các khái niệm hình học tăng từ 25% lên 85%, trong khi tỷ lệ học sinh gặp khó khăn giảm từ 75% xuống còn 20%. Bên cạnh đó, tỷ lệ học sinh cảm thấy hứng thú với môn học tăng từ 32% lên 78%.

Để đánh giá sự khác biệt về hiệu quả học tập của học sinh trước và sau khi sử dụng công nghệ AR, nhóm nghiên cứu đã sử dụng kiểm định t-test cho các cặp giá trị trước và sau thực nghiệm. Kết quả kiểm định cho thấy:

- Học sinh hiểu rõ các khái niệm hình học: $p < 0.01$, chứng tỏ sự cải thiện đáng kể về mức độ hiểu bài sau khi sử dụng AR.

- Học sinh gặp khó khăn trong học hình học: $p < 0.05$, chỉ ra rằng việc áp dụng AR giúp giảm thiểu khó khăn trong học hình học.

- Học sinh cảm thấy hứng thú với môn học: $p < 0.01$, cho thấy AR có tác dụng tích cực trong việc tăng cường hứng thú học tập.

Những kết quả này đều có ý nghĩa thống kê, chứng tỏ rằng việc sử dụng công nghệ AR trong giảng dạy hình học đã mang lại hiệu quả tích cực.

Ngoài ra, các giáo viên tham gia thực nghiệm cũng cung cấp những phản hồi tích cực về hệ thống học liệu số. Họ nhận thấy rằng việc sử dụng AR giúp học sinh tương tác nhiều hơn với bài học, giảm thiểu sự phụ thuộc vào việc ghi nhớ lý thuyết và tăng cường khả năng tự học. Tuy nhiên, một số giáo viên cũng cho biết rằng việc tích hợp AR vào giảng dạy đòi hỏi phải đầu tư thời gian để làm quen với công nghệ và chuẩn bị bài giảng.

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh rằng việc sử dụng công nghệ AR trong giảng dạy hình học tại các trường THCS mang lại nhiều lợi ích, bao gồm:

Nâng cao khả năng trực quan hóa và hiểu biết: Học sinh có thể quan sát các mô hình hình học từ nhiều góc độ khác nhau, từ đó dễ dàng hiểu và ghi nhớ các khái niệm hình học.

Tăng cường hứng thú học tập: Việc học tập trở nên sinh động và hấp dẫn hơn, giúp học sinh cảm thấy hứng thú với môn học.

Giảm khó khăn trong giảng dạy: AR giúp giáo viên dễ dàng minh họa các khái niệm hình học phức tạp, từ đó giảm bớt những khó khăn trong giảng dạy truyền thống.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc áp dụng công nghệ thực tế tăng cường (AR) trong giảng dạy hình học tại các trường trung học cơ sở (THCS) mang lại những cải thiện đáng kể cho cả giáo viên và học sinh. Sự tiến bộ rõ rệt trong khả năng hiểu biết và hứng thú học tập của học sinh cho thấy AR có tiềm năng lớn trong việc cải thiện chất lượng giáo dục, đặc biệt là trong các môn học đòi hỏi tư duy không gian như hình học.

Sự cải thiện trong khả năng hiểu biết và hứng thú học tập

Trước thực nghiệm, kết quả khảo sát cho thấy đa phần học sinh gặp khó khăn trong việc hình dung các đối tượng hình học không gian, và sự hứng thú với môn học cũng ở mức thấp. Điều này tương đồng với kết quả của nhiều nghiên cứu trước đây, chỉ ra rằng học sinh thường gặp khó khăn trong việc tiếp cận các khái niệm hình học trừu tượng (Salinas et al., 2020). Tuy nhiên, sau khi sử dụng hệ thống học liệu số kết hợp AR, số lượng học sinh hiểu rõ các khái niệm hình học đã tăng lên đáng kể, từ 25% trước thực nghiệm lên đến 85% sau thực nghiệm.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Yuen và cộng sự (2011), cho rằng công nghệ AR giúp học sinh trực quan hóa các khái niệm toán học phức tạp và ghi nhớ chúng một cách lâu dài hơn. Bên cạnh đó, AR còn làm tăng tính tương tác của học sinh với bài học, tạo điều kiện cho học sinh tham gia tích cực hơn vào quá trình học tập. Điều này góp phần vào sự gia tăng hứng thú học tập của học sinh, từ 32% trước thực nghiệm lên đến 78% sau thực nghiệm.

Giảm bớt khó khăn trong giảng dạy

Đối với giáo viên, việc áp dụng AR trong giảng dạy hình học đã giúp giảm thiểu đáng kể các khó khăn liên quan đến việc truyền tải các khái niệm trừu tượng. Trước thực nghiệm, 80% giáo viên cho rằng họ gặp khó khăn trong việc giảng dạy các chủ đề hình học không gian, do các phương pháp giảng dạy truyền thống không thể giúp học sinh dễ dàng hình dung các đối tượng 3D. Tuy nhiên, sau thực nghiệm, tỷ lệ này giảm xuống còn 35%. Điều này cho thấy AR không chỉ giúp học sinh tiếp cận dễ dàng hơn với bài học mà còn làm giảm áp lực cho giáo viên trong quá trình giảng dạy.

Mặc dù kết quả nghiên cứu cho thấy AR mang lại nhiều lợi ích cho quá trình dạy và học, nhưng việc tích hợp công nghệ này vào giảng dạy vẫn còn một số hạn chế. Đầu tiên, việc triển khai AR yêu cầu thiết bị công nghệ và kỹ năng sử dụng công nghệ của cả giáo viên và học sinh. Một số giáo viên phản hồi rằng họ gặp khó khăn trong việc làm quen với công nghệ này và cần có thời gian để chuẩn bị bài giảng sử dụng AR.

Để khắc phục điều này, cần có các chương trình đào tạo giáo viên nhằm nâng cao kỹ năng sử dụng công nghệ AR trong giảng dạy. Đồng thời, cần đầu tư cơ sở hạ tầng công nghệ tại các trường học để đảm bảo việc triển khai AR diễn ra thuận lợi và hiệu quả.

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc áp dụng công nghệ AR trong giảng dạy hình học tại các trường THCS mang lại nhiều lợi ích, bao gồm việc cải thiện khả năng hiểu biết và hứng thú học tập của học sinh, cũng như giảm bớt khó khăn cho giáo viên trong việc truyền tải các khái niệm hình học phức tạp. Kết quả thực nghiệm cho thấy sự tăng trưởng rõ rệt trong khả năng hiểu bài của học sinh, từ 25% lên 85%, và sự giảm thiểu khó khăn trong giảng dạy cho giáo viên, từ 80% xuống 35%.

Những kết quả này đã khẳng định tiềm năng to lớn của công nghệ AR trong việc nâng cao chất lượng giáo dục, đặc biệt là trong môn Toán học, một môn học vốn được xem là khó khăn với nhiều học sinh. Tuy nhiên, để AR có thể phát huy hết tiềm năng của mình, cần có sự hỗ trợ từ nhà trường và cơ quan quản lý giáo dục trong việc cung cấp các điều kiện cơ sở vật chất và đào tạo giáo viên.

Tóm lại, công nghệ AR là một công cụ hữu ích trong việc đổi mới phương pháp giảng dạy, đặc biệt là trong bối cảnh giáo dục Việt Nam đang bước vào giai đoạn đổi mới toàn diện. Việc tích hợp AR vào giảng dạy sẽ góp phần nâng cao chất lượng giáo dục, giúp học sinh phát triển năng lực tư duy và sáng tạo, đáp ứng tốt hơn những yêu cầu của chương trình giáo dục phổ thông mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Steve Mann, Tom A. Furness, Yu Yuan, Jay Iorio, and Zixin Wang, “All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimediased Reality.”
2. Shumaker. R and Lackey. S, Eds. (2014), *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Applications of Virtual and Augmented Reality*, vol. 8526. in Lecture Notes in Computer Science, vol. 8526. Cham: Springer International Publishing, doi: 10.1007/978-3-319-07464-1.
3. Elmqaddem. N (2019), “Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality?” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, vol. 14, no. 03, p. 234, Feb. 2019.
4. Azuma. R (1997), “A Survey of Augmented Reality,” *Presence Virtual and Augmented Reality*, doi: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
5. Iordache. D. D, Pribeanu. C, and Balog. A (2012), “Influence of Specific AR Capabilities on the Learning Effectiveness and Efficiency,” *Studies in Informatics and Control*, doi: 10.24846/v21i3y201201.
6. Bộ GD và ĐT (2018), *Chương trình giáo dục phổ thông môn Toán*. Hà Nội: Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT.
7. Bộ Giáo dục và Đào tạo (2018), *Chương trình giáo dục phổ thông - Chương trình tổng thể*. Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT.
8. P. Chan, T. Van Gerven, Dubois. J.-L, and Bernaerts. K. (2021) “Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design,” *Computers and Education Open*, vol. 2, p. 100053, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.caeo.2021.100053.
9. N. Quang Linh and T. Quang Hiệu (2023) “Quan điểm của giáo viên về việc ứng dụng công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR) trong dạy học vật lý tại các tỉnh miền núi phía bắc Việt Nam,”

- VJE Tạp chí Giáo dục*, vol. 23, no. 21, pp. 7–11, 2023, [Online]. Available: <https://goeco.link/pSMfy>
10. V. T. T. Hoai *et al.* (2024) “The Current State of Virtual Reality and Augmented Reality Adoption in Vietnamese Education: A Teacher’s Perspective on Teaching Natural Sciences,” *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 14, no. 3, pp. 476–485, 2024, doi: 10.18178/ijiet.2024.14.3.2068.
 11. V. T. T. Hoai, P. N. Son, D. T. T. An, and N. V. Anh (2024). “An Investigation into whether Applying Augmented Reality (AR) in Teaching Chemistry Enhances Chemical Cognitive Ability,” *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, vol. 23, no. 4, pp. 195–216, Apr. 2024, doi: 10.26803/ijlter.23.4.11.
 12. Alrige. M, Bitar. H, Al-Suraihi. W, Bawazeer. K, and Al-hazmi. E (2021), “MicroWorld: An Augmented-Reality Arabian App to Learn Atomic Space,” *Technologies (Basel)*, doi: 10.3390/technologies9030053.
 13. Huang. K. T, Ball. C, Francis. Ratan. Boumis. J. R. J, and Fordham. J (2019). “Augmented versus virtual reality in education: An exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications,” *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, vol. 22, no. 2, pp. 105–110, Feb. 2019, doi: 10.1089/cyber.2018.0150.
 14. Chan. S. L. and Yuen. M (2013), “Teachers’ Beliefs and Practices for Nurturing Creativity in Students,” *Gifted Education International*, doi: 10.1177/0261429413511884.
 15. N. Selwyn (2015). “‘There’s So Much Data’: Exploring the Realities of Data-Based School Governance,” *European Educational Research Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 54–68, 2015, doi: 10.1177/1474904115602909.

APPLICATION OF AUGMENTED REALITY (AR) TECHNOLOGY IN DEVELOPING DIGITAL LEARNING MATERIALS FOR GEOMETRY TEACHING IN SECONDARY SCHOOLS

Abstract: In the context of educational reform and the rapid development of technology, integrating advanced technologies into teaching has become an inevitable trend. This paper introduces and analyzes the use of Augmented Reality (AR) technology in developing digital learning materials for teaching geometry in secondary schools. With the support of AR technology, students can approach abstract geometric concepts more visually and vividly, while enhancing their interaction with lessons. This research focuses on applying AR through GeoGebra software, a powerful tool for supporting online mathematics learning. The experimental results demonstrate that the application of AR technology in geometry teaching enhances teaching effectiveness and motivates students to learn.

Keywords: Augmented Reality (AR), digital learning materials, geometry, mathematics teaching, secondary schools, GeoGebra, STEM education.