

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC DUY TÂN



Lê Văn Chung

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ KỸ THUẬT
XỬ LÝ ĐỐI TƯỢNG VÀ MÔ PHỎNG
ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

Đà Nẵng - 2022

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC DUY TÂN



Lê Văn Chung

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ KỸ THUẬT
XỬ LÝ ĐỐI TƯỢNG VÀ MÔ PHỎNG
ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC**

Chuyên ngành: Khoa học máy tính
Mã số: 9 48 01 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC MÁY TÍNH

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS Lê Đắc Như
TS. Jolanda Gerda Tromp

Đà Nẵng - 2022

Mục lục

Mở đầu	1
1 Tổng quan về xử lý đối tượng trong mô phỏng y học	3
1.1 Các hệ thống mô phỏng	3
1.2 Mô phỏng 3D trong y học	3
1.3 Mô hình 3D và nguyên lý tối ưu	4
1.4 Một số kỹ thuật biểu diễn, tái tạo trên đối tượng 3D	4
1.5 Tương tác đối tượng 3D và đa góc nhìn từ người dùng	4
1.6 Bảo mật cho dữ liệu các đối tượng 3D	4
2 Đề xuất một số kỹ thuật xử lý đối tượng trong mô phỏng y học	5
2.1 Kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp	5
2.2 Kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác với đa người dùng trong thực tế ảo tăng cường	7
2.3 Tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT	10
2.4 Kết chương 2	17
3 Ứng dụng một số kỹ thuật xử lý đối tượng xây dựng hệ thống mô phỏng thực tế ảo cơ thể người	18
3.1 Thực trạng giảng dạy môn giải phẫu và hướng tiếp cận	18
3.2 Ứng dụng các kỹ thuật xử lý đối tượng 3D xây dựng hệ thống mô phỏng cơ thể người	18
3.3 Phân tích, đối sánh hiệu quả của hệ thống thực nghiệm	19
3.4 Kết chương 3	20
Kết luận	21
List of Publications	24
Reference	25

Mở đầu

Thế giới đã chứng kiến nhiều thay đổi và biến động mạnh mẽ do thiên tai, dịch bệnh và chiến tranh dẫn đến giảm tương tác của con người, hạn chế đi lại, học tập và làm việc. Nghiên cứu xây dựng các ứng dụng tương tác ảo trong y học giúp chia sẻ, đào tạo, đánh giá và chẩn đoán từ xa [2, 19], điều này góp phần loại bỏ những vấn đề hiện nay. Bên cạnh đó, sự phát triển nhanh chóng của trí tuệ nhân tạo, học sâu (*Deep Learning*), thực tại ảo đã trở thành một phần không thể thiếu được tích hợp trong các ứng dụng như hệ thống chăm sóc sức khỏe. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra là cần đảm bảo an toàn khi truyền tải các dữ liệu này qua mạng Internet. Hướng tiếp cận của luận án để giải quyết vấn đề này là tích hợp các kỹ thuật mật mã cũng như các thuật toán mã hóa và giải mã [11, 20]. Việc nghiên cứu giải quyết bài toán mô phỏng cơ thể người và xây dựng ứng dụng phục vụ cho công tác nghiên cứu, học tập và luyện nghề giải phẫu học là vấn đề còn mới mẻ với Việt Nam, trong khi đã có những yêu cầu thực tế đang đặt ra. Trong phạm vi nghiên cứu, luận án tập trung đến các vấn đề đang được quan tâm là: kỹ thuật xử lý đối tượng trong mô phỏng y học, tối ưu hóa đối tượng 3D, xử lý ảnh và hiển thị hình ảnh dựa trên công nghệ 3D thực tại ảo, ứng dụng mô phỏng cơ thể người và mã hóa dữ liệu trên đường truyền. Vì vậy mục tiêu của luận án "*Nghiên cứu một số kỹ thuật xử lý đối tượng và mô phỏng ứng dụng trong y học*". Đề tài nghiên cứu hướng đến việc mô phỏng và biểu diễn cơ thể ảo hoàn chỉnh và bảo mật thông tin y tế trên đường truyền, cụ thể luận án tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Thứ nhất: Nghiên cứu tổng quan và phát triển các kỹ thuật xử lý đối tượng 3D, mô hình hóa, các kỹ thuật tái tạo, mô phỏng bề mặt, vật liệu của mô hình. Đánh giá và lựa chọn phương pháp phù hợp, hiệu quả.
- Thứ hai: Nghiên cứu và tối ưu hóa các mô hình, nghiên cứu kỹ thuật đa người dùng trong 3D thực tại ảo, nghiên cứu các kỹ thuật mô phỏng 3D thực tại ảo từ các ảnh y tế (MRI, X-Ray, CT Scan).
- Thứ ba: Nghiên cứu kỹ thuật mã hóa dữ liệu y tế trong quá trình truyền dữ liệu hình ảnh giữa các thiết bị.
- Thứ tư: Trên cơ sở kỹ thuật đề xuất xây dựng thử nghiệm một hệ thống một số bộ phận trên cơ thể người như: hệ xương, cơ, tiêu hóa, tuần hoàn, thần kinh, tim.

Với các mục tiêu của luận án như trên, ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được tổ chức thành 3 chương:

- Chương 1: Tổng quan về xử lý đối tượng trong mô phỏng y học
- Chương 2: Đề xuất một số kỹ thuật xử lý đối tượng trong mô phỏng y học
- Chương 3: Ứng dụng các kỹ thuật xử lý đối tượng xây dựng hệ thống mô phỏng thực tế ảo cơ thể người.

Trong chương 1 giới thiệu một số kiến thức cơ sở, kỹ thuật biểu diễn tái tạo, tương tác trên đối tượng và các hướng tiếp cận xử lý đối tượng, khái quát về mô phỏng và mô phỏng 3D. Chương 2 luận án đề xuất một số kỹ thuật: Lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp, kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác đa người dùng trong thực tế ảo, bên cạnh đó đề xuất kỹ thuật tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT. Chương 3 dựa vào các kỹ thuật đề xuất trên xây dựng hệ thống mô phỏng cơ thể người phục vụ nghiên cứu và giảng dạy môn giải phẫu học có phân tích, đối sánh hiệu quả qua hệ thống thực nghiệm.

Các kết quả nghiên cứu của luận án góp phần bổ sung và hoàn thiện các giải pháp xử lý đối tượng 3D hiệu quả ứng dụng để mô phỏng thực tại ảo trong y học. Cụ thể, luận án có 4 đóng góp chính sau:

- Đề xuất kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp dựa trên kết hợp phương pháp gắn thẻ, đánh dấu bằng cách chọn vùng màu RGB trên cấu trúc đối tượng trong hệ thống đồ thị cảnh.
- Đề xuất kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác với đa người dùng trong thực tế ảo tăng cường với các kịch bản các người dùng có cùng không gian địa lý và khác không gian địa lý.
- Đề xuất thuật toán Memetic tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT sử dụng thuật toán Memetic kết hợp phép biến đổi DWT.
- Xây dựng hệ thống mô phỏng các hệ cơ quan trong cơ thể người: Hệ xương, cơ, tuần hoàn, thần kinh, hệ hô hấp, tiêu hóa, hệ bài tiết và sinh dục, ...

Chương 1

Tổng quan về xử lý đối tượng trong mô phỏng y học

1.1 Các hệ thống mô phỏng

BẢNG 1.1: So sánh hiệu năng hoạt động của các hệ thống mô phỏng

Các đặc trưng chính	Hệ thống nhúng	Hệ thống bán nhúng	Hệ thống nhúng toàn phần
Độ phân giải	Cao	Cao	Trung bình
Cảm nhận về phạm vi không gian	Thấp	Trung bình-Cao	Cao
Khả năng tương tác	Thấp	Trung bình-Cao	Cao
Trường quan sát	Thấp	Trung bình	Cao
Độ trễ	Thấp	Trung bình	Trung bình-Cao
Cảm giác hiện diện trong VE	Không-Thấp	Trung bình-Cao	Trung bình-Cao

1.2 Mô phỏng 3D trong y học

Cho đến nay, lĩnh vực nổi bật trong y học áp dụng thành công công nghệ mô phỏng là giả lập giải phẫu (Surgical Simulation) [?] Trên cơ sở các kỹ thuật đồ họa máy tính và Mô phỏng, hệ thống đào tạo y học này bao gồm hai bộ phận cơ bản: Khối tương tác ba chiều là mô hình sinh thể ảo cho phép người sử dụng thực hiện các thao tác giải phẫu thông qua các dụng cụ giải phẫu ảo; Khối giao diện người dùng hai chiều cung cấp những thông tin phản hồi trực quan từ mô hình trong quá trình giải phẫu cũng như những thông tin hướng dẫn trong phiên đào tạo.

1.3 Mô hình 3D và nguyên lý tối ưu

Mô hình 3D [16] là một cấu trúc dữ liệu mô tả hình thái 3D của một đối tượng. Có hai dạng bài toán tối ưu trong lĩnh vực mô phỏng 3D. Thứ nhất, là tối ưu về mặt hình ảnh. Thứ hai, là tối ưu số lượng lưới.

1.4 Một số kỹ thuật biểu diễn, tái tạo trên đối tượng 3D

Có 2 phương pháp biểu diễn đối tượng 3 chiều là phương pháp biểu diễn bề mặt và biểu diễn theo phân hoạch không gian. Để giảm thiểu không gian bộ nhớ của mô hình, một trong những cách tiếp cận là giảm thiểu số bề mặt biểu diễn mô hình. Trong mô hình hóa hình học, mặt cong trơn thường được dùng để mô tả bề mặt của các đối tượng thực. Dạng thường dùng là mặt cong phân mảnh hoặc mặt cong tham số [5]. Hầu hết các thuật toán tái tạo bề mặt ngầm kết hợp các nguyên hàm ngầm cục bộ để thể hiện các bề mặt dựa trên ý tưởng được phát triển bởi Blinn [17].

1.5 Tương tác đối tượng 3D và đa góc nhìn từ người dùng

Để đảm bảo tính chính xác trong tương tác, cần phân tích vị trí của người dùng dựa trên phép chiếu môi trường ảo để đảm bảo điểm chiếu đối tượng 3D không bị biến dạng với vị trí nhìn của người dùng [6, 12]. Việc ánh xạ giữa các thành phần tương tác và thiết bị đang là thách thức lớn. Thứ nhất người dùng có thể quan sát sự liên kết giữa thiết bị và biểu diễn ảo của thiết bị theo điểm nhìn. Thứ hai, các thiết bị tương tác theo dõi chuyển động tay người dùng và phải phản hồi trực quan ngay lập tức hành động đó.

1.6 Bảo mật cho dữ liệu các đối tượng 3D

Trao đổi dữ liệu y tế hiện đã trở thành một sự kiện thường xuyên của cuộc sống hàng ngày ở nhiều bệnh viện. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra là cần đảm bảo an toàn khi truyền tải các dữ liệu này qua mạng Internet. Mặc dù giao thức `https` đã được trang bị các kỹ thuật bảo mật nhưng các hệ thống truyền dữ liệu y tế vẫn cần có một phương pháp bảo mật trong môi trường IoT [1, 4, 18]. Hướng tiếp cận để giải quyết vấn đề này là tích hợp các kỹ thuật mã hóa để tránh những xâm nhập và truy cập trái phép vào hệ thống [11, 15, 20]

Chương 2

Đề xuất một số kỹ thuật xử lý đối tượng trong mô phỏng y học

2.1 Kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp

2.1.1 Đặt vấn đề

Các đối tượng đồ họa được tái tạo theo từng điểm ảnh để tạo ra hình ảnh cuối cùng trên màn hình. Với các đối tượng phức tạp, các điểm ảnh yêu cầu hàng ngàn các tính toán và các lời gọi hàm để được vẽ ra.

2.1.2 Đề xuất mô hình lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp trong hệ thống đồ thị cảnh

Phương pháp đề xuất được mô tả trong 06 bước trong Hình 2.1:



HÌNH 2.1: Kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho đối tượng 3D phức tạp.

2.1.3 Kết quả thực nghiệm và đánh giá

Các thực nghiệm được triển khai trên hệ thống phần mềm mô phỏng giải phẫu Anatomy Now. Phương pháp đề xuất được áp dụng trên cả đối tượng 3D tĩnh và động.

2.1.3.1 Thực nghiệm 1: Đánh giá hiệu năng các thao tác ghi pixel

Kết quả thực nghiệm được so sánh và đánh giá trên các tham số: Tốc độ trung bình của tốc độ khung hình (FPS), tỷ lệ sử dụng GPU (%) và CPU (%), bộ nhớ chuyên dụng GPU, bộ nhớ hệ thống GPU và bộ nhớ committed GPU. Từ kết quả thực nghiệm cho thấy tốc độ rasterization trung bình luôn nằm trong khoảng từ 44,02 đến 60,01, mức sử dụng GPU trung bình là 9,35%, CPU trung bình là 10,58%, trung bình bộ nhớ dành riêng cho GPU là 1,26 GB, bộ nhớ trung bình của hệ thống GPU là 78,38 MB và trung bình bộ nhớ được cam kết của GPU là 1,186 GB. Các kết quả cho thấy rõ những lợi thế của giải pháp được đề xuất.

BẢNG 2.1: So sánh đánh giá hiệu suất ghi pixel của phương pháp đề xuất

Hệ thống	FPS Trung bình	GPU (%)	CPU (%)	GPU Dành riêng	GPU Hệ thống	Committed GPU Memory
Hệ xương - dây chằng	60.01	8.59	7.98	1.01 GB	83.3 MB	1018.8 MB
Hệ hô hấp	59.22	8.84	9.4	1.1 GB	81.4 MB	1.0 GB
Hệ tim mạch	44.02	6.83	12.49	1.2 GB	72.8 MB	1.0 GB
Hệ bài tiết - sinh dục	50.5	9.11	9.28	1.2 GB	81.1 MB	1.1 GB
Hệ cơ	47.62	12.59	12.29	1.8 GB	75.1 MB	1.7 GB
Hệ tiêu hóa	48.68	11.16	10.82	1.4 GB	81.4 MB	1.4 GB
Hệ thần kinh	43.52	7.03	12.49	1.2 GB	70.8 MB	1.2 GB
Hệ nội tiết - Hạch	49.69	10.68	9.89	1.2 GB	81.2 MB	1.1 GB
Trung bình	50.4075	9.35375	10.58	1.26375	78.3875	1.186865

2.1.3.2 Thực nghiệm 2: Đánh giá hiệu quả trên đối tượng 3D phức tạp

Các phép đo được thực hiện cho thấy phương pháp đề xuất rất tốt khi áp dụng trên các đối tượng phức tạp, xem Bảng 2.2 và Hình ??.

BẢNG 2.2: So sánh đánh giá điểm chuẩn FPS trên hệ thống giải phẫu người

Thứ tự	Các giải pháp	Tốc độ của Rasterization (FPS)
1	Rasterizer đơn giản	16.1822
2	Rasterizer tăng dần	27.0873
3	Rasterizer dựa trên khối	34.9521
4	GPU không được tối ưu hóa	45.1296
5	Phương pháp đề xuất	50.4075
6	GPU được tối ưu	112.2538

2.2 Kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác với đa người dùng trong thực tế ảo tăng cường

2.2.1 Đặt vấn đề

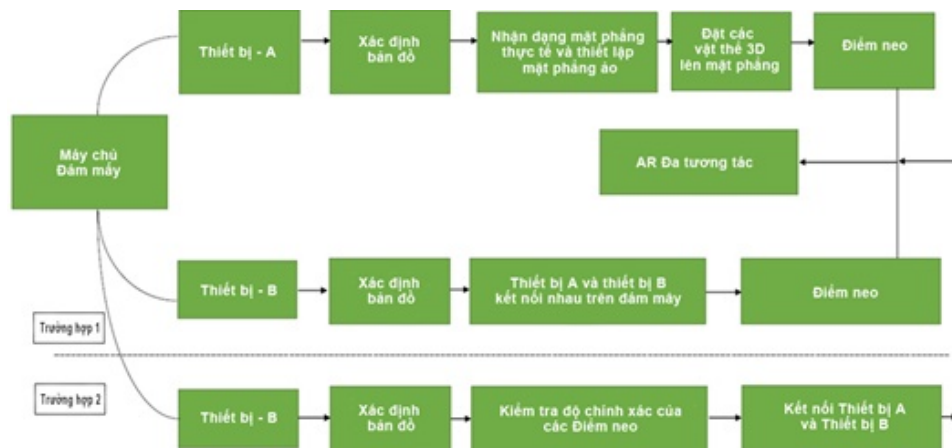
Thế giới đã chứng kiến nhiều thay đổi và biến động mạnh mẽ do thiên tai, dịch bệnh và chiến tranh dẫn đến giảm tương tác của con người và hạn chế đi lại. Việc xây dựng các ứng dụng tương tác ảo, có thể chia sẻ có thể giúp đào tạo, đánh giá và chẩn đoán từ xa [2, 19]. Môi trường tương tác cũng có thể được áp dụng cho việc hội chẩn liên viện mọi lúc mọi nơi

2.2.2 Đề xuất kỹ thuật cải thiện hiệu quả của tương tác với nhiều người dùng trong thực tế tăng cường hợp tác để đào tạo giải phẫu y khoa

Mục tiêu chính của đề xuất này là phát triển một ứng dụng giải phẫu cơ thể người (*AnatomyNow*) để giảng dạy và đào tạo về giải phẫu.

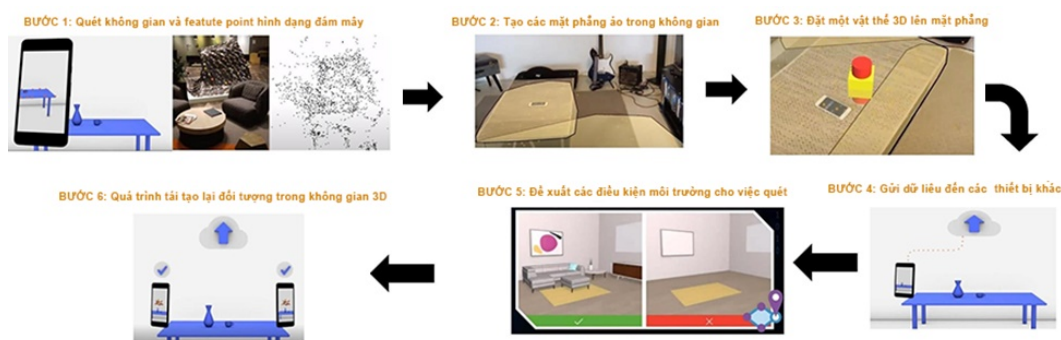
2.2.2.1 Kiến trúc đa tương tác với nhiều người dùng trong thực tế ảo tăng cường

Nghiên cứu của luận án xem xét hai trường hợp đối với tương tác đa AR về mặt giải phẫu: 1) Những người dùng khác nhau trong cùng một không gian vật lý; 2) Những người dùng khác nhau và khác không gian địa lý.



HÌNH 2.2: Kiến trúc đa tương tác với nhiều người dùng thực tế ảo tăng cường

Trường hợp 1: Nhiều người dùng khác nhau cùng không gian vật lý.
 Trong trường hợp này, tất cả các thiết bị đều quan sát các đối tượng 3D được đặt ở một vị trí vật lý. Ví dụ, cách đặt một cơ thể ảo trên sàn hoặc bàn có thể được thực hiện như Hình 2.3,

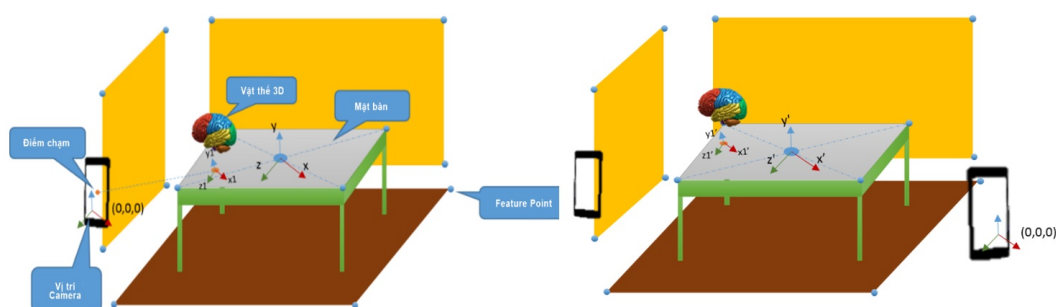


HÌNH 2.3: Mô hình chi tiết cho hệ thống nhiều người dùng khác nhau trong cùng một không gian vật lý

Trường hợp 2: Nhiều người dùng khác nhau, khác không gian vật lý.
 Trong trường hợp này, người dùng tham gia AR chia sẻ trải nghiệm và ở cách xa nhau về mặt địa lý và quy trình thực hiện tương tự như trường hợp 1. Sự khác biệt là khi thiết bị B quét không gian xung quanh, độ chính xác của điểm neo phụ thuộc vào thực tế khu vực xung quanh thiết bị B đã được thiết kế trùng với vị trí của thiết bị A.

2.2.2.2 Kỹ thuật chia sẻ nhiều người dùng

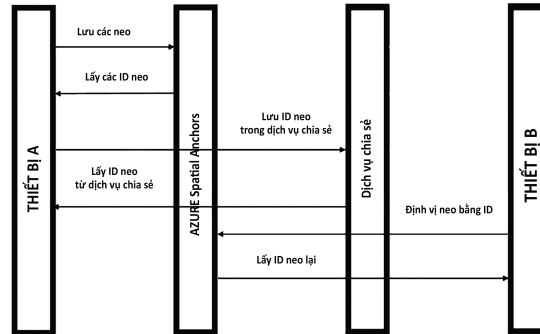
Kỹ thuật chia sẻ đa người dùng được thực hiện thông qua hai bước: Tạo không gian từ thiết bị ban đầu và chia sẻ không gian đó các thiết bị khác. Kỹ thuật chia sẻ không gian tương tác AR đề xuất được minh họa qua Hình 2.4.



HÌNH 2.4: Tạo không gian từ thiết bị đầu và không gian cho các thiết bị khác

2.2.2.3 Kỹ thuật tương tác AR với nhiều thiết bị

Hình 2.5 minh họa quy trình làm việc của tương tác AR đa thiết bị.



HÌNH 2.5: Quy trình làm việc của tương tác AR với nhiều thiết bị

2.2.3 Kết quả thực nghiệm và đánh giá

2.2.3.1 Kết quả thực nghiệm

Trải nghiệm của những người tham gia được đo bằng thang đo Likert từ 1 đến 5. Trên thang đo Likert, 1 đại diện cho trải nghiệm tiêu cực nhất và 5 đại diện cho trải nghiệm tích cực nhất. Bảng 2.3 trình bày phân tích của AnatomyNow trong HoloLens.

BẢNG 2.3: Phân tích các nhóm người sử dụng AnatomyNow khác nhau dùng HoloLens

Nhóm tham gia	Độ trễ dữ liệu giữa các thiết bị	Khoảng cách và vị trí chính xác giữa các mô hình trong thiết bị khác nhau
Nhóm 1	4	5
Nhóm 2	4	4
Nhóm 3	3	4
Nhóm 4	5	4
Nhóm 5	4	4

2.2.3.2 Phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm

BẢNG 2.4: Phân tích so sánh giải pháp đề xuất với các giải pháp khác

Tác giả	Phương pháp tiếp cận HoloLens và kết quả
Maniam và cộng sự (2019) [14]	<ul style="list-style-type: none">- Phát triển ứng dụng MR để giải phẫu xương hai bên thái dương- Dịch chuyển các đỉnh, mở rộng bề mặt để dễ dàng khoan xương thái dương- Chỉ hỗ trợ khoan một hướng, tỷ lệ sai số bóc tách cao
Huang và cộng sự (2019) [10]	<ul style="list-style-type: none">- Bảng so sánh đánh giá giữa VR và AR dùng trong giải phẫu- Trình tạo ảnh dựa trên vị trí và sự dịch chuyển, gắn nhãn.- Bộ điều khiển máy ảnh xoay và chuyển đổi trên AR- Hiệu suất của VR tốt hơn AR nhưng có độ trễ trong các mô hình AR
Vergen và cộng sự (2020) [9]	<ul style="list-style-type: none">- Ứng dụng giải phẫu AR phát triển cho hệ thống chăm sóc sức khỏe- Điều khiển và định hướng quỹ đạo cho pin trong mô phỏng 3D giải phẫu- Độ trễ trong các mô hình AR cao
Nghiên cứu sinh (2021) [13]	<ul style="list-style-type: none">- Phát triển ứng dụng để đào tạo, giảng dạy giải phẫu- Các đối tượng 3D tương tác dựa trên màu sắc, hệ thống pin để chia sẻ góc quay camera và quỹ đạo- Độ trễ dữ liệu giữa các thiết bị thấp- Hiển thị chính xác vị trí mô hình AR so với các phương pháp khác

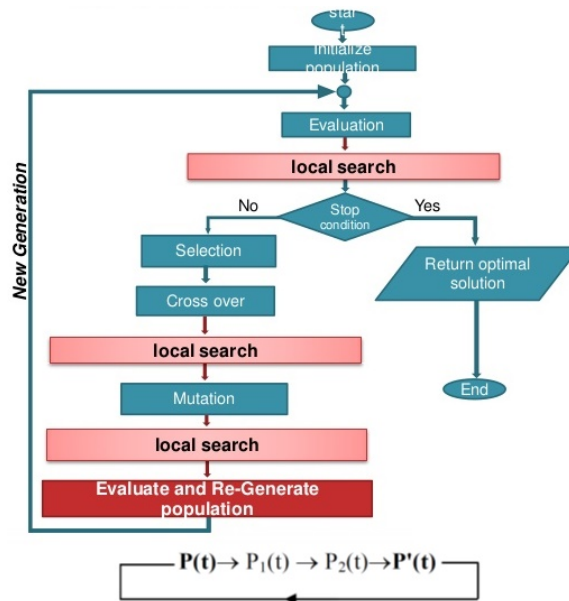
2.3 Tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT

2.3.1 Đặt vấn đề

IoT đóng vai trò quan trọng kết nối các thiết bị cảm biến trong môi trường truyền thông tích hợp nền tảng giữa thế giới thực và ảo thông qua các hệ thống phân tán [7]. Vấn đề đặt ra là cần đảm bảo an toàn khi truyền tải các dữ liệu này qua mạng Internet. Trong mục này, Nghiên cứu sinh sẽ đề xuất mô hình bảo mật cho việc truyền dữ liệu y tế bằng cách sử dụng thuật toán Memetic.

2.3.2 Đề xuất thuật toán Memetic mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT

Thuật toán Memetic được mô tả như sau:



HÌNH 2.6: Quá trình tiến hóa các quần thể trong thuật toán Memetic

Thuật toán 2.1 . Memetic Algorithm

Input: Problem, Parameters, Constraints

Output: Ind* (Best Individual)

BEGIN

$Population \leftarrow Init_{Pop}(\text{Parameters, Constraints})$

Repeat

$Fitness \leftarrow f(Population);$

$Pop_{Cross} \leftarrow Crossover(Population);$

$Pop_{Mut} \leftarrow Mutation(Pop_{Cross});$

$Population \leftarrow LocalSearch(Pop_{Mut});$

Until (Termination Criteria Satisfied);

END

2.3.3 Thuật toán Memetic mã hóa dữ liệu

Lược đồ mã hóa ảnh y tế sử dụng thuật toán Memetic được mô tả như sau:

Thuật toán 2.2 . Thuật toán Memetic mã hóa dữ liệu

Input: Raw Text File.

Output: Enc_{Text}

BEGIN

Convert the raw text into ASCII Values $Values = ASCII(text)$;

Transform the ASCII values in the respective binary form with the base 10:

$$Values_{Bin} = Binary(Values);$$

The Binary Values are split into 8 bits/block: $N = \frac{Length(Values_{Bin})}{8}$;

Blocks stored in S_1, S_2, \dots, S_N

$j = 1$;

foreach $i = 1$ **to** N **do**

$S_i = Values_{Bin}(j : j+7)$;

$j = j+8$;

endfor

Repeat

Pseudorandom number generated for every two blocks from S_i and the mod of S_i with 4 will be the choice of crossover operation. 0-One Point Crossover; 1-Two Point Crossover; 2-Uniform Crossover; 3-Multi Point Crossover;

Applying Crossover: *foreach* $i = 1 : \frac{|Pop|}{2}$ *do* $C_i = Crossover(P_1, P_2, Pse)$;

Applying Mutation: *foreach* $i = 1 : \frac{|Pop|}{2}$ *do* $C_i = Mutation(P_i)$;

Until (*Termination condition satisfied*);

Transform the Binary values in respective ASCII Values: $R_{ASCII} = ASCII(Values_{Bin})$;

Convert the ASCII to text $Enc_{Text} = Text(R_{ASCII})$;

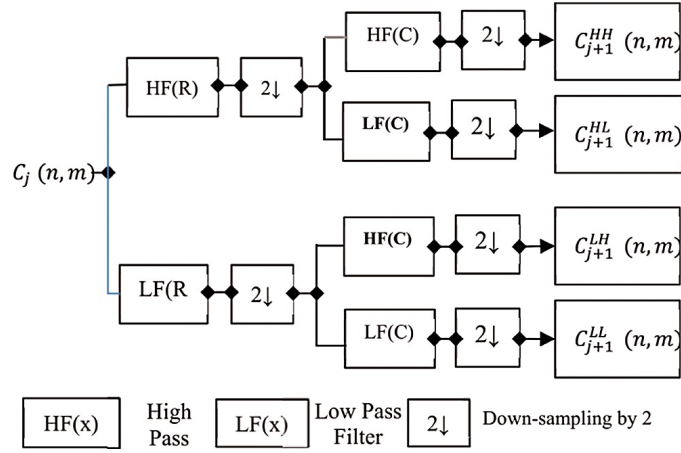
END

2.3.3.1 Thủ tục giấu tin sử dụng DWT

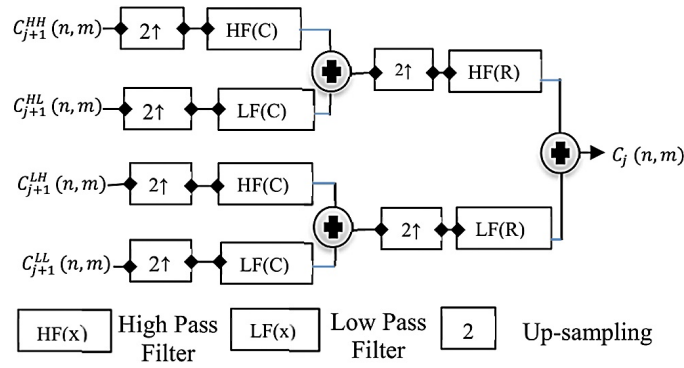
Hình 2.7 cho thấy quá trình giấu tin của hình ảnh trong đó nó cho thấy quá trình phân tách của hình ảnh C với các kích thước $N \times M$. Chúng được chia nhỏ thành bốn thành phần phụ, đó là dải tần HH, HL, LH và LL (L: *Low* và H: *High*). Khi lấy thông tin ra khỏi ảnh, văn bản được mã hóa sẽ bị xóa, ảnh bìa được tạo lại bằng IDWT2 cho cả giai đoạn thứ hai và thứ nhất. Chi tiết quá trình thực hiện được mô tả trong Hình 2.8.

2.3.3.2 Thủ tục lấy thông tin bí mật

Quá trình này đề cập đến việc chuyển đổi một tin nhắn được mã hóa sang dạng văn bản ban đầu của nó. Kỹ thuật đảo ngược áp dụng cho phương pháp mã hóa. Khóa người gửi sử dụng để giải mã thông điệp được mã hóa phải được người nhận sử dụng.



HÌNH 2.7: Quá trình phân tách của DWT-2L



HÌNH 2.8: Quá trình tổng hợp DWT-2L

Thuật toán 2.3 . Thuật toán Memetic giải mã dữ liệu

Input: Encrypted Text

Output: Dec_{Text}

BEGIN

Convert the Encrypted Text into ASCII Values: $Values = ASCII(text)$;

Transform the ASCII values in the respective binary form with the base 10:

$$Value_{Bin}^{Enc} = Binary(Enc_{Values});$$

The Binary Values split into 8 bits/block: $Enc_N = \frac{Length(Value_{Bin}^{Enc})}{8}$;

Blocks stored in S_1, S_2, \dots, S_N

$j = 1$;

foreach $i = 1$ to N **do**

$S_i = Values_{Bin}(j : j+7), j = j+8$;

endfor

Repeat

Applying Mutation blocks: *foreach* $i = 1 : |Blocks|$ *do* $C_i = Mutation(P_i)$;

Applying Mutation: *foreach* $i = 1 : |Blocks|$ *do* $Crossover(P_1, P_2, Pse)$;

Until (*Termination condition satisfied*);

Transform the Binary values in respective ASCII Values: $F_{ASCII} = ASCII(Values_{Bin}^{Enc})$;

Convert the ASCII to text $Dec_{Text} = Text(F_{ASCII})$;

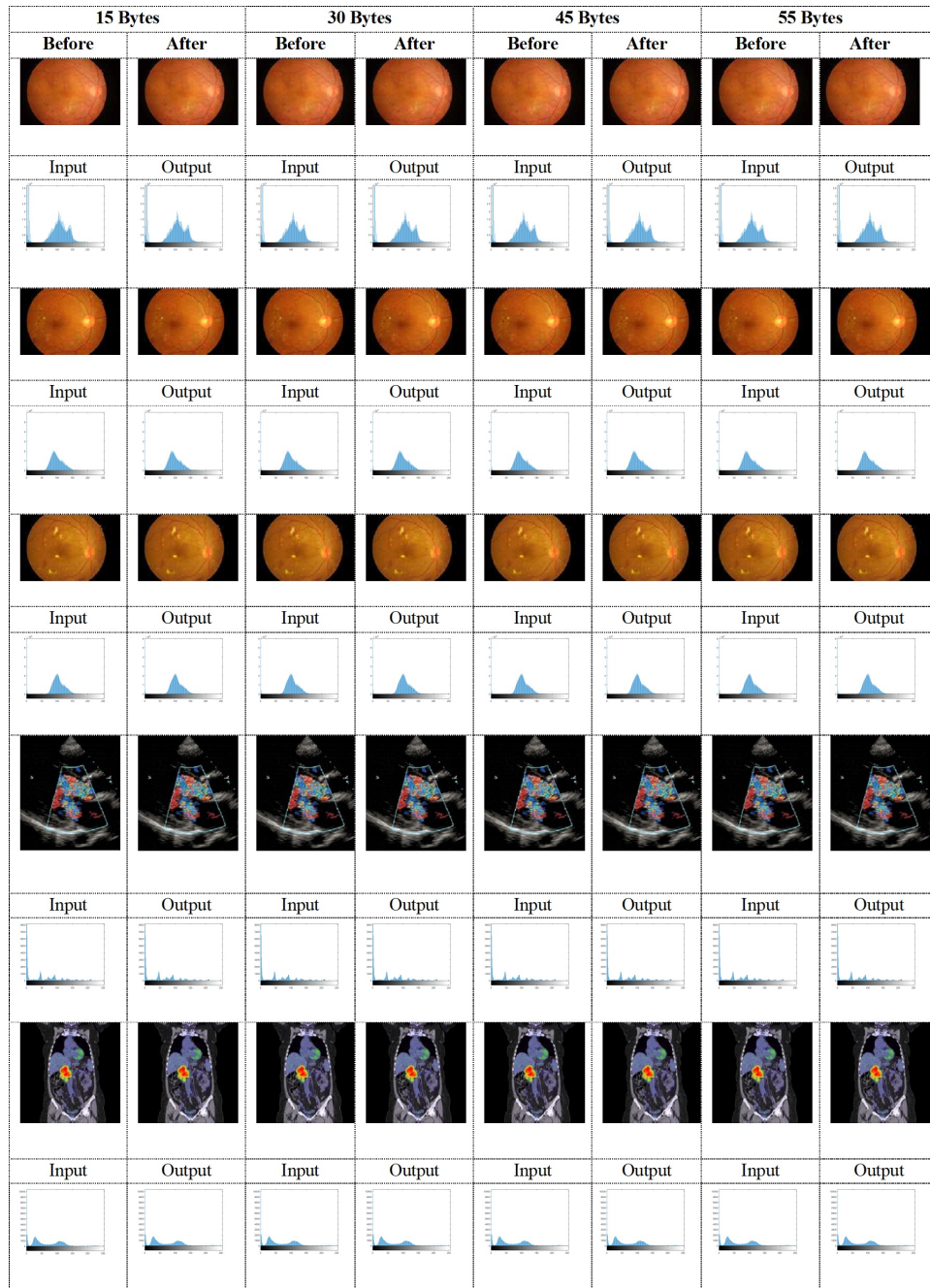
END

2.3.4 Kết quả thực nghiệm và đánh giá

BẢNG 2.5: So sánh tỷ lệ tín hiệu đỉnh trên nhiễu và lỗi bình phương trung bình đối với hình ảnh màu

Image	Text Size (byte)	PSNR		MSE	
		DWT-2L	DWT-1L	DWT-2L	DWT-1L
Image (1)	15	58.22	57.97	0.22	0.2
	30	55.25	54.41	0.37	0.44
	45	52.81	51.8	0.49	0.66
	55	53.06	51.05	0.48	0.76
	100	53.78	48.06	0.41	1.42
	128	52.37	47.89	0.61	1.69
	256	52.68	44.78	0.51	3.27
Image (2)	15	58.24	57.29	0.22	0.24
	30	55.43	53.71	0.37	0.42
	45	53.48	51.88	0.52	0.65
	55	53.83	50.81	0.48	0.73
	100	53.5	48.66	0.46	1.44
	128	52.62	47.39	0.6	1.66
	256	53.58	44.7	0.5	3.25
Image (3)	15	57.27	57.62	0.22	0.22
	30	54.6	53.31	0.38	0.44
	45	53.16	51.83	0.52	0.66
	55	53.59	51.1	0.51	0.74
	100	54	48.68	0.44	1.44
	128	51.76	47.22	0.63	1.68
	256	52.66	44.66	0.54	3.3
Image (4)	15	58.36	55.94	0.24	0.25
	30	55.32	53.32	0.28	0.49
	45	54.38	51.22	0.45	0.68
	55	53.58	50.54	0.42	0.85
	100	55.24	48.3	0.32	1.44
	128	53.74	47.62	0.53	1.77
	256	53.06	44.23	0.47	3.47
Image (5)	15	58.55	56.37	0.2	0.22
	30	57.44	54.28	0.37	0.29
	45	54.93	53.23	0.43	0.52
	55	53.29	52.09	0.45	3.01
	100	53.8	54.42	30.07	1.06
	128	54.54	52.79	0.53	2.76
	256	51.99	50.11	0.48	3.18

Để đánh giá sự biến đổi của biểu đồ hình ảnh màu trước và sau khi áp dụng thuật toán, nghiên cứu sinh tiến hành so sánh kết quả giữa kích thước gói cao và gói nhỏ trong Hình 2.9. Từ kết quả thực nghiệm cho thấy DWT 2L cải thiện 9,51% và DWT-1L cải thiện 22,75%.



HÌNH 2.9: So sánh biểu đồ của hình ảnh màu trước và sau khi áp dụng thuật toán Memetic với các kích thước văn bản (15, 30, 45, 55 Byte)

BẢNG 2.6: So sánh tỷ lệ tín hiệu đỉnh trên nhiễu và lỗi bình phương trung bình đối với hình đa cấp xám

Image	Text Size (byte)	PSNR		MSE	
		DWT-2L	DWT- 1L	DWT-2L	DWT- 1L
Image (1)	15	57.53	56.9	0.23	0.24
	30	55.33	53.4	0.33	0.45
	45	52.7	51.43	0.53	0.68
	55	52.87	51.43	0.49	0.78
	100	54.37	48.49	0.44	1.46
	128	52.01	47.27	0.61	1.68
	256	52.69	44.55	0.55	3.23
Image (2)	15	57.5	56.62	0.24	0.24
	30	55	53.35	0.34	0.45
	45	52.78	51.81	0.53	0.69
	55	52.8	50.66	0.49	0.78
	100	53.73	47.75	0.45	1.47
	128	51.81	47.84	0.61	1.69
	256	52.55	44.36	0.53	3.29
Image (3)	15	57.87	57.07	0.21	0.24
	30	54.8	53.57	0.35	0.47
	45	52.69	51.35	0.53	0.67
	55	53.01	51.2	0.5	0.81
	100	53.76	47.86	0.39	1.45
	128	52.27	47.92	0.63	1.68
	256	52.66	44.73	0.53	3.23
Image (4)	15	58.23	55.56	0.22	0.3
	30	55.89	53.15	0.32	0.56
	45	55.2	51.36	0.42	0.73
	55	53.47	50.61	0.42	0.85
	100	54.92	48.04	0.36	1.43
	128	52.67	47.05	0.54	1.79
	256	53.1	43.79	0.49	3.53
Image (5)	15	57.55	55.33	0.2	0.31
	30	54.62	53.19	0.34	0.53
	45	54.03	51.01	0.52	0.73
	55	53.38	50.14	0.48	0.92
	100	55.15	49.11	0.42	1.13
	128	52.23	49.33	0.64	1.17
	256	53.06	46.35	0.53	2.17

Để đánh giá sự biến đổi của biểu đồ hình ảnh màu trước và sau khi áp dụng thuật toán với các kích thước văn bản khác nhau. Kết quả thực nghiệm cho thấy giữa kích thước gói cao và gói nhỏ, DWT 2L cho thấy sự cải thiện 8,41% và DWT 1L là 21,70%.

Bảng 2.7 cho thấy phương pháp đề xuất đạt được giá trị PSNR tốt hơn với ít MSE hơn khi so sánh với các thuật toán khác trong các phương pháp hiện có.

BẢNG 2.7: So sánh các giá trị PSNR và MSE giữa Memetic và các phương pháp khác

Mô hình	Tỷ lệ tín hiệu đỉnh trên nhiễu(PSNR)	Sai số toàn phương trung bình (MSE)
Anwar và cộng sự [3]	56.76	0.1338
AES & RSA [8]	57.02	0.1288
Thuật toán Memetic đề xuất	58.32	0.1195

2.4 Kết chương 2

Trong Chương 2, luận án đã đề xuất một số kỹ thuật xử lý đối tượng 3D trong hệ thống mô phỏng dữ liệu y học. Cụ thể, một là đề xuất kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp; Hai là, đề xuất kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác với đa người dùng trong thực tế ảo tăng cường với các kịch bản các người dùng có cùng không gian địa lý và khác không gian địa lý; Ba là, đề xuất kỹ thuật tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT. Các kỹ thuật này có vai trò rất quan trọng trong việc xử lý đối tượng và mô phỏng ứng dụng trong y học giúp triển khai giảng dạy trên hệ thống e-learning được trình bày trong Chương 3.

Chương 3

Ứng dụng một số kỹ thuật xử lý đối tượng xây dựng hệ thống mô phỏng thực tế ảo cơ thể người

3.1 Thực trạng giảng dạy môn giải phẫu và hướng tiếp cận

Trong bối cảnh nền giáo dục đào tạo theo “Định hướng nội dung” trở nên bất cập và xuất hiện nhiều nhược điểm. Bên cạnh đó kiến thức về giải phẫu lâm sàng là một trong những môn cơ bản và có vai trò quan trọng nhất cho sinh viên khối ngành sức khỏe. Môn học này đòi hỏi phải học trực tiếp trên xác người, tuy nhiên qua khảo sát đa số sinh viên tiếp cận môn học chủ yếu qua mô hình, tranh, hình ảnh 2D và tiêu bản hoặc dùng các phần mềm của nước ngoài [13]. Trên cơ sở sự phát triển của phần cứng máy tính, các kỹ thuật đồ họa máy tính và Thực tại ảo, hệ thống đào tạo y học trên bệnh nhân ảo đã dần trở thành hiện thực, giảm bớt được những vấn đề nan giải của lĩnh vực này. Phương pháp đào tạo có tính tương tác cao này mang nhiều ưu điểm so với các phương pháp truyền thống như thực hành trên mô hình nhựa hay trên bệnh nhân thực.

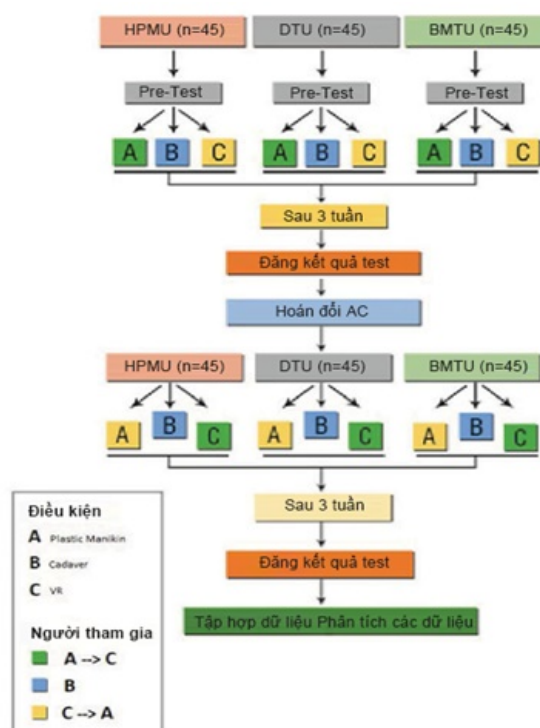
3.2 Ứng dụng các kỹ thuật xử lý đối tượng 3D xây dựng hệ thống mô phỏng cơ thể người

Hệ thống mô phỏng được xây dựng hướng đến việc ứng dụng công nghệ 3D thực tại ảo mô phỏng cơ thể người Việt Nam trực quan, chính xác với tỉ lệ 1:1 với đầy đủ các hệ cơ quan cho phép khả năng tương tác trực tiếp trên không gian 3D. Hệ thống hỗ trợ, phục vụ công tác giảng dạy, học tập và nghiên cứu trong khối ngành khoa học sức khỏe tiếp cận được với các mục tiêu nghề nghiệp, có thể làm việc trong một thế giới mới đầy năng động và thay đổi nhanh.

3.3 Phân tích, đối sánh hiệu quả của hệ thống thực nghiệm

3.3.1 Thiết kế kiến trúc và lựa chọn đối tượng thực nghiệm

Quá trình thực nghiệm được tiến hành trên 135 sinh viên được lựa chọn ngẫu nhiên từ 03 trường đại học đào tạo y tế. 45 sinh viên của mỗi trường được chia



HÌNH 3.1: Thiết kế kiến trúc khảo sát thực nghiệm

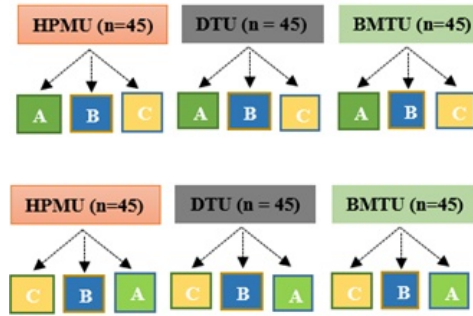
ngẫu nhiên thành 3 nhóm A, B và C. Nhóm A học môn giải phẫu bằng phương mô hình nhựa plastic. Nhóm B học trên xác người chết. Nhóm C học phương pháp 3D mô phỏng. Sau khi kết thúc 03 tuần học sẽ có bài kiểm tra kiến thức để đánh giá mức độ tiếp thu của sinh viên.

3.3.2 Phân tích kết quả thực nghiệm

Kết quả thi cho thấy điểm của từng nhóm như sau:

- Nhóm A (học với phương pháp quan sát mô hình nhựa) có điểm thấp nhất 5,81 (HPMU: $M = 5,67$; DTU: $M = 5,97$; BMTU: $M = 5,80$);
- Nhóm B (xác chết) $M = 6,69$ (HPMU: $M = 6,70$; DTU: $M = 6,60$; BMTU: $M = 6,77$)

- Nhóm C (VR) số điểm cao nhất $M = 7,74$ (HPMU: $M = 7,934$; DTU: $M = 7,68$; BMTU: $M = 7.63$).



HÌNH 3.2: Mô hình thay đổi phương pháp học của nhóm A sang cho nhóm C

Sau khi có kết quả đánh giá bài kiểm tra kết thúc đợt học thực hành bởi đơn vị đánh giá độc lập. Sau đó thực hiện công việc hoán đổi phương pháp học tập từ $A \rightarrow C$. Kết quả thu được cho thấy nhóm học bằng phương pháp mô phỏng 3D đã cải thiện điểm số đáng kể. Kết quả nghiên cứu này góp phần khẳng định rằng với điều kiện hiện nay của các trường Đại học đào tạo Y tế của Việt Nam thì việc đưa công nghệ thực tại ảo vào góp phần giảng dạy là hiệu quả.

3.4 Kết chương 3

Trong chương này, nghiên cứu sinh đã áp dụng các kỹ thuật xử lý đối tượng được đề xuất ở chương 2 để xây dựng thử nghiệm hệ thống mô phỏng các bộ phận trên cơ thể người như: Hệ xương, cơ, tiêu hóa, tuần hoàn, thần kinh, tim. Hệ thống AnatomyNow mô phỏng đầy đủ các chi tiết giải phẫu theo đặc điểm nhận dạng của người Việt. Nghiên cứu sinh cũng đã tiến hành triển khai ứng dụng này vào quá trình đào tạo môn giải phẫu học tại một số trường đại học. Việc so sánh, đánh giá, kiểm tra hiệu quả mà hệ thống đem lại giữa các nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng cho thấy hiệu quả của hệ thống so với việc học bằng tranh tiêu bản và mô hình nhựa. Hệ thống có thể sử dụng trên nhiều nền tảng thiết bị, giúp tiết kiệm chi phí mua sắm, chi phí bảo dưỡng các mô hình, tranh ảnh, tiêu bản. Hệ thống là nền tảng để phát triển các dự án về mô phỏng y khoa, tiến tới thực hiện ứng dụng công nghệ để khám chữa bệnh từ xa (*Telemedicine*)

Kết luận

Trong luận án, tác giả đã trình bày các kết quả về mô hình mô phỏng thực tế ảo trong y tế, mô hình bài toán và nguyên lý tối ưu mô hình 3D. luận án tập trung phân tích, đánh giá các hướng tiếp cận xử lý đối tượng 3D gần đây gồm: tiếp cận tối ưu bề mặt lưới tam giác, lưới tứ giác, làm mịn bề mặt lưới, chiếu sáng, tạo bóng đối tượng và tương tác đối tượng 3D. Từ những phân tích đó, nghiên cứu sinh đề xuất một số kỹ thuật xử lý đối tượng 3D và triển khai ứng dụng công nghệ thực tại ảo xây dựng hệ thống mô phỏng một số bộ phận trên cơ thể con người Việt nhằm trợ giúp cho việc giảng dạy, đào tạo và nghiên cứu trong y học. Cùng với đó nghiên cứu sinh đã đề xuất một số kỹ thuật chuẩn đoán hình ảnh y tế dựa trên pháp học sâu và tương tác đa người dùng kết hợp mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống IoT.

1. Các đóng góp của luận án

Những kết quả nghiên cứu của luận án có ý nghĩa trong việc bổ sung và hoàn thiện các kỹ thuật xử lý, tối ưu đối tượng 3D phức tạp ứng dụng mô phỏng thực tại ảo trong lĩnh vực y tế. Cụ thể, các đóng góp mới của quá trình nghiên cứu luận án như sau:

- 1) Đề xuất kỹ thuật lựa chọn màu RGB hiệu quả cho cấu trúc đối tượng 3D phức tạp dựa trên kết hợp phương pháp gắn thẻ, đánh dấu bằng cách chọn vùng màu RGB trên cấu trúc đối tượng. Từ các mã màu RGB sẽ tiến hành gắn thẻ ID và tạo các bảng quan hệ lưu trữ thông tin liên quan về các khu vực cụ thể của giải phẫu. Việc sử dụng toàn bộ tập giá trị màu (R, G, B) để xác định một tập hợp các vùng giải phẫu giúp xác định nhiều vùng chồng lấp của đối tượng giúp biểu diễn đối tượng phức tạp một cách hiệu quả và rõ nét hơn.
- 2) Đề xuất kỹ thuật nâng cao hiệu quả tương tác với đa người dùng trong thực tế ảo tăng cường với các kịch bản các người dùng có cùng không gian địa lý và khác không gian địa lý. Giải pháp đưa ra là xác định, đánh dấu các pin và vị trí tương tác trên các đối tượng 3D để thiết lập vùng màu và vị trí tương tác dưới các góc nhìn khác nhau của đa người dùng trên cùng một

đối tượng. Kỹ thuật đề xuất cho phép nhiều tương tác được thực hiện đồng thời trên nhiều thiết bị khác nhau với nhiều người cùng sử dụng với độ trễ thấp và hiển thị chính xác vị trí mô hình thực tại ảo.

- 3) Đề xuất thuật toán Memetic tăng cường mã hóa dữ liệu y tế trên đường truyền trong các hệ thống phân tán dựa trên IoT sử dụng thuật toán Memetic kết hợp phép biến đổi DWT. Kết quả của thuật toán đề xuất được đánh giá bằng cách sử dụng các số liệu hiệu suất như PSNR, MSE, SSIM, tương quan, SC và BER cho thấy hiệu quả của thuật toán được đề xuất so với các phương pháp hiện có. Khi so sánh biểu đồ của các thông điệp được bao phủ và thông báo gốc cả về hình ảnh màu và thang độ xám, không có nhiều sai lệch trong các giá trị PSNR, điều này cho thấy rằng thuật toán được đề xuất hoạt động tốt hơn trong quy trình mã hóa và giải mã. Do đó, các mối quan tâm về bảo mật trong hệ thống chăm sóc sức khỏe thông qua IoT có tính bảo mật và an toàn cao.
- 4) Ứng dụng các kỹ thuật trên xây dựng hệ thống mô phỏng cơ thể người. Hệ thống cung cấp giao diện cho phép người sử dụng có thể thao tác để có thể quan sát được hình ảnh của các bộ phận có thể tìm kiếm, tra cứu thông tin thông qua những thông tin mẫu.

2. Hướng phát triển

Những vấn đề đề cập đến trong luận án bao phủ trên khá nhiều nội dung, đối với mỗi một nội dung trình bày ở từng chương đều có thể tìm thấy những vấn đề có thể sử dụng để đề xuất nội dung làm định hướng nghiên cứu cho các công trình tiếp theo. Điều đó thể hiện tính mở của những vấn đề đã được nghiên cứu sinh đề cập tới trong luận án. Một số hướng mở của luận án có thể được tiếp tục nghiên cứu là:

- 1) Nghiên cứu các thuật toán hiệu quả để làm mịn bề mặt các đối tượng 3D phức tạp dựa trên việc tối ưu nén các lưới mô hình. Đặc biệt là các thuật toán tạo bóng mờ dựa trên dữ liệu đầu vào không tin cậy.
- 2) Nghiên cứu các thuật toán tối ưu thao tác điều hướng đa góc nhìn từ đa người dùng trong môi trường 3D. Tối ưu kỹ thuật chia sẻ mô hình đa người dùng trên cùng không gian và khác không gian địa lý.
- 3) Nghiên cứu các thuật toán mã hóa đối tượng 3D hiệu quả để nén dữ liệu và tăng cường độ bảo mật khi truyền tải dữ liệu giữa các thiết bị.

Danh sách các công trình công bố liên quan đến luận án

- [1] **Chung Van Le**, Trinh Hiep Hoa, Nguyen Minh Duc, Vikram Puri, Nguyen Tung Sanh, Dac-Nhuong Le (2021), Design and Development of Collaborative AR System for Anatomy Training, Intelligent Automation & Soft Computing, vol. 27, no. 3, pp.853-871, ISSN 1079-8587 (**SCIE IF 1.647**).
DOI: 10.32604/iasc.2021.013732
- [2] Srinath Doss, Jothi Paranthaman, Suseendran G, Akila D, Souvik Pal, Balaganesh. D, **Chung Le Van**, Dac-Nhuong Le (2021), *Memetic Optimization with Cryptographic Encryption for Secure Medical Data Transmission in IoT-based Distributed Systems*, Computers, Materials & Continua, vol. 66, no. 2, pp. 1577-1594, ISSN: 1546-2218 (**SCIE IF 3.772**). (*Corresponding author*)
DOI:10.32604/cmc.2020.012379
- [3] **Chung Le Van**, Gia Nhu Nguyen, Tri Huu Nguyen, Tung Sanh Nguyen, Dac-Nhuong Le (2020), *An Effective RGB Color Selection for Complex 3D Object Structure in Scene Graph Systems*, International Journal of Electrical and Computer Engineering, vol.10, no. 6, pp. 5951-5964. ISSN 2088-8708. (**Scopus Q2**).
DOI:10.11591/ijece.v10i6.pp5951-5964.
- [4] **Chung Van Le**, Gia Nhu Nguyen, Tung Sanh Nguyen, Tri Huu Nguyen, Dac-Nhuong Le (2020), *Applying 3D VR Technology for Human Body Simulation to Teaching, Learning and Studying*, Emerging Extended Reality Technologies for Industry 4.0: Early Experiences with Conception, Design, Implementation, Evaluation and Deployment, pp.17-28. John Wiley & Sons. ISBN 978-1119654636. (Book Chapter)
DOI:10.1002/9781119654674.ch2
- [5] **Chung Van Le**, Jolanda G. Tromp, Vikram Puri (2018), *Using 3D Simulation in Medical Education: A Comparative Test of Teaching Anatomy Using Virtual Reality*, Emerging Technologies for Health and Medicine: Virtual Reality, Augmented Reality, Artificial Intelligence, Internet of Things, Robotics, Industry 4.0, pp.12-21. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-50981-3. (Book Chapter)
DOI: 10.1002/9781119509875.ch2
- [6] Jolanda G. Tromp, **Chung Van Le**, Le Nguyen Bao, Dac-Nhuong Le (2018). *Massively Multi-User Online Social Virtual Reality Systems: Ethical Issues and Risks for Long-Term Use*. In Social Networks Science: Design, Implementation, Security, and Challenges, pp. 131-149. Springer. (**Scopus**)
DOI: 10.1007/978-3-319-90059-9_7

Các công bố khác

- [1] **Chung Van Le**, Vikram Puri, Nguyen Thanh Thao, Dac-Nhuong Le (2021), *Detecting Lumbar implant and Diagnosing Scoliosis from Vietnamese X-Ray Imaging using the Pre-Trained API Models and Transfer Learning*, Computers, Materials & Continua, vol. 66, no. 1, pp. 17-33, ISSN: 1546-2218 (**SCIE IF 3.772**). DOI: 10.32604/cmc.2020.013125
- [2] Jolanda G. Tromp, Dac-Nhuong Le, **Chung Van Le** (2020). *Emerging Extended Reality Technologies for Industry 4.0: Early Experiences with Conception, Design, Implementation, Evaluation and Deployment*. John Wiley & Sons. ISBN 978-1119654636. (Book Editor)
DOI: 10.1002/9781119654674
- [3] Dac-Nhuong Le, **Chung Van Le**, Jolanda G. Tromp, Nguyen Gia Nhu (2018). *Emerging Technologies for Health and Medicine: Virtual Reality, Augmented Reality, Artificial Intelligence, Internet of Things, Robotics, Industry 4.0*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-50987-5. (Book Editor)
DOI: 10.1002/9781119509875

Tài liệu tham khảo

- [1] Ahmed Abdelaziz, Mohamed Elhoseny, Ahmed S Salama, and AM Riad. A machine learning model for improving healthcare services on cloud computing environment. *Measurement*, 119:117–128, 2018.
- [2] AH Al-Khalifah, RJ McCrindle, PM Sharkey, and VN Alexandrov. Using virtual reality for medical diagnosis, training and education. *ICDVRAT 2006*, 2006.
- [3] Asmaa Sabet Anwar, Kareem Kamal A Ghany, and Hesham El Mahdy. Improving the security of images transmission. *International Journal*, 3(4):7–13, 2015.
- [4] Anupam Kumar Bairagi, Rahamatullah Khondoker, and Rafiqul Islam. An efficient steganographic approach for protecting communication in the internet of things (iot) critical infrastructures. *Information Security Journal: A Global Perspective*, 25(4-6):197–212, 2016.
- [5] Akos Balázs, Michael Guthe, and Reinhard Klein. Fat borders: gap filling for efficient view-dependent lod nurbs rendering. *Computers & Graphics*, 28(1):79–85, 2004.
- [6] Jeff Chastine, Kristine Nagel, Ying Zhu, and Mary Hudachek-Buswell. Studies on the effectiveness of virtual pointers in collaborative augmented reality. In *2008 IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, pages 117–124. IEEE, 2008.
- [7] Ashraf Darwish, Aboul Ella Hassanien, Mohamed Elhoseny, Arun Kumar Sangaiah, and Khan Muhammad. The impact of the hybrid platform of internet of things and cloud computing on healthcare systems: opportunities, challenges, and open problems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(10):4151–4166, 2019.
- [8] Mohamed Elhoseny, Gustavo Ramírez-González, Osama M Abu-Elnasr, Shihab A Shawkat, N Arunkumar, and Ahmed Farouk. Secure medical data transmission model for iot-based healthcare systems. *Ieee Access*, 6:20596–20608, 2018.
- [9] Vergen et al. Wikitude. <https://www.wikitude.com/>. Accessed: 2020-07-15.
- [10] Kuo-Ting Huang, Christopher Ball, Jessica Francis, Rabindra Ratan, Josephine Boumis, and Joseph Fordham. Augmented versus virtual reality in education: an exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(2):105–110, 2019.
- [11] Mamta Jain, Rishabh Charan Choudhary, and Anil Kumar. Secure medical image steganography with rsa cryptography using decision tree. In *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, pages 291–295. IEEE, 2016.
- [12] Michael H Kurniawan, Gunawan Witjaksono, et al. Human anatomy learning systems using augmented reality on mobile application. *Procedia Computer Science*, 135:80–88, 2018.
- [13] Chung Le Van, Trinh Hiep Hoa, Nguyen Minh Duc, Vikram Puri, Tung Sanh Nguyen, and Dac-Nhuong Le. Design and development of collaborative ar system for anatomy training. *INTELLIGENT AUTOMATION AND SOFT COMPUTING*, 27(3):853–871, 2021.

- [14] Pavithran Maniam, Philipp Schnell, Lilly Dan, Rony Portelli, Caroline Erolin, Rodney Mountain, and Tracey Wilkinson. Exploration of temporal bone anatomy using mixed reality (hololens): development of a mixed reality anatomy teaching resource prototype. *Journal of visual communication in medicine*, 43(1):17–26, 2020.
- [15] Septimiu Fabian Mare, Mircea Vladutiu, and Lucian Prodan. Secret data communication system using steganography, aes and rsa. In *2011 IEEE 17th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, pages 339–344. IEEE, 2011.
- [16] Aleš Neubert, Jurgen Fripp, Craig Engstrom, Raphael Schwarz, Lars Lauer, Olivier Salvado, and Stuart Crozier. Automated detection, 3d segmentation and analysis of high resolution spine mr images using statistical shape models. *Physics in Medicine & Biology*, 57(24):8357, 2012.
- [17] Philip Pratt, Matthew Ives, Graham Lawton, Jonathan Simmons, Nasko Radev, Liana Spyropoulou, and Dimitri Amiras. Through the hololens™ looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3d vascular models with perforating vessels. *European radiology experimental*, 2(1):1–7, 2018.
- [18] Abdulaziz Shehab, Mohamed Elhoseny, Khan Muhammad, Arun Kumar Sangaiah, Po Yang, Haojun Huang, and Guolin Hou. Secure and robust fragile watermarking scheme for medical images. *IEEE Access*, 6:10269–10278, 2018.
- [19] Jolanda G Tromp, Dac-Nhuong Le, and Chung Van Le. *Emerging Extended Reality Technologies for Industry 4.0: Early Experiences with Conception, Design, Implementation, Evaluation and Deployment*. John Wiley & Sons, 2020.
- [20] Lobna Yehia, Ayman Khedr, Ashraf Darwish, et al. Hybrid security techniques for internet of things healthcare applications. *Advances in Internet of Things*, 5(03): 21, 2015.