

BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

TÓM TẮT LUẬN ÁN

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG BỀ MẶT ĐỐI TƯỢNG 3D
VÀ ỨNG DỤNG TRONG ĐÀO TẠO NHI KHOA

NCS: NGUYỄN ĐỨC HOÀNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS. TS. ĐỖ NĂNG TOÀN

TS. VŨ HỮU TIẾN

Hà Nội - 2023

Công trình hoàn thành tại:

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Người hướng dẫn khoa học:

PGS. TS. Đỗ Năng Toàn

TS. Vũ Hữu Tiến

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng cấp Học viện tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 122 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.

Vào lúc:

Có thể tìm hiểu luận án tại:

Thư viện Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

Trong Y tế hiện nay, các vấn đề trong mô phỏng cơ thể người cũng đặt ra nhiều bài toán khác nhau như mô tả tình trạng của cơ thể người nói chung (các tham số sự sống của con người), mô phỏng chi tiết từng bộ phận trên cơ thể người (da, mắt, hệ tuần hoàn, hệ hô hấp, hệ cơ xương, ...). Việc giải các bài toán này cũng được phân chia thành nhiều hướng nghiên cứu như mô phỏng trong phẫu thuật, chẩn đoán, chữa trị, tiền lâm sàng, dự báo, ... Những kết quả khả quan cho thấy tầm quan trọng của thực hành tiền lâm sàng dựa trên công nghệ mô phỏng kết hợp với công nghệ thực tế ảo trong y tế. Ở Việt Nam, các nghiên cứu và việc ứng dụng công nghệ mô phỏng, công nghệ thực tế ảo 3D còn dừng ở mức lý thuyết, hoặc các triển khai còn phụ thuộc nhiều vào thiết bị của nước ngoài. Các sản phẩm mô phỏng hỗ trợ thực hành tiền lâm sàng nội địa còn ít và chưa kết hợp được giữa mô phỏng trên các thiết bị thực và mô phỏng thực tế ảo 3D.

Trong việc mô phỏng cơ thể người, có nhiều bài toán kỹ thuật cần được xem xét và giải quyết. Một trong số các bài toán đó là mô phỏng lớp vỏ, hay còn gọi là lớp da của cơ thể người. Để mô phỏng lớp vỏ này, việc thiết lập một mô hình ảo có đầy đủ các thành phần cấu thành nên lớp da người thường quá phức tạp cho việc xây dựng, mô tả tương tác, lưu trữ hay sử dụng, đặc biệt là trên các thiết bị phổ thông do đó các kỹ thuật biểu diễn có tính chất đặc thù cho bề mặt đối tượng 3D đã được áp dụng.

Trong luận án này, xuất phát từ bài toán mô phỏng cơ thể bệnh nhân trong môi trường ảo cùng các tương tác liên quan nhằm mô phỏng lại các hoạt động thực hành của học viên trên cơ thể bệnh nhân

ảo. Dựa trên cơ sở đó, luận án đề xuất một số kỹ thuật mới nhằm cải thiện việc mô phỏng theo nhiều phương diện:

- Cải thiện việc biểu diễn tương tác trên bề mặt đối tượng
- Cải thiện việc thể hiện bề mặt đối tượng dưới tương tác

1. Mục tiêu nghiên cứu của luận án

Mục tiêu cụ thể của luận án là đề xuất một số kỹ thuật xử lý một số vấn đề quan trọng trong bài toán biểu diễn bề mặt đối tượng 3D trong môi trường tương tác với các đối tượng khác trong môi trường ảo dựa trên ý tưởng về v bề mặt. Kết quả của luận án được ứng dụng trực tiếp vào việc thể hiện lớp da của bệnh nhân trẻ em trong môi trường ảo 3D trong đó xử lý việc thể hiện màu sắc, độ biến dạng của lớp da dưới tác động của ngoại lực. Đối tượng 3D này được sử dụng trong bài toán mô phỏng bệnh nhi ảo 3D thuộc đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu phát triển hệ thống hỗ trợ thực hành tiền lâm sàng Nhi khoa dựa trên công nghệ thực tế ảo.” KC-4.0/19-25. Kết quả nghiên cứu của luận án góp phần xây dựng thành sản phẩm được triển khai thực tế.

2. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu trực tiếp của Luận án là bề mặt đối tượng bệnh nhân ảo 3D trẻ em được xây dựng từ hệ lưới tam giác và các lớp hình ảnh tạo màu sắc. Lĩnh vực ứng dụng của các nghiên cứu và các vấn đề liên ngành: Lĩnh vực mô phỏng hỗ trợ đào tạo trong Y khoa.

Luận án đề xuất một phương pháp xác định va chạm giữa hai đối tượng và kỹ thuật cải thiện biểu diễn màu sắc, biến đổi hình dạng của lớp da bệnh nhân ảo dưới tác động của ngoại lực vuông góc bề mặt. Phạm vi áp dụng của các kỹ thuật ban đầu ở mức cục bộ trên một số vùng bề mặt của đối tượng. Các thuật toán cài đặt trên đối tượng ở dạng thủ công, chưa xây dựng thành các thư viện.

Ngoài ra, luận án cũng trình bày việc ứng dụng học máy, cấu tạo da người, các vấn đề về kết cấu, đặc điểm của da người trong tính toán các bài toán liên quan.

3. **Đóng góp chính của luận án**

Trên cơ sở nghiên cứu các vấn đề nêu trên, luận án đã có ba đóng góp chính là:

(i) Đề xuất phương pháp mới nhằm cải tiến kỹ thuật xác định va chạm giữa hai đối tượng 3D trong môi trường ảo dựa trên việc sử dụng hai hệ hộp bao.

(ii) Cải tiến kỹ thuật biểu diễn màu sắc da của đối tượng 3D là bệnh nhi ảo dưới tác động của ngoại lực áp dụng tham số thời gian làm đầy mao mạch và kỹ thuật học máy.

(iii) Cải tiến kỹ thuật biểu diễn biến dạng lớp da của đối tượng 3D là bệnh nhi ảo dưới tác động của ngoại lực mô phỏng các thủ thuật y khoa như ấn, sờ, cho phép tăng cục bộ một lượng lớn hệ thống lưới trong vùng chịu tác động của ngoại lực làm tăng độ chi tiết hơn nhưng không làm tăng dung lượng lưu trữ của đối tượng.

4. **Cấu trúc luận án**

Cấu trúc luận án được tổ chức thành 3 chương như sau: **Chương 1:** Tổng quan về bài toán mô phỏng bệnh nhân ảo trong thực hành y khoa và các kỹ thuật biểu diễn bề mặt đối tượng 3D trong không gian ảo. **Chương 2:** Trình bày một số kỹ thuật được sử dụng trong việc xây dựng đối tượng và tương tác giữa các đối tượng này trong môi trường ảo. **Chương 3:** Thể hiện sự thay đổi màu sắc và hình dạng đối tượng 3D dưới tác động ngoại lực và ứng dụng.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MÔ PHỎNG BỆNH NHÂN ẢO TRONG THỰC HÀNH Y KHOA

1.1. Tổng quan về mô phỏng bệnh nhân ảo trong thực hành y khoa

Trong ngành y tế có nhiều lĩnh vực đã ứng dụng công nghệ mô phỏng ảo trong đó đào tạo y khoa tiền lâm sàng là một trong những lĩnh vực được ứng dụng công nghệ này nhiều nhất và sâu nhất. Tiền lâm sàng là một trong các hoạt động cần phải có trong y tế nhằm tăng cường kỹ năng của y, bác sĩ và sinh viên y khoa trước khi khám chữa bệnh trực tiếp trên người bệnh. Các hình thức thực hành qua hình ảnh, manakin đòi hỏi nhiều công sức, chi phí và không cho phép đào tạo số lượng lớn, thực hành nhiều lần. Hiện nay xu hướng chung trong y tế là mở rộng đào tạo mô phỏng, đào tạo ảo cho nhân viên y tế nhằm tăng số lượng người được đào tạo, trải nghiệm các tình huống không thể thực hiện trong thực tế, đảm bảo về y đức cũng như không gây hại cho người bệnh nếu thực hành trực tiếp.

Hiện nay công nghệ thực tế ảo đã có những bước tiến lớn và được áp dụng rất nhiều trong các lĩnh vực của cuộc sống. Mô phỏng tạo điều kiện học tập thông qua việc đắm mình, suy ngẫm và thực hành, loại trừ đi những rủi ro vốn có trong trải nghiệm thực tế. Thực hành y tế dựa trên mô phỏng cung cấp một môi trường được kiểm soát giống như môi trường chăm sóc bệnh nhân thực tế và cho phép học viên học hỏi, thực hành và lặp lại các quy trình một cách thường xuyên giúp người học sửa chữa sai lầm, điều chỉnh các kỹ năng và tối ưu hóa kết quả lâm sàng. Đào tạo tiền lâm sàng ngày nay không còn là một phương pháp mới hay khác biệt, nó được dự kiến sẽ ngày càng phát triển và đóng vai trò quan trọng trong đào tạo y khoa trong tương lai.

Một hệ thống mô phỏng thực hành y khoa tiền lâm sàng có thể có nhiều phương thức và công nghệ để xây dựng nhưng nhìn chung chúng được tạo thành dựa trên phương thức kết hợp các kiến thức y khoa, đặc điểm sinh lý học của con người và thể hiện trên các công cụ công nghệ. Các hệ thống mô phỏng thực hành y khoa tiền lâm sàng mới hiện nay thông thường được xây dựng với đa dạng thành phần hơn. Trong việc mô phỏng ảo hai công nghệ được ứng dụng phổ biến nhất là công nghệ thực tế ảo (VR) và công nghệ thực tế tăng cường (AR). Chúng được gọi với tên chung là công nghệ thực tế hỗn hợp (MR).

Các kỹ thuật mô hình hoá đối tượng trong y tế, các tương tác trong môi trường mô phỏng cũng được nghiên cứu và ứng dụng nhằm mang lại hiệu quả tốt hơn cho quá trình đào tạo. Phương pháp chung cho việc này vẫn là đơn giản hoá bằng việc xấp xỉ các đối tượng thực trong môi trường ảo tùy theo độ chi tiết, phức tạp và yêu cầu chung của các dự án. Do tính phức tạp và liên ngành, nhiều giải pháp mới có thể đưa ra nhằm cải thiện hiệu quả của các mô phỏng đối với cơ thể người nhằm tăng cường chất lượng của quá trình đào tạo.

1.2. Mô phỏng bề mặt đối tượng 3D trong y tế Tính toán va chạm giữa các đối tượng 3D

Trong các tương tác giữa các vật thể trong môi trường ảo, việc xử lý va chạm quyết định một số đặc điểm của các đối tượng tham gia vào va chạm như tính chất của tương tác, chuyển động và biến dạng bề mặt của đối tượng. Có nhiều phương pháp, kỹ thuật xử lý va chạm trong các trường hợp nhưng nhìn chung sẽ có hai dạng chính của các dạng va chạm là va chạm không phá vỡ bề mặt đối tượng và va chạm có phá vỡ bề mặt của đối tượng. Việc xử lý va chạm có phá vỡ bề mặt là một vấn đề khá phức tạp, liên quan đến tính chất và vật liệu của bề

mặt, các vấn đề về động lực học nên hiện nay các nghiên cứu về vấn đề này trong môi trường ảo còn khá ít. Với các va chạm không phá vỡ bề mặt hoặc đơn thuần hơn là xác định có va chạm giữa các đối tượng trong môi trường ảo không thường thấy hơn và được ứng dụng trong nhiều bài toán nghiên cứu cũng như ứng dụng.

Va chạm có thể tính toán bằng các phương trình chuyển động. Để nâng cao độ chính xác và phục vụ trong những trường hợp chuyển động của các đối tượng là không xác định được cố định nhưng độ chính xác không cần quá cao, người ta có thể bao quanh các đối tượng bằng một hệ các hộp bao, khi các hộp bao có giao cắt với nhau va chạm được xác định là xảy ra.

Thể hiện màu sắc trong mô phỏng bề mặt đối tượng

Với màu sắc của đối tượng 3D, có nhiều phương pháp để thể hiện trong môi trường ảo. Trong kỹ thuật đồ họa 3D người ta dùng một lớp ảnh màu sẽ được trải lên trên bề mặt của đối tượng 3D, lớp này được gọi là texture của đối tượng. Lớp màu sắc này nếu được trải và dán chính xác lên đối tượng 3D cũng có thể thể hiện gần chính xác màu sắc thực tế của đối tượng. Đây là quá trình biểu diễn gần đúng trong việc thể hiện màu sắc của đối tượng 3D. Các kỹ thuật liên quan đến việc tạo thành lớp màu dán được gọi là Texturing và việc gắn một số điểm neo giữa phần bề mặt đối tượng và tấm màu dán được gọi là UV Mapping. Hiện nay, có một số kỹ thuật cho phép gắn chính xác hơn lớp màu này lên đối tượng 3D.

Việc tính toán gần đúng được thực hiện tiếp trong việc thể hiện màu sắc bề mặt đối tượng 3D xảy ra khi bề mặt đối tượng được mô tả có độ gồ ghề, chi tiết không đầy đủ như mong muốn do nhiều lý do như độ nặng của đối tượng quá lớn khi thể hiện độ chi tiết quá cao nhưng kết quả hiển thị lại mong muốn ở mức chấp nhận được. Hình

ảnh thể hiện đạt được mức độ gần giống với việc sử dụng đối tượng 3D với độ chi tiết của bề mặt cao.

Thể hiện biến đổi hình dạng của đối tượng 3D

Như đã đề cập ở trên, khi một đối tượng 3D tác động lực lên một đối tượng 3D khác trong môi trường ảo, biến dạng có thể xảy ra. Quá trình này trong thực tế là luôn xảy ra, nhưng với đa số các ứng dụng ảo hiện nay người ta thường coi các vật thể này là rắn tuyệt đối. Tuy nhiên khi thiết bị chạy các ứng dụng ngày một mạnh lên và yêu cầu trong việc thể hiện các tương tác ảo cần phải càng ngày càng giống thật, việc xác định một cách chi tiết biến dạng của bề mặt đối tượng 3D ngày càng được quan tâm nhiều hơn.

Các biến dạng một cách tự động hiện cũng đã được nghiên cứu thành các thuật toán và áp dụng trong một số trường hợp. Ví dụ như hiện nay, các đối tượng như vải, chất lỏng, lông tóc đã được mô hình hoá để có thể tự động biến dạng trong môi trường ảo. Với mỗi hiệu chỉnh về độ chi tiết, biến dạng sẽ bị ảnh hưởng theo, và tùy theo yêu cầu cụ thể của sản phẩm, độ chi tiết được nâng lên hoặc giảm xuống cho phù hợp.

1.3. Một số hướng nghiên cứu được đề xuất trong luận án

Như đã trình bày, bài toán mô phỏng da người trong môi trường thực hành ảo Nhi khoa được lựa chọn nghiên cứu sâu nhằm nâng cao chất lượng. Tuy nhiên đây không phải là một bài toán đơn thuần liên quan đến một vài yếu tố như xây dựng đối tượng 3D hay thể hiện màu sắc mà gồm một tập các bài toán. Trong đó chúng được chia thành hai loại chính: một số bài toán thuần liên quan tới mô phỏng đối tượng 3D trong môi trường ảo như:

- Bài toán xác định va chạm của các đối tượng 3D trong mô phỏng y tế

- Bài toán thể hiện màu sắc da của đối tượng người dưới tác động của các thủ thuật y khoa cần có sự biến đổi màu sắc về da theo tình trạng bệnh lý của bệnh nhân

- Bài toán thể hiện biến đổi hình dạng da của đối tượng người dưới tác động của các thủ thuật y khoa cần có sự biến đổi hình dạng chi tiết.

Ngoài ra, để giải quyết được các bài toán mô phỏng cũng cần nghiên cứu các vấn đề liên ngành để hỗ trợ:

- Vấn đề về thời gian làm đầy mao mạch liên quan đến các tham số sự sống của da người

- Vấn đề về sức bền vật liệu, biến dạng của bề mặt dưới tác động của ngoại lực

- Vấn đề về học máy trong việc đưa ra các chỉ số dự kiến mô tả trạng thái của bệnh nhân ảo dựa trên tập dữ liệu ban đầu.

Trên đây cũng mới chỉ là một trong những vấn đề mà luận án đã giải quyết trọn vẹn hoặc giải quyết theo hướng đề xuất phương án đánh đổi một số tham số để đạt được một số tham số khác. Trong thực tế mô phỏng, để đạt được tới độ chính xác ngày càng tiệm cận tới như da người thật, còn nhiều vấn đề khác sẽ được nghiên cứu mở rộng sau. Ngoài ra, trong luận án các vấn đề liên ngành sẽ không được trình bày thành các mục riêng rẽ mà tùy theo từng bài toán mô phỏng mà được giới thiệu nhằm hỗ trợ cho quá trình nghiên cứu.

1.4. Kết luận chương 1

Trong chương này, đã trình bày tổng quan về bài toán mô phỏng trong thực hành y khoa: Sự phát triển từ mô phỏng bằng các nguyên mẫu mô hình (manakin) dịch chuyển dần sang mô phỏng trên môi trường ảo 3D và sự liên quan giữa mô phỏng trong môi trường ảo với các kỹ thuật mô phỏng bề mặt. Kéo theo đó là các vấn đề mô phỏng

bề mặt cần giải quyết thực tế mà mình gặp phải trong khi phát triển sản phẩm dẫn đến các đề xuất hướng nghiên cứu chính của luận án và phương pháp thực hiện.

CHƯƠNG 2. MỘT SỐ KỸ THUẬT TÍNH TOÁN GẦN ĐÚNG TRONG XÂY DỰNG VÀ XÁC ĐỊNH TƯƠNG TÁC BỀ MẶT ĐỐI TƯỢNG 3D

2.1. Biểu diễn đối tượng 3D trong không gian ảo

Kỹ thuật tạo hình đối tượng 3D trong không gian ảo

Tạo hình 3D dạng người trong môi trường ảo có khá nhiều phương pháp nhưng đều được gọi chung là phương pháp tạo hình 3D Humanoid. Phương thức này ban đầu được thực hiện bằng việc phân chia cơ thể 3D thành các khối trụ hoặc khối hộp cùng các khớp nối mô tả các khớp chuyển động tự do của cơ thể người. Trong thực tế hiện nay, các khối trụ hoặc khối hộp được thay thế bằng hệ lưới phức tạp nhằm mô tả chính xác bề mặt của lớp da người. Màu sắc của bề mặt các đối tượng 3D dạng người ban đầu không được quá quan tâm đã có sự thay đổi thông qua việc tạo ra nhiều lớp thể hiện.

Phương thức tạo ra đối tượng 3D hiện nay thông thường được hiểu là tạo ra hình dạng đối tượng 3D chứ không phải tạo ra từng thành phần nhỏ bên trong đối tượng 3D. Do đó, hầu hết các đối tượng 3D trong không gian ảo là một đối tượng rỗng ruột. Các thuật toán, kỹ thuật nhằm làm cho đối tượng 3D trông gần giống với đối tượng gốc được gọi chung là các kỹ thuật tạo hình 3D. Cũng cần phải nói thêm là trong kỹ thuật dựng hình 3D mặc dù có khái niệm về vật liệu của đối tượng, tuy nhiên đây không phải là khái niệm vật liệu như trong vật lý thông thường.

Việc sinh lưới cho các đối tượng đa động trong không gian ba chiều có hai phương pháp chính là sinh lưới cho đối tượng dạng tứ giác và sinh lưới cho đối tượng dạng tam giác. Việc sinh lưới cho đối tượng dạng tứ giác dễ dàng hơn cho việc xử lý, hiệu chỉnh nhưng không tối ưu về mặt lưu trữ và thể hiện. Do đó, hiện nay định dạng chuẩn cho việc lưu trữ và xử lý đối tượng 3D là dạng lưới tam giác.

Kỹ thuật tạo màu đối tượng 3D trong không gian ảo

Để tạo ra màu sắc cho một đối tượng 3D có hai phương pháp chung: (1) quy định màu sắc cho lớp bề mặt của đối tượng, (2) dán lên bề mặt của đối tượng một số lớp hình ảnh theo đặc điểm bên ngoài mong muốn của đối tượng. Các đối tượng trong các sản phẩm ba chiều hiện nay hầu hết đều được phủ lên một đến nhiều lớp hình ảnh với các đặc điểm khác nhau. Những tổng hợp về kỹ thuật tạo màu cho đối tượng 3D được gọi chung là các kỹ thuật texturing, mapping và painting cho đối tượng 3D.

Việc mô phỏng da người trong môi trường ảo có thể chia thành hai hướng chính, đó là: Xây dựng lớp da của đối tượng người trong môi trường ảo và mô phỏng các yếu tố tác động lên lớp da của đối tượng người trong môi trường ảo. Qua khảo sát thực tế và các tài liệu y khoa da người khi chịu tác động của ngoại lực sẽ biến đổi về cả hình dạng lẫn màu sắc, tuy nhiên quá trình phục hồi lại của hình dạng và màu sắc không đồng bộ với nhau mà chênh lệch bởi một khoảng thời gian được định nghĩa là thời gian làm đầy mao mạch (CRT). Khoảng thời gian này biến thiên dựa theo các tham số về sức khỏe của con người. Hiện nay các nghiên cứu về mô phỏng da ảo trong y tế biến đổi về hình dạng và màu sắc có tính toán tới thời gian làm đầy mao mạch còn khá hạn chế.

2.2. Xử lý va chạm giữa đối tượng 3D trong không gian ảo

Mô phỏng các đối tượng trong không gian ảo hiện nay bao gồm việc thể hiện các hoạt động của các đối tượng, hiện tượng có tương tác lẫn nhau các đối tượng này. Việc thực hiện thủ công mô tả các tương tác giữa các đối tượng mất quá nhiều công sức và thời gian của họa sĩ. Các phương pháp bán thủ công hoặc tự động đã được ứng dụng ngày một nhiều hơn nhằm tăng hiệu suất công việc trong môi trường ảo.

Trong các phương pháp xác định va chạm hiện nay, các phương pháp được sử dụng nhiều nhất và có tính phổ biến nhất là phương pháp phát hiện sự giao cắt giữa các thực thể hình học đơn giản, như hình cầu, hình hộp. Các đa giác và hình hình học có độ phức tạp cao cần được tính toán cẩn thận trước khi sử dụng. Do đó, việc xác định được lúc nào va chạm xảy ra và va chạm xảy ra tại đâu để áp dụng các phép kiểm thử trên đối tượng rất quan trọng trong cơ chế hoạt động của việc xử lý va chạm của các đối tượng. Các thuật toán tính toán khoảng cách, biểu diễn đối tượng phân cấp, tiêu chí cắt giảm các nhánh có định hướng và lược đồ phân vùng không gian được sử dụng trong trường hợp này.

Có thể nói rằng việc xác định đúng, chính xác và xác định nhanh va chạm giữa các đối tượng trong miền ảo là bước đầu tiên cho phép biểu diễn các trạng thái tiếp theo của các đối tượng hoạt động trong đó. Bài toán xác định va chạm được đặt ra và việc chấp nhận phải hy sinh một khía cạnh nào đó: thời gian tính toán, công cụ tính toán, khối lượng dữ liệu lưu trữ thông thường sẽ phải được chấp nhận ở một mức độ nhất định để phục vụ cho bài toán tổng thể.

Xác định va chạm giữa các đối tượng 3D trong không gian ảo

Các kỹ thuật phát hiện va chạm trong không gian ảo được nhóm thành bốn cách tiếp cận chính: Giao thoa thể tích không gian, thời gian;

Quét giao thoa thể tích; Xác định nhiều giao thoa và tham số hoá quỹ đạo. Dựa trên các phương thức tiếp cận này, hiện nay kỹ thuật xác định va chạm cũng có thể chia làm hai nhánh chính: sử dụng các hộp bao quanh đối tượng nhằm xác định giao thoa của đối tượng với đối tượng khác và phương pháp bắn ra một tia từ đối tượng.

Nhận dạng va chạm đặt ra vấn đề kiểm tra các giao thoa có thể xảy ra giữa các mô hình hình học chuyển động trong không gian. Do đó, các nhân tố thiết kế khi xây dựng một giải thuật nhận dạng va chạm bao gồm biểu diễn hình học, các dạng khác nhau của các truy vấn, các mối quan hệ với cơ chế chuyển động, sự trường hợp ngoại lệ trong việc thực hiện và sử dụng. Giải thuật nhận dạng va chạm hướng tới các kết quả nhanh và chính xác. Đối với các đối tượng biến dạng, các cấu trúc dữ liệu được sử dụng có thể cần phải tính toán lại để đảm bảo các truy vấn của sự giao thoa hiệu quả vẫn khả dụng ngay cả sau khi hình dạng bị thay đổi. Độ chính xác được xác định thông qua các tiếp điểm của va chạm: ví dụ như cặp hình cơ bản chính xác của va chạm.

Hệ bao BVH đóng vai trò quan trọng trong việc biểu diễn các vật thể, cho phép giải quyết nhiều vấn đề trong lý thuyết và ứng dụng của nhận dạng va chạm, dò tia. Các kỹ thuật này cho phép giải các bài toán trong nhiều lĩnh vực như robotic, đồ họa máy tính, đồ họa động, trò chơi điện tử, thực tế ảo, mô phỏng và biểu diễn có khả năng tương tác.

Kỹ thuật xác định va chạm để xuất và đánh giá

Ở bài toán mô phỏng cơ thể bệnh nhân ảo thực hiện việc lựa chọn kỹ thuật, cải tiến kỹ thuật áp dụng được thực hiện như sau trên Game Engine:

Giải thuật:

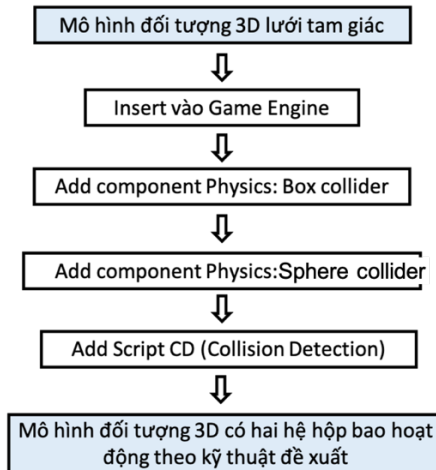
Đầu vào: Mô hình 3D dưới dạng lưới tam giác.

- Mô hình 3D được insert vào Engine dưới dạng *.fbx; *.obj

- Add component Physics 2 dạng hộp bao cho mô hình 3D: AABB (Box collider) và Sphere (Sphere collider): Tạo 2 hệ hộp bao trên đối tượng

- Add component là script CD: hiển thị collider hiện hành của đối tượng là dạng AABB, khi có va chạm xảy ra, kiểm tra collider Sphere có xảy ra va chạm không. Nếu có, bật trạng thái va chạm của mô hình = 1.

Đầu ra: Mô hình 3D có hai hệ hộp bao hoạt động theo kỹ thuật đề xuất



Hình 2.1: Sơ đồ giải thuật tạo thành đối tượng 3D có hai hệ hộp bao hoạt động theo kỹ thuật đề xuất

Nhằm kiểm tra hiệu quả của việc sử dụng hai hệ hộp bao, các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Sử dụng kỹ thuật xác định va chạm mà công cụ mô phỏng cung cấp để thực hiện, ở đây cụ thể là Engine Unity.

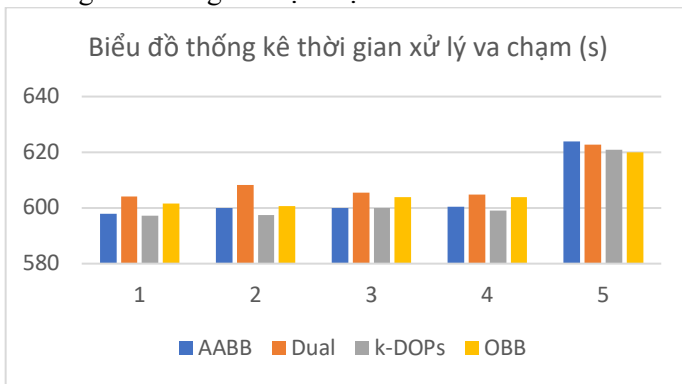
Bước 2: Phân tích kỹ thuật sau đó đề xuất một kỹ thuật xác định va chạm mới nhằm tìm kiếm giải pháp tối ưu.

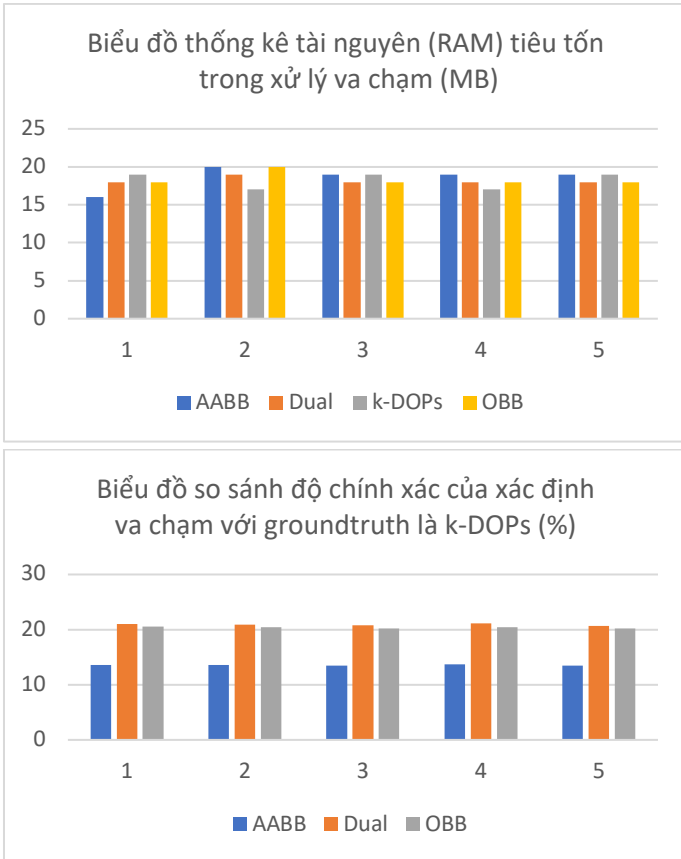
Bước 3: So sánh các giải pháp nhằm có giải pháp có lợi nhất cho việc thực hiện mô phỏng.

Thực nghiệm và đánh giá

Cấu hình các vật va chạm với đối tượng được cấu hình 04 loại hộp bao là AABB, OBB, k-DOPs và 2 hệ hộp bao: các khối cầu ngẫu nhiên với số lượng: 1.000.000. Số lượng kiểm thử được chia thành 05 lần mỗi lần 1000 phép thử và lấy trung bình để theo dõi. Đối tượng kiểm thử được đặt nghiêng một góc 30 độ so với trục toạ độ nhằm tránh tạo ra các điều kiện trùng cho các phép thử.

Từ kết quả thử nghiệm việc ứng dụng song hệ hộp bao, đánh đổi thời gian xử lý để có độ chính xác cao hơn. Việc ứng dụng đề xuất có thể thực hiện khi cần độ chính xác cao hơn so với một hệ hộp bao AABB, OBB và trường hợp sử dụng không yêu cầu lợi về thời gian xử lý. Tuy nhiên trong bài toán của luận án, để đạt độ chính xác cao nhất cho các thử nghiệm, thuật toán xác định va chạm giữa các đối tượng được lựa chọn là hệ hộp bao k-DOPs tương đương với Mesh Collider trên công cụ mô phỏng và không quan tâm đến tài nguyên tiêu tốn cũng như thời gian thực hiện.





Trên đây là biểu đồ so sánh hiệu quả xử lý va chạm của hệ hộp bao đề xuất (Dual).

2.3. Kết luận chương 2

Trong chương này đã trình bày một số kỹ thuật tính toán gần đúng trong việc tạo thành đối tượng 3D và xác định va chạm giữa các đối tượng 3D trong môi trường mô phỏng. Một kỹ thuật mới được giới thiệu: sử dụng song song hai hệ hộp bao trên cùng một đối tượng 3D với một hệ hộp bao có cấu trúc đơn giản nhưng khả năng xác định va chạm nhanh, một hệ hộp bao có cấu trúc phức tạp hơn nhằm nâng cao

khả năng xác định và chạm chính xác. Các thử nghiệm được thực hiện và tổng hợp so sánh về độ hiệu quả và sai của phương pháp đề xuất với các phương pháp truyền thống.

CHƯƠNG 3. MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA KỸ THUẬT MÔ PHÒNG BỀ MẶT TRONG THỂ HIỆN DA NGƯỜI DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NGOẠI LỰC

Trong mô phỏng cơ thể người dưới tác động của ngoại lực, biến đổi về màu sắc và hình dạng của lớp da có tính toán đến các yếu tố sinh lý, tham số khảo sát thực tế, độ chi tiết cần thể hiện là các bài toán cần được nghiên cứu và ứng dụng.

3.1. Kỹ thuật tính toán thời gian làm đầy mao mạch

Thời gian làm đầy mao mạch của da

Capillary refill time (CRT) là một thuật ngữ được sử dụng rộng rãi trong Y khoa cho phép đánh giá nhanh tình trạng tim mạch của bệnh nhân nặng. Khái niệm này lần đầu được đưa ra vào năm 1947 bởi Beecher và được định lượng ở ba mức bình thường, chậm và rất chậm. Để đo lường CRT người ta sử dụng áp lực để làm trống mao mạch, thông thường là bằng cách ấn ngón tay vào phần da của bệnh nhân trong ít nhất 5s để toàn bộ máu tại phần da bị ấn được bơm ra ngoài các mao mạch. Sau đó, bác sĩ bỏ ngón tay ấn trên da và ghi nhận thời gian máu được bơm đầy vào các mao mạch. Đặc điểm để nhận diện quá trình này là màu sắc của vùng da bị ấn chuyển từ màu trắng (máu được bơm ra ngoài mao mạch) về lại màu sắc tương tự các vùng da bên cạnh (máu được làm đầy trong các mao mạch).

Tính toán tham số sức khoẻ của bệnh nhân ảo dựa tập dữ liệu có sẵn

Để đáp ứng với đa dạng các bài toán, việc vận dụng học máy trong trường hợp này có ý nghĩa quan trọng trong việc giúp thể hiện một cách gần với thực tế nhất các trạng thái đầu ra của các đối tượng. Phụ thuộc vào đặc điểm của bài toán, ta sẽ lựa chọn loại mạng nơ ron phù hợp là Mạng feedforward (Multi-layer perceptron). Cấu trúc của mạng nơ ron này sẽ được xác định chính xác thông qua quá trình thực nghiệm, đồng thời xem xét nhằm cực tiểu hoá sai số của thuật toán thông qua Thuật toán lan truyền ngược.

Dữ liệu huấn luyện được thu thập tại bệnh viện nhi TW với đối tượng là trẻ em khoảng 1 năm tuổi. Do yếu tố nguồn lực và thời gian giới hạn, giới hạn các dữ liệu thu thập gồm có huyết áp trung bình, nhịp tim và thời gian làm đầy mao mạch. Hiện nay, cơ sở dữ liệu đã thu thập được khoảng 150 mẫu, và sử dụng 100 mẫu để huấn luyện và 50 mẫu để tiến hành kiểm thử.

Kết quả thực nghiệm

Kết quả thực nghiệm là khá khả quan. Sai số trung bình của phương pháp trong thử nghiệm này là 0,28s với sai số lớn nhất là 0,93s và sai số nhỏ nhất khoảng 0,005s.

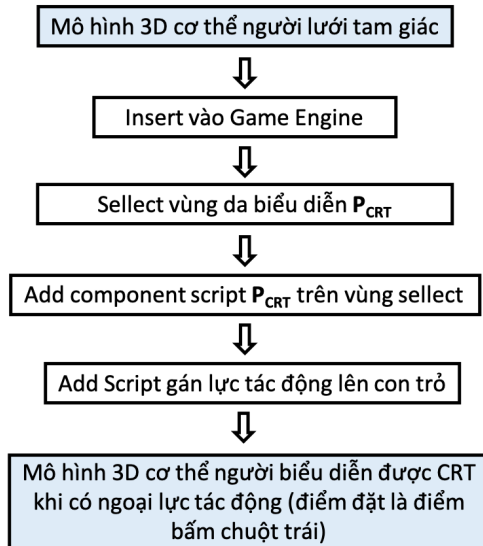
3.2. Kỹ thuật biến đổi màu sắc của lớp vỏ đối tượng 3D dưới tác động ngoại lực

Trong thực tế, lớp da của con người sẽ bị mất màu hồng tự nhiên khi có lực ấn vào (thủ thuật kiểm tra CRT), khi lực ấn biến mất (ngón tay nhấc ra), máu sẽ bơm lại vào các mao mạch dưới da tại nơi bị ấn và làm da hồng trở lại. Quá trình bơm này là từ ngoài vào trong, từ dưới lên trên. Do đó, ý tưởng chung của kỹ thuật là xác định vùng tác động của ngón tay ảo, tại vùng tác động này, khi lực tác động diễn ra,

màu của lớp da được làm trắng, khi lực tác động biến mất, màu của lớp da được làm hồng dần lên một cách tự động. Chi tiết của kỹ thuật sẽ được mô tả ở các phần sau.

Kỹ thuật mô phỏng biến đổi hình dạng và màu sắc da dưới tác động ngoại lực

Giải thuật:



Hình 3.1: Sơ đồ giải thuật tạo thành Mô hình 3D cơ thể người có thể tính toán CRT khi có ngoại lực tác động

Đầu vào: Mô hình 3D cơ thể người được dựng thủ công và lưu dưới dạng lưới tam giác.

- Mô hình 3D cơ thể người được insert vào Game Engine
- Lựa chọn khu vực da cho phép biểu diễn PCRT (chú ý không lựa chọn các vùng da có độ gấp khúc phức tạp như mặt, nách, bẹn, ngón tay, ngón chân, ... hoặc có tóc, râu)
- Add component script PCRT cho khu vực được lựa chọn

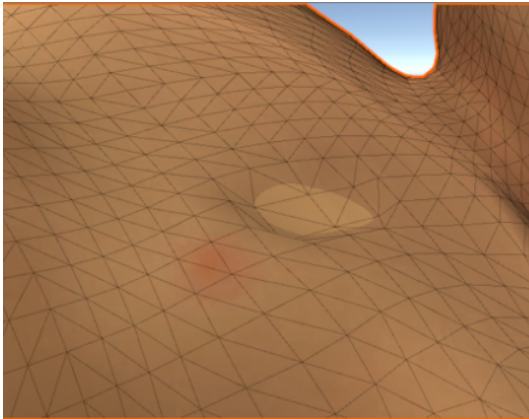
- Add component script gán lực tác động vuông góc lên con trỏ chuột khi bấm chuột trái

Output: Mô hình 3D cơ thể người cho phép biểu diễn thời gian CRT trên bề mặt với thao tác ấn sử dụng điểm đặt là điểm bấm chuột trái.

Phương thức xây dựng Script tính toán P_{CRT} và gán lực tác động vuông góc lên con trỏ chuột khi bấm chuột trái được mô tả chi tiết như sau:

Bước 1: Tính toán lực tác động: Áp dụng thuật toán Raycast bắt đầu từ vị trí con trỏ chuột để xác định tọa độ điểm đặt ngón tay và hướng của lực tác dụng. Lực tác dụng lên các vertex trong vùng bị ảnh hưởng được xác định theo công thức:

$$F_i = F_0 * \cos^2(x_i)$$



Hình 3.2: Mô phỏng thay đổi hình dạng và màu sắc của Da khi có tác động tại 1.5s

Bước 2: Tính toán vùng ảnh hưởng: Màu sắc da tại vùng bị ấn xuống sau khi nhấc tay ra sẽ trở nên nhợt nhạt và dần hồng hào trở lại khi sau một thời gian. Màu sắc của vùng da này được thể hiện bằng

cách vẽ lên texture da của bệnh nhân tại vị trí bị nhấn một vùng màu sắc khác thông qua shader.

Bước 3: Thực hiện việc biến đổi theo thời gian: Thời gian để da hồng hào trở lại chính là giá trị CRT được đề cập ở trên. Giá trị này sẽ được tính toán khi thiết lập chỉ số nhịp tim (Heart rate) và huyết áp (Blood Pressure) cho bệnh nhân.

3.3. Kỹ thuật biến đổi hình dạng của lớp vỏ đối tượng 3D dưới tác động ngoại lực

Trong khi mô phỏng tương tác giữa các đối tượng trong môi trường ảo là: đối tượng không tự biến đổi hình dạng bề mặt theo các tác động của thủ thuật y khoa. Do đó, trong luận án đề xuất việc tự xây dựng một số công cụ cho phép tăng cường độ chi tiết của vùng biến dạng khi có ngoại lực tác động. Cơ sở của việc cải thiện chất lượng hiển thị là gia tăng số lượng lưới tức thời tại vùng chịu tác động.

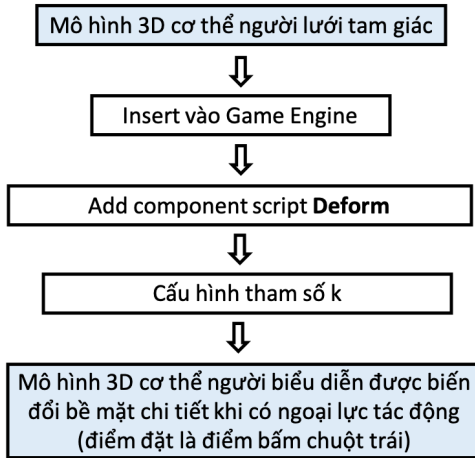
Giải thuật:

Đầu vào: Mô hình 3D cơ thể người được dựng thủ công và lưu dưới dạng lưới tam giác.

- Mô hình 3D cơ thể người được insert vào Game Engine
- Add component script Deform cho đối tượng
- Cấu hình tham số k trên giao diện của script để xác định độ chi tiết mong muốn

Output: Mô hình 3D cơ thể người cho phép biểu diễn biến đổi hình dạng với thao tác ấn sử dụng điểm đặt là điểm bấm chuột trái.

Lưu ý: Không lựa chọn các vùng da có độ gấp khúc phức tạp như mặt, nách, bẹn, ngón tay, ngón chân, ... để thực hiện kiểm thử (việc ấn)



Hình 3.3: Sơ đồ giải thuật tạo thành Mô hình 3D cơ thể người có thể biểu diễn chi tiết biến đổi bề mặt khi có ngoại lực tác động

Bề mặt đối tượng chịu tác động được thiết kế dạng lưới tam giác. Thuật toán được cài đặt trên hệ đỉnh của các lưới tam giác trên mô hình. Lực tác động được sinh ra thông qua việc đặt một vector lực tại 1 điểm trên bề mặt đối tượng.

Để chứng minh kỹ thuật mới có hiệu quả vượt trội so với việc sử dụng phương pháp cũ, thuật toán biến dạng nhưng không sinh lưới mới lên đối tượng được cài đặt để kiểm thử.

Phương pháp xây dựng script Deform:

Bước 1: Từ điểm đặt lực trên mặt lưới tìm node gần nhất và đặt lực tác động lên node đó

Bước 2: Xác định vùng chịu tác động của lực trên hệ lưới và tăng số lượng node.

Để tăng độ chi tiết dễ dàng nhận thấy bằng mắt thường chọn $k = 4$

Bước 3: Tìm ma trận chuyển vị của các node lân cận dưới tác động của lực theo phương pháp phân tử hữu hạn

Bước 4: Xây dựng hệ lưới mới trên hệ các node mới bằng kỹ thuật Earclipping

Bước 5: Render hình dạng của đối tượng dựa trên hệ lưới mới được xây dựng

Kết quả thực nghiệm

Việc mô phỏng được thực hiện trên mô hình 3D cơ thể trẻ em 1 tuổi có số lượng lưới là: 64.004 (tris); chiều cao tham chiếu: 80cm; chiều dài đầu: 20 cm; Chiều dài sải tay: 63cm.

Bề mặt mô phỏng sử dụng kỹ thuật mới có độ biến dạng chi tiết hơn so với bề mặt ban đầu. Kết quả của kỹ thuật có thể được thống kê định lượng: Tại một điểm tác động, số lượng lưới tam giác mô tả biến dạng của đối tượng gốc là 8, số lượng lưới tam giác biến dạng của đối tượng sau khi áp dụng kỹ thuật mới là $8*4*4 = 128$ trong phép thử với $k=4$ trong đó k có thể tăng tùy độ chi tiết mong muốn. Với mỗi chỉ số k tăng lên, độ chi tiết tăng lên k^2 lần. Theo định tính, ta có thể dễ dàng thấy bề mặt biến dạng khi sử dụng kỹ thuật mới mềm mại hơn bề mặt ứng dụng kỹ thuật cũ



Hình 3.4: Bề mặt biểu diễn đối tượng biến dạng khi chịu lực tác động sử dụng kỹ thuật gốc và sử dụng kỹ thuật được đề xuất

Bề mặt so sánh khi sử dụng kỹ thuật gốc và kỹ thuật mới như hình trên.

3.4. Kết luận chương 3

Trong chương này, đã trình bày hai vấn đề thể hiện biến đổi màu sắc và hình dạng của bề mặt đối tượng 3D dưới tác động của ngoại lực. Phạm vi thử nghiệm được giới hạn trong việc thể hiện trên lớp da của bệnh nhân ảo được sử dụng làm đối tượng cài đặt các kỹ thuật. Hiệu quả của các kỹ thuật nhằm cải tiến chất lượng hiển thị được xác định bằng các tham số định tính và định lượng.

Ngoài ra, trong chương này cũng đề cập đến một số nội dung liên ngành: vấn đề thời gian làm đầy mao mạch trên da người (y khoa) và xác định thời gian làm đầy mao mạch dựa trên kỹ thuật học máy.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Các bài toán cụ thể trong luận án đề cập đến được chia thành hai bộ phận: (1) Tăng cường chất lượng của mô phỏng ở mức cơ sở thông qua các kỹ thuật xây dựng và xử lý tương tác giữa các đối tượng trong môi trường ảo; (2) Tăng cường chất lượng hiển thị của đối tượng nghiên cứu trong các bài toán ứng dụng thông qua việc đề xuất các kỹ thuật biểu diễn tại một số trường hợp cụ thể.

Các đóng góp mới của luận án được nêu ra đã đề xuất các kỹ thuật mới về mặt lý thuyết và một số kỹ thuật trong đó đã được ứng dụng phát triển thành hệ thống sản phẩm phục vụ cho công tác đào tạo y, nhi khoa tại Việt Nam. Các đóng góp có thể kể đến như sau:

- Đề xuất kỹ thuật xác định và chạm giữa hai vật thể rắn thông qua việc sử dụng song song hai hệ hộp bao. Kỹ thuật cho phép xác định nhanh và chính xác va chạm giữa hai đối tượng.
- Đề xuất kỹ thuật biểu diễn thay đổi màu da của bệnh nhân ảo khi thực hiện thủ thuật xác định thời gian làm đầy mao mạch (CRT).

Kỹ thuật cho phép thể hiện việc bơm máu ra ngoài các mao mạch và làm đầy lại với thời gian xác định bởi các tham số sự sống đầu vào. Kỹ thuật xác định CRT sử dụng mạng nơ ron lan truyền ngược. Bộ dữ liệu sử dụng là các tham số sự sống được thu thập tại Bệnh viện Nhi Trung ương

- Đề xuất kỹ thuật biểu diễn biến dạng bề mặt da của bệnh nhân ảo khi thực hiện thủ thuật y khoa án trên bề mặt da. Kỹ thuật cho phép thể hiện chi tiết hơn biến dạng bề mặt thông qua việc tăng mật độ lưới biểu diễn bề mặt cục bộ tại khu vực chịu tác động của ngoại lực

Kết quả của nghiên cứu được công bố trên các tạp chí, hội thảo khoa học cũng như áp dụng vào sản phẩm triển khai thực tế tại một số bệnh viện cấp Trung ương và địa phương tại Việt Nam.

Từ các hạn chế và tính mới của luận án, hướng nghiên cứu tiếp theo của việc mô phỏng da người và các tác động lên da người là rất tiềm năng. Một số nghiên cứu dự kiến có thể triển khai sau luận án này gồm:

- Xây dựng mô hình biểu diễn tương tác với bề mặt da người với nhiều hơn các tham số sự sống đầu vào.

- Xây dựng mô hình thể hiện bệnh nhân ảo và phản hồi y khoa dựa trên học máy

- Tìm kỹ thuật mô phỏng da người tự động khi gặp các thủ thuật y khoa có xâm lấn, có phá vỡ lớp bề mặt.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của lớp da người trong thực tế với các đặc tính vật lý, hoá học, sinh học không đồng đều đến thể hiện trong không gian ảo.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA NGHIÊN CỨU SINH LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

[JN01]. Nguyễn Đức Hoàng, Về phương pháp xây dựng phân hệ vùng bao tự động cho đối tượng 3D, Tạp chí Khoa học Công nghệ Thông tin và truyền thông, số 01, 2019, ISSN 2525-2224.

[JN02]. Nguyễn Đức Hoàng, Đỗ Năng Toàn, Nguyễn Tuấn Minh, Phạm Ngọc Toàn, Một kỹ thuật mô phỏng sự biến đổi hình dạng và màu sắc của da dưới tác động của ngoại lực có tính toán đến thời gian làm đầy mao mạch CRT, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên, 2021, 226(07): 50-58

[JN03]. Nguyễn Đức Hoàng, Đỗ Năng Toàn, Lê Ngọc Duy, Mô phỏng cấp cứu nhi khoa dựa trên kỹ thuật xấp xỉ bề mặt đối tượng 3D, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên, 2022, 227(11): 255 – 264.

[JN04]. Le Ho Thi Quynh Anh, Le Van Chi, Huynh Van Minh, Martin Valcke, Nguyen Vu Quoc Huy, Nguyen Thi Thanh Huyen, Duong Quang Tuan, Ho Dac Truong An, Che Thi Len Len, Johan Wens, Peter Pype, Wim Peersman, Nguyen Thi Cuc, Vo Duc Toan, Nguyen Duc Hoang, Nguyen Minh Tam, Debriefing in Virtual Reality as a Catalyst for Clinical Reasoning Development in Diabetes Primary Care Training for Medical Students, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, (ISI Q2, Submitted)

[CF01]. Nguyễn Đức Hoàng, Đỗ Năng Toàn, Nguyễn Tuấn Minh, Ngô Đức Vĩnh, Kỹ thuật tính toán tự động thời gian làm đầy mao mạch trong mô phỏng thực hành cấp cứu y khoa tại Việt Nam, Kỷ yếu Hội nghị KHCN Quốc gia lần thứ XIV về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR), TP. HCM, 23-24/12/2021 DOI: 10.15625/vap.2021.0048

[CF02]. Nguyen Duc Hoang; Do Nang Toan; Nguyen Tuan Minh, A technique to improve the displaying quality of skin deformation caused by external force, ICACT, 2022, DOI: 10.23919/ICACTION53585.2022.9728945