ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Ma Thị Châu

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ KỸ THUẬT KHÔI PHỤC MẶT NGƯỜI BA CHIỀU TỪ SỌ

Chuyên ngành: Khoa học máy tính

Mã số: 62 48 01 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Hà Nội, năm 2013

Công trình được hoàn thành tại

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Bùi Thế Duy

GS. TS. Tae Wan Kim

Phản biện 1: PGS. TS. Dương Anh Đức

Trường Đại học Công nghệ thông tin, ĐHQG TP. HCM

Phản biện 2: PGS. TS. Hồ Cẩm Hà

Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

Phản biện 3: GS. TS. Vũ Đức Thi

Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm KH&CN VN

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm luận án tiến sĩ họp tại.....

vào hồi giờ ngày tháng năm

Có thể tìm luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm thông tin – thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội

MỞ ĐẦU

Luận án nghiên cứu dựng khuôn mặt ba chiều từ hộp sọ dựa trên độ dày mô mềm. Cách tiếp cận này tận dụng sự hỗ trợ của máy tính trong việc thống kê đo đạc thông tin liên quan như độ dày mô mềm, số đo sọ.

Trong luận án, chúng tôi đề xuất ba thuật toán liên quan đến dựng khuôn mặt ba chiều từ hộp sọ như sau:

Thứ nhất, chúng tôi đề xuất dựng thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh hai chiều và điều chỉnh lỗi trượt phát sinh để tăng độ chính xác của mô hình ba chiều của sọ kết quả.

Thứ hai, chúng tôi đề xuất thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Trong đó kết hợp biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng mạng các hàm bán kính cơ sở (*Radial Basis Function – RBF*), ước lượng độ dày mô mềm từ số đo sọ và nội suy thêm độ dày mô mềm.

Cuối cùng, chúng tôi đề xuất thuật toán trích chọn đặc trưng cạnh và góc tự động trên mô hình ba chiều của sọ. Thuật toán là sự kết hợp giữa phân đoạn dữ liệu trên mô hình ba chiều của sọ và phép nhân chập.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

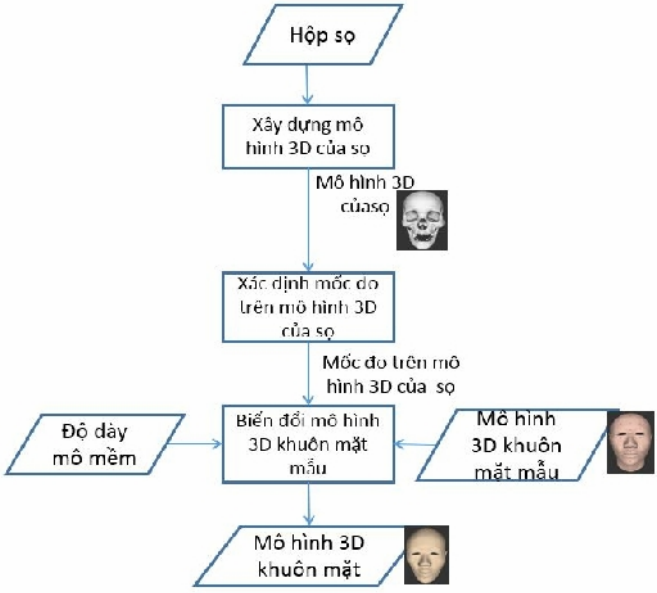
1.1 Bài toán và cách giải quyết của chúng tôi

Bài toán dựng khuôn mặt ba chiều từ hộp sọ có đầu vào là *hộp sọ*; đầu ra là *mô hình ba chiều khuôn mặt* phù hợp với hộp sọ.

Hộp sọ được mô phỏng thành mô hình ba chiều của sọ. Sau đó, dựng khuôn mặt dựa trên giải phẫu hoặc dựa trên độ dày mô mềm. Phương pháp dựa trên giải phẫu yêu cầu hiểu biết về giải phẫu sinh học của khuôn mặt. Với phương pháp thứ hai, thông tin về độ dày mô mềm phải được cung cấp. Trong luận án, chúng tôi nghiên cứu dựng lại mô hình ba chiều khuôn mặt từ hộp sọ dựa trên độ dày mô mềm với sự trợ giúp của máy tính. Chúng tôi định nghĩa ***Hộp sọ*** là hộp sọ thật khai quật được. ***Mô hình ba chiều của sọ*** là mô hình ba chiều của bề mặt hộp sọ dưới dạng lưới đa giác. ***Mô hình ba chiều khuôn mặt*** là mô hình ba chiều của bề mặt khuôn mặt dưới dạng lưới đa giác.

Bài toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ hộp sọ dựa vào thông tin mô mềm được giải quyết như sau (Hình 1.1): Hộp sọ được số hóa thành mô hình ba chiều của sọ. Trên mô hình này, người ta xác định ra một số mốc mà tại đó biết độ dày mô mềm. Tại các mốc, gắn lên đó các kim có độ dài bằng độ dày mô mềm. Cuối cùng, dùng một khuôn mặt mẫu biến đổi, chạm vào các kim tạo ra diện mạo khuôn mặt. Trong các nghiên cứu trước, dữ liệu sọ số hóa ở dưới dạng quét. Việc quét sọ không dễ dàng bởi chi phí cũng như việc bảo đảm hiện trường. Dữ liệu mô mềm được tính trung bình từ CSDL mô mềm của một nhóm người với số lượng hạn chế. Do vậy, khuôn mặt

kết quả chưa chính xác. Độ chính xác các mốc trên mô hình ba chiều của sọ phụ thuộc vào kinh nghiệm chủ quan của người đánh dấu.



Hình 1.1. Qui trình tái tạo khuôn mặt ba chiều từ hộp sọ

Trong luận án này, chúng tôi đưa ra ba thuật toán góp phần giải quyết các vấn đề trên.

Thứ nhất, chúng tôi đề xuất thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh sử dụng giải pháp điều chỉnh đặc trưng ba chiều nhằm khắc phục lỗi trượt trên mô hình ba chiều của sọ dựng lại.

Thứ hai, để nâng cao độ chính xác của khuôn mặt dựng lại, chúng tôi đưa ra thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Thuật toán kết hợp việc xác định độ dày mô mềm từ các số đo sọ, mô mềm nội suy và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu dùng mạng RBF.

Thứ ba, để hạn chế lỗi chủ quan cũng như tăng số lượng điểm đặc trưng, chúng tôi đưa ra thuật toán trích chọn đặc trưng tự động trên mô hình ba chiều của sọ.

1.2 Cấu trúc của luận án

Phần còn lại của luận án được tổ chức như sau. Chương 2 trình bày các cách tiếp cận khác nhau khi khôi phục mặt người từ hộp sọ. Sau đó chúng tôi trình bày các dạng mô hình hóa bề mặt khuôn mặt ba chiều hoặc sọ số hóa.

Trong chương 3, chúng tôi đề xuất thuật toán dựng lại mô hình ba chiều của sọ từ ảnh dùng giải pháp điều chỉnh điểm đặc trưng ba chiều để nâng cao độ chính xác của kết quả. Chúng tôi phân tích sai số phát sinh khi chụp ảnh quanh sọ. Từ đó, giải pháp tăng cường độ chính xác của mô hình ba chiều của sọ bằng việc điều chỉnh điểm đặc trưng được đưa ra.

Trong chương 4, chúng tôi đề xuất thuật toán kết hợp dùng độ dày mô mềm tính được từ số đo sọ, mô mềm nội suy và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng mạng các hàm bán kính cơ sở để hạn chế sai số của mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả. Những vị trí nội suy thêm mô mềm là những vị trí có độ dày mô mềm chưa được tính toán từ số đo hộp sọ cũng như chưa được thống kê đo đạc.

Trong chương 5, chúng tôi đưa ra thuật toán trích chọn các đặc trưng dưới dạng điểm cạnh và điểm góc trên mô hình ba chiều của sọ. Để trích chọn các đặc trưng cạnh và góc, chúng tôi kết hợp giữa kỹ thuật phân đoạn dữ liệu và phép nhân chập để tăng hiệu quả của thuật toán.

Trong chương 6, chúng tôi nêu ra các kết quả nghiên cứu và bàn luận.

CHƯƠNG 2. KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ DỰNG KHUÔN MẶT TỪ HỘP SỌ

Trong chương này, chúng tôi trình bày vấn đề cơ bản liên quan đến dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ hộp sọ. Chúng tôi trình bày các cách tiếp cận khác nhau khi khôi phục mặt người từ hộp sọ. Sau đó chúng tôi trình bày các dạng mô hình hóa bề mặt khuôn mặt ba chiều hoặc sọ số hóa.

2.1 Các cách tiếp cận dựng khuôn mặt từ hộp sọ

2.1.1 Dựng thủ công khuôn mặt từ hộp sọ

Dựng thủ công khuôn mặt từ hộp sọ được thực hiện như sau. Người ta nặn sọ thạch cao hoặc đất sét. Các chốt gỗ được cắt với độ dài bằng độ dày mô mềm ở một số mốc nhân trắc được gắn lên sọ. Sau đó, đắp thạch cao hoặc đất sét lên sọ cho khớp với các chốt.

2.1.2 Dựng khuôn mặt từ hộp sọvới sự trợ giúp của máy tính

Người ta có thể dùng ảnh hai chiều hoặc video của khuôn mặt lên hộp sọ để xác định xem khuôn mặt và hộp sọ có phải của cùng một người hay không.

Trong trường hợp chỉ có có hộp sọ, người ta xây dựng mô hình ba chiều của sọ. Sau đó, tiến hành phục dựng mô hình ba chiều khuôn mặt theo hai phương pháp: giải phẫu và dựa trên độ dày mô mềm. Với phương pháp thứ nhất, mô hình ba chiều của sọ được bao phủ bởi các lớp cơ, các tuyến và các lớp sụn, và cuối cùng là lớp da tạo nên hình dáng khuôn mặt. Với phương pháp thứ hai, xác định một số mốc trên mô hình ba chiều của sọ tại đó xác định độ dày mô mềm. Dùng một mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu biến đổi cho khớp với mô hình ba chiều của sọ dựa trên các độ dày mô mềm trên.

2.2 Biểu diễn mô hình ba chiều khuôn mặt và sọ

Để mô hình hóa bề mặt khuôn mặt người ta có thể dùng lưới đa giác hoặc bề mặt tham số.

2.2.1 Mô hình hóa bề mặt khuôn mặt bằng lưới đa giác

Xấp xỉ bề mặt khuôn mặt bằng lưới đa giác có nhiều ưu điểm. Xử lý bề mặt đa giacs như cắt xén bởi khung nhìn, xác định bề mặt ẩn, tô màu, tạo bóng dễ dàng được thực hiện bởi các thuật toán đồ họa máy tính hiệu quả.

2.2.2 Mô hình hóa bề mặt khuôn mặt bằng bề mặt tham số

Xấp xỉ bề mặt khuôn mặt bằng bề mặt tham số cần ít điểm dữ liệu và trơn nhẵn hơn so với biểu diễn đa giác. Tuy nhiên các thuật toán loại bỏ mặt ẩn không hiệu quả. Hơn nữa chi phí tính toán cho các thuật toán trên bề mặt tham số là rất cao.

Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi dùng lưới tam giác để biểu diễn mô hình ba chiều của sọ và khuôn mặt. Ngoài những ưu điểm của lưới đa giác nêu trên, biểu diễn lưới đa giác dễ dàng mô tả các vùng bề mặt không giống nhau. Ví dụ, vùng miệng, vùng mắt phức tạp hơn, chúng ta sẽ dùng nhiều tam giác hơn, trong khi vùng má ta có thể giảm số lượng tam giác.

CHƯƠNG 3. DỰNG MÔ HÌNH BA CHIỀU CỦA SỌ TỪ ẢNH

Thông thường để có dữ liệu số hóa ba chiều của hộp sọ, người ta dùng máy quét ba chiều. Tuy nhiên, máy quét ba chiều có chi phí cao và không thuận tiện để mang ra hiện trường. Trong chương này, chúng tôi đề xuất thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh, sử dụng giải pháp điều chỉnh đặc trưng sọ ba chiều khắc phục ảnh hưởng của lỗi trượt để nâng cao độ chính xác của kết quả.

Chúng tôi phân tích, đánh giá lỗi trượt xuất hiện khi trích chọn đặc trưng, từ đó, đưa ra giải pháp hạn chế ảnh hưởng của lỗi này lên mô hình ba chiều của sọ. Các đặc trưng hai chiều sẽ được trích chọn trên ảnh sọ. Lỗi trượt được xác định dựa trên đặc trưng và cách thức chụp ảnh. Dữ liệu ảnh được thu nhận như sau. Cố định hộp sọ trên mặt phẳng P xoay được. Đặt máy quay cố định, xoay mặt phẳng P theo góc quay α, chụp ảnh hộp sọ thu được ảnh sọ ở các góc nhìn khác nhau. Thay đổi vị trí bảng ca-rô, chụp ảnh bảng ca-rô tại mỗi vị trí bằng máy quay trên.

3.1. Thuật toán mô hình ba chiều của sọ từ ảnh

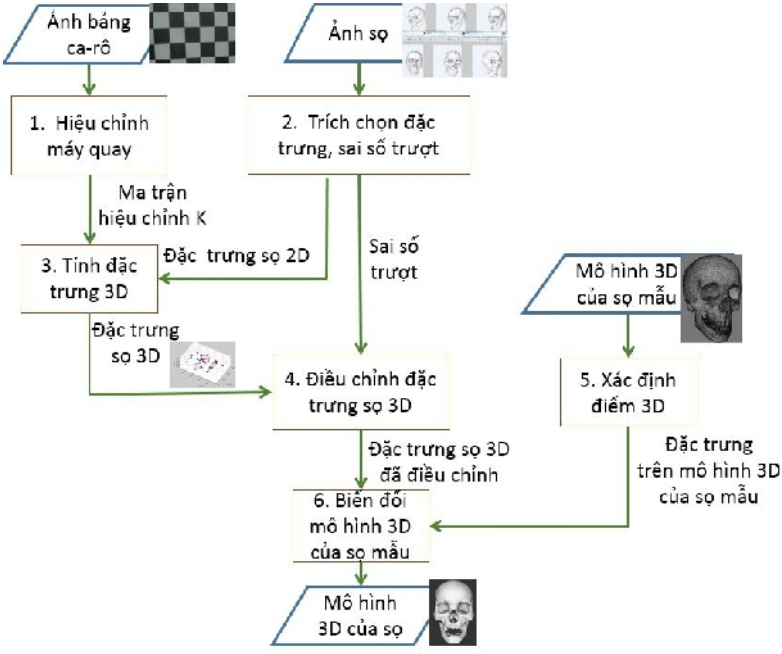
Để dựng mô hình hộp sọ ba chiều dùng ảnh, chúng tôi đề xuất thuật toán *Dựng_Sọ_Ba_Chiều* (Hình 3.6) như sau.

Đầu vào: Ảnh sọ, ảnh bảng ca-rô và mô hình ba chiều của sọ mẫu.

Đầu ra: Mô hình ba chiều của sọ.

1. Tính ra ma trận hiệu chỉnh K chứa tham số trong của máy quay từ ảnh chụp bảng ca-rô.

2. Trích chọn và đối sánh đặc trưng hai chiều {(x-x')}trên từng cặp ảnh liên tiếp. Sau đó, tính lỗi trượt ε khi đối sánh các cặp điểm đặc trưng này.



Hình 3.6. Dựng sọ ba chiều

3. Dùng các cặp điểm đặc trưng đối sánh {(x-x')} tính được ở bước (2) góc nhìn máy quay và tham số trong của máy quay (ma trận K) tính được ở bước (1) để tính tọa độ ba chiều {X} tương ứng của các cặp điểm {(x-x')}.

4. Dùng lỗi trượt ε tính được ở bước (2) để điều chỉnh lại các điểm đặc trưng ba chiều {X} tính được ở bước (3) để có được các điểm đặc trưng ba chiều chính xác hơn $\{\overline{X}\}$.

5. Xác định tọa độ các điểm ba chiều {X'} trên mô hình ba chiều của sọ mẫu tương ứng với các điểm ba chiều đã hiệu chỉnh $\{\overline{X}\}$ ở bước (4). Huấn luyện mạng RBF tìm biến đổi T biến tập điểm {X'} thành tập điểm $\{\overline{X}\}$ và dùng biến đổi T này để biến đổi mô hình ba chiều của sọ mẫu thành mô hình ba chiều của sọ kết quả.

3.1.1. Thuật toán tính đặc trưng sọ ba chiều

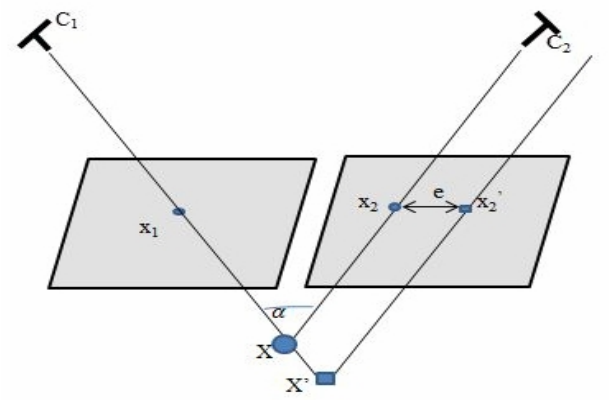
Ma trận hiệu chỉnh K được xác định từ bước hiệu chỉnh máy quay dùng bảng ca-rô. Các điểm đặc trưng hai chiều đối sánh {(x-x')} được trích chọn và đối sánh tự động. Đặc trưng hộp sọ ba chiều được xác định thông qua các cặp điểm đặc trưng đối sánh, ma trận hiệu chỉnh, ma trận quay và thuật toán *Tính_Tọa_Độ_Ba_Chiều*.

3.1.2. Ảnh hưởng của lỗi trượt lên đặc trưng sọ ba chiều và cách khắc phục

Khi chụp ảnh hộp sọ xoay theo chiều ngang x. Các đặc trưng sẽ bị trượt đi theo chiều quay x một khoảng ε. Gọi C_1 và C_2 là hai vị trí liên tiếp của máy quay, hai mặt phẳng ảnh I_i và $I_{i+}1$ nằm giữa đối tượng ba chiều X và máy quay (Hình 3.9). Điểm ba chiều X có hình chiếu là hai điểm hai chiều x_1 và x_2 trên hai ảnh I_i và I_{i+1}. Tuy nhiên, đặc trưng tương ứng tìm được trên ảnh I_{i+1} không phải là điểm x_2 mà là điểm x_2'. Gọi lỗi trượt ε là sự chênh lệch giữa x2 và x2'. Do lỗi trượt mà điểm tái tạo ba chiều không phải là X như ban đầu mà là X', xa hơn (khi quan sát từ các máy quay) so với điểm X.

XX' được xác định thì ta hoàn toàn có thể khôi phục lại điểm X thay vì là điểm X' được tái tạo. Độ dài XX' được tính như sau:

$$XX' = \epsilon \frac{2}{sin\frac{\alpha}{2}} \left(k_x + \frac{x_0}{x_i}\right)^{-1} (mm)$$



Hình 3.9. Lỗi trượt

3.1.3. Biến đổi mô hình ba chiều của sọ mẫu bằng RBF

Cuối cùng, để dựng mô hình ba chiều của sọ, chúng tôi biến đổi mô hình ba chiều của sọ mẫu cho khớp với các đặc trưng được điều chỉnh nêu trên bằng mạng RBF.

3.2. Thử nghiệm và đánh giá

Ảnh sọ thu nhận được bằng cách chụp ảnh sọ quét ba chiều khi hiển thị trong phần mềm MeshLab. Từ các cặp điểm đặc trưng của các cặp ảnh sọ liên tiếp xây dựng bộ điểm đặc trưng ba chiều. Chuẩn hóa và so sánh tập các điểm đặc trưng ba chiều này với hộp sọ quét ban đầu. Sau đó, tiến hành điều chỉnh tất cả các điểm đặc trưng ba chiều với độ dài 1.5mm (theo công thức tính XX') hướng về phía máy quay. Kết quả đạt được cũng đem so sánh với hộp sọ gốc (Hình 3.20, Bảng 3.1). Hình 3.20 trái biểu diễn bản đồ màu về khoảng cách giữa điểm đặc trưng so với sọ quét trước và sau khi điểm đặc trưng được điều chỉnh. Bảng 3.1 cho thấy lỗi trung bình và lỗi lớn nhất

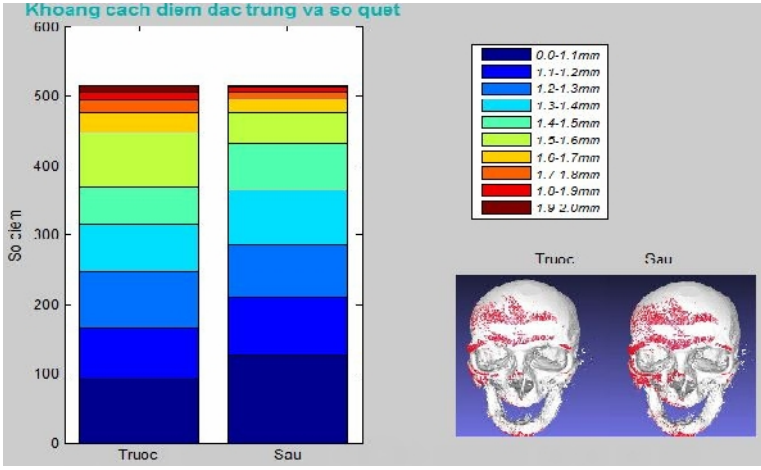
giảm đi từ 13% đến 36% sau khi tiến hành điều chỉnh các điểm đặc trưng ba chiều so với trước khi điều chỉnh.

3.3. Kết luận chương

Chúng tôi đã đưa ra thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh hai chiều. Trong đó, chúng tôi tiến hành đánh giá lỗi trượt khi trích chọn đặc trưng tự động trên ảnh đầu vào, đánh giá ảnh hưởng của lỗi trượt. Từ đó, chúng tôi đưa ra giải pháp hạn chế sự ảnh hưởng này nhằm nâng cao độ chính xác của mô hình ba chiều của sọ đầu ra. Thuật toán được mở rộng từ việc dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ ảnh. Phương pháp dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh khả thi và chi phí không đáng kể so với việc dùng dữ liệu sọ quét ba chiều

Bảng 3.1. Lỗi trung bình và lớn nhất của đặc trưng sọ trước vào sau khi điều chỉnh

Sọ	E_{trc}	E_{sau}	$E_{l.nht,trc}$	$E_{l.nht,sau}$
1	0.7271	0.6271	3.1314	2, 0312
2	0.7903	0.5903	2.9004	2.3032



Hình 3.20. Đặc trưng ba chiều trước và sau khi điều chỉnh

CHƯƠNG 4. DỰNG MÔ HÌNH BA CHIỀU KHUÔN MẶT TỪ MÔ HÌNH BA CHIỀU CỦA SỌ

Trong các hệ thống dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ dựa vào mô mềm trước đây, độ dày mô mềm được ước lượng trung bình trên cơ sở dữ liệu độ dày mô mềm của một nhóm người. Số lượng mô mềm hạn chế vì phụ thuộc cơ sở dữ liệu. Khuôn mặt dựng lại còn mang dấu ấn của nhóm người và còn chưa chính xác.

Trong chương này, chúng tôi đưa ra thuật toán mới dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Thuật toán là sự kết hợp giữa việc xác định độ dày mô mềm từ các số đo sọ, nội suy độ dày mô mềm và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu dùng mạng RBF nhằm nâng cao độ chính xác của kết quả.

4.1. Thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ

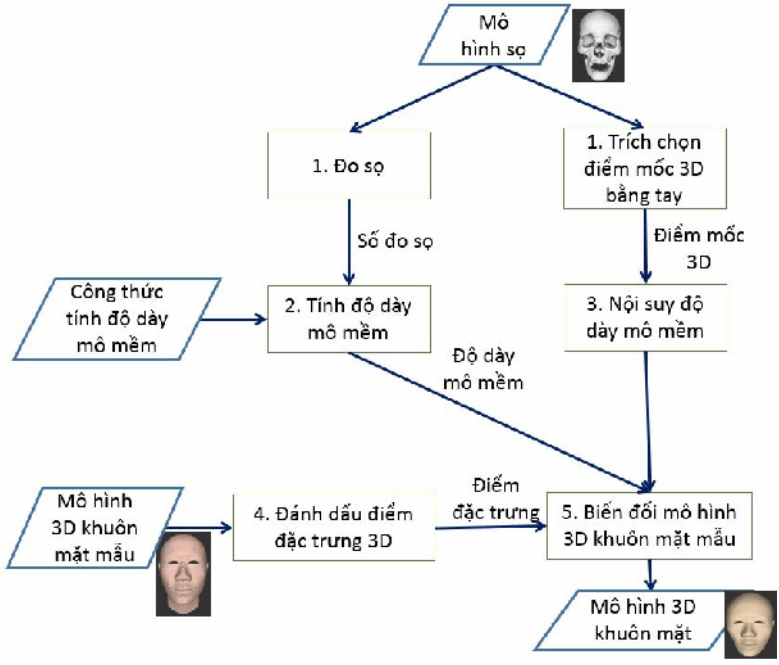
Chúng tôi giải quyết thành hai bài toán như sau: Trước hết công thức tính độ dày mô mềm dựa trên số đo sọ của người Việt. Sau đó, chúng tôi áp dụng thuật toán *Dựng_Khuôn_Mặt_Ba_Chiều_Từ_Hộp_Sọ* (Hình 4.6) dùng các công thức tính độ dày mô mềm tính được ở trên như sau.

Đầu vào: Mô hình ba chiều của sọ, mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu và các công thức tính độ dày mô mềm

Đầu ra: Mô hình ba chiều khuôn mặt.

1. Trích chọn điểm mốc và đo sọ trên mô hình ba chiều của sọ.

2. Từ các số đo sọ đo được ở bước 1 và công thức tính độ dày mô mềm tính ra các độ dày mô mềm ở các điểm mốc trên mô hình ba chiều của sọ chọn được ở bước 1.



Hình 4.6. Dựng khuôn mặt ba chiều từ sọ

3. Nội suy thêm độ dày mô mềm .

4. Xác định các đặc trưng trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu tương ứng với các vị trí điểm mốc trên mô hình ba chiều của sọ.

5. Biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng huấn luyện mạng RBF sao cho các điểm đặc trưng trên mô hình ba chiều khuôn mặt

mẫu xác định ở bước 4 khớp với mô hình ba chiều của sọ dựa trên độ dày mô mềm tính được ở bước 2 và 3.

4.1.1. Ước lượng độ dày mô mềm

Thay vì tính giá trị trung bình của dữ liệu thống kê chúng tôi tiến hành huấn luyện tập dữ liệu mô mềm và dữ liệu số đo sọ để tìm ra mối liên hệ giữa các số đo sọ và độ dày mô mềm. Hai CSDL số đo sọ và độ dày mô mềm được thu thập trên CSDL đầu quét. Độ dày mô mềm được coi là dữ liệu cần dự đoán, số đo sọ là các dữ liệu đầu vào. Chúng tôi dùng hai cách tiếp cận huấn luyện tìm công thức: hồi qui tuyến tính và mạng nơ-ron. Kết quả là các công thức độ dày mô mềm từ số đo sọ.

Mô mềm tính được từ số đo sọ không được phân bố đồng đều trên hộp sọ. Một số vùng như má, hàm, đầu mũi, trán với ít mô mềm sẽ thiếu chính xác. Vì vậy, chúng tôi thiết kế hệ thống tự động bổ sung các mô mềm gắn lên hộp sọ để tăng hiệu quả biến đổi mặt mẫu.

4.1.2. Biến đổi khuôn mặt mẫu

Tọa độ các điểm đặc trưng trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu được xác định tương ứng với các mốc đo sọ. Đối với các mốc đo xác định trên hộp sọ, dễ dàng xác định tọa độ ba chiều đặc trưng tương ứng trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu. Đối với các mốc đo tương ứng mô mềm nội suy, các đặc trưng ba chiều được xác định như sau. Để xác định đặc trưng C’ tương ứng với độ dày mô mềm C được nội suy, chúng tôi xác định hai đặc trưng A’ và B’ trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu của độ dày mô mềm A và B (hai mô mềm dùng để nội suy mô mềm C). Tiếp theo xác định điểm O là tâm của khối hộp bao mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu và trung điểm M của đoạn A’B’. Sau đó, thuật toán tìm kiếm theo chiều rộng được sử dụng để tìm ra giao điểm của đoạn thẳng OM và mô hình ba chiều khuôn

mặt mẫu. Cuối cùng, giao điểm này chính là đặc trưng C' của đặc trưng C cần xác định. Gọi P là tập gồm N điểm đặc trưng trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu. Dựa vào vị trí các điểm mốc trên sọ, dựa vào độ dày mô mềm gắn liền với các điểm mốc này, chúng tôi xác định ra các điểm đặc trưng trên mô hình ba chiều khuôn mặt cần dựng lại Q.

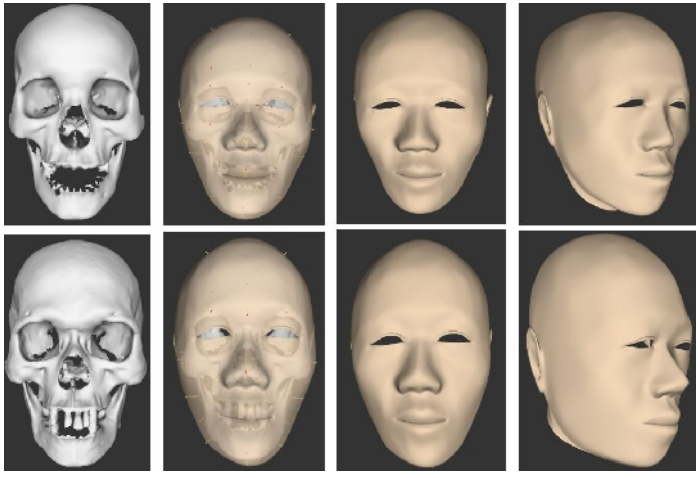
Chuẩn hóa hai tập điểm P và Q này sao cho chúng có cùng hướng và gốc tọa độ nằm ở trọng tâm của từng tập điểm. Dùng ba mạng RBF huấn luyện biến đổi từng thành phần tọa độ của tập điểm Q về tập điểm P. Các tham số từ bộ huấn luyện này được dùng biến đổi toàn bộ điểm trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu để được mô hình ba chiều khuôn mặt mong muốn.

4.2. Thử nghiệm và đánh giá

Để đánh giá một cách định lượng chúng tôi chụp CT đầu người. Dữ liệu sọ và khuôn mặt được số hóa mô hình ba chiều. Khuôn mặt được tái tạo trên mô hình ba chiều của sọ. Mô hình ba chiều khuôn mặt tái tạo và khuôn mặt quét được so sánh với nhau. (Hình 4.13, Bảng 4.1). Bảng 4.1 chỉ ra lỗi trung bình này trên hai khuôn mặt thật chúng tôi tái tạo với phép biến đổi khuôn mặt RBF và RBF với nội suy độ dày mô mềm Khi thêm độ dày mô mềm, mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả tăng độ chính xác lên xấp xỉ 20% so với khuôn mặt chỉ dùng biến đổi RBF.

Bảng 4.1. Lỗi trung bình của khuôn mặt dựng lại

Hộp sọ	RBF	RBF với nội suy thêm kim
1	$1.50mm$	$1.24mm$
2	$1.62mm$	$1.17mm$



Hình 4.13. Hai khuôn mặt dựng lại

Mô hình ba chiều khuôn mặt tái tạo được lấy ý kiến đánh giá của các chuyên gia và hội đồng thẩm định về: (i) Các đặc điểm về chủng tộc; (ii) Các đặc điểm về giới tính; (iii) Độ tuổi; (iv) Các đặc điểm mô tả. Với các đặc điểm (i), (ii) và (iii), kết quả đạt yêu cầu. Riêng đặc điểm mô tả độ phù hợp đạt 70%.

4.3. Kết luận chương

Chúng tôi đã trình bày thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều sọ. Độ dày mô mềm được tính ra từ số đo sọ và nội suy. Cuối cùng, biến đổi một mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng RBF. Mô hình ba chiều khuôn mặt dựng lại được đánh giá tích cực về mặt định tính và đạt độ chính xác cao về mặt định lượng, đặc biệt là ở vùng mắt, cằm và góc hàm.

CHƯƠNG 5. TRÍCH CHỌN ĐẶC TRƯNG TRÊN MÔ HÌNH BA CHIỀU CỦA SỌ

Việc đánh dấu điểm mốc trên mô hình ba chiều của được thực hiện thủ công bởi người dùng có kiến thức nhân trắc hoặc các chuyên gia pháp y. Với cách tiếp cận này, độ chính xác điểm mốc trích chọn được phụ thuộc vào trình độ và kinh nghiệm của chuyên gia. Hơn nữa, số lượng điểm mốc không nhiều.

Trong chương này, chúng tôi giới thiệu thuật toán tự động trích chọn đặc trưng trên mô hình ba chiều của sọ. Khi có được các đặc trưng này, các điểm mốc sẽ là một tập con trong những tập điểm đặc trưng này. Như vậy ta đã khoanh vùng được vị trí điểm mốc. Thuật toán được xây dựng dựa trên việc kết hợp giữa phân đoạn dữ liệu và phép nhân chập. Các phương pháp này được lựa chọn để triển khai bởi tính đơn giản cũng như hiệu năng tính toán của chúng.

5.1. Trích chọn đặc trưng

Chúng tôi đề xuất thuật toán *Trích_Chọn_Đặc_Trưng* (Hình 5.4) để trích chọn điểm cạnh và góc của mô hình ba chiều của sọ.

Đầu vào: Mô hình ba chiều của sọ.

Đầu ra: Các đặc trưng góc và cạnh ba chiều

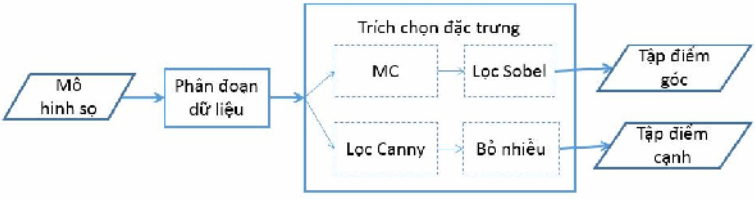
1. Phân đoạn dữ liệu hộp sọ số hóa thành các điểm ba chiều nhận giá trị 1 hoặc -1. Điểm có giá trị -1 là điểm thuộc bên trong mô hình ba chiều của sọ, các điểm còn lại có giá trị 1.

2. Dựa vào hộp MC (marching cube) tìm ra tập các điểm góc ứng cử viên thuộc bề mặt hộp sọ từ dữ liệu nhị phân có được ở bước 1.

Dùng mặt nạ thiết kế dạng Sobel lọc trên tập điểm góc ứng cử viên để tìm ra điểm đặc trưng góc.

3. Dùng mặt nạ thiết kế dạng Canny lọc trên tập các điểm thuộc bề mặt hộp sọ từ dữ liệu nhị phân có được ở bước 1 để tìm ra các điểm đặc trưng cạnh.

Loại bỏ nhiễu trên tập các điểm đặc trưng cạnh bằng cửa sổ ba chiều Susan để có tập các điểm cạnh cuối cùng.



Hình 5.4. Trích chọn đặc trưng

5.1.1. Phân đoạn dữ liệu

Với mô hình ba chiều của sọ, chúng tôi phân đoạn dữ liệu bằng cách khối hóa và gán các giá trị 1 và -1 cho các đỉnh của khối tùy thuộc vào vị trí của chúng so với mô hình ba chiều của sọ. Việc khối hóa được thực hiện trong hộp bao mô hình ba chiều của sọ. Sau đó, lát cắt mô hình sọ được lấy theo trục y của hệ trục tọa độ. Mỗi lát cắt giao với mô hình sọ theo các đa giác cắt. Trên các đa giác này, một lưới ô vuông được tạo ra. Các đỉnh của các ô vuông chính là các đỉnh của các khối gọi là các điểm lấy mẫu. Những điểm nằm trong đa giác cắt nhận giá trị -1 còn lại nhận giá trị 1.

Với sọ quét, chúng tôi dùng dữ liệu dưới dạng lát cắt bỏ qua bước chuyển đổi dữ liệu sang dạng đám mây điểm hoặc lưới đa giác. Chúng tôi dùng phương pháp tập mức phân đoạn dữ liệu trực tiếp

trên các lát cắt hai chiều để giảm thời gian tính toán và tận dụng tính đơn giản của biểu diễn dữ liệu dạng hàm ẩn.

5.1.2. Trích chọn đặc trưng

5.1.2.1. Trích chọn điểm góc

Chúng tôi xác định tập điểm góc ứng cử viên CC trên tập các điểm bề mặt hộp sọ dựa vào ý tưởng hình hộp của thuật toán Marching Cube.

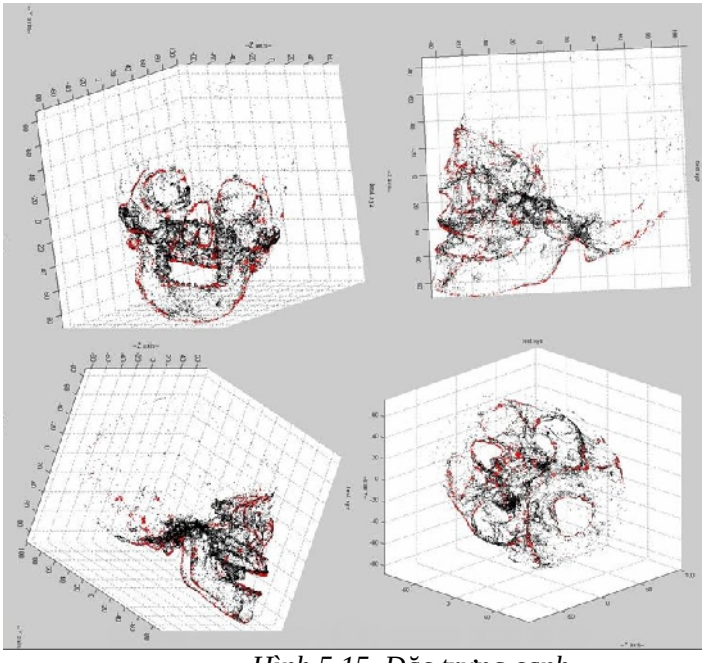
Để trích trọng ra điểm góc trong tập CC, chúng ta nhân chập các điểm góc ứng cử viên với mặt nạ ba chiều. Chúng tôi thiết kế mặt nạ Sobel. Có ba mặt nạ Sx, Sy và Sz là mặt nạ theo ba hướng khác nhau mặt phẳng xy, yz, xz. Khi nhân chập, với mỗi mặt nạ tương ứng được thiết kế như trên sẽ được các điểm bề mặt có ít sự thay đổi gra-đi-en theo từng hướng mặt phẳng xy, yz, xz. Với mỗi điểm góc ứng cử viên, độ chênh lệch của các giá trị khi nhân chập với các mặt nạ trên mà nhỏ hơn một ngưỡng thì đó chính là điểm góc. Ngưỡng này được xác định bằng thực nghiệm và tùy thuộc vào các giá trị được gán cho mặt nạ.

5.1.2.2. Trích chọn điểm cạnh

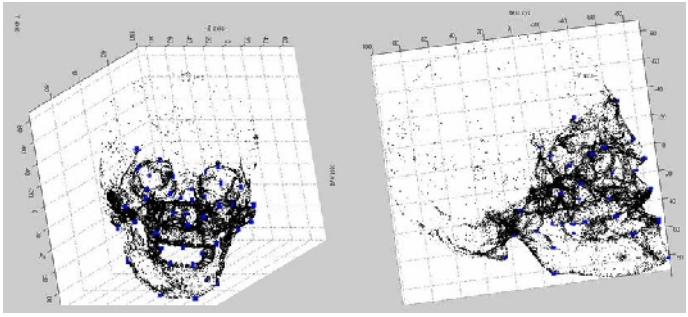
Chúng tôi thiết kế một loại bộ lọc ba chiều thông cao để trích chọn các điểm cạnh. Mặt nạ này được dùng để xấp xỉ gra-đi-en và laplace của ảnh ba chiều bởi phép nhân chập. Ba mặt nạ Cx, Cy và Cz, được thiết kế theo ba hướng x-, y-, z-. Ba mặt nạ này trích chọn được các cạnh lồi và được gọi là các mặt nạ Canny lồi. Tương tự, để trích chọn ra các điểm thuộc cạnh lõm chúng ta sử dụng ba mặt nạ Canny lõm Cxi, Cyi và Czi. Các giá trị phần tử trên các mặt nạ này là đối của các giá trị của ba mặt nạ Cx, Cy và Cz tương ứng.

Nhiễu và điểm cạnh đều là cực trị gra-đi-en. Do vậy, khi dùng mặt nạ Canny, bên cạnh việc trích chọn được các điểm cạnh chúng ta cũng trích chọn được các điểm nhiễu. Sự khác biệt giữa điểm nhiễu và điểm cạnh đó là điểm nhiễu thuộc một vùng ít thay đổi gra-đi-en trong khi điểm cạnh thuộc biên kề của hai vùng trở lên. Để loại bỏ nhiễu, chúng tôi sử dụng một cửa sổ hình hộp trượt đi khắp các điểm cạnh được trích chọn ở bước trước. Chúng tôi tính tỉ lệ thể tích phần trong và phần ngoài đối tượng cùng thuộc về cửa sổ. Các tỉ lệ này được phân thành ba loại (i) *lồi* nếu tỉ lệ nhỏ hơn 0.5, (ii) *phẳng* nếu tỉ lệ xấp xỉ *0.5*, và (iii) còn lại là *lõm*. Một điểm cạnh được phân thành phẳng sẽ được coi là nhiễu.

5.2. Thử nghiệm và đánh giá



Hình 5.15. Đặc trưng cạnh



Hình 5.16. Đặc trưng góc

Chúng tôi thử nghiệm trên dữ liệu sọ quét. Ảnh sọ quét bao gồm 100 lát cắt ngang được phân đoạn dữ liệu với phương pháp tập mức, chúng tôi có được dữ liệu sọ ba chiều biểu diễn dưới dạng hàm ẩn với kích cỡ 200 x 200 x160. Bề mặt sọ được biểu diễn bởi 26509 đỉnh. Việc trích chọn đặc trưng góc và cạnh chỉ tiến hành trên tập các điểm bề mặt sọ (Hình 5.15 và Hình 5.16).

5.3. Kết luận chương

Chúng tôi đã đề xuất một thuật toán tự động để trích chọn điểm đặc trưng cạnh và góc trên mô hình ba chiều của sọ. Với thuật toán tự động số lượng các đặc trưng có được sẽ nhiều hơn trong khi trích chọn bằng tay việc trích chọn chỉ được số lượng hạn chế. Số lượng đặc trưng nhiều lên đồng nghĩa với việc độ chính xác của các bài toán dùng đặc trưng cũng tăng lên. Khi tiến hành trích chọn cạnh, chúng tôi đã tạo ra cửa sổ ba chiều dựa trên ý tưởng trích chọn đặc trưng SUSAN để khử nhiễu ở các bề mặt xuất hiện cùng cạnh.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Trong luận án, chúng tôi đã trình bày các phương pháp, kỹ thuật, cải tiến liên quan đến dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ hộp sọ. Ba đóng góp chính của luận án như sau:

Thứ nhất, chúng tôi đã đưa ra thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh. Trong đó, chúng tôi tiến hành đánh giá lỗi trượt khi trích chọn đặc trưng tự động trên ảnh đầu vào, đánh giá ảnh hưởng của lỗi trượt. Từ đó, giải pháp hạn chế sự ảnh hưởng này nhằm nâng cao độ chính kết quả được đưa ra. Phương pháp này khả thi và chi phí không đáng kể so với việc dùng dữ liệu sọ quét ba chiều.

Thứ hai, chúng tôi đã đưa ra thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Thuật toán là sự kết hợp giữa việc tính độ dày mô mềm số đo sọ, độ dày mô mềm được nội suy và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng mạng RBF. Độ chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả tăng lên,đặc biệt là, độ chính xác ở các vùng mắt, cằm và góc hàm. Mô hình ba chiều khuôn mặt dựng lại cũng được đánh giá tích cực về mặt định tính. Các nhận định về chủng tộc, giới tính, và độ tuổi đạt yêu cầu.

Thứ ba, chúng tôi đã đề xuất một thuật toán tự động để trích chọn điểm đặc trưng cạnh và góc trên mô hình ba chiều của sọ. Với thuật toán tự động số lượng các đặc trưng có được sẽ nhiều hơn trong khi trích chọn bằng. Số lượng đặc trưng nhiều lên đồng nghĩa với việc độ chính xác của các bài toán dùng đặc trưng cũng tăng lên. Việc loại bỏ nhiễu được thực hiện khi trích chọn cạnh. Nên, độ chính xác của điểm cạnh tăng lên.

KẾT LUẬN

Kết luận

Chúng tôi đóng góp ba thuật toán

Chúng tôi đề xuất thuật toán dựng mô hình ba chiều của sọ từ ảnh hai chiều. Trong đó, chúng tôi điều chỉnh lỗi trượt phát sinh để tăng độ chính xác của mô hình ba chiều của sọ kết quả.

Chúng tôi đề xuất thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Trong đó, chúng tôi kết hợp biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu bằng mạng các hàm bán kính cơ sở RBF, ước lượng độ dày mô mềm từ số đo sọ và nội suy độ dày mô mềm để tăng tính chân thực và độ chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả.

Chúng tôi đề xuất thuật toán trích trọn đặc trưng cạnh và góc tự động trên mô hình ba chiều của sọ. Thuật toán là sự kết hợp hiệu quả giữa phân đoạn dữ liệu trên mô hình ba chiều của sọ và phép nhân chập.

Định hướng phát triển

Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ hoàn thiện hơn nữa qui trình dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ hộp sọ.

Đầu tiên, chúng tôi sẽ hoàn thiện việc tạo lớp phủ tạo, thêm các kiểu dáng về tóc, lông mày, tai. Việc này nhằm tạo ra mô hình ba chiều khuôn mặt hoàn thiện và có đặc điểm mô tả có độ chính xác cao hơn nữa.

Bên cạnh đó, chúng tôi sẽ hoàn thiện qui trình trích chọn điểm mốc trên mô hình ba chiều của sọ tự động bằng cách kết hợp thông tin nhân trắc trên hộp sọ và việc trích chọn đặc trưng tự động trên mô hình ba chiều của sọ.

Danh mục các công trình khoa học liên quan đến luận án

1. Ma Thi Chau, Bui The Duy (2007), "A process of building 3D models from images", *Vietnam National University Journal of Science, Mathematics and Physics*, VNUH, ISSN 0866 – 8612, 23(1), pp. 9-14.
2. Ma Thị Châu, Bùi Thế Duy (2008), "Đối sánh ảnh lan truyền dựa trên lược đồ Voronoi", *Hội nghị Công nghệ thông tin toàn quốc lần thứ 11: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông*, Huế, tr. 136-142.
3. Dinh Quang Huy, Ma Thi Chau, Bui The Duy , Nguyen Trong Toan, Nguyen Dinh Tu (2011), "Facial soft tissue thicknesses prediction using anthropometric distances", *In Pro. of The 3rd Asian conference on intellegent information and database systems*, Studies in Computational Intelligence , Springer –Verlag, ISBN 978-3-642-19952-3, 351, pp. 117- 126.
4. Thi Chau Ma, Dinh Tu Nguyen**,** Quang Huy Dinh and The Duy Bui (2011), "3D facial reconstruction system from skull for Vietnamese", *In Pro. of The 3rd International conference on Knowledge and Systems Engineering*, KSE'2011, Hanoi, Vietnam, IEEE, ISBN 978-1-4577-1848-9, pp. 120 - 127.
5. Thi Chau Ma, Dinh Tu Nguyen, Quang Huy Dinh (2011), "Reconstructing 3D facial model from skull", *Vietnam National University Journal of Science, Natural Sciences and Technology*, VNUH, ISSN 0866 – 8612, 27(4), pp. 213 – 221.
6. Thi Chau Ma, Dinh Tu Nguyen, The Duy Bui, Trung Kien Dang (2011), "3D facial modeling from pair of images", *Journal on Information and Communication Technologies*, ISSN 1859-3526, 6(26), pp. 217-224.
7. Thi-Chau Ma, Chang-soo Park, Kittichai Suthunyatanakit, Min-jae Oh, Tae-wan Kim,Myung-joo Kang and The-Duy Bui (2011), "Features Detection on Industrial 3D CT Data", *In Pro. of The 2011 international conference on multimedia, computer graphics and broadcasting*, Comunications in Computer and Information Science, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-27186-1 part 2, 263, pp. 345-354.
8. Thi-Chau Ma, The-Duy Bui, Trung-Kien Dang (2012), "Shift error analysis in image based 3D skull feature reconstruction", *In Pro. of The 4th International conference on Knowledge and Systems Engineering*, KSE'2012, Danang, Vietnam, IEEE2012, ISBN 978-0-7695-4760-2, pp. 4 -10.