

Tái tạo khuôn mặt 3 chiều từ hộp sọ

Ma Thị Châu*, Nguyễn Đình Tư, Đinh Quang Huy

Trường Đại học Công nghệ, ĐHQGHN, 144 Xuân Thủy, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 13 tháng 12 năm 2010

Tóm tắt. Bài toán khôi phục diện mạo của con người từ hộp sọ là bài toán rất quan trọng trong nhiều lĩnh vực như khảo cổ học, nhân chủng học khi người ta muốn tái tạo bộ mặt của người cổ xưa dựa trên hộp sọ đã hóa thạch (nguyên vẹn hoặc không còn nguyên vẹn), và đặc biệt là trong giám định pháp y khi cần dựng lên khuôn mặt của người đã chết dựa trên hộp sọ tìm được. Sản phẩm trên máy tính để khôi phục mặt người từ hộp sọ chưa có sản phẩm nào thích hợp thực hiện khôi phục mặt người Việt. Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu hệ thống tái tạo khuôn mặt 3 chiều dựa trên hộp sọ với các số liệu về chủng tộc người Việt Nam.

Từ khóa: 3D modeling, 3D morphing, RBFs.

1. Giới thiệu

Bài toán khôi phục diện mạo của con người từ hộp sọ thu hút sự quan tâm nghiên cứu của nhiều người làm việc trong các lĩnh vực khác nhau tại nhiều quốc gia. Điều này có thể được minh chứng bởi sự tham gia của hơn 100 đại biểu với hơn 50 báo cáo về nhiều khía cạnh của bài toán tại Hội nghị về Khôi phục diện mạo tổ chức tại Remagen, 2005; bởi hàng trăm nghìn tài liệu trên Internet và hàng trăm dự án về khôi phục mặt người tại nhiều nước trên thế giới. Mặc dù đã có một số nhóm nghiên cứu đưa ra một số phương pháp và sản phẩm trên máy tính để khôi phục mặt người từ hộp sọ, các phương pháp đưa ra vẫn phụ thuộc nhiều vào các số liệu về chủng tộc (chưa có Việt Nam), vì thế chưa thích hợp để thực hiện khôi phục mặt người Việt

Khôi phục diện mạo khuôn mặt người dựa trên hình thái xương vùng sọ mặt là một bài toán rất quan trọng trong nhiều lĩnh vực như khảo cổ học, nhân chủng học và đặc biệt là trong pháp y. Bài toán có thể được mô tả như sau: cho một hộp sọ (gồm sọ mặt và xương hàm dưới) của một người đã chết, cần tái tạo diện mạo khuôn mặt của người đó.

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu hệ thống tái tạo khuôn mặt 3 chiều dựa trên hộp sọ với các số liệu về chủng tộc người Việt Nam. Quy trình của hệ thống bắt đầu với dữ liệu sọ quét 3 chiều. Dựa vào hệ thống kim thể hiện bề dày mô mềm ở một số mốc xác định, chúng tôi tiến hành biến đổi khuôn mặt mẫu sao cho khớp với hộp sọ và tiến hành vi chỉnh khuôn mặt vừa biến đổi để được khuôn mặt cần tái tạo. Bài báo được tổ chức như sau, mục 1 giới thiệu bài toán. Những nghiên cứu liên quan được trình bày ở mục 2. Mục 3 trình bày về việc chuẩn bị dữ liệu đầu vào cho bài toán dựa trên cơ sở

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-37549359.
E-mail: chaumt@vnu.edu.vn

cung cấp số liệu của Viện pháp y Quân đội. Các thuật toán và kỹ thuật khôi phục dữ liệu mặt được trình bày ở mục 4. Mục 5 và 6 trình bày kết quả thử nghiệm và kết luận của bài báo.

2. Tổng quan

Việc tái tạo khuôn mặt nhờ sự hỗ trợ của máy tính được bắt đầu bằng việc lấy dữ liệu 3 chiều sọ từ các thiết bị như máy chụp cắt lớp, máy chụp cộng hưởng từ, máy quét 3 chiều,... Xác định các vị trí mốc trên sọ và trên da đo độ dày mô từ đó tạo ra khuôn mặt khớp với hộp sọ. Cuối cùng vi chỉnh các vùng trên khuôn mặt sao cho phù hợp.

Bằng các thiết bị số hóa như chụp cắt lớp (CT-scan), chụp cộng hưởng từ (MRI) hoặc thiết bị số hóa 3 chiều khác tạo ra mô hình 3 chiều của hộp sọ. Dữ liệu thu được thường không phải là mô hình 3 chiều ngay mà có thể là một tập các ảnh hai chiều (với phương pháp chụp cắt lớp và chụp cộng hưởng từ) hoặc một tập các điểm 3 chiều chưa theo cấu trúc. Để thu được mô hình 3 chiều có thể sử dụng được, cần phải nghiên cứu và phát triển các kỹ thuật xây dựng mô hình 3 chiều từ nhiều ảnh [1-4], các kỹ thuật tổ chức lại tập các điểm 3 chiều thành cấu trúc [5]. Mặc dù đã có các kỹ thuật được đề xuất, việc nâng cao độ chính xác của mô hình 3 chiều được tạo ra vẫn còn là vấn đề cần phải nghiên cứu thêm.

Trên mô hình 3D của hộp sọ xác định các điểm mốc, rồi tại đó xác định các điểm tương ứng trên da nhờ vào dữ liệu về độ dày của mô. Việc xác định chính xác các điểm này một cách tự động cũng được nhiều nhóm nghiên cứu quan tâm và phần nào giải quyết được. Dựa vào các điểm trên da này, người ta có thể thực hiện phép nội suy nhờ các công cụ như mạng RBF,

B-spline, NURBS, Spline phân cấp, v.v.. để tạo ra lưới 3 chiều của bề mặt khuôn mặt tương ứng, ví dụ [6-9]. Một phương pháp khác là dựa trên tập cơ sở dữ liệu và dùng các phương pháp xác suất thống kê hoặc các phương pháp khác để có thể tính ra được lưới 3 chiều của bề mặt khuôn mặt, ví dụ [10]. Người ta cũng có thể tạo ra một lưới 3 chiều mẫu với các kỹ thuật biến dạng dựa trên điểm điều khiển, sau đó thay đổi điểm điều khiển một cách hợp lý để tạo được lưới 3 chiều của bề mặt khuôn mặt tương ứng. Một số tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng các vùng phần mềm trên khuôn mặt người, như các cơ mặt, lớp da, v.v., để tái tạo lại được toàn bộ vùng đầu và mặt một cách hoàn chỉnh dựa trên mô hình 3D của hộp sọ và độ dày các mô mềm tương ứng, đồng thời có thể tái tạo lại được các chuyển động trên khuôn mặt, ví dụ [11-15].

Mô hình 3D của khuôn mặt sau khi được tái tạo cũng có thể được làm chân thật hơn bằng cách tạo ra độ chân thực cho các bộ phận trên mặt như mắt, mũi, tai, môi; và làm bề mặt da. Công việc này đòi hỏi việc nghiên cứu các kỹ thuật mô phỏng lớp da và các kỹ thuật ghép ảnh 2 chiều vào 3 chiều.

3. Chuẩn bị dữ liệu

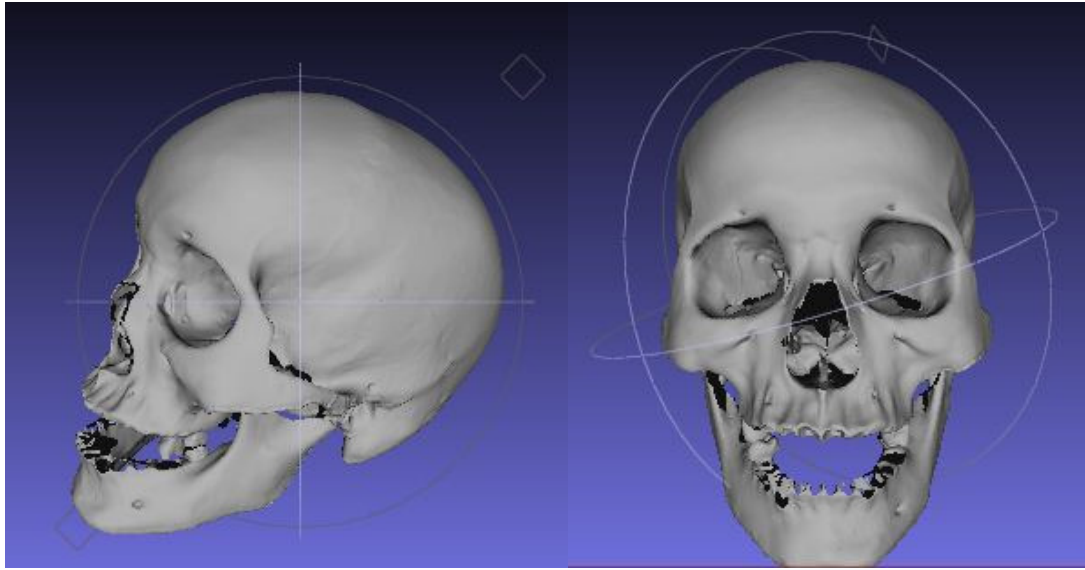
3.1. Sọ

Dữ liệu sọ quét 3 chiều được chuẩn hóa lại bằng phần mềm MeshLab với số lượng đỉnh và tam giác cần thiết. Mỗi mô hình sọ gồm 80.000 đỉnh 95.000 tam giác. Modul tải dữ liệu hộp sọ thực hiện việc xoay dữ liệu sao cho hộp sọ nằm trên mặt phẳng Frankfurt (FH) [16] và chuẩn hóa với hệ thống tọa độ của bề mặt mẫu. Hình 1 biểu diễn dữ liệu sọ sau khi được chuẩn hóa.

3.2. Khuôn mặt mẫu

Khuôn mặt mẫu là lưới tam giác gồm 2638 đỉnh 5014 tam giác được sinh ra từ phần mềm Poser. Chúng tôi chuẩn bị 8 khuôn mặt mẫu (hình 2) theo các số liệu nhân trắc học của

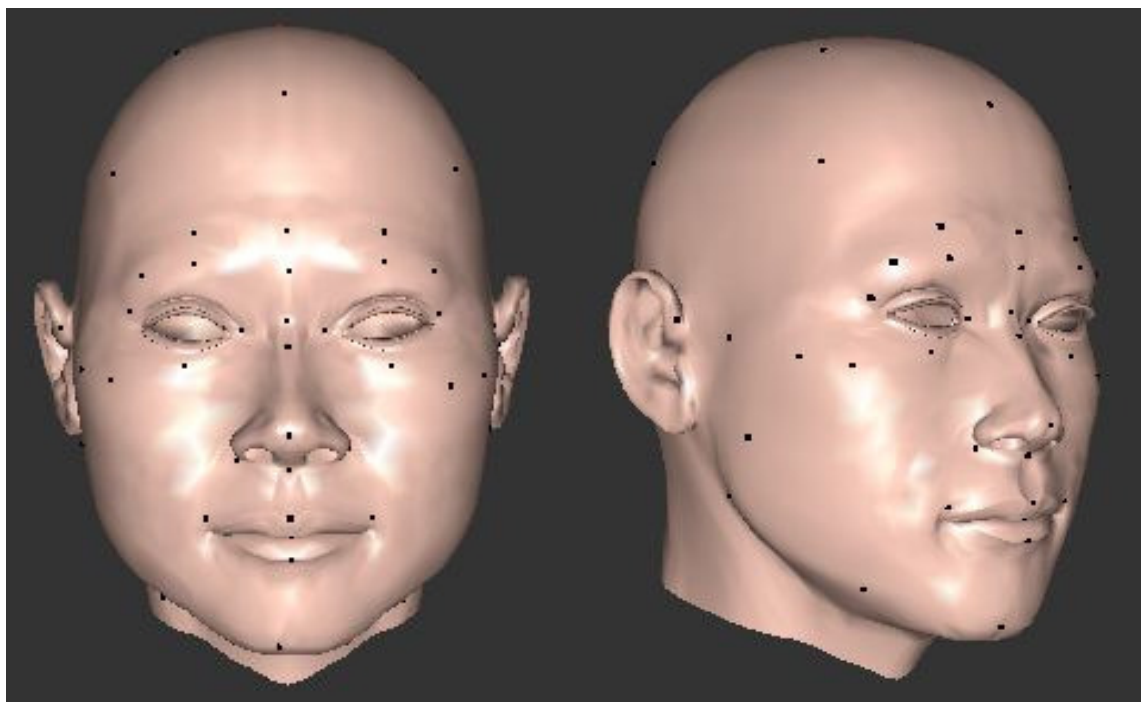
người Việt Nam và theo giới tính. Khi thiết kế khuôn mặt mẫu chúng tôi xem xét đến các số liệu phân loại các đặc điểm điển hình trên khuôn mặt của người Việt Nam theo bảng 1 dưới đây:



Hình 1. Dữ liệu số sau khi chuẩn hóa.

Bảng 1. Phân loại một số đặc trưng trên khuôn mặt của người Việt Nam

STT	Tiêu chí phân loại	SL loại	Loại 1	Loại 2	Loại 3	Loại 4
1	Dạng mặt	4	Vuông	Nhọn	Trái xoan	Tròn
2	Dạng lông mày	3	Ngang	Xiên trong	Xiên ngoài	
3	Dạng mắt	3	Thẳng	Xiên trong	Xiên ngoài	
4	Dạng mí mắt	2	1 mí	2 mí		
				Giữa Trong Ngoài		
5	Dạng mũi	3	To	Trung bình	Nhỏ	
6	Dạng đầu mũi	3	Chức	Hếch	Vuông	
7	Dạng môi	3	Dày	Trung bình	Mỏng	
8	Dạng bờ môi trên	3	Thẳng	Cong	Lõm	
9	Dạng miệng	3	Rộng	Trung bình	Hẹp	
10	Dạng tai	4	Oval	Tròn	Tam giác	Chữ nhật
11	Dây tai	2	Cố định	Di động		



Hình 2. 01 khuôn mặt mẫu điển hình.

4. Hệ thống kim

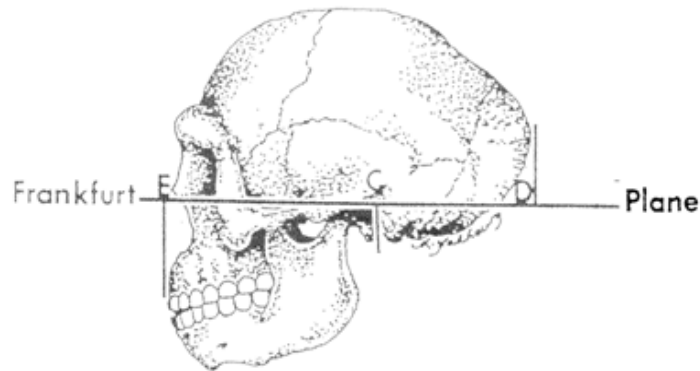
4.1. Vị trí kim

Hệ thống kim gồm 39 chiếc dùng để đo bề dày mô mềm tại các vị trí xác định trên hộp sọ. Chúng tôi đã làm việc với Viện pháp y quân đội để xác định chính xác vị trí mốc nhân trắc (bảng 2) gắn kim trên mô hình hộp sọ. Yêu cầu khi gắn kim trên hộp sọ: hộp sọ phải được đặt ở vị

trí Frankfurt (hình 3). Dựa vào các tính toán và chạm bề mặt, đồng thời với các số liệu về mốc cắm kim, chúng tôi đã triển khai modul tải hệ thống kim và gắn kim trên hộp sọ. Bên cạnh đó, modul này cho phép người sử dụng vi chỉnh vị trí kim theo tri thức chuyên gia về nhân trắc học để đặt được các kim vào đúng vị trí mong muốn.

Bảng 2. Một số mốc cắm kim trên sọ

STT	Tên kim	Diễn giải
1	VERTEX	Điểm cao nhất của sọ
2	SUPRAOBITAL_P	Điểm giao nhau giữa đường giữa với đường qua hai bờ trên ổ mắt phải
3	GLABELLA	Điểm nhô ra trước nhất trên đường giữa, phía trên hai mũi của xương trán
4	SUPRAOBITAL_T	Điểm giao nhau giữa đường giữa với đường qua hai bờ trên ổ mắt trái
5	NASION	Phía trên gốc mũi, ngang mức khớp mũi trán
6	RHINION	Điểm giữa phía trước chỗ hai xương mũi khớp nhau



Hình 3. Mặt phẳng FH.

4.2. Độ dài kim

Để tính toán được độ dài các kim, hay nói cách khác là bề dày lớp mô mềm tại vị trí các kim, chúng tôi thực hiện nghiên cứu để tự động tìm ra mối liên hệ nhân trắc học của lớp mô mềm và mô hình hộp sọ đang có. Để làm được điều này, trước hết chúng tôi xây dựng một cơ sở dữ liệu là các số liệu đo đạc được của những tình nguyện viên sử dụng phương pháp chụp cắt lớp (CT). Sau đó, chúng tôi áp dụng phương pháp học máy để tìm ra tương quan giữa các số liệu đo được trên sọ và các số liệu đo bề dày mô mềm.

Chúng tôi dùng mạng nơron tiến hành học từ tập dữ liệu nhân trắc đo được từ các ảnh chụp cắt lớp [17] do Viện pháp y Quân đội cung cấp tính ra các hàm thể hiện mối quan hệ tương quan giữa các số đo trên hộp sọ từ đó

tính ra độ dài kim của hệ thống 39 kim (bảng 3). Chúng tôi sử dụng mô hình Perceptron nhiều tầng (Multi-Layer Perceptron) để khớp dữ liệu input và output. Mô hình MLP có từ 3 tầng trở lên. Mỗi nút trong một tầng kết nối tới mọi nút trong tầng tiếp theo với trọng số w_{ij} . Chúng tôi sử dụng mạng 2 tầng, với hàm chuyển tan-sigmoid cho tầng ẩn và hàm chuyển tuyến tính cho tầng output. Số liệu trên 1000 người Việt trưởng thành thuộc 2 giới nam và nữ độ tuổi từ 18-55. Với mỗi độ dài kim output, chúng tôi huấn luyện mạng nơron để thu được mô hình tương quan giữa độ dài input và độ dài output này. Quá trình huấn luyện được thực hiện nhiều lần, với các trọng số được khởi tạo khác nhau. Kết thúc quá trình này, mạng nơron với kết quả tốt nhất – có Mean Square Error của tập Validation là nhỏ nhất – được chọn để áp dụng cho tập Test (bảng 3).

Bảng 3. Một số hàm tính độ dài kim với mốc cắm kim tương ứng

STT	Tên kim	Hàm tính độ dài kim (Y)
1	VERTEX	$Y = 0,093X - 1,19$ với X: rộng trán/ rộng đỉnh
2	SUPRAOBITAL_P	$Y = 0,084X + 2,6781$ với X: cao sọ
3	GLABELLA	$Y = 0,0733X - 2,2482$ với X: rộng trán tối thiểu
4	SUPRAOBITAL_T	$Y = 0,0839X + 2,7975$ với X: EndocanthionP-EndocanthionT
5	NASION	$Y = -0,0624X + 12,148$ với X: cao sọ
6	RHINION	$Y = 0,0271X + 1,071$ với X: cao sọ

5. Biến đổi mô hình khuôn mặt

5.1. Chọn và huấn luyện mô hình đa mạng RBF

Chúng tôi sử dụng ba mạng RBF để lấy ảnh xạ mỗi đỉnh trên mô hình khuôn mặt mẫu sang một đỉnh tương ứng trên mô hình khuôn mặt kết quả cần xây dựng với ba giá trị tọa độ trong không gian 3 chiều. Gọi S là tập các điểm đặc trưng trên khuôn mặt mẫu, T là tập các điểm đầu kim trên da mặt của khuôn mặt kết quả ứng với hộp sọ. Các mạng này được huấn luyện bằng các tập S và T.

$$p(x, y, z) \rightarrow p'(RBF_x(p), RBF_y(p), RBF_z(p))$$

Mỗi RBF có dạng là một hàm f như sau:

$$f(\vec{p}_i) = \sum_{j=1}^n w_j h_j(\vec{p}_i) \quad (1)$$

Trong đó:

- n là số lượng các đầu vào của tập huấn luyện.
- \vec{p}_i : là vector \vec{Op}_i , O là gốc tọa độ.
- w_j : là trọng số của mạng, cần được xác định dựa vào tập huấn luyện.
- h_j là hàm cơ bản, áp dụng phương pháp rất thành công của Noh và Neumann [18].

$$h_j(p_i) = \sqrt{\|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|^2 + s_j^2}$$

Với s_j khoảng cách ngắn nhất từ các điểm p_j đến điểm p_i , $s_j = (\sum_{j \neq i} \min \|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|)$, (Eck[19] đề xuất).

Như vậy ta có thể thấy các h_j là tính được ngay ban đầu từ 2 tập điểm S và T. Bây giờ chúng ta cần tính các w_j để xác định được hàm f.

Tính các w_j bằng cách huấn luyện mạng 3 lần với các tọa độ 3 chiều của các điểm thuộc tập S và T.

Ta xét $\vec{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$. Gọi $C(\vec{w})$ là hàm chi phí của \vec{w} . Phương pháp này sử dụng thêm một hệ số λ để cực tiểu hóa hàm chi phí $C(\vec{w})$:

$$C(\vec{w}) = \vec{e}^T \vec{e} + \lambda \vec{w}^T \vec{w} \quad (2)$$

Trong đó:

\vec{e} : là vector sai số của chênh lệch giữa giá trị thực tế và giá trị tính toán được, $\vec{e} = \vec{y} - H\vec{w}$ và $H_{ij} = h_j(\vec{x}_j)$.

Tham số quy tắc được thêm vào để tránh trọng số vượt quá mức.

Thay \vec{e} vào trong đẳng thức (2) và lấy đạo hàm của $C(\vec{w})$ theo \vec{w} ta có:

$$\vec{w} = A^{-1} H^T y \quad (3)$$

Trong đó $A = H^T H + \lambda I$ với I là ma trận đơn vị.

Vậy ta tính được A, sau đó dùng công thức (3) để tính được \vec{w} .

5.2. Biến đổi

Một khi các ẩn đã được tính ra, mạng RBF nội suy đẹp trên tất cả các điểm còn lại và biến mô hình khuôn mặt mẫu thành mô hình khuôn mặt kết quả. Lúc này hệ thống dùng ba mạng RBF với các hệ số ẩn đã tính được để biến tất cả các tọa độ của đỉnh trên khuôn mặt mẫu thành các đỉnh có tọa độ mới, các tam giác kết nối các đỉnh vẫn giữ nguyên như vậy, ta sẽ có được mô hình khuôn mặt kết quả, hay là khuôn mặt cần tái tạo.

5.3. Chỉnh sửa khuôn mặt

Mô hình khuôn mặt sau khi được tái tạo bằng cách biến đổi khuôn mặt mẫu bằng các

mạng RBF ở bước trên có thể còn những đặc điểm trên khuôn mặt còn chưa hợp lý, do đó chúng tôi phát triển thêm mô-đun chỉnh sửa khuôn mặt để cho ra một khuôn mặt tốt hơn. Thành phần chỉnh sửa gồm mô-đun:

- Chỉnh sửa theo điểm: cho phép chỉnh sửa tọa độ từng điểm đặc trưng trên khuôn mặt.
- Chỉnh sửa theo vùng: cho phép chỉnh sửa một vùng của khuôn mặt theo các điểm đặc trưng trên vùng đó.

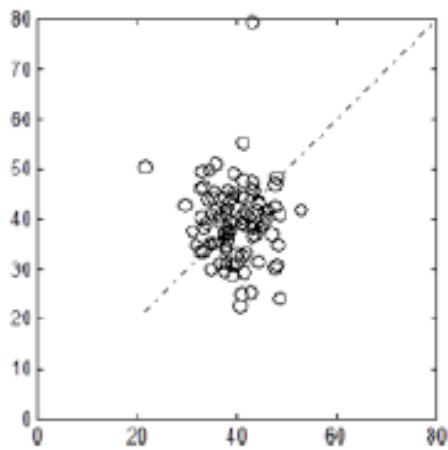
6. Thử nghiệm

Chúng tôi phát triển hệ thống tái tạo mô hình khuôn mặt từ hộp sọ bằng ngôn ngữ Microsoft Visual C++ chạy trên nền Microsoft Visual Studio 6.0.

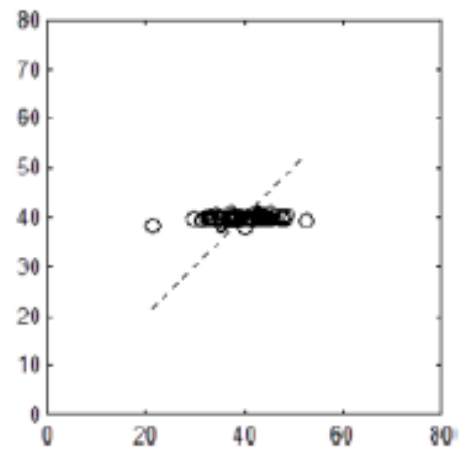
Trong phần thử nghiệm tính độ dài kim, chúng tôi chia dữ liệu ra làm 10 phần ngẫu

nhien, và xoay vòng lấy 9 phần để huấn luyện và 1 phần để kiểm tra. Với mỗi lần huấn luyện, chúng tôi chia tỉ lệ huấn luyện / validation là 8/2, và số lượng nơ ron trong tầng ẩn được chọn lần lượt từ 10 đến 50. Với mỗi số nơ ron được chọn này, chúng tôi huấn luyện 20 lần với các trọng số được khởi tạo khác nhau. Kết thúc quá trình, chúng tôi chọn ra mạng có kết quả tốt nhất đối với tập validation, và áp dụng mạng này vào tập test để ra kết quả và so sánh với dữ liệu trong cơ sở dữ liệu.

Kết quả thực nghiệm được thể hiện ở các Hình 4. Trong các hình này, các độ dài kim được dự đoán được so sánh với giá trị thực trong cơ sở dữ liệu. Kết quả thực nghiệm cho thấy kết quả tốt đối với các kim có độ dài lớn như nasion, và cho kết quả kém hơn đối với các kim có độ dài nhỏ, do có sai số trong quá trình đo đạc. Độ dài kim càng lớn thì ảnh hưởng của sai số này càng nhỏ.



(a) Neural network model

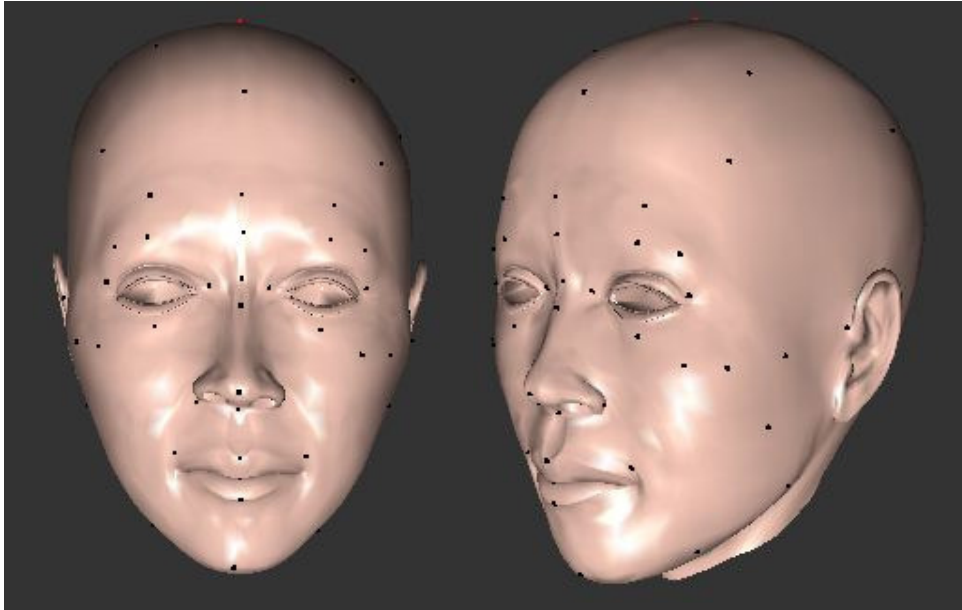


(b) Linear regression model

Hình 4. Kết quả tính toán độ dài kim **Nasion** sử dụng Mạng nơ ron (a) và Hồi quy tuyến tính (b).

Chúng tôi đã thử nghiệm hệ thống trên 06 sọ thật do viện pháp y quân đội cung cấp (hình 5). Các chuyên gia bên Viện pháp y quân đội,

Viện khoa học hình sự bộ công an đánh giá tốt, chuẩn bị thẩm định nghiệm thu và triển khai thực tế.



Hình 5. Kết quả tái tạo khuôn mặt của một vụ án.

7. Kết luận

Chúng tôi đã triển khai thành công hệ thống khôi phục khuôn mặt người Việt Nam từ hộp sọ dựa trên thực tế tiến hành khảo sát, xây dựng cơ sở dữ liệu về sọ và mô mềm của người Việt, từ đó phân tích được mối tương quan để có thể khôi phục được khuôn mặt.

Bên cạnh đó, chúng tôi đã nghiên cứu áp dụng các kỹ thuật sẵn có trong Công nghệ thông tin, đặc biệt là trong xử lý ảnh và đồ họa máy tính để kết hợp cơ sở dữ liệu về phần cứng và phần mềm của mặt người để tái tạo khuôn mặt. Từ đó, chúng tôi đã xây dựng được hệ thống tái tạo khuôn mặt từ hộp sọ được Viện pháp y quân đội và Viện khoa học hình sự bộ công an đánh giá tốt.

Trong tương lai gần, chúng tôi hoàn thiện hơn nữa hệ thống tái tạo khuôn mặt dựa trên hộp sọ để đưa ra kết quả nhận dạng tốt hơn đồng thời tiến hành đánh giá kết quả khi triển khai hệ thống trên thực tế.

Tài liệu tham khảo

- [1] S. H. Bartling, Kersten Peldschus, Thomas Rodt, Florian Kral, Herbert Matthies, Ron Kikinis, and Hartmut Becker, "Registration and Fusion of CT and MRI of the Temporal Bone" *Journal of Computer Assisted Tomography*. 29 (3) (2005) 305, May/June 2005.
- [2] Đỗ Năng Toàn, "Tái tạo đối tượng 3 chiều từ hình ảnh 2 chiều", *Tạp chí tin học và điều khiển học*, Tập 22, số 4 (2006) 339.
- [3] Ma Thi Chau, Bui The Duy, A process of building 3D models from images. *VNU Journal of Science, Mathematics-Physics* 23 (2007) 9.
- [4] M. D. Seemann¹, J. Beltle, M. Heuschmid, H. Löwenheim, H. Graf, C. D. Claussen, "Image fusion of CT and MRI for the visualization of the auditory and vestibular system" February 28, 2005 *European journal of medical research*.
- [5] Y. Zhang, Chandrajit Bajaj, Bong-Soo Sohn (2002), "Adaptive Multiresolution and Quality 3D Meshing from Imaging Data", *Computational Engineering and Sciences*, Dec 2002.
- [6] T. D. Bui, M. Poel, D. Heylen & A. Nijholt (2003), Automatic face morphing for transferring facial animation, In: *Proceedings 6th IASTED International Conference on Computers, Graphics, and Imaging* (CGIM

- 2003), Honolulu, Hawaii, USA, August 13-16, 2003, ACTA Press, Anaheim/Calgary/Zurich, ISBN 0-88986-376-8, 19-24.
- [7] T. D. Bui, D. Heylen, M. Poel & A. Nijholt (2003), Exporting vector muscles for facial animation, *In: Proceedings International Symposium on Smart Graphics 2003*, A. Butz, A. Krüger & P. Olivier (eds.), Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin.
- [8] Đặng Quang Á, Tiếp cận dựa trên hàm bán kính (RBF) tới bài toán khôi phục mặt người từ hộp sọ, *Báo cáo tại Hội thảo “Ứng dụng Công nghệ thông tin và Truyền thông trong hoạt động đào tạo, nghiên cứu khoa học và quản lý điều hành tại trường Đại học”*, Thái nguyên, 7-8/12/2007.
- [9] P. Tu, Richard I. Hartley, William E. Lorensen, Majeid Allyassin, Rajiv Gupta, Linda Heier (2005), “Face Reconstructions using Flesh Deformation Modes” Burlington, MA : Elsevier Academic Press, 2005.
- [10] M. Berar, Michel Desvignes, Gerard Bailly and Yohan Payan, 3D semi landmarks-based statistical face reconstruction, *Journal of computing and Information technology*, 14 (1) (2006) 31-43.
- [11] T. D. Bui (2006). Chapter 11: Applying AI techniques for transferring 3D facial animation, *ICTACS2006*, World Scientific Publishing, Singapore, ISBN 978-981-270-063-6.
- [12] T. D. Bui, D. Heylen, A. Nijholt & M. Poel (2005). On combining the facial movements of a talking head. *In: Proceedings Measuring Behavior 2005, 5th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research*, L.P.J.J. Noldus, F. Grieco, L.W.S Loijens & P.H. Zimmerman (Eds.), Wageningen, The Netherlands.
- [13] T. D. Bui, D. Heylen & A. Nijholt. Combination of facial movements on a 3D talking head. *In: Proceedings Computer Graphics International 2004 (CGI 2004), Crete, Greece June 2004, IEEE Computer Society*.
- [14] K. Kähler, A Head Model with Anatomical Structure for Facial Modeling and Animation, Dr.-Ing. Dissertation, Universität des Saarlandes, 2003
- [15] K. Kähler, Jörg Haber, Hans-Peter Seidel (2003), “Reanimating the Dead: Reconstruction of Expressive Faces from Skull Data”, *ACM Transactions on Graphics (Siggraph 2003)*, 22(3), July 2003, 554-561.
- [16] Lê Hữu Hưng (1995) Đặc điểm hình thái nhân chủng sọ người Việt hiện đại. *Luận án phó tiến sĩ khoa học y dược*.
- [17] Nguyễn Trọng Toàn (2009). Thu thập số liệu nhân trắc (đo đạc) trên 1000 người Việt trưởng thành thuộc 2 giới nam và nữ độ tuổi từ 18-55. *Đề tài KC.01.17/06-10*.
- [18] J. Noh, Ulrich Neumann, Expression Cloning, *ACM SIGGRAPH 2001*, pages 2-4.
- [19] M. Eck, Interpolation Methods for Reconstruction of 3D Surfaces from Sequences of Planar Slices, *CAD und Computergraphik*, Vol. 13, No. 5, (1991) 109.

3D facial reconstruction from skull

Ma Thi Chau, Nguyen Dinh Tu, Dinh Quang Huy

VNU University of Engineering and Technology, 144 Xuan Thuy, Hanoi, Vietnam

Reconstructing the 3D facial model of an unidentified individual from his skull plays an important role in terms of archaeology and anthropology. Moreover, different shapes of faces are obviously due to races. Computer aided system of 3D facial reconstruction based on skull is currently not available for Vietnamese. In this paper, we introduce a skull-based modeling system of using Vietnamese anthropometric parameters to build 3D face.

Keywords: 3D modeling, 3D morphing, RBFs.