

MỘT TIẾP CẬN PHỤC DỰNG PHẦN SỌ KHUYẾT THIẾU

Phạm Bá Máy¹, Đỗ Năng Toàn², Trịnh Hiền Anh¹, Lê Thị Kim Nga³

¹Viện Công nghệ thông tin – VAST, ²Viện Công nghệ thông tin – VNU, ³Đại học Quy Nhơn
mayioit@gmail.com, donangtoan@gmail.com, hienanhtrinh@gmail.com, kimnga78@gmail.com

TÓM TẮT - Sọ khuyết thiếu một phần do gặp phải những tai nạn đáng tiếc có liên quan đến xương sọ có nguy cơ gia tăng. Việc sinh ra các mảnh ghép phù hợp cho phần sọ khuyết thiếu thường được thực hiện thủ công dựa vào kỹ năng của kỹ thuật viên. Trong bài báo này chúng tôi đề cập đến việc ứng dụng kỹ thuật nắn chỉnh mô hình 3D dựa trên hàm cơ sở bán kính (RBF) cho bài toán phục dựng phần sọ khuyết thiếu.

Từ khóa tiếng Việt - Nắn chỉnh hình học 3D, nội suy 3D, phục dựng sọ khuyết thiếu, hàn sọ.

Từ khóa tiếng Anh - Deformation, interpolate, Morphing, surgery, skull defect.

I. GIỚI THIỆU

Phục dựng sọ khuyết thiếu là một trong những bài toán chung của rất nhiều ngành khoa học như: Y học, Khảo cổ, Nhân chủng học, khoa học Pháp y, khoa học Hình sự.v.v.. Trong khảo cổ, các Nhà khảo cổ học thường xuyên gặp phải những hộp sọ không hoàn chỉnh, thiếu một phần hoặc thiếu cả một xương nào đó trên sọ khi khai quật các di chỉ liên quan đến người cổ đại. Họ luôn phải tìm ra phương pháp để dựng lại các phần khuyết thiếu để có thể xây dựng lại các hộp sọ hoàn chỉnh phục vụ cho các nghiên cứu của mình. Trong Y học, các bác sĩ cũng gặp phải những bệnh nhân mang thương tật trên sọ do những tai nạn mà họ gặp phải khiến họ bị vỡ một phần hay thậm chí là vỡ nát các vùng xương sọ mà không có khả năng giáp lại được, chính vì vậy mà các bác sĩ, đặc biệt là các bác sĩ tạo hình luôn phải tìm ra một giải pháp để xây dựng và thay thế các phần xương này cho bệnh nhân. Hình 1 dưới đây minh họa cho các vấn đề đã đề cập đến.



a) Sọ khuyết thiếu trong khảo cổ



b) Sọ khuyết thiếu trong Y học

Hình 1. Một số hình ảnh về sọ khuyết thiếu

Để giải quyết bài toán phục dựng sọ khuyết thiếu chúng ta cần giải quyết hai bài toán con: bài toán thứ nhất là thiết kế mảnh sọ thay thế, bài toán thứ hai là từ mảnh sọ thiết kế tạo ra các mảnh sọ thực sự. Ngày nay khi mà khoa học công nghệ phát triển, đặc biệt là công nghệ 3D thì việc từ mô hình thiết kế tạo ra các mảnh sọ thực sự là một bài toán tương đối đơn giản với sự hỗ trợ của máy in 3D. Nhưng bài toán thiết kế ra các mảnh sọ thay thế thì chủ yếu họ vẫn thực hiện một cách thủ công đòi hỏi nhiều tri thức chuyên gia về giải phẫu cũng như nhân chủng học, do đó việc làm thế nào để có một phương pháp sử dụng các mảnh ghép mẫu nhằm giảm thời gian thiết kế cũng như lượng tri thức chuyên gia trong việc tạo ra mảnh ghép thay thế là yêu cầu hết sức cần thiết.

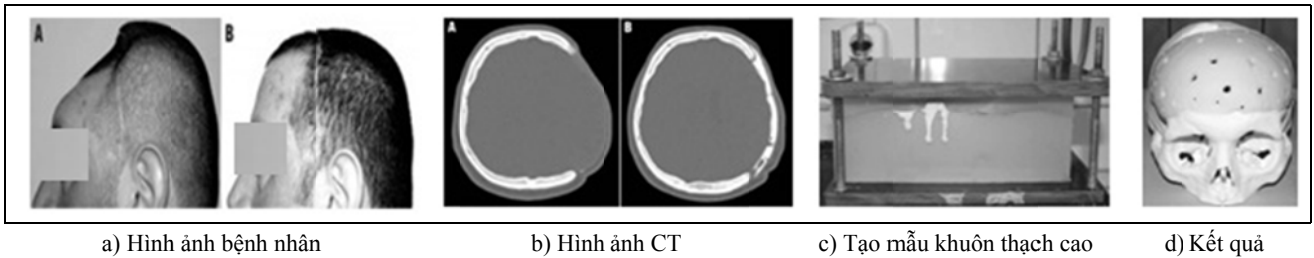
Trong bài báo này chúng tôi đề cập đến vấn đề sử dụng các phép nắn chỉnh dựa vào hàm nội suy RBF để tạo ra những mảnh sọ thay thế cho các mảnh sọ đã bị mất, tạo nên hộp sọ hoàn chỉnh.

Phần còn lại của báo cáo được tổ chức như sau: Phần hai trình bày một số nghiên cứu liên quan đến bài toán. Phần ba trình bày thuật toán nắn chỉnh theo mẫu. Tiếp theo là thử nghiệm thuật toán cho bài toán xây dựng mảnh sọ khuyết thiếu và cuối cùng là kết luận về thuật toán đề xuất.

II. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Hầu hết các nghiên cứu liên quan đến vấn đề phục dựng mảnh sọ khuyết thiếu thuộc lĩnh vực y học, người ta mới quan tâm nhiều đến việc làm sao để tạo ra các hộp sọ có thể thích nghi tốt với cơ thể con người khi tạo ra các mảnh sọ thay thế, còn việc làm sao để tạo ra các mảnh sọ đó thì chủ yếu vẫn là thủ công. Năm 2007 Horatiu Rotaru và

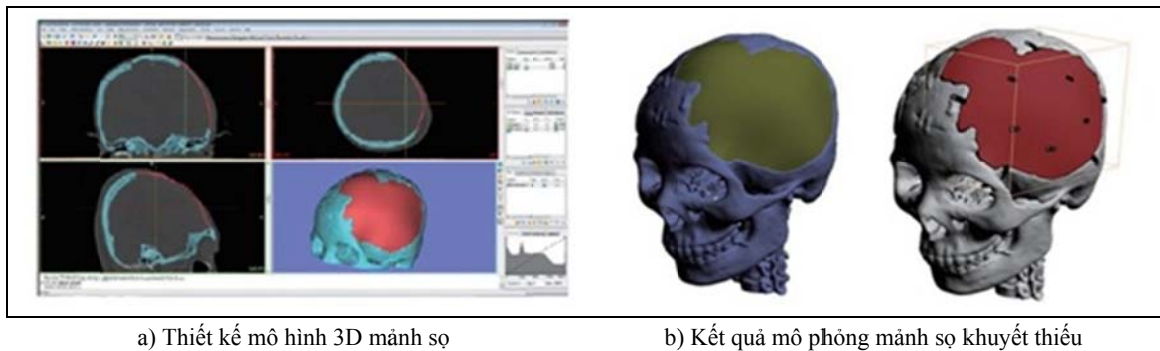
cộng sự của mình thuộc trường Đại học Y dược Iuliu Hatieganu – Romania [2] đã tạo ra các mảnh ghép thay thế cho một ca phẫu thuật bằng cách sử dụng dữ liệu thu được từ ảnh chụp cắt lớp CT, tạo mẫu nhanh và đúc khuôn bằng thạch cao hoặc silicone cao su, từ khuôn này họ mới sử dụng vật liệu sinh học có thể thích nghi với cơ thể người để đúc ra các mảnh sọ thay thế cho bệnh nhân. Quy trình này được minh họa trong hình 2.



Hình 2. Nghiên cứu của Horatiu Rotaru và cộng sự năm 2007

Nghiên cứu này tập trung chủ yếu vào việc trình bày quy trình tạo ra mảnh ghép thay thế chứ chưa chú trọng vào cách thức làm sao để tạo ra mảnh ghép một cách chính xác.

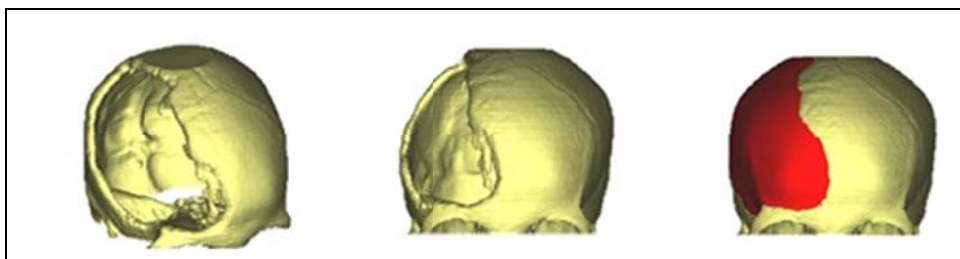
Cũng theo các nghiên cứu thuộc lĩnh vực này thì năm 2015 nhóm nghiên cứu của Hyung Rok Cho và cộng sự thuộc trường Đại học Y dược Yonsei – Hàn Quốc đã đề cập đến việc tạo ra mảnh sọ thay thế bằng cách sử dụng ảnh chụp cắt lớp CT để dựng nên mô hình sọ 3D, sau đó dùng các phần mềm mô phỏng để tạo ra mảnh sọ khuyết thiếu và cuối cùng là dùng máy in 3D để tạo ra mẫu và từ mẫu này họ mới sản xuất ra miếng ghép thay thế để cấy cho bệnh nhân [3]. Kết quả của nghiên cứu này được minh họa trong hình 3.



Hình 3. Nghiên cứu của Hyung Rok Cho và cộng sự năm 2015

Có thể nói đây là cách tiếp cận tiên tiến và phổ biến nhất hiện nay trong Y học nói chung và trong Y học Phẫu thuật chỉnh hình nói riêng.

Nói đến “Hàn sọ” thì quả thật là thiếu sót nếu không nhắc đến TS. Lê Chí Hiếu và nhóm nghiên cứu của ông thuộc Trường ĐH Tổng hợp Cardiff (Xứ Wales, Vương quốc Anh), ông và nhóm nghiên cứu của mình đã có rất nhiều nghiên cứu quan trọng trong việc tái tạo lại các mảnh sọ thay thế. Đặc biệt, ông đã và đang có những đóng góp cực kỳ quan trọng trong các phẫu thuật cho các bệnh nhân tại Việt Nam. Năm 2011, ông và cộng sự đã đề cập đến vấn đề thiết kế các mô hình thay thế riêng biệt cho từng bệnh nhân, nghiên cứu cũng đề cập nhiều đến các phương pháp để tạo ra các mô hình thay thế Y sinh [4]. Kết quả của nghiên cứu này được minh họa trong hình 4.



Hình 4. Nghiên cứu của Lê Chí Hiếu và cộng sự năm 2011

III. NẮN CHỈNH MẢNH GHÉP MẪU

Việc xác định một cách chính xác và chi tiết vùng khuyết thiếu là một việc làm khó khả thi, một trong những giải pháp hiện nay thường được sử dụng là tính xấp xỉ, tức là thay vì đi xác định chi tiết các điểm trên mô hình 3D mảnh ghép thay thế, người ta đi xác định một tập điểm đặc trưng cho vùng này sau đó nội suy các giá trị còn lại dựa vào mẫu. Để thiết kế mảnh ghép thay thế, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng phương pháp nắn chỉnh mảnh ghép

mẫu dựa vào hàm cơ sở bán kính (RBF), nhằm biến đổi mảnh ghép mẫu phù hợp và khớp với phần còn lại của hộp số. Phương pháp này được trình bày cụ thể dưới đây.

A. Hàm cơ sở bán kính (RBF – Radial Basic Funtion)

Hàm cơ sở bán kính (RBF – Radial Basic Funtion) được phát biểu như sau: Giả sử rằng giá trị của một hàm vô hướng $F : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ là đại diện cho sự biến đổi của n điểm rời rạc khác biệt x_i trong không gian \mathbb{R}^3 [5,6,7,8]. Khi đó hàm cơ sở bán kính (RBF) cung cấp một phương thức cho việc tạo ra một phép nội suy tron cho hàm F trong không gian \mathbb{R}^3 . Hàm này được viết dưới dạng tổng của n xấp xỉ bởi một hàm cơ sở bán kính $g(r_i) : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ với r_i là khoảng cách giữa các điểm $p=(x,y,z)$ được xấp xỉ và các điểm $p_i = (x_i, y_i, z_i)$:

$$F(p) = \sum_{i=1}^n a_i g(\| \mathbf{x} - \mathbf{x}_i \|) + c_0 + c_1 x + c_2 y + c_3 z, \mathbf{x} = (x, y, z) \tag{1}$$

Trong đó:

a_i : là các hệ số vô hướng.

$g(\| \mathbf{x} - \mathbf{x}_i \|)$: là hàm khoảng cách từ x đến x_i .

c_0 đến c_3 : là hệ số của đa thức bậc một, các hệ số này mô tả một biến đổi affine mà không được thực hiện bởi hàm cơ sở bán kính.

Từ công thức (1) cho thấy rằng: với n điểm, để biết được các giá trị $F(x_i, y_i, z_i) = F_i$ chúng ta mở rộng thêm bốn giá trị $n = n + 4$, lý do phải mở rộng là chúng ta có thêm bốn tham số c_i là các hệ số của đa thức, khi đó phương trình tuyến tính của (1) có dạng:

$$\mathbf{G} \mathbf{A} = \mathbf{F} \tag{2}$$

Trong đó:

$$\mathbf{F} = (F_1, F_2, \dots, F_n, 0, 0, 0, 0)^T$$

$$\mathbf{A} = (a_1, a_2, \dots, a_n, c_0, c_1, c_2, c_3)^T$$

\mathbf{G} là một ma trận cấp $(n+4) \times (n+4)$:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} & 1 & x_1 & y_1 & z_1 \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} & 1 & x_2 & y_2 & z_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nn} & 1 & x_n & y_n & z_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 & 0 \\ z_1 & z_2 & \dots & z_n & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Với: $g_{ij} = g(\| \mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j \|)$, chúng ta có thể lựa chọn các hàm cơ sở bán kính g_{ij} , các hàm được lựa chọn phổ biến là x – biharmonic (\mathbb{R}^3), x^{2n+1} – polyharmonic (\mathbb{R}^3) và $\sqrt{x^2 + c^2}$ (với c là một hằng số) - multiquadric (\mathbb{R}^3):

$$g(x) = \begin{cases} x \\ x^{2n+1} \\ \sqrt{x^2 + c^2} \end{cases}$$

Giải hệ phương trình (2) cho chúng ta các hệ số của \mathbf{A} chính là các hệ số a_i của phương trình (1).

B. Phương pháp nắn chỉnh mảnh ghép mẫu

Bài toán chúng tôi đưa ra ở đây là: Giả sử chúng ta có mô hình 3D của mảnh ghép mẫu, tập điểm đặc trưng ban đầu trên mảnh ghép mẫu và tập điểm đặc trưng trên sọ thật. Hàm RBF sẽ tính ra sự biến đổi của tập điểm điều khiển trên mẫu và tập điểm đặc trưng trên sọ thật, biến đổi này được áp dụng cho toàn bộ dữ liệu trên mảnh ghép mẫu. Kết quả của phép tính toán này là mô hình 3D của mảnh ghép thay thế.

Giả sử rằng sự biến dạng được biết đến với n vị trí x_i trong không gian \mathbb{R}^3 và rằng thông tin này được đại diện bởi một vector mô tả 3D u_i rời rạc của hình học đối tượng đã được đặt ở vị trí x_i trong bề mặt đối tượng ban đầu, tức là bề mặt chưa được biến dạng. Chúng ta có thể xem các vị trí x_i như các điểm điều khiển đã được chuyển đến vị trí $x_i + u_i$. Phương pháp nội suy RBF bây giờ có thể được sử dụng cho các nội suy chuyển vị cho các vị trí khác.

Khi đó để giải quyết bài toán này RBF đưa ra hai pha, pha thứ nhất là xác định sự biến đổi của tập điểm điều khiển và tính ra các tham số \mathbf{A} , pha thứ hai là tính toán sự biến đổi của các điểm dữ liệu dựa vào vector \mathbf{A} và ma trận khoảng cách \mathbf{G}' .

Sử dụng các ký hiệu: $\mathbf{x}_i = (x_i, y_i, z_i)$ và $\mathbf{u}_i = (u_i^x, u_i^y, u_i^z)$ ba hệ thống tuyến tính được thiết lập như trên cho phép chúng ta tính các dịch chuyển u dựa vào các tham số \mathbf{A} tính được ở phần trước:

$$\begin{aligned} \mathbf{G}'\mathbf{A}_x &= (u_1^x, u_2^x, \dots, u_m^x)^T \\ \mathbf{G}'\mathbf{A}_y &= (u_1^y, u_2^y, \dots, u_m^y)^T \\ \mathbf{G}'\mathbf{A}_z &= (u_1^z, u_2^z, \dots, u_m^z)^T \end{aligned} \quad (3)$$

Với m là số điểm trên bề mặt, và \mathbf{G}' là ma trận được xây dựng là $(m*n+4)$ tương tự như ma trận \mathbf{G} trong công thức (2).

❖ Thuật toán:

Đầu vào: Hình học mảnh ghép mẫu 3D, thông tin điểm điều khiển trên mẫu.

Đầu ra: Hình học mảnh ghép 3D sau khi nắn chỉnh.

Các bước thực hiện:

Bước 0: Bắt đầu.

Bước 1: Xác định sự biến đổi của tập điểm điều khiển.

Bước 2: Tính tham số $\mathbf{A} = (a_1, a_2, \dots, a_M, c_0, c_1, c_2, c_3)$ theo (2).

Bước 3: Nắn chỉnh.

Bước 4: Kết thúc.

❖ Mô tả chi tiết các bước như sau:

Bước 0: Đây là bước khởi tạo, chúng ta phải chuẩn bị các tham số đầu vào cho thuật toán như: Đối tượng 3D (ở đây chính là mảnh ghép 3D mẫu), thông tin về tập điểm điều khiển (chính là tập điểm nằm trên mảnh ghép mẫu).

Bước 1: Tại bước này chúng ta xác định thông tin về sự biến đổi của tập điểm điều khiển (tập điểm điều khiển mới chính là tập điểm được xác định trên vùng sơ khuyết thiếu của bệnh nhân).

Bước 2: Để tính tham số $\mathbf{A} = (a_1, a_2, \dots, a_M, c_0, c_1, c_2, c_3)$. Sau khi đã biết được giá trị của tập điểm điều khiển mới, chúng ta tiến hành áp dụng công thức (2): Trước tiên chúng ta xây dựng được ma trận \mathbf{G} cho tập điểm điều khiển, và lựa chọn hàm $g(x)$, trong trường hợp thử nghiệm, trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn hàm $g(x) = \sqrt{x^2 + c^2}$ (với c là một hằng số) – multiquadric (\mathbb{R}^3), tiếp theo là xác định giá trị của vector $\mathbf{F} = (F_1, F_2, \dots, F_M, 0, 0, 0, 0)$ là độ dịch chuyển của các điểm điều khiển, từ tập ban đầu sang tập mới. Và khi đó vector tham số \mathbf{A} được xác định.

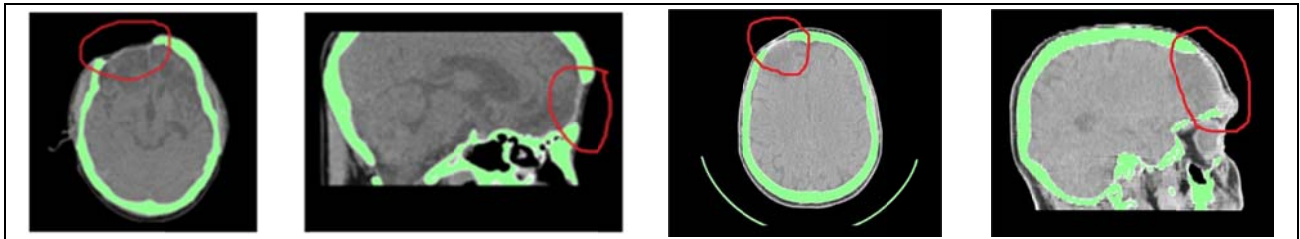
Bước 3: Nắn chỉnh chính là quá trình tính toán lại giá trị tọa độ của tất cả các điểm trên mô hình (các điểm màu xanh thẫm). Giá trị của các điểm này sẽ được tính theo công thức (3) như sau: với mỗi một điểm, chúng ta sẽ xây dựng được ma trận \mathbf{G}' kết hợp với tham số \mathbf{A} tính được ở bước 2 theo công thức (3) ta tính được giá trị của các $F = (u_1, u_2, \dots, u_m)$.

Bước 4: Kết thúc quá trình nắn chỉnh, chúng ta thu được hình dạng mới của đối tượng (dữ liệu mô hình 3D của mảnh ghép thay thế).

C. Thử nghiệm

Việc thực nghiệm kiểm chứng tính đúng đắn của thuật toán nắn chỉnh hình học mô hình 3D dựa vào hàm cơ sở bán kính RBF đã được chúng tôi thử nghiệm trên các nghiên cứu trước đó và cho kết quả khá tốt. Trong đề tài cấp Nhà nước thuộc Chương trình KC.01.17/06-10, “Nghiên cứu phát triển và ứng dụng các giải pháp công nghệ thông tin hiện đại tái tạo ảnh mặt người 3 chiều từ dữ liệu hình thái xương sọ phục vụ điều tra hình sự và an sinh xã hội”, thực hiện năm 2009 – 2010, chúng tôi đã thử nghiệm trên bài toán phục dựng mặt người từ hình thái xương sọ [1].

Thử nghiệm cho nghiên cứu này, chúng tôi đã tiến hành tính toán thử nghiệm với bộ dữ liệu mẫu là dữ liệu ảnh CT của hai bệnh nhân; bệnh nhân thứ nhất gồm 279 ảnh lát cắt ngang, và bệnh nhân thứ hai gồm 108 ảnh lát cắt ngang bị mất một phần xương hộp sọ.



a) Dữ liệu bệnh nhân thứ nhất (279 ảnh)

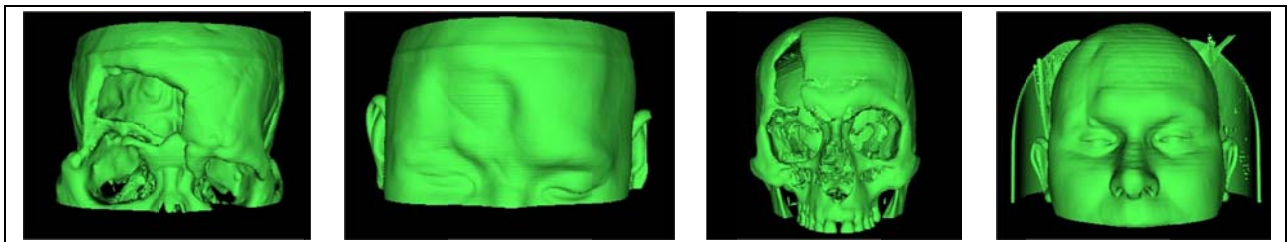
b) Dữ liệu bệnh nhân thứ hai (108 ảnh)

Hình 5. Dữ liệu thử nghiệm

Các bước trong quá trình thử nghiệm như sau:

1. Xây dựng sọ 3D của bệnh nhân từ ảnh chụp cắt lớp

Bước đầu tiên trong quá trình xây dựng mảnh sọ khuyết thiếu đó chính là dựng lại mô hình 3D hộp sọ của bệnh nhân từ ảnh chụp cắt lớp. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng phần mềm *InVesalius 3.0* để dựng lại mô hình hộp sọ 3D của bệnh nhân.



a) Sọ 3D 01

b) Mặt 3D 01

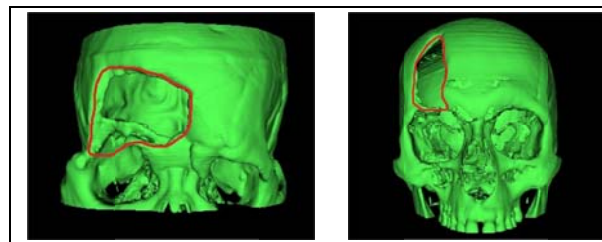
c) Sọ 3D 02

d) Mặt 3D 02

Hình 6. Mô hình 3D của bệnh nhân

2. Xác định vùng khuyết thiếu

Sau khi đã có mô hình 3D hộp sọ chúng tôi tiến hành xác định vùng khuyết thiếu một cách thủ công dựa vào sự hỗ trợ của phần mềm 3DSMax.



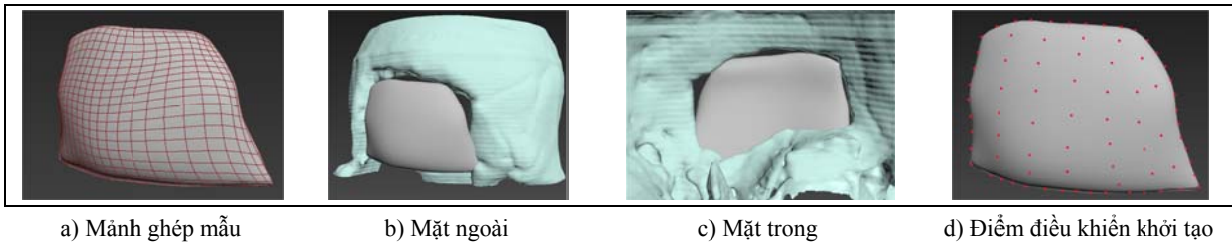
Sọ 3D 01

Sọ 3D 02

Hình 7. Xác định vùng sọ khuyết thiếu

3. Xây dựng mảnh ghép mẫu

Sau khi đã xác định được vùng khuyết thiếu (vùng biên), chúng ta tiến hành đi xây dựng mảnh ghép mẫu dựa vào đường biên này. Như chúng ta đã biết, cấu trúc giải phẫu của xương sọ người thường mang tính đối xứng, do đó cách phổ biến nhất hiện nay vẫn được các nhà chuyên môn sử dụng đó là lấy ngay phần đối xứng của mảnh khuyết thiếu đó trên chính sọ đó. Cách làm này là một cách làm khá nhanh và cũng mang lại những hiệu quả nhất định, nhưng nó cũng cho thấy nhiều hạn chế đối với những trường hợp sọ của bệnh nhân không thực sự đối xứng (ví dụ như sọ bị méo, lệch) hoặc là sọ bị khuyết tại những vị trí không có phần đối xứng. Trong trường hợp trên thì cách giải quyết của các nhà chuyên môn là tự xây dựng mảnh ghép mẫu bằng thủ công dựa vào kinh nghiệm. Trong nghiên cứu của mình chúng tôi đề xuất một cách xây dựng mảnh ghép thay thế này bằng cách sử dụng phương pháp trượt biên trên vùng chính sọ bệnh nhân đối với những trường hợp mảnh khuyết tồn tại mảnh đối xứng và sử dụng một cơ sở dữ liệu sọ mẫu cho trường hợp không tồn tại vùng đối xứng.

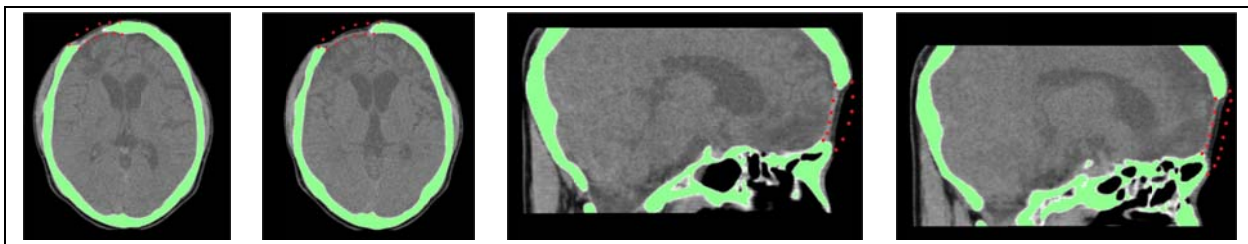


Hình 8. Mảnh ghép mẫu số 01

Như vậy, sau khi đã tìm và xây dựng được mảnh ghép mẫu chúng ta chưa thể sử dụng mảnh ghép này như một khuôn mẫu để đúc mảnh ghép thực sự cấy lên bệnh nhân mà chúng ta cần một bước tinh chỉnh nữa để mảnh ghép thay thế này thực sự khớp với phần còn lại của hộp sọ. Thông thường các Bác sĩ tạo hình thườn tinh chỉnh bằng tay cho từng bệnh nhân. Phần dưới đây chúng tôi đề xuất sử dụng kỹ thuật nắn chỉnh dựa vào hàm cơ sở bán kính (RBF) để nắn chỉnh một cách tự động mảnh ghép này sao cho phù hợp với phần còn lại của hộp sọ. Trong việc xây dựng mảnh ghép mẫu, chúng tôi đồng thời xây dựng tập điểm điều khiển tương ứng trên mảnh ghép mẫu. Quá trình này được chúng tôi thực hiện một cách thủ công, coi như tiền xử lý và kết quả thu được như trong hình 8.

4. Xác định tập điểm đặc trưng

Điểm đặc trưng có thể được xác định một cách tự động, cũng có thể xác định thủ công tùy thuộc vào dữ liệu của bài toán mà chúng ta đang xét. Do cấu trúc xương hộp sọ là cấu trúc “giải phẫu hai mặt”, tức là chúng ta phải quan tâm đến các chi tiết ở cả mặt trong và mặt ngoài của sọ (các gờ, các chi tiết đường mạch máu v.v.). Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành xác định tập điểm này cả ở mặt trong và mặt ngoài. Để cho chính xác tại mặt trong chúng tôi xác định tập điểm này dựa vào dữ liệu ảnh chụp cắt lớp, còn ở mặt ngoài chúng tôi xác định dựa vào sự lựa chọn của bác sĩ.



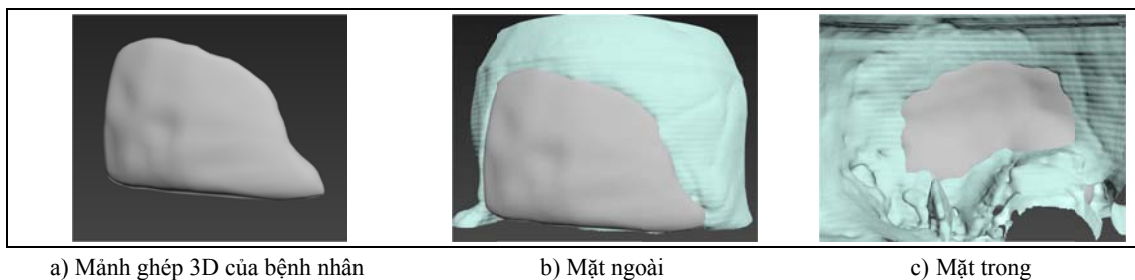
Hình 9. Xác định tập điểm điều khiển tập ảnh bệnh nhân thứ nhất

5. Nắn chỉnh mảnh ghép mẫu

Sau khi đã có được các bộ tham số đầu vào: Sọ 3D của bệnh nhân, mảnh ghép mẫu, tập điểm điều khiển. Nắn chỉnh mảnh ghép mẫu là quá trình tính lại giá trị cho toàn bộ dữ liệu trên mảnh ghép mẫu dựa vào sự biến đổi của tập điểm điều khiển. Giá trị của các điểm này sẽ được tính theo công thức (3) như sau: với mỗi một điểm, chúng ta sẽ xây dựng được ma trận G kết hợp với tham số A tính được ở bước 2 theo công thức (3) ta tính được giá trị của các ta tính được giá trị của các $F = (u_1, u_2, \dots, u_m)$.

D. Một số kết quả

Chương trình thử nghiệm được cài đặt dựa trên ngôn ngữ VC++ kết hợp với bộ thư viện đồ họa OpenSceneGraph, chúng tôi tiến hành chạy thử trên dữ liệu của bệnh nhân thứ nhất, thu được kết quả như hình 10 dưới đây:



Hình 10. Hình ảnh kết quả mảnh ghép mẫu cho bệnh nhân thứ nhất

E. Một số đánh giá nhận xét

Phương pháp cho thấy tính hiệu quả khi có thể tự động nắn chỉnh mảnh ghép mẫu trùng khớp với phần còn lại của hộp sọ thay vì làm thủ công tiêu tốn rất nhiều thời gian như thông thường. Kết quả của chúng tôi cũng được một số chuyên gia trong lĩnh vực này đánh giá là phù hợp và đạt được độ chính xác cần thiết. Tuy nhiên với số lượng điểm

điều khiển hạn chế, nên độ chính xác của mảnh ghép kết quả là chưa thực sự trùng khớp với hộp sọ bệnh nhân, vẫn cần phải có vi chỉnh mới có thể dùng làm mẫu để in mảnh ghép thật cho bệnh nhân.

IV. KẾT LUẬN

Ngày nay, số bệnh nhân phải mang trên mình những di chứng về diện mạo do gặp phải những tai nạn đáng tiếc có liên quan đến xương sọ có nguy cơ gia tăng. Việc phục dựng lại phần sọ bị mất là một yêu cầu thực tế đang đòi hỏi, nhất là trong điều kiện Việt Nam, khi chưa có nhiều nghiên cứu về vấn đề này. Trong bài báo này chúng tôi đề cập đến việc ứng dụng nắn chỉnh biến dạng dựa trên hàm cơ sở bán kính (RBF) cho bài toán phục dựng sọ khuyết thiếu. Kỹ thuật đã được cài đặt thử nghiệm và kết quả bước đầu cho thấy có nhiều triển vọng. Tuy nhiên việc xây dựng các tham số đầu vào cho bài toán này nhiều bước vẫn còn làm thủ công, do đó việc xây dựng các bộ tham số này một cách tự động cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo nhằm tăng tính chính xác cho bài toán.

V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đề tài cấp Nhà nước thuộc Chương trình KC.01.17/06-10, “Nghiên cứu phát triển và ứng dụng các giải pháp công nghệ thông tin hiện đại tái tạo ảnh mặt người 3 chiều từ dữ liệu hình thái xương sọ phục vụ điều tra hình sự và an sinh xã hội”, thực hiện năm 2009 - 2010.
- [2] Horatiu Rotaru et al, “Reconstruction of the Calvarial Defects Using Custom-Made Cranioplasty Plates”, *TMJ* 57 (1), pp.16-20, 2007.
- [3] Hyung Rok Cho et al, “Skull Reconstruction with Custom Made Three-Dimensional Titanium Implant”, *Arch Craniofac Surg*, 16(1):11-16, 2015.
- [4] C.H Le et al, “Personalised Medical Product Development: Methods, Challenges and Opportunities”, *Proceedings of International Conference On Innovations, Recent Trends And Challenges In Mechatronics, Mechanical Engineering And New High-Tech Products Development – MECAHITECH’11*, vol. 3, year: 2011.
- [5] Bochner S, “Monotone Functionen Stieltjes Integrale und Harmonische Analyse”, *Ann Math* 108:378–410, 1933
- [6] Schoenberg IJ (1938), “Metric spaces and completely monotone functions”, *Ann Math* 39:811–841
- [7] Micchelli CA, “Interpolation of scattered data: Distance matrices and conditionally positive definite functions”, *Constr Approx* 2:11–22, 1986
- [8] Powell MJD, “The theory of radial basis function approximation”, In: Light W(ed) *Advances in Numerical Analysis, Vol. II: Wavelets, Subdivision Algorithms and Radial Functions*, Oxford University Press, Oxford, UK, pp 105–210, 1992