

**I H C Q U C G I A H À N I
T R Ñ G I H C C Ô N G N G H**

M A T H C H À U

**N G H I Ê N C Ò M T S K T H U T K H Ô I P H C
M T N G I B A C H I U T S**

L U N Á N T I N S C Ô N G N G H T H Ô N G T I N

H À N I – N m 2013

**I H C QU C GIA HÀ N I
TR NG I H C CÔNG NGH**

MA TH CHÂU

**NGHIÊN C U M T S K THU T KHÔI PH C
M T NG I BA CHI U T S**

**Chuyên ngành: Khoa h c Máy tính
Mã s : 62 48 01 01**

LU N Á N TI N S CÔNG NGH THÔNG TIN

**NG I H NG D N KHOA
H C:**

1. PGS. TS. BÙI TH DUY
2. GS. TAE – WAN KIM

HÀ N I – N m 2013

L I C M N

hoàn thành luận án, tác giả nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình và tạo điều kiện thuận lợi cho tôi, sau đây tác giả xin được phép bày tỏ lòng biết ơn chân thành:

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc nhất tới hai thầy Bùi Thị Duy – Trưởng khoa Công nghệ, Trường Đại học Quốc gia Hà Nội và thầy Tae-wan Kim – Trưởng khoa Công nghệ Seoul, Hàn Quốc, những người thầy tâm huyết đã tận tình hướng dẫn, giảng viên khách mời, dành nhiều thời gian quý báu dành cho tôi trong quá trình tham gia khóa học và hoàn thiện luận án.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới lãnh đạo Trường Đại học Công nghệ, Trường Đại học Khoa Công nghệ thông tin, cùng các giảng viên phòng thí nghiệm để tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình làm luận án.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các bạn đồng nghiệp trong phòng thí nghiệm Trưởng tác Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trưởng khoa Công nghệ, Trường Đại học Quốc gia Hà Nội, những người luôn bên tôi giảng viên, góp ý, chia sẻ trong quá trình viết luận án.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới bác Nguyễn Trọng Toàn – Nguyên giám đốc Viện pháp y quân sự, người đã cung cấp tư liệu và có những lời khuyên bổ ích giúp tôi tiếp cận tư liệu nhân trộm cướp mà tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới bạn Nguyễn Đình Tuấn – Phòng thí nghiệm Trưởng tác Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trưởng khoa Công nghệ, Trường Đại học Quốc gia Hà Nội, bạn Phạm Bá Mạnh – Viện CNTT, Viện Khoa học Việt Nam đã nhiệt tình giúp tôi trong quá trình triển khai thu thập tư liệu và can thiệp thông tin nhân trộm.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đặc biệt tới anh Nguyễn Trung Kiên, người đã có những chia sẻ, lời khuyên, giảng viên bổ ích và hỗ trợ tôi trong quá trình tôi thực hiện luận án.

Cùng với đó, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới gia đình, cha mẹ, anh chị em và bạn bè, những người luôn ủng hộ và tạo điều kiện thuận lợi cho tôi hoàn thành luận án.

L I CAM OAN

Tôi xin cam oan: B n lu n án t t nghi p này là công trình nghiên c u th c s c a cá nhân, c th c hi n trên c s nghiên c u lý thuy t, ki n th c kinh i n, nghiên c u kh o sát tình hình th c ti n và d i s h ng d n khoa h c c a PGS. TS. Bùi Th Duy và GS. TS. Tae-wan Kim.

Các s li u, mô hình toán và nh ng k t qu trong lu n án là trung th c, các gi i pháp a ra xu t phát t th c ti n và kinh nghi m, ch a t ng c công b d i b t c hình th c nào tr c khi trình, b o v và công nh n b i “H i ng ánh giá lu n án t t nghi p Ti n s Công ngh Thông Tin”.

M t l n n a, tôi xin kh ng nh v s trung th c c a l i cam k t trên.

Tác gi :

M C L C

L I C M N.....	i
L I C A M O A N.....	ii
M C L C.....	iii
D A N H M C C Á C K Ý H I U V À C H V I T T T.....	vi
D A N H M C C Á C B Ñ G.....	vii
D A N H M C C Á C H Ì N H V.....	viii
M U.....	1
C H Ñ G 1. T Ñ G Q U A N.....	2
1.1 B i c ñ h.....	2
1.2 Bài toán và cách gi i quy t c a chúng tôi.....	3
1.3 C u trúc c a lu n án.....	5
C H Ñ G 2. K I N T H C C B N V D Ñ G K H U Ñ N M T T H P	
S 7	
2.1 Các cách ti p c n d ñ g khuôn m t t h p s.....	7
2.1.1 D ñ g th công khuôn m t t h p s.....	7
2.1.2 D ñ g khuôn m t t h p s v i tr giúp c a máy tính.....	9
2.2 Bi u di n mô hình ba chi u khuôn m t và s.....	12
2.2.1 Mô hình hóa b m t khuôn m t b ñ g l i a giác.....	13
2.2.2 Mô hình hóa b m t khuôn m t b ñ g b m t tham s.....	14
C H Ñ G 3. D Ñ G M Ô H Ì N H B A C H I U C A S T Ñ H.....	16
3.1 Nh ñ g nghiên c u liên quan.....	17
3.1.1 D ñ g mô hình ba chi u khuôn m t t ñ h.....	17
3.1.2 Các b trích ch n c tr ñ g trên ñ h.....	24
3.2 Thu t toán d ñ g mô hình ba chi u c a s t ñ h.....	25
3.2.1 Thu t toán tính c tr ñ g s ba chi u.....	27
3.2.2 nh h ñ g c a l i tr t lên c tr ñ g s ba chi u và cách kh c ph c....	30
3.2.3 Bi n i mô hình ba chi u c a s m u b ñ g R B F.....	34

3.2.4	c tính h i t và ph c t p các thu t toán.....	36
3.3	Th nghi m và ánh giá.....	39
3.3.1	Tính l i tr t và i u ch nh c tr ng s ba chi u	39
3.3.2	ánh giá hi u qu i u ch nh c tr ng s ba chi u đ a trên l i tr t ...	42
3.4	K t lu n ch ng.....	43
CH NG 4. D NG MÔ HÌNH BA CHI U KHUÔN M T T MÔ HÌNH BA CHI U C A S		44
4.1	Nh ng nghiê n c u liên quan.....	45
4.1.1	D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s v i tr giúp c a máy tính.....	45
4.1.2	Các ph ng pháp ánh giá mô hình ba chi u khuôn m t k t qu	49
4.2	Thu t toán đ ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s	51
4.2.1	Các m c o, s o trên s và xác nh dày mô m m.....	54
4.2.2	Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ng RBF	57
4.2.3	c tính h i t và ph c t p các thu t toán.....	62
4.3	Th nghi m và ánh giá.....	65
4.3.1	Xác nh công th c tính dày mô m m	65
4.3.2	D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s	66
4.4	K t lu n ch ng.....	69
CH NG 5. TRÍCH CH N C TR NG T NG TRÊN MÔ HÌNH BA CHI U C A S		70
5.1	Nh ng nghiê n c u liên quan.....	70
5.1.1	Trích ch n c tr ng ba chi u đ a trên a giác	70
5.1.2	Trích ch n c tr ng ba chi u đ a trên i m.....	71
5.2	Trích ch n c tr ng.....	73
5.2.1	Phân o n d li u.....	74
5.2.2	Trích ch n i m góc.....	79
5.2.3	Trích ch n c nh.....	82
5.2.4	c tính h i t và ph c t p các thu t toán.....	85
5.3	K t qu th nghi m.....	87
5.4	K t lu n ch ng.....	89

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN.....	90
KẾT LUẬN.....	92
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN N LƯU N ÁN.....	93
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	94
PHẦN C 1 - HÌNH HỌC E-PI-PÔ-LA.....	103
PHẦN C 2 - BỊN HỒN M T B A CHI U D A VÀO HÀM BÁN KÍNH C S	106
PHẦN C 3 - M T S PHÉP TOÁN.....	110
PHẦN C 4 - CÁC SỐ NHÂN TR C.....	116

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

VIẾT TẮT

ABBFP (Angle Between Best Fit Polynomial)	: Góc giữa các mặt cắt thẳng
BFP (Best Fit Polynomial)	: Mặt cắt thẳng
ESOD (Extended Second Order Difference)	: Vi phân bậc hai mở rộng
MC (Marching Cubes)	: Các khối liên kết
MSE (Mean Square Error)	: Trung bình sai phương
PCA (Principle Component Analysis)	: Phân tích thành phần chính
RBF (Radial Basic Function)	: Hàm bán kính cơ sở
SFM (Structure From Motion)	: Cấu trúc từ chuyển động
SOD (Second Order Difference)	: Vi phân bậc hai
TPS (Thin-Plate Spline)	: Mô hình S-spline mỏng

THƯỜNG

Hấp thụ	: Hệ số hấp thụ
Mô hình ba chiều	: Mô hình ba chiều bất đẳng thức đẳng thức tam giác
Mô hình ba chiều khuôn mặt	: Mô hình ba chiều bất đẳng thức đẳng thức tam giác

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 3.1: Li trung bình và li n nh t c a các i m c s tr ng ba chi u tr c và sau khi c i u ch nh	42
Bảng 4.1: Li trung bình c a hai ph ng pháp.....	68
Bảng 6.1: M t s hàm bán kính c s	108
Bảng 6.2: Các s o trên s	116
Bảng 6.3: M c o dày mô m m.....	116
Bảng 6.4: Công th c tính dày mô m m theo ph ng pháp h i qui tuy n tính	118
Bảng 6.5: Các s o s dùng tính dày mô m m theo ph ng pháp dùng m ng n -ron	120

DANH MỤC CÁC HÌNH V

Hình 1.1: Quy trình d ñng mô hình ba chi u khuôn m t t h p s	4
Hình 2.1: D ñng th công khuôn m t t h p s	8
Hình 2.2: M t h th ñng ch ñng khít ñh lên h p s	10
Hình 2.3: D ñng khuôn m t d a trên gi i ph u.	11
Hình 2.4: D ñng khuôn m t d a trên ñày mô m m.	11
Hình 2.5: Ví d v bi u di ñn b m t khuôn m t b ñng l i a giác.	13
Hình 2.6: Ví d v bi u di ñn b m t khuôn m t b m t s-pline.	15
Hình 3.1: D ñng mô hình ba chi u khuôn m t t ñh d a vào hi u ch ñh ñh.	19
Hình 3.2: ñh b ñng ca-rô ñhi u ch ñh máy quay.	19
Hình 3.3: D ñng mô hình ba chi u khuôn m t t ñh ñùng b ñng ca-rô ñhi u ch ñh máy quay.	20
Hình 3.4: D ñng mô hình ba chi u khuôn m t t ñhi t l p ñng ñ sáng khi ch p ñh.	21
Hình 3.5: D ñng mô hình ba chi u khuôn m t d a vào mô hình ba chi u khuôn m t m u.	22
Hình 3.6: D ñng mô hình ba chi u c a s t ñh.	27
Hình 3.7: Tính ñi m c tr ñng s ba chi u.	29
Hình 3.8: M t s ñi m c tr ñng s ba chi u.	29
Hình 3.9: L i tr t và ñi u ch ñh ñi m ba chi u.	30
Hình 3.10: M i quan h gi a ñi m hai chi u và ba chi u.	33
Hình 3.11: ánh giá sai s tr t và ñi u ch ñh c tr ñng s ba chi u.	35
Hình 3.12: Mô hình ba chi u c a s m u.	36
Hình 3.13: Xác ñh ñi m c tr ñng trên mô hình ba chi u c a s m u.	36
Hình 3.14: Ch p ñh s quét.	39
Hình 3.15: H p s quét tr c (trái) và sau (ph i) khi ánh d u thêm các ñh ñn.	39
Hình 3.16: ñi sánh c tr ñng SIFT.	40
Hình 3.17: ñi sánh c tr ñng HARRIS.	40
Hình 3.18: L i tr t trên ñh c a h p s th ñh t.	41
Hình 3.19: L i tr t trên ñh c a h p s th hai.	41

Hình 3.20: Các trục ba chi u trục i u ch nh và sau i u ch nh.	43
Hình 4.1: D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s d a vào đầy mô m m.	46
Hình 4.2: D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s c a Bullock. 46	
Hình 4.3: Các c p bi n i trong ph ng pháp c a Archer.....	47
Hình 4.4: Các thành ph n dùng khôi ph c khuôn m t	49
Hình 4.5: Tìm công th c tính đầy mô m m.	51
Hình 4.6: D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s	53
Hình 4.7: G n kim trên mô hình ba chi u c a s	54
Hình 4.8: M c nhân tr c trên s	54
Hình 4.9: N i suy kim.....	58
Hình 4.10: Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u	59
Hình 4.11: Các i m m c chu n hóa đ li u trên mô hình ba chi u khuôn m t m u 61	
Hình 4.12: th mô t trung bình sai ph ng.	66
Hình 4.13: Hai mô hình ba chi u khuôn m t k t qu	67
Hình 5.1: B m t và b m t trung tâm	72
Hình 5.2: N i và làm tr n c tr ng ng.....	72
Hình 5.3: Làm tr n và n i các th	73
Hình 5.4: Trích ch n c tr ng trên mô hình ba chi u c a s	74
Hình 5.5: H p bao mô hình ba chi u c a s	75
Hình 5.6: Phân o n lát c t mô hình ba chi u c a s	76
Hình 5.7: Minh h a ph ng pháp t p m c.	77
Hình 5.8: Biên c a i t ng ng v i $F(u,C)$ khác nhau.....	79
Hình 5.9: Các tr ng h p c a MC (ba hàng trên). Các tr ng h p có i m góc ng c viên (hàng cu i).....	80
Hình 5.10: M t n Sobel.....	82
Hình 5.11: M t n Canny.....	83
Hình 5.12: Cy cho trích ch n i m c nh l i (trái), Cy_i cho trích ch n i m c nh lõm 84	
(ph i).....	84

Hình 5.13: Các hình tròn xác suất SUSAN.....	84
Hình 5.14: Các ba chi u hình h p xác suất SUSAN.....	85
Hình 5.15: i m c nh.....	88
Hình 5.16: i m góc.....	88
Hình 6.1: Liên h c a c p i m i sánh x, x' và các thu t ng	103
Hình 6.2: Bi n i ng hình	105
Hình 6.3: Các tam giác chung nh p.....	112
Hình 6.4: Hai tam giác k chung c nh e.....	112
Hình 6.5: Hai nh i di n c nh e c a hai tam giác k	112
Hình 6.6: X p x a th c.....	113
Hình 6.7: X p x a th c trái và ph i c nh e	113
Hình 6.8: Nhân ch p $I^0 = I * H$	114
Hình 6.9: Hai b m t khác nhau.	115
Hình 6.10: Kho ng cách không i x ng.....	115

M U

Lưu ý nghiên cứu những vấn đề xung quanh bài toán định lý khuôn mặt ba chiều. Có hai cách tiếp cận phổ biến để định lý khuôn mặt ba chiều: phương pháp gradient và phương pháp dựa trên độ mờ. Lưu ý tập trung vào cách tiếp cận dựa trên độ mờ vì phương pháp này không cần thiết sâu rộng về gradient khuôn mặt như phương pháp gradient. Hơn nữa, phương pháp này dễ dàng triển khai trên các máy tính trong việc thực hiện kê hoạch các thông tin liên quan đến định lý khuôn mặt độ mờ, số.

Quy trình định mô hình ba chiều khuôn mặt từ hình ảnh dựa vào độ mờ có thể triển khai trên các máy tính gồm có ba giai đoạn chính: xây dựng mô hình ba chiều cơ bản, xác định các thông tin trên mô hình ba chiều cơ bản và độ mờ mặt bất biến, và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt thành mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả. Trong lưu ý này, chúng tôi xuất bản thuật toán liên quan đến định lý mô hình ba chiều khuôn mặt từ hình ảnh, như sau:

Thứ nhất, chúng tôi xuất bản thuật toán định mô hình ba chiều cơ bản từ hai chiều và biến đổi thành lập trình phát sinh thuật toán chính xác của mô hình ba chiều cơ bản kết quả.

Thứ hai, chúng tôi xuất bản thuật toán định mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều cơ bản, trong đó kết hợp biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt thành hàm bán kính cơ bản (*Radial Basic Function - RBF*), độ mờ độ mờ mặt số và biến đổi độ mờ mặt thuật toán tính chân thực và chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả.

Cuối cùng, chúng tôi xuất bản thuật toán trích xuất các đặc trưng và góc tính trên mô hình ba chiều cơ bản để cho việc ánh xạ điểm trên mô hình ba chiều cơ bản. Thuật toán là sự kết hợp giữa quá trình phân hoạch dữ liệu trên mô hình ba chiều cơ bản và phép nhân chéo.

CHƯƠNG 1. TÍNH QUAN

1.1 Bối cảnh

Đông lập khuôn mặt ba chi u là một trong những bài toán có chú ý nhất trong dòng lập trình ba chi u bi-mi-năng động r-logic a nó: trong giới trí, giao tiếp xa và các bit là nền tảng [21, 23, 68, 74]. Khuôn mặt ba chi u dùng nền tảng giới tra khoanh vùng tiếp xúc. Khuôn mặt ba chi u làm cho các cuộc họp, hình thức xa sự kiện và hiệu quả hơn. Khuôn mặt ba chi u giúp tạo nên các nhân vật chân thực trong phim, trong trò chơi điện tử. Trong bài toán đông lập khuôn mặt ba chi u, khôi phục khuôn mặt ba chi u từ hình ảnh có ý nghĩa xã hội rất lớn. Khuôn mặt động cơ từ hình ảnh có thể dùng trong học hỏi tái tạo khuôn mặt cá nhân, hoặc xây dựng chân dung của các nhân vật lịch sử. Khuôn mặt động cơ từ hình ảnh sử dụng trong các video. Bên cạnh đó, hình ảnh mang nhiều thông tin về tuổi, giới tính và ngôn ngữ cá nhân. Hơn nữa, khi khai thác thì, hình ảnh thông tin ít bị phá hủy nhất. Do vậy, khôi phục khuôn mặt từ hình ảnh là bài toán thu hút nhiều sự quan tâm trong dòng lập khuôn mặt ba chi u [7, 36, 50, 69, 83, 90].

Trong các nghiên cứu về xây dựng lập khuôn mặt từ hình ảnh, chính xác của khuôn mặt tái tạo luôn là mối quan tâm hàng đầu vì những thay đổi dù rất nhỏ trên khuôn mặt người rất dễ nhận biết. Biederman và Kalocsai [9] nhận thấy rằng động khuôn mặt và nền tảng vật nói chung có rất nhiều điểm khác nhau. Nhận dạng khuôn mặt rất nhạy cảm với tiếp xúc, ánh sáng, kích thước và các bit là góc nhìn. Trong việc nhận dạng vật nói chung, những yếu tố này như hình ảnh rất ít hoặc không nhận thấy. Bên cạnh đó, sự khác biệt của vật có thể nêu tên, liệt kê một cách dễ dàng, trong khi sự sai khác nhau trên khuôn mặt người ta có thể cảm nhận thấy như không đáng kể. Chúng ta luôn mong muốn tìm ra các đặc điểm trong các kỹ thuật nhận diện chính xác của khuôn mặt kỹ thuật.

Trong luận án này, chúng tôi nghiên cứu một số kỹ thuật khôi phục khuôn mặt ba chi u từ hình ảnh.

1.2 Bài toán và cách giải quy tắc của chúng tôi

Bài toán dùng mô hình ba chiều khuôn mặt thể hình học có đầu vào là hình học khai quật; đầu ra là mô hình ba chiều khuôn mặt phù hợp với hình học. Giải quy tắc bài toán này có rất nhiều cách tiếp cận khác nhau.

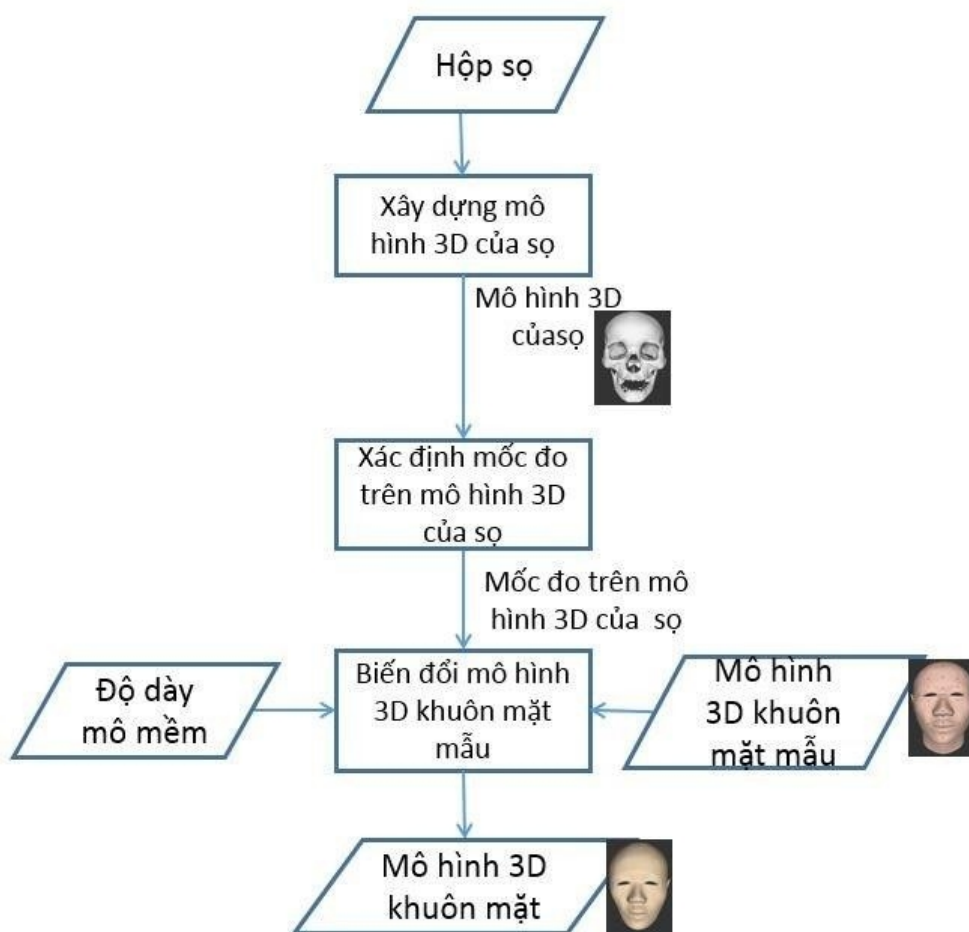
Trước đây, người ta dùng mô hình mặt mặt cách thủ công. Các chuyên gia thường nhìn hình học để thiết kế, thiết kế cao giải quyết với hình học khai quật. Sau đó cùng với sự trợ giúp, nhìn xét của các chuyên gia, mô hình tiếp thêm vào hình học để thiết kế, thiết kế cao có các khuôn mặt cụ thể cùng. Vì vậy nên, hình học và mô hình công và thực tiễn. Khi bài toán đưa vào giải quy tắc bằng máy tính, vì các mô hình hình học, các lập mô trên mặt thể thể chỉ nhanh chóng và hiệu quả hơn.

Với sự trợ giúp của máy tính, sau khi mô hình hình học ba chiều, người ta có thể dùng mô hình ba chiều khuôn mặt dựa trên giải pháp hoặc dùng khuôn mặt dựa trên dày mô hình. Phương pháp dựa trên giải pháp yêu cầu hiệu suất cấu trúc giải pháp sinh học của khuôn mặt rất cao. Còn với việc phương pháp dựa trên dày mô hình, thông tin về dày mô hình phải cung cấp.

Trong nghiên cứu của mình, chúng tôi lựa chọn phương pháp dựa trên mô hình ba chiều khuôn mặt dựa trên hình học dùng thông tin về dày mô hình với sự trợ giúp của máy tính. Dày mô hình như một vị trí quan trọng trên hình học của các lập làm các phương pháp khuôn mặt mà không phù hợp với hình học. Phương pháp dựa trên dày mô hình ít yêu cầu kiến thức giải pháp khuôn mặt hơn, trong khi dựa trên mô hình khuôn mặt kết quả lại nhanh chóng và chính xác. Hơn nữa, cách tiếp cận dựa trên dày mô hình tận dụng tối đa sự trợ giúp của máy tính trong việc thiết kế, ngoài ra, các lập dày mô hình. Chúng tôi nhận thấy Hps là hình học khai quật. Mô hình ba chiều của s là mô hình ba chiều của ab mặt thể hình học dựa trên giải pháp. Mô hình ba chiều khuôn mặt là mô hình ba chiều của ab mặt thể hình học dựa trên giải pháp của góc.

Bài toán dùng mô hình ba chiều khuôn mặt thể hình học dựa vào thông tin mô hình của giải quy tắc sau (Hình 1.1): Trước tiên, hình học tìm thấy cấu trúc xây dựng mô hình ba chiều của s trên máy tính. Tiếp theo, trên mô hình ba chiều của s này người ta xác định ra mặt thể mà tất cả các điểm dày mô hình. Tất cả các mặt thể này người ta gắn lên các kim có độ dài bằng dày mô hình bất kỳ. Cùng nhau, dùng mặt thể ba chiều để gắn lên và chèn vào các kim ở tọa độ của khuôn mặt. Mặt thể ba chiều của tọa độ của khuôn mặt thông thường là mặt thể mô hình ba chiều khuôn mặt mà chúng tôi cần.

Các nghiên cứu trước đây về dựng mô hình ba chi u khuôn mặt từ hộp sọ [7, 36, 50, 69, 83, 90] còn tồn tại nhiều nhược điểm. Trong những nghiên cứu này, dữ liệu số hóa dựa trên quét laser. Việc quét laser không hoàn toàn đáng tin cậy vì chi phí cao và độ nhiễu cao. Bên cạnh đó, trong cách tiếp cận dùng dữ liệu mô phỏng, dữ liệu mô phỏng phải được xử lý trung bình để có được dữ liệu mô phỏng camera từ các góc nhìn khác nhau. Do vậy, mô hình ba chi u khuôn mặt được dựng không mang tính thực tế và thiếu chi tiết trên mô hình khuôn mặt như không thể hiện vùng cằm, góc hàm. Hơn nữa, những mô hình ba chi u camera có dữ liệu mô phỏng trong các dữ liệu camera ảnh chụp bằng tay, nên phải dựa vào kinh nghiệm chuyên gia để chỉnh sửa ảnh chụp.



Hình 1.1: Quy trình dựng mô hình ba chi u khuôn mặt 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 xuất phát từ việc dựng mô hình ba chi u camera từ hai chi u số để giải quyết vấn đề chi phí cao của việc dựng ba chi u như một kỹ thuật hiện

trên mô hình ba chi u c a s c d n g l i. Trong ó, chúng tôi ánh giá sai s trong vi c trích ch n c tr ng và a ra gi i pháp h n ch nh h ng c a nh ng sai s này lên mô hình ba chi u c a s . Ph n này c trình bày c th Ch ng 3.

- Th hai, nâng cao chính xác c ng nh nâng cao tính chân th c c a mô hình ba chi u khuôn m t d n g l i, chúng tôi a ra thu t toán ph c d n g mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s nh m nâng cao chính xác c a mô hình ba chi u khuôn m t k t qu . Thu t toán c phát tri n d a trên vi c xác nh dày mô m m t các s o s thay vì dùng dày mô m m trung bình và bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u dùng m ng RBF k t h p v i n i suy thêm dày mô m m h n ch l i sai s c a mô hình ba chi u khuôn m t k t qu . Ph n này c trình bày rõ Ch ng 4.

- Th ba, h n ch l i ch quan c ng nh t ng s l ng i m c tr ng, chúng tôi a ra thu t toán trích ch n c tr ng t ng trên mô hình ba chi u c a s . Nh ng c tr ng này c dùng h tr t t nh t cho quá trình xác nh các v trí i m m c trên mô hình ba chi u c a s . N i dung này c trình bày Ch ng 5

1.3 C u trúc c a lu n án

Ph n còn l i c a lu n án c t ch c nh sau. Ch ng 2 trình bày t ng quan v các cách ti p c n gi i quy t bài toán d n g l i khuôn m t ba chi u t h p s . Trong ó, chúng tôi trình bày u nh c i m c a t ng cách ti p c n. Sau ó, chúng tôi trình bày các cách bi u di n b m t ba chi u i t ng nói chung và b m t ba chi u khuôn m t và s nói riêng. T ó, chúng tôi l a ch n ra cách bi u di n b m t ba chi u khuôn m t và s phù h p v i cách gi i quy t c a mình.

Trong Ch ng 3, chúng tôi trình bày thu t toán d n g l i mô hình ba chi u c a s t nh hai chi u dùng gi i pháp i u ch nh i m c tr ng s ba chi u nâng cao chính xác c a k t qu . Tr c tiên, chúng tôi phân tích sai s phát sinh khi ch p nh quanh h p s . T ó, chúng tôi trình bày gi i pháp t ng c ng chính xác c a mô hình ba chi u c a s b ng vi c i u ch nh i m c tr ng.

Trong Ch ng 4, chúng tôi trình bày thu t toán d n g mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s . Trong các nghiên c u tr c, dày mô m m c c l ng là trung bình dày mô m m c a c s d li u mô m m cho tr c. H n n a, các i m m c trên mô hình ba chi u c a s m c dù c xác nh theo thông tin nhân tr c h c, tuy nhiên, s l ng xác nh và bi t tr c. Các i m m c nhân tr c này ph thu c vào th ng kê c a c s d li u v dày mô m m v trí t ng ng.

Như vậy, chúng ta cần có những dữ liệu chính xác của vùng biên để tái tạo cao hơn.

Còn mặt số vùng cho là kém quan trọng hơn trên khuôn mặt như vùng trán, vùng má,... thì chính xác giảm đi vì số dữ liệu vùng đó ít hơn. Vì quy trình học như này, trong Chương 4, chúng tôi xuất thực toán kết hợp dùng đầy mô hình tính số, mô hình cần suy và biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt dựa trên mạng RBF nâng cao tính chính xác và tính chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả. Chúng tôi cũng dùng mô hình các vị trí mặt các số trên mô hình ba chiều của số vào. Bên cạnh đó, chúng tôi đã ra cần suy đầy mô hình các vị trí mặt đầy mô hình các vị trí xung quanh. Như vị trí mặt là như vị trí có đầy mô hình mặt tính toán ra số số cần học như các thông số. Chúng tôi biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt dựa trên mạng RBF cho kết quả đầy mô hình trên có mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả.

Trong Chương 5, chúng tôi đã ra thực toán trích chọn ra các đặc trưng để dùng để nhận diện góc trên mô hình ba chiều của số. Các đặc trưng để nhận diện và góc dùng để nhận diện thực cho vì cần chính xác vị trí các dữ liệu trên mô hình ba chiều của số. Trích chọn các đặc trưng để nhận diện và góc, chúng tôi kết hợp giữa nhận diện phân số để nhận diện và phép nhận diện thực để nhận diện thực toán.

Kết quả nghiên cứu và bàn luận trình bày trong Chương 6.

CHƯƠNG 2. KỸ THUẬT CẮT BÊN LIÊN QUAN ĐẾN KHUÔN MẪU HỖ

Trong chương này, chúng tôi trình bày những vấn đề liên quan đến khâu phôi khuôn mẫu hỗ. Trước tiên, chúng tôi giới thiệu các cách tiếp cận khác nhau khi khâu phôi khuôn mẫu hỗ. Chúng ta có cái nhìn tổng quan về cách giới thiệu quy trình các bước phát triển quan trọng của bài toán này. Trong phần này, các nghiên cứu nhân trắc học, công nghệ cách xác định dày mô dùng để làm khuôn mẫu trình bày sơ lược. Sau đó, chúng tôi trình bày các dạng mô hình hóa bề mặt khuôn mẫu ba chiều học.

2.1 Các cách tiếp cận để khâu khuôn mẫu hỗ

Khi tiến hành tái tạo mô hình kỹ thuật công nghiệp, nhu cầu phương pháp cùng các kỹ thuật khâu phôi mô hình hỗ đã xuất hiện. Chúng tôi trình bày dưới đây hai cách tiếp cận chính: các phương pháp thủ công và các phương pháp có hỗ trợ máy tính.

2.1.1 Dạng thủ công khâu khuôn mẫu hỗ

Dạng thủ công khâu khuôn mẫu hỗ là phương pháp thủ công cao hoặc cắt lát hỗ (Hình 2.1). Trước hết, người ta cần mô hình ba chiều của bề mặt cao hoặc cắt lát. Nhấn vào một bề mặt nào đó hoặc bề mặt cao sẽ chèn vào các mặt và các mặt để tạo thành bề mặt thủ công cao hoặc cắt lát hoàn chỉnh. Sau đó, các chất bán dẫn sẽ cắt với độ chính xác bằng dày mô mô hình bề mặt để tạo ra các tấm và dán vào đúng vị trí. Các số dày mô mô hình bề mặt sẽ được nhập vào máy tính. Khi tất cả các chất bán dẫn, các bề mặt và các nhóm bề mặt của bề mặt cao hoặc cắt lát cho phù hợp với các chất. Khi cấu trúc bề mặt của mô hình ba chiều khuôn mẫu đã được tạo ra, thì các thông số khác của mô hình, c , ... và cuối cùng là các chất chèn thêm vào. Quy trình cho thấy rằng kỹ thuật nhân trắc học hỗ và khuôn mẫu hình học rất hữu ích cho khuôn mẫu ba chiều. Ví dụ, việc xác định các điểm trên hỗ đòi hỏi rất chính xác trên các số xác định dày mô mô hình. Việc này tuân theo các quy định khoa học, pháp lý và dựa vào nghiên cứu về các điểm góc và số góc. Bên cạnh đó, công việc thu thập mô hình là các dữ liệu quan trọng.



Hình 2.1: Dạng th công khuôn m t t h p s

Các thông tin nhân tr c h c c a h p s liên quan n khuôn m t ã và ang c khai thác ph c d ng l i khuôn m t. Krogman [41] ã th nghi m và h th ng thành lý thuy t c b n v ph c d ng khuôn m t ba chi u t h p s m t cách th công. Krogman ã ti n hành nh sau, ông ch p nh t thi, r i cho úc l i s . Ông cung c p thông tin v gi i tính, tu i, ngu n g c và dày mô m m m t s v trí trên khuôn m t cho th ch m kh c l i khuôn m t ba chi u. Công vi c c làm k công cho n khi t yêu c u thì thôi. Còn trong [55, 87], các tác gi ã nghiê n c u v ho t ng c a các c m t c ng nh hình dáng s . Hudosyukinand và Nainys [35] nghiê n c u v m i quan h gi a hình thái h p s và c tr ng trên khuôn m t. Lebedinskaya và c ng s [42] thì nghiê n c u v m i quan h h p s và b m t da c a nhi u nhóm ch ng t c khác nhau. Nh ng nghiê n c u này cung c p c s v ng ch c cho vi c ph c d ng l i khuôn m t ba chi u t h p s . Taylor [82] ã mô t trong cu n sách “Forensic art and Illustration” chi ti t vi c d ng l i th công khuôn m t hai chi u ho c ba chi u d a trên thông s nhân tr c thu th p c t s . Cu n sách tr thành c m nang c a các nhà khoa h c hình s dùng ph c v i u tra.

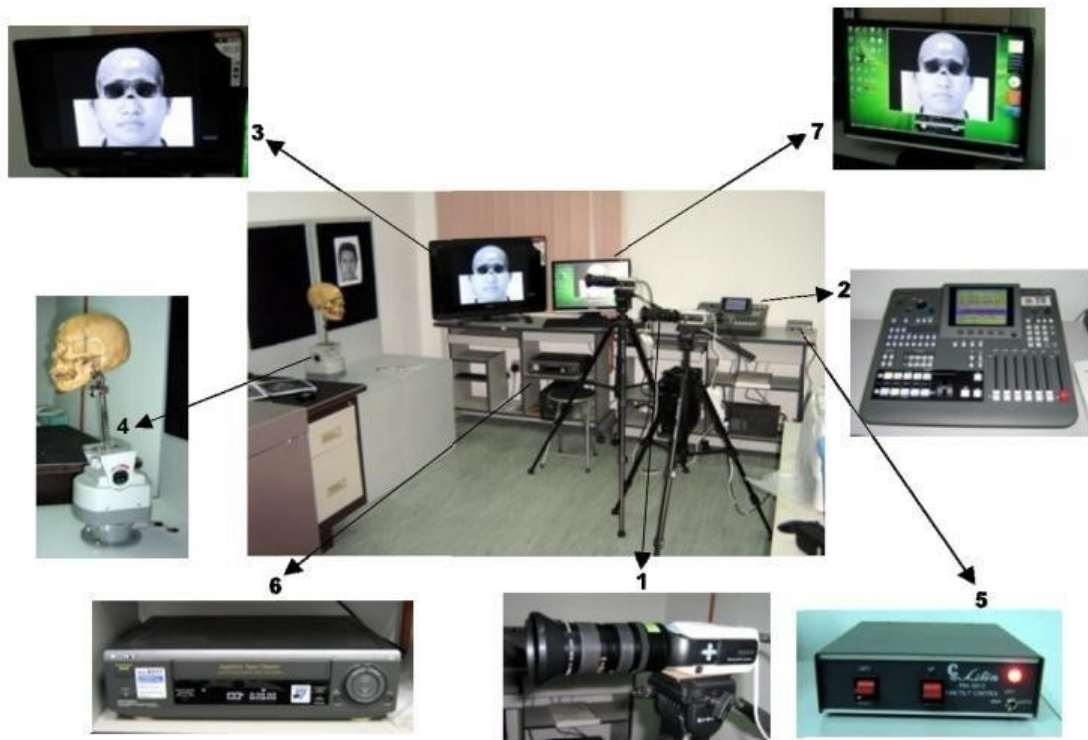
Nh ng d li u mô m m có c t vi c o c c n th n các l p c a mô m t và u c a t thi. Trong nghiê n c u c a mình, His [33] ã s d ng m t kim s c và m ng, âm vào th t t i m t s v trí cho n khi âm vào n x ng. Kim có kèm theo m t m nh cao su nh c t sát m t da. Cho kim âm xuyên qua m nh cao su và âm ti p vào t ch c mô m m vùng m t cho n t n x ng. Kho ng cách t u nh n c a kim n m nh cao su chính là dày c a mô m m t i v trí ó. Sau ó l p b ng th ng kê các s li u o c phân tích ánh giá. Kollmann và Buchly [40] m r ng công vi c c a His và c ng ti n hành trên các xác t thi và phân lo i mô m m thành b n lo i chính d a vào b n phân lo i v d ng mô c a c th : m ng, r t m ng, c nuôi d ng t t và c nuôi d ng r t t t. Nh ng nghiê n c u c a His, Kollmann và Buchly là n n t ng c b n cho vi c d ng m t sau này. V n khác nhau c a các l p mô nam và n gi i ng i Capca c xem xét b i Kollmann và Buchly. M t nghiê n

curt toàn diện về dày mô mắt người Mỹ đã được trình bày trong [72]. Tác giả đã nghiên cứu mẫu gồm 59 thí nghiệm không áp (44 nam, 15 nữ). Các tác giả đã đo kích thước 10 ngón giữa và 22 ngón bên. Altemus [5] đã tiến hành đo dày các mô mắt mắt phim X-quang sọ não nghiêng của 50 trẻ em người Mỹ đã đến Washington, D.C (25 nam, 25 nữ) từ tuổi 12 – 16. Heglart [31] cũng tiến hành nghiên cứu các trẻ em đã trưởng thành (21 nam và 27 nữ từ tuổi 10 – 18). Ông đã thực hiện 13 phép đo phim X-quang nghiêng, kết quả nghiên cứu đáng kinh ngạc của Altemus.

Các phương pháp tái tạo khuôn mặt thực cao ba chiều còn hiếm hoi trong ngh thuật chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt phải thu nhập vào kỹ thuật của người làm mô hình. Công việc thực công này rất rất nhiều thời gian (thời gian thu thập dữ liệu về mối liên hệ - mắt, thời gian khôi phục khuôn mặt thực phẩm). Hơn nữa, việc sử dụng khuôn mặt ba chiều thực cao hơn rất khó.

2.1.2 Dùng khuôn mặt thực phẩm vị trí giúp của máy tính

Ngày nay, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ, việc dùng lại khuôn mặt ba chiều thực phẩm sẽ trở nên dễ dàng hơn và nhanh chóng hơn. Bằng việc sử dụng giúp của máy tính, người ta thực hiện xếp chồng hai chiều video của khuôn mặt thực phẩm [26, 53]. Trước hết, thực phẩm phải xác định vị trí, ghi tính và thu thập thông qua các kích thước s. Các kích thước này sẽ chia làm hai loại: diện tích và s. Các kích thước s não bao gồm: chiều rộng thực phẩm, chiều rộng hai mắt, chiều rộng liên mắt, chiều rộng mí mắt, chiều rộng hai gò má, chiều rộng vùng mặt dưới, và chiều cao mặt. Các kích thước diện tích là những kích thước thực hiện mối liên quan giữa mô và xương bao gồm: cao môi, cao tai, rộng tai. Sau đó, người ta ánh xạ dữ liệu các điểm trên thực phẩm và ánh xạ các vị trí trên thực phẩm như video mặt. Cùng với, người ta tiến hành lồng ghép vào những video ánh xạ giá trị phù hợp giữa những video mặt và thực phẩm. Dựa vào kinh nghiệm nhân tạo của chuyên gia pháp y, quan sát về dày mô mắt phân cách giữa và bề mặt da, vị trí điểm và các điểm hình thái, nhân tạo, người ta sẽ đưa ra kết luận liệu có khả năng thực phẩm là của người có hai chiều hoặc không video quay khuôn mặt hay không. Yêu cầu của kỹ thuật này phải có những video hoặc của khuôn mặt, trong khi nhiều lúc khai thác thì chỉ có dữ liệu thực phẩm. Bên cạnh đó, kỹ thuật cũng cần yêu cầu thiết bị chuyên dụng người phải phải. Hình 2.2 mô tả hệ thống phần cứng và phần mềm như sau. Hệ thống bao gồm: máy quay, chân máy quay, thiết bị truyền video, hệ thống màn hình hiển thị, bàn phím, thiết bị lưu trữ khi cần bàn phím, thiết bị lưu trữ hệ thống hiển thị, máy tính.



Hình 2.2: M t h th ng ch ng khít nh lên h p s .

Vì nh ng tr ng i trên, các nhà nghiên c u quan tâm nhi u n d ng khuôn m t ba chi u t h p s không c n hình nh cho tr c c a khuôn m t. Nhìn chung, d ng l i khuôn m t ba chi u t h p s c th c hi n theo qui trình sau. u tiên, mô hình ba chi u c a h p s c t o ra b ng các thi t b s hóa nh ch p c t l p (*Computerised Tomography Scan - CT scan*), ch p c ng h ng t (*Magnetic Resonance Imaging MRI*). T o b m t khuôn m t d a trên vi c s p x p các b ph n trên khuôn m t theo c u trúc sinh h c hay thông tin dày d li u mô m m b ng các công c n i suy nh B-spline, S-pline phân c p, NURBS. Cu i cùng, t o các b ph n trên m t nh m t, m i, tai, môi và làm m n b m t da. Tri th c ph c v cho quá trình ph c d ng c tìm hi u t d li u th c t thu nh n t các thi t b s hóa. Vi c xác nh các c , mô, s n và các o liên quan nh dày mô m m có th c th c hi n trên các d li u ch p c t l p, ch p c ng h ng t b ng các thi t b và ph n m m chuyên d ng. Các ph ng pháp ph c d ng khuôn m t ba chi u t h p s c chia làm hai nhóm chính: Ph ng pháp d a trên gi i ph u [90] và ph ng pháp d a trên dày mô m m [7, 36, 50, 69, 83].

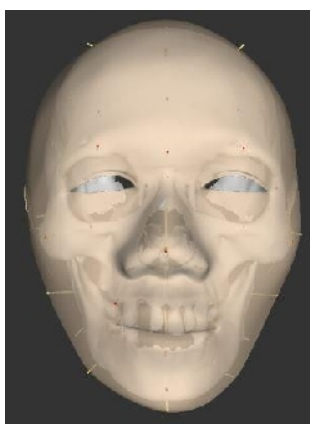
i v i ph ng pháp d a trên gi i ph u, c u t o sinh h c c a khuôn m t c nghiên c u chi ti t. H p s c bao ph b i các l p c , các tuy n và các l p s n sau ó m i bao ph b i l p da t o nên hình dáng khuôn m t. Nh v y, tái t o l i khuôn m t theo ph ng pháp này, ng i ta ph i ti n hành mô ph ng s p x p c , các tuy n, s n và ph b m t da theo úng c u t o sinh h c c a khuôn m t (Hình 2.3). Ph ng

pháp này dựa trên cơ sở mô hình hóa các cơ mặt và áp chúng vào hình p s . Việc này đòi hỏi rất nhiều thời gian cũng như chi phí rất sâu rộng về kỹ thuật và hình ảnh khuôn mặt vì phải mô hình hóa từng cơ . Nhưng hiện nay, khuôn mặt được lập trình bằng máy tính. Phương pháp này phù hợp với việc giải bài toán dựng lại khuôn mặt của các xạ nghiệm hóa thạch khi mà các dữ liệu thực nghiệm về nhân trắc không có. Đó cũng là lý do tại sao phương pháp dùng độ dày mô mềm phải bị hạn chế.



Hình 2.3: Dựng khuôn mặt dựa trên kỹ thuật mô hình hóa cơ mặt.

Phương pháp dùng độ dày mô mềm là phương pháp áp dụng lên bề mặt hình p s phần mô mềm và phần da mặt (Hình 2.4). Phần mô mềm được tính toán về độ dày mô mềm của từng vùng và tương ứng với các điểm hình thái nhân chủng học. Phương pháp này yêu cầu phải biết vị trí các cơ trên s và độ dày mô mềm tương ứng với vị trí đó. Như vậy, phương pháp này không yêu cầu chi phí kỹ thuật sinh học nhiều cũng như thời gian dựng khuôn mặt nhiều như phương pháp dựa trên kỹ thuật mô hình hóa cơ mặt.



Hình 2.4: Dựng khuôn mặt dựa trên độ dày mô mềm.

2.2 Bi u di n mô hình ba chi u khuôn m t và s

Bi u di n b m t i t ng là m t ph n trong quá trình mô hình hóa i t ng. bi u di n b m t, ng i ta dùng n các cách sau [18]: hàm hi n, hàm n, b m t tham s và l i a giác.

Dùng hàm hi n

Trong không gian hai chi u, m t ng cong c g i là bi u di n đ i d ng hàm hi n n u ng cong đ li u c bi u di n b i hàm hi n m t n y = f(x). T p đ li u đ i d ng (x, f(x)) v i m i x trong mi n ang xét c g i là bi u di n r i r c c a ng cong.

Trong không gian ba chi u, b m t bi u di n đ i d ng hàm hi n n u b m t đ li u c bi u di n b i hàm hi n hai n z = f(x, y). T p đ li u (x, y, f(x, y)) v i m i (x, y) trong mi n ang xét c g i là bi u di n r i r c c a b m t cong.

Dùng hàm n

M t ng cong n (b m t cong n) là t p nghi m c a ph ng trình có đ ng f(x, y) = 0 i v i ng cong (f(x, y, z) = 0 i v i m t cong).

B m t n: là m t t p m c trong R^3 có đ ng $M = \{(x, y, z) \in R^3 : f(x, y, z) = c\}$, v i c là m t h ng s , f là hàm giá tr th c xác nh trên R^3 . Khi cho tr c m t hàm n, m t b m t a giác có th c sinh ra x p x b m t i t ng.

Dùng b m t tham s

Trong bi u di n tham s c a ng cong hay b m t, m i thành ph n to c bi u di n b i m t hàm c a m t hay hai tham s . (x(t), y(t), z(t)) v i tham s t bi u di n ng cong. (x(u, v), y(u, v), z(u, v)) v i hai tham s u và v bi u di n b m t.

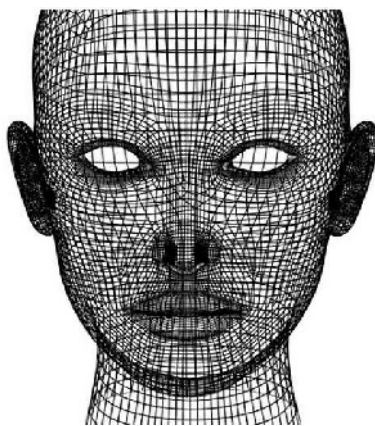
Dùng l i tam giác

B m t i t ng c x p x b ng các a giác, thông th ng là các tam giác vì tam giác ch c ch n là m t a giác l i. Các thao tác tô màu, ánh bóng, t o sáng cho b m t i t ng s đ dàng h n khi th c hi n trên các a giác l i.

Trong bài toán đ ng l i mô hình ba chi u khuôn m t t h p s , bi u di n b m t khuôn m t và s s hóa là v n quan tr ng. Vi c bi u di n b m t khuôn m t và s cùng m t đ ng s đ dàng h n cho vi c th c thi. Vì, khuôn m t là m t b m t linh ho t liên quan n c ng. T tr c n nay, b m t khuôn m t c bi u di n b i l i a giác ho c b m t tham s .

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

Bề mặt khuôn mặt có thể được biểu diễn bằng lưới tam giác (Hình 2.5). Cách biểu diễn này được Gouraud [25] giới thiệu đầu tiên. Ông lý luận rằng nếu chia bề mặt khuôn mặt thành các tam giác thì việc biểu diễn sẽ dễ dàng hơn. Sau đó, Parke [63] chuyển đổi bề mặt khuôn mặt thành các tam giác. Mô hình ba chiều khuôn mặt có 250 tam giác và 400 đỉnh. Vì khuôn mặt có tính đối xứng, nên ta còn lợi dụng phép lý đối xứng để tạo bóng trên Parke dùng hai nửa tam giác hình như nhau có cùng cao (mũi, mí mắt, xung quanh mắt, cằm) và nửa tam giác hình như nhau (trán, má, cổ).



Hình 2.5: Ví dụ về biểu diễn bề mặt khuôn mặt bằng lưới tam giác.

Nhiệm vụ chính của việc biểu diễn bề mặt khuôn mặt bằng lưới tam giác là biểu diễn bề mặt da của khuôn mặt. Mô hình ba chiều khuôn mặt CANDIDE [73] và mô hình ba chiều khuôn mặt Greta [64] là những ví dụ điển hình. Mô hình CANDIDE ban đầu bao gồm 75 đỉnh và 100 tam giác. Phiên bản tiếp theo CANDIDE2 [89] có số lượng đỉnh nhiều hơn bao phủ toàn bộ phần trên (bao gồm tóc và rốn) và vai. Mô hình CANDIDE3 [4] thêm các chuyển động. Mô hình Greta [64] gồm 15 nghìn tam giác. Với số lượng tam giác lớn, khuôn mặt Greta rất mịn và biểu diễn cảm xúc tốt. Những vùng liên quan như biểu diễn cảm xúc như mí mắt, cánh mũi, miệng, lông mày làm cho tam giác nhiều hơn.

Một hình thức khuôn mặt khác ngoài lưới tam giác thì hình lập phương, còn có tam giác, tứ giác, bề mặt phẳng mô phỏng hình học vật lý [36, 44].

Mô hình hóa bề mặt khuôn mặt bằng lưới tam giác, ba phương pháp sau đây sẽ được đề cập. Phương pháp thứ nhất, bề mặt khuôn mặt được xây dựng từ phần mềm như AutoCAD, 3DMax. Đây là công việc cần nhiều công sức và yêu cầu tính toán. Phương pháp thứ hai dùng nhíp và khôi phục lại thông

tin ba chi u. Cách tỉ p c n th ba dùng máy quét ba chi u. D li u quét ba chi u r t chi ti t và chính xác ta ch c n t o l p ph trên b m t là có khuôn m t k t qu .

X p x b m t khuôn m t b ng l i a giác có nhi u u i m. X lý b m t a giác nh c t xén b i khung nhìn, xác nh b m t n, tô màu t o bóng cho các b m t d dàng c th c hi n b i các thu t toán hi u qu trong h a máy tính [47, 88]. Nh ng thu t toán này nhanh và chi phí th p h n khi so v i các thu t toán áp đ ng cho các b m t tham s b c cao.

2.2.2 Mô hình hóa b m t khuôn m t b ng b m t tham s

Coons [19] mu n dùng m t hàm toán h c bi u di n b m t khuôn m t. Tuy nhiên r t khó tìm ra m t hàm bi u di n chi ti t toàn b khuôn m t. M t cách tỉ p c n kh thi là t o ra m t b m t bao g m m t s m nh b m t. Nh ng m nh này c ghép n i l i v i nhau t i các biên. Nói cách khác, các m nh ghép n i liên t c b c không. b o m s tr n m t cho b m t yêu c u các m nh ghép n i ph i liên t c b c cao. Nh ng b m t bao g m các m nh b m t c i u khi n b i t p các i m i u khi n. Các i m i u khi n W_{ij} c t ch c thành m t l i kích c $(n+1) \times (m+1)$. Các i m trên b m t $w(u, v)$ c nh ngh a là t ng có tr ng s c a các i m i u khi n:

$$w(u, v) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_i(u) N_j(v) W_{ij} \quad (2.1)$$

Trong ó $N_i(u)$ và $N_j(v)$ là các hàm c s . M t hàm c s bi u di n m t ng cong trong không gian hai chi u. B m t c t o ra b ng cách k th p r t nhi u m nh ng cong. Các ng cong c l a ch n sao cho b m t tr n nh n. Thông th ng các ng s-pline c dùng b i chúng bi u di n c hàm b c cao mà l i n gi n.

bi u di n b m t da c a khuôn m t, ng i ta hay dùng các hàm c s là các ng s-pline. Em bé Billy trong b phim "Tin Toy" [70] u tiên c xây đ ng b i các m nh Bezier c tam giác hóa. Tuy nhiên, mô hình có b nh n. Sau ó, mô hình dùng b m t s-pline thay th , gi m i các v t nh n (Hình 2.6). Khuôn m t trong [84] s đ ng các m nh ghép B-spline. Các m nh này liên t c b c hai do v y b m t r t tr n nh n.

Mô hình hóa khuôn m t b ng b m t tham s c n ít i m d li u và tr n nh n h n so v i bi u di n a giác. Tuy nhiên, cách tỉ p c n này g p khó kh n quá trình hi n th . Các thu t toán lo i b m t n không hi u qu . H n n a, khi b c c a b m t t ng lên thì chi phí tính toán r t t. Vì lý do này, nên v i b m t c bi u di n b i

ph ng tr nh b c cao ng i ta c ng ti n h nh bi n i th nh d ng l i d ng qu tr nh a gi c h a.

Trong nghi n c u c a m nh, ch ng t i d ng: l i tam gi c bi u di n m h nh ba chi u c a s (m u) v khu n m t (m u) c c Ch ng 3, 4, v 5 ti p theo. B i v i, nh ng u i m c a bi u di n l i a gi c so v i bi u di n b m t tham s c ph n t i c tr n. a gi c h a c n d d ng m t c c v ng b m t kh ng gi ng nh u, v i d tr n b m t khu n m t v s , v ng mi ng, v ng m t ph c t p ch ng ta s m h nh h a b ng nhi u tam gi c h n trong khi c c v ng m a ta c th gi m l ng tam gi c. Trong khi n u d ng c c b m t hi n v c c b m t tham s , ch ng ta c n d ng n c c h m b c cao. Bi u di n l i a gi c gi p d d ng th c hi n c c thu t to n h a. Sau khi c c m h nh ba chi u c a s ho c m t, ch ng ta d ng c c thu t to n t o m u, t o b ng, chi u s ng.



H nh 2.6: V i d v bi u di n b m t khu n m t b m t s-pline.

CHƯƠNG 3. DÒNG MÔ HÌNH BA CHI U C A S T NH

Sinh hóa học ba chi u là một quan trọng trong việc định lượng mô hình ba chi u khuôn mặt hình học. Bởi vì, hình học là khung xương của khuôn mặt. Thông thường có dữ liệu sinh hóa ba chi u của hình học, người ta dùng máy quét ba chi u [7, 36, 50, 69, 83, 90]. Máy quét có độ chính xác cao. Tuy nhiên, máy quét ba chi u có chi phí cao và không thuận tiện mang ra hiện trường. Như vậy, việc định lượng mô hình ba chi u của sinh hai chi u sử dụng lý học về các định luật quét. Bởi vì, độ chính xác mô hình ba chi u của sinh góp phần quyết định hiệu suất độ chính xác của việc định lượng. Do vậy, nâng cao độ chính xác của mô hình ba chi u của sinh góp phần nâng cao độ chính xác mô hình ba chi u khuôn mặt. Với cách tiếp cận như, làm thế nào để tăng cường độ chính xác của mô hình ba chi u của sinh định lượng.

Trong chương này, chúng tôi xuất phát từ thuật toán định lượng mô hình ba chi u của sinh hai chi u. Trong thuật toán này, chúng tôi sử dụng kỹ thuật phân tích cấu trúc ba chi u để phân tích hình học của liên kết để nâng cao độ chính xác của mô hình ba chi u của sinh.

Liên kết là liên kết phát sinh khi trích chọn cấu trúc hai chi u trên nh. Chúng tôi thực hiện phân tích, đánh giá liên kết và đưa ra kỹ thuật phân tích hình học của liên kết này lên mô hình ba chi u của sinh. Trước tiên, chúng tôi tiến hành phân tích hình học của sinh. Các cấu trúc hai chi u được trích chọn trên nh. Liên kết được xác định dựa trên các cấu trúc và cách thức phân tích. Từ các cấu trúc phân tích hình học của các cấu trúc liên kết, chúng tôi tính ra tọa độ ba chi u của chúng. Liên kết nêu trên được dùng để phân tích các cấu trúc ba chi u. Cuối cùng, dựa vào các cấu trúc ba chi u, chúng tôi biến đổi mô hình ba chi u của sinh thành mô hình ba chi u của sinh kết quả.

Nội dung của chương tiếp theo như sau. Phần 3.1 giới thiệu những nghiên cứu định lượng mô hình ba chi u khuôn mặt sinh hai chi u. Tiếp theo, phần này giới thiệu các bước trích chọn cấu trúc trên nh, tổng quát của các bước trích chọn cấu trúc phù hợp với bài toán định lượng mô hình ba chi u của sinh hai chi u. Sau đó, chúng tôi trình bày thuật toán định lượng mô hình ba chi u của sinh hai chi u trong Phần 3.2. Trong phần này, chúng tôi phân tích liên kết phát sinh khi trích chọn cấu trúc hai chi u, sinh hình học của nó lên việc xây dựng cấu trúc ba chi u và cách phân tích. Sau đó, mô hình ba chi u của sinh biến đổi để cho khớp với các cấu trúc ba chi u của sinh mô hình ba chi u của sinh kết quả. Thử nghiệm và đánh giá được trình bày Phần 3.3.

3.1 Nh ng nghiên c u liên quan

3.1.1 D ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh

Trong các nghiên c u tr c ây, s hóa h p s ba chi u th ng đ a trên đ li u quét, trong khi d ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh ch p ã có nhi u nghiên c u liên quan. Vì c s hóa s ba chi u và khuôn m t có s gi ng nhau b i chúng t ng ng v c u trúc sinh h c. Do v y, chúng tôi tìm hi u các k thu t d ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh, t ó m r ng sang bài toán d ng mô hình ba chi u c a s t nh.

D ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh g m có hai giai o n chính d ng hình d ng khuôn m t, và t o l p ph . Giai o n t o l p ph t o nên màu s c, bóng cho khuôn m t b ng cách dán nh ph lên mô hình ba chi u khuôn m t. Chúng tôi không c p n b c này trong ph m vi lu n án. D ng hình d ng khuôn m t là giai o n quy t nh có c m t mô hình ba chi u khuôn m t chính xác. T ph n này tr i, chúng tôi coi d ng hình d ng khuôn m t là d ng mô hình ba chi u khuôn m t. D ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh c chia thành hai lo i: D ng mô hình ba chi u khuôn m t hoàn toàn đ a trên nh, và d ng mô hình ba chi u khuôn m t đ a trên nh và bi n i khuôn m t m u. i ph ng pháp th nh t, t a ba chi u c tính đ a vào i sánh nh ho c đ a vào thông tin ánh sáng. i v i ph ng pháp dùng khuôn m t m u ng i ta dùng m t mô hình ba chi u khuôn m t m u và bi n i nó sao cho kh p v i thông tin khai thác c t nh.

3.1.1.1 D ng mô hình ba chi u khuôn m t hoàn toàn đ a trên nh

D ng mô hình ba chi u khuôn m t hoàn toàn đ a trên nh là khôi ph c thông tin ba chi u t nh và cách th c ch p nh. gi i quy t bài toán này có hai nhóm ph ng pháp chính: đ a trên i sánh nh và đ a vào ánh sáng. Ph ng pháp đ a trên i sánh nh tìm ra các c p i m t ng ng trên hai b c nh. Sau ó, áp d ng hình h c e-pi-pô-la (Ph l c l) khôi ph c l i sâu c a các i m nh. Ph ng pháp th hai đ a trên ánh sáng th c hi n tính toán c ng sáng c a các nh c ch p v i ngu n sáng khác nhau. T ó khôi ph c l i thu c tính c a b m t x p x l i b m t.

Ph ng pháp đ a trên i sánh nh

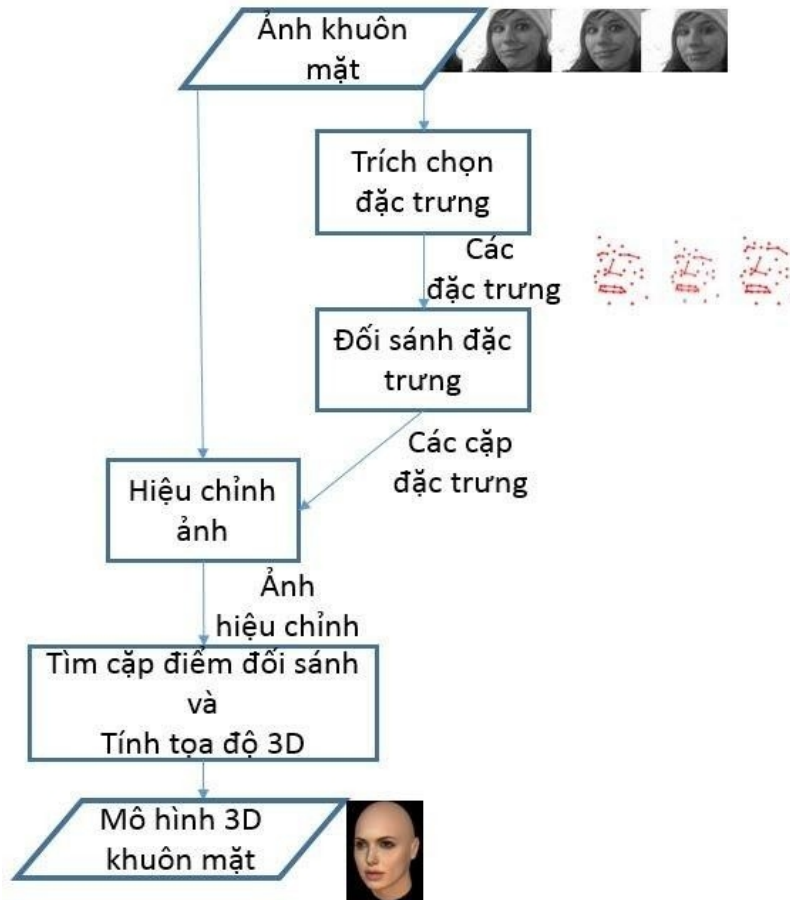
Trong ph ng pháp này, qui trình tính ra thông tin ba chi u c a khuôn m t g m có ba b c: tìm m i liên h gi a các nh, tìm c p i m nh i sánh và tính ra b n sâu (thông tin ba chi u). Thông th ng hai b c cu i c g p vào thành

m t. Tìm m i liên h gi a các nh có th thông qua hi u ch nh máy quay ho c hi u ch nh nh u vào dùng hình h c e-pi-pô-la.

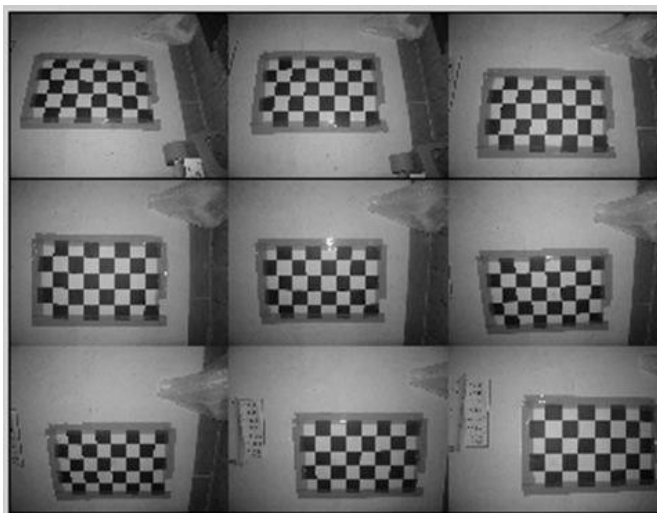
Hi u ch nh máy quay là vi c tính ra các thông s c a máy quay nh tiêu c , méo ng kính (thông s trong c a máy quay) và m i quan h gi a hai hay nhi u v trí ch p nh khác nhau (thông s ngoài c a máy quay - xem ph ng trình 6.2). Các thông s trong cho bi t m i i t ng ba chi u s xu t hi n trên nh nh th nào. Nói cách khác, thông s trong cho bi t phép chi u th hi n m i liên h gi a i m ba chi u và nh thu nh n c. Các thông s ngoài cho bi t m i liên h gi a các b c nh v i nhau. Hi u ch nh nh u vào là bi n i các b c nh sao cho các ng e-pi-pô-la trùng v i các ng n m ngang nh m m c ích gi m l ng tính toán trong quá trình tìm c p i m i sánh b c sau. có th th c hi n c vi c hi u ch nh nh, ng i ta t i n hành trích ch n và i sánh các c p i m c tr ng trên nh khuôn m t. Nh m i liên h gi a các c p i m c tr ng này, ng i ta s tìm ra m i liên h gi a các b c nh thông qua ma tr n c b n (xem Ph n 6) hi u ch nh nh. Tìm c p i m i sánh là b c xác nh toàn b các c p i m nh i sánh t ng ng trên toàn b b c nh. tìm ra các c p i m nh i sánh t ng ng cho các i m c tr ng hay cho toàn b i m nh trên nh ng i ta ph i dùng n hàm o t ng t gi a hai i m nh. Cu i cùng, tính toán sâu c th c hi n thông qua các phép chi u ng c.

Trong [21, 23, 68, 74], các tác gi s d ng hình h c e-pi-pô-la làm c s hi u ch nh nh u vào (Hình 3.1). có th th c hi n c vi c hi u ch nh nh, ng i ta t i n hành trích ch n c tr ng trên khuôn m t và tìm ra các c p i m c tr ng i sánh t ng ng gi a các nh ch p. Nh m i liên h gi a các c p i m này ng i ta s tìm ra m i liên h gi a các b c nh c ng nh phép chi u thu nh n nh t i t ng ba chi u. Park và Jain [62] thi t l p m t thi t b h tr n gi n (b ng ca-rô m u) hi u ch nh máy quay (Hình 3.2). Thông tin t nh ch p b ng ca-rô c dùng tính ra các thông s trong và ngoài c a máy quay. Khi bi t tr c kích c c a các ô vuông ca-rô, b ng các k thu t x lý nh nh trích ch n i m góc, ng i ta xác nh ra kích c c a các ô vuông ca-rô trên nh, m i liên h gi a nh ch p và b ng ca-rô th t giúp ta khôi ph c l i các thông s máy quay (Hình 3.3).

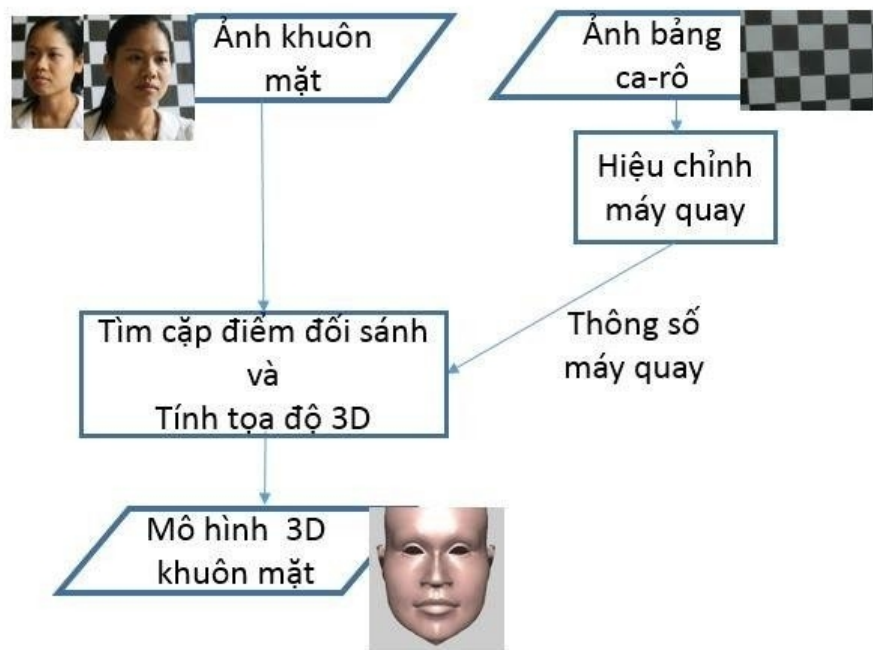
Trong b c tìm c p i m i sánh, r t nhi u các ràng bu c c s d ng khi tìm s i sánh t ng ng gi a các nh d a trên các thu c tính c a chính các nh này, ví d , ràng bu c e-pi-pô-la, ràng bu c ngu n sáng, r ng bu c duy nh t. Ng i ta chia b c nh thành các vùng và tìm ki m s t ng t c a t t c các vùng trên b c nh d a trên hàm o t ng t . T ó, tính ra b n sâu i t ng. dùng hàm



Hình 3.1: D ạng mô hình ba chi u khuôn m ặt t ạo nh ờ đ ầu vào hi ệu ch ỉnh nh ờ.



Hình 3.2: nh ờ b ằng ca-rô hi ệu ch ỉnh máy quay.



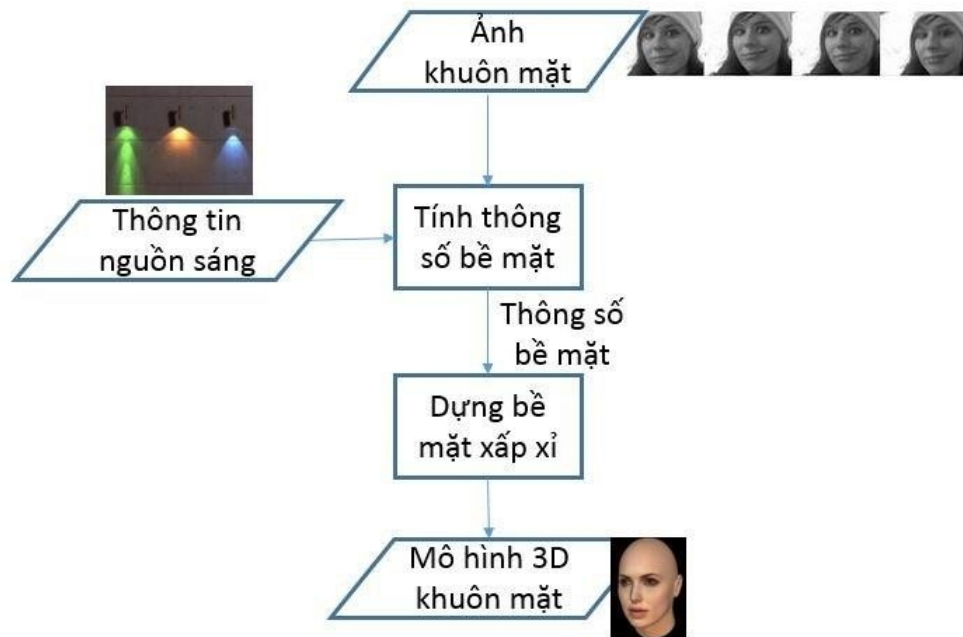
Hình 3.3: D ựng mô hình ba chi u khuôn m t t nh dùng b ng ca-rô hi u ch nh máy quay.

t ng t ng i ta dùng n c a s t ng quan và c a s tìm ki m [3, 58, 61, 79, 80]. [79] dùng hai chi n l c: (i) xác nh c a s tìm ki m và kích c c a s dùng thu t toán d a trên c tr ng và (ii) i sánh d a trên thông tin v c nh tách c t bi n i wavelet. Khi k t h p hai ph ng pháp này tác gi tìm ra c kích c c a s tìm ki m và c a s t ng quan phù h p gi m l i trên nhi u d ng nh khác nhau. Fu và Da [22] k t h p vi c thay i c a s t ng quan và ph ng pháp quy ho ch ng t o ra thu t toán i sánh m i. Mô hình ba chi u khuôn m t k t qu c ánh giá là m th n và sinh ng h n.

Ph ng pháp d a vào ánh sáng

N u bi t c các thông s b m t nh vec-t pháp tuy n, cong ng i ta có th x p x l i các b m t. D a vào i u này, ng i ta ti n hành d ng l i b m t ba chi u b ng cách thi t l p ngu n sáng khi ch p nh (Hình 3.4). Vec-t pháp tuy n c a b m t và các thông tin khác c a b m t c tính d a vào các thông tin bi t tr c v ngu n chi u sáng c ng nh b m t ph n chi u c a i t ng. i v i b m t Lambert, vec-t pháp tuy n b m t c xác nh n u t i i m tính vec-t pháp tuy n c chi u sáng b i ít nh t ba ngu n sáng bi t tr c. Thông th ng, ng i ta ch p ba b c nh cùng m t góc nh ng v i ba ngu n sáng khác nhau, và m t b c nh v i c ba ngu n sáng c b t lên. Ba b c nh u dùng tính ra t a ba chi u. B c nh

cuối cùng dùng toán pháp chiếu chính xác phụ thuộc vào vị trí tính pháp tuyến bề mặt để tính toán ba chi u đưa vào pháp tuyến bề mặt. Thuộc tính phụ



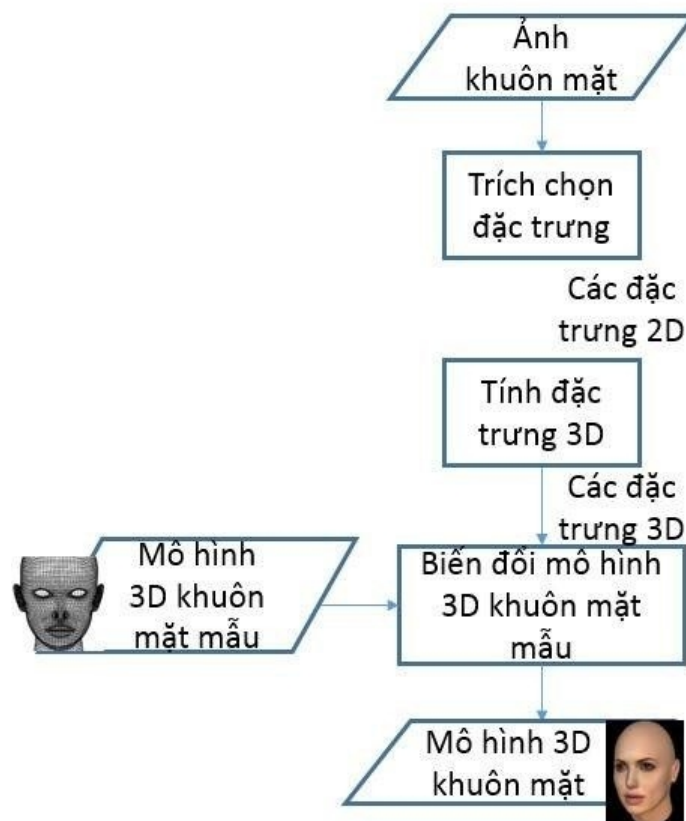
Hình 3.4: Dựng mô hình ba chi u khuôn mặt từ ảnh chụp người và nguồn sáng khi chiếu. Chi u là thuộc tính nitic as v t. K t c u b m t s t o r a bóng khác nhau của bề mặt dưới tác động của nguồn sáng. Chính vì vậy làm cho bề mặt ít thay đổi khi thay đổi nguồn sáng chiếu vào nó. Dựa vào đó người ta có thể khôi phục lại các tham số bề mặt khi phân tích các bề mặt chụp bề mặt vì nguồn sáng thay đổi.

Trong [78], máy quay và các nguồn sáng có bố trí ngẫu nhiên xa ít ảnh hưởng ánh sáng và hướng nhìn không thay đổi khi tiếp cận ít người. Các nguồn sáng có bố trí sao cho không bị ảnh hưởng bởi nguồn sáng nào khác. Người ta thì lập mô hình quan hệ giữa các góc sáng của ảnh, vec-tơ hướng tia nguồn sáng và vec-tơ pháp tuyến tại điểm ảnh. Từ mối quan hệ này các tham số của bề mặt như vec-tơ pháp tuyến được tính ra. Meng và Zhu [49] sử dụng máy quay và dùng một nguồn sáng. Thuật toán xử lý ánh sáng tác động liên quan đến kỹ thuật xác định vị trí camera. Các thuật toán xử lý ánh sáng và hiệu chỉnh máy quay có dùng hình thức tính toán ra ba chi u.

Phương pháp dựa vào ánh sáng thông thường để hình thành lập thể chất và thể tích và hiệu chỉnh chụp ảnh. Các kỹ thuật sử dụng liên quan nhiều đến các tham số hình học tính chất vật lý của ánh sáng.

3.1.1.2 Dựng mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên ảnh và biến đổi mô hình ba chi u khuôn mặt từ ảnh

Trong phương pháp này, các đặc trưng hai chiều được trích chọn và so sánh trên hình ảnh bằng tay trên nhíp khuôn mặt. Tổng cộng các điểm đặc trưng mà ta tính ra là ba chiều của chúng. Các đặc trưng ba chiều được dùng làm các điểm mẫu khi biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt từ một mô hình ba chiều khuôn mặt mong muốn (Hình 3.5).



Hình 3.5: Dùng mô hình ba chiều khuôn mặt để đưa vào mô hình ba chiều khuôn mặt mong muốn.

Chúng ta có thể dùng hai bình của khuôn mặt: một trục dọc, một trục nghiêng 90° . Thành phần X, Y có trục dọc và thành phần Z có trục nghiêng. Tất cả các đặc trưng của mặt như mắt, lông mày, môi, mũi... được tính toán dựa vào các kỹ thuật xử lý ảnh. Hơn nữa, chúng ta có thể chụp khuôn mặt từ hai góc khác nhau cùng vị trí để dùng bộ camera-robot để chụp quay tính ra các đặc trưng ba chiều trên khuôn mặt. Với cách tiếp cận này, chúng ta có thể dùng mô hình ba chiều khuôn mặt mong muốn trong hai dạng: mô hình ba chiều khuôn mặt biến đổi và mô hình ba chiều khuôn mặt để làm mẫu.

Mô hình ba chi u khuôn m t bi n i

Mô hình ba chi u khuôn m t bi n i (*Facial Morphable Model*) là mô hình ba chi u khuôn m t c tham s hóa và c xây d ng t đ li u m t quét ba chi u. Cách ti p c n d ng mô hình ba chi u khuôn m t bi n i u tiên c gi i thi u trong [12]. Quá trình xây d ng mô hình ba chi u khuôn m t bi n i g m hai b c: (i) tìm ki m s t ng quan gi a các đ li u u vào, và (ii) d ng mô hình bi n i.

Đ li u quét c bi u đ n trong không gian vec-t và c thi t l p m i t ng quan đ a vào hai cách ti p c n: dòng quang h c (*Optical Flow*) [10, 11, 12, 14, 37, 38, 65, 75] và m nh s-pline m ng (*Thin Plate Spline - TPS*) [66]. Tr c h t, các i m m c t ng quan v i nhau trên t ng c p đ li u u vào c thi t l p t ng ho c b ng tay sau ó m i dùng các k thu t khác nhau thi t l p s t ng ng các v trí còn l i trên toàn b đ li u. i v i cách ti p c n dùng TPS tác gi ch ra r ng mô hình ba chi u khuôn m t bi n i k t qu gi m 10% l i so v i cách ti p c n th nh t.

Sau khi thi t l p c m i quan h t ng quan gi a các đ li u quét u vào, hay nói cách khác là thi t l p m i quan h gi a các vec-t hình d ng u vào. Phân tích thành ph n chính (*Principal Component Analysis - PCA*) c áp d ng tính ra các giá tr riêng và các vec-t riêng trên t p vec-t này. Khuôn m t bi n i chính là s k th p tuy n tính gi a khuôn m t trung bình và các vec-t riêng. Trong [75], thay vì dùng PCA thông th ng, tác gi dùng mô hình a PCA. Do ph c t p c a t ng vùng trên khuôn m t là khác nhau, tác gi ã chia khuôn m t thành các vùng khác nhau và áp d ng PCA trên t ng vùng m t cách c l p. Sau ó k th p t ng vùng c a khuôn m t l i t o ra mô hình ba chi u khuôn m t bi n i.

Vì c dùng mô hình ba chi u khuôn m t bi n i có m t s tr ng i: Xây d ng mô hình ba chi u khuôn m t bi n i ph i dùng n đ li u quét các khuôn m t c a m t nhóm ng i. Ch t l ng đ li u u vào ph thu c vào vi c thi t l p i u ki n quét đ li u. S l ng c s đ li u ba chi u khuôn m t là h n ch . Ch t l ng c a mô hình ba chi u khuôn m t bi n i ph thu c r t nhi u vào vi c thi t l p m i quan h t ng ng gi a các i m m c.

Mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i a giác

Các mô hình ba chi u khuôn m t m u d ng l i a giác c t o s n b i ph n m m nh 3D Studio Max, Maya, Poser,.. V i mô hình ba chi u khuôn m t m u d ng l i a giác, các phép bi n i d dàng c áp d ng nh m m c ích bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u v mô hình ba chi u khuôn m t ích đ a theo các c tr ng c xác nh tr c. Mora và c ng s [56] ã t o ra mô hình ba chi u khuôn m t l i a giác v i các bi u đ n c m xúc khác nhau. Mô hình ba chi u khuôn m t c t o t vi c chu n luy n trên c s đ li u nh khuôn m t hai chi u s d ng thu t

toán khôi phục cấu trúc chuyển động (*Structure From Motion - SFM*) mở rộng. Mô hình ba chi u khuôn mặt kết hợp thu nhập vào số lượng nhợt nhạt nên mô hình ba chi u khuôn mặt là a giác và không thay đổi khi thay đổi bề mặt chiếu nhận nhợt nhạt nên mô hình ba chi u khuôn mặt là a giác. Phương pháp này đòi hỏi thiết lập vị trí camera và hướng nhìn, và nhúng vào cảnh thực tế.

3.1.1.3 Nhận xét

Định nghĩa mô hình ba chi u khuôn mặt dựa hoàn toàn trên nhận thức hình dạng của mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên ánh xạ 3D. Mô hình ba chi u khuôn mặt thực tế không có thông tin về các trục và mặt phẳng quan trọng của các bề mặt trên khuôn mặt. Ngược lại, định nghĩa mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên mô hình ba chi u khuôn mặt mà chúng ta thấy rõ ràng mối quan hệ giữa các vùng khác nhau trên khuôn mặt. Do vậy, mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên định nghĩa dựa trên nhận thức thay đổi hình thái bằng cách thay đổi các tham số hoặc các thuộc tính. Mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên nhận thức này phục vụ tốt cho các ứng dụng thực tế, như nhận diện khuôn mặt và nhận diện cảm xúc. Trong chương này, chúng tôi mở rộng thành bài toán định nghĩa mô hình ba chi u dựa trên nhận thức và biến đổi mô hình ba chi u dựa trên nhận thức để định nghĩa là a giác. Bởi vì, mô hình ba chi u dựa trên nhận thức định nghĩa dựa trên sinh ra so với mô hình ba chi u dựa trên biến đổi nhận thức. Hơn nữa, mô hình ba chi u dựa trên nhận thức thực tế sẽ hiển thị mối quan hệ giữa các bề mặt do vậy, ta có thể dùng trục tọa độ, xác định các điểm trên bề mặt định nghĩa mô hình ba chi u khuôn mặt thực tế.

3.1.2 Các trích chọn đặc trưng trên nhận thức

Đặc trưng hai chi u trên nhận thức trích chọn tốt nhất. Vì các đặc trưng trích chọn đặc trưng phù hợp để làm việc trong các yêu cầu quản lý quy trình nhận thức của kết quả. Các đặc trưng trích chọn đặc trưng tốt nhất gồm hai loại chính: trích chọn đặc trưng dựa trên hàm, và trích chọn đặc trưng dựa trên góc. Các đặc trưng trích chọn đặc trưng dựa trên hàm dùng ma trận Hessian (Phần 1 c 3) của các nhận thức trích chọn đặc trưng. Sau đó, đặc trưng của một bộ vectơ đặc trưng bao gồm nhận thức các thành phần khác nhau bao gồm hướng và độ lớn của vectơ gradient. Tính ra ma trận Hessian của nhận thức, toán tử LoG (*Laplacian of Gaussian*) (Phần 1 c 3) được áp dụng, đặc trưng chính là các đặc trưng của LoG của bề mặt nhận thức. Nhận thức trích chọn đặc trưng dùng các đặc trưng trích chọn này cũng là đặc trưng trích chọn Hessian-Laplace. Hai đặc trưng trích chọn đặc trưng của xấp xỉ đặc trưng trích chọn Hessian – Laplace là SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) [46] và SURF (*Speeded Up Robust Features*)

[8]. SIFT x p x LoG b i DoG (*Difference of Gaussian*) (Ph 1 c 3), SURF x p x Hessian s d ng b l c d ng h p. C i ti n c a b l c Hessian – Laplace có các b l c Hessian – Affine. Các b l c này t t h n các b l c Hessian – Laplace. u i m c a các b l c d a trên o hàm ó là l c trích ch n c tr ng LoG n nh v i các m c co giã n khác nhau. Hay nói cách khác, c tr ng tìm c b t bi n trong phép co giã n nh.

H b trích ch n c tr ng th hai là các b trích ch n c tr ng d ng i m góc. Mô t c tr ng ng i ta ch bi u di n v trí c a nó. Trích ch n i m góc Harris [29] d a trên giá tr riêng c a ma tr n mô-men b c hai (Ph 1 c 3). B trích ch n c tr ng i m góc Susan [76] d a trên vi c so sánh t l USAN (*Univalve Segment Assimilating Nucleus*) gi a các vùng có c ng sáng không gi ng nhau tìm ra v trí i m góc. Hai b trích ch n c tr ng i m góc hi n i Harris – Laplace [51] hay Harris – Affine [52] d a trên b trích ch n c tr ng Harris g c và t n d ng u i m c a LoG tìm ra m c co giã n t i u c a các c tr ng.

Trong nghiên c u c a mình, chúng tôi dùng hai b trích ch n c tr ng SIFT và Harris, hai i di n c a hai h b l c nêu trên trích ch n c tr ng và ch r a r ng phân tích l i ph thu c vào cách ch p nh ch không ph thu c vào công c trích ch n.

3.2 Thu t toán d ng mô hình ba chi u c a s t nh

d ng mô hình ba chi u c a s dùng nh s , gi i pháp chúng tôi a ra là trích ch n c tr ng hai chi u trên nh s , tính c tr ng ba chi u t c tr ng hai chi u, sau ó bi n i m t mô hình ba chi u c a s m u sao cho kh p v i các i m c tr ng ba chi u tính c ra mô hình ba chi u c a s k t qu . Chúng tôi xu t thu t toán *D ng_S _Ba_Chi u* d ng mô hình ba chi u c a s t nh nh sau. Tr c h t có d li u u vào, chúng tôi ti n hành ch p nh h p s . t c nh h p s trên m t m t ph ng *P* xoay c. t máy quay c nh, xoay m t ph ng *P* theo góc quay c nh . T i m i v trí ch p nh h p s . Chúng ta thu c nh h p s các góc nhìn khác nhau. Thay i v trí b ng ca-rô, ch p nh b ng ca-rô t i m i v trí b ng máy quay trên.

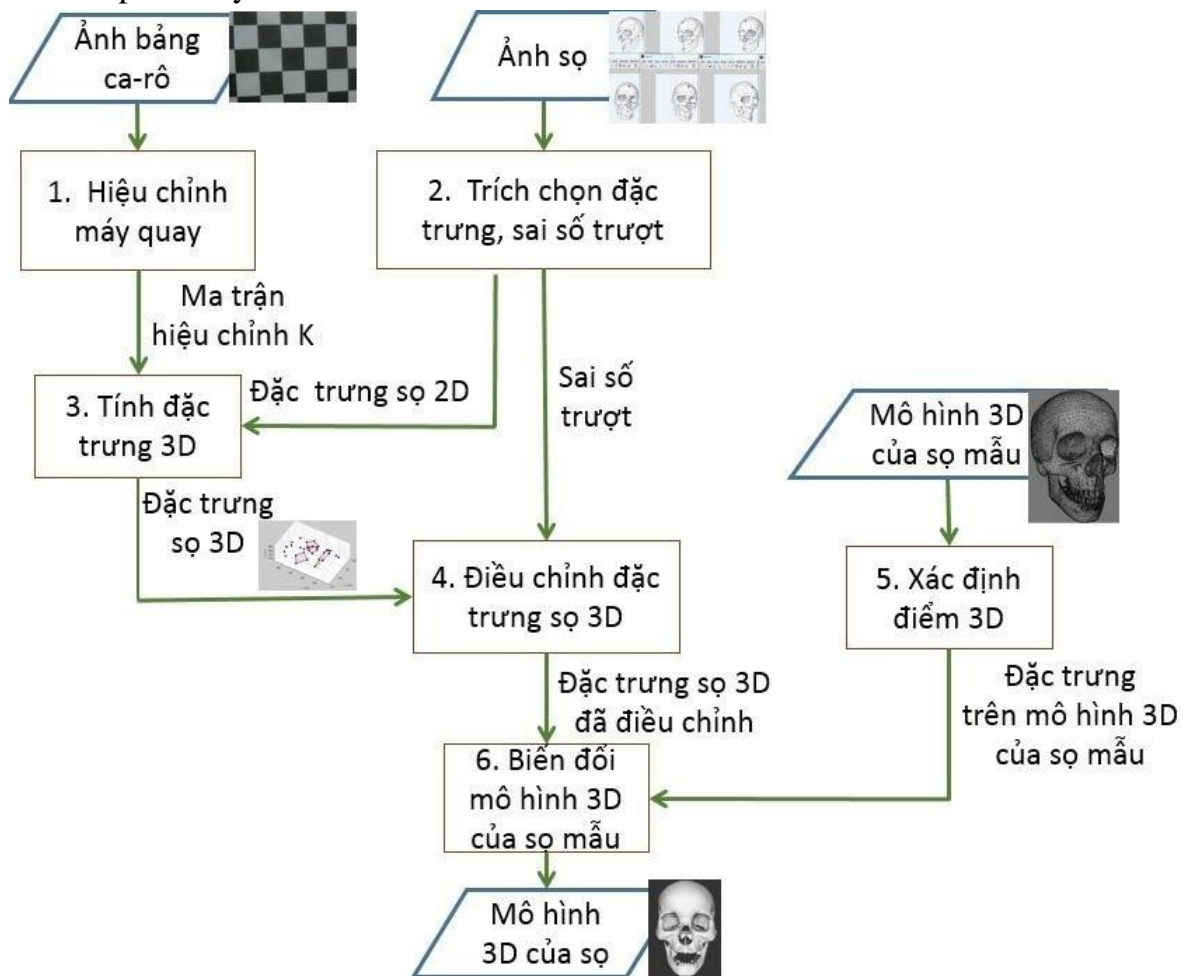
Thu t toán 3.1 <i>D ng_S _Ba_Chi u</i> (<i>u</i>)
<i>u vào</i> : nh s , nh b ng ca-rô và mô hình ba chi u c a s m u
<i>u ra</i> : Mô hình ba chi u c a s k t qu .

1. Tính ra ma trận hiu chnh K của tham số trong các máy quay tính nh ch p b ng ca-rô.
2. Trích ch n c tr ng hai chi u trên các nh s và tỉ n hành i sánh các i m c tr ng xác nh các c p i m c tr ng hai chi u i sánh $\{(x - x')\}$ trên t ng c p nh liên ti p. Sau ó, tính l i tr t khi i sánh các c p i m c tr ng này.
3. Dùng các c p i m c tr ng hai chi u i sánh $\{(x - x')\}$ tính c b c (2) tham số góc nhìn máy quay khi ch p nh s và tham số trong các máy quay th hi n qua ma trận K tính c b c (1) tính t a ba chi u $\{X\}$ t ng ng c a các c p i m $\{(x - x')\}$.
4. Dùng l i tr t tính c b c (2) i u ch nh l i các i m c tr ng ba chi u $\{X\}$ tính c b c (3) có c các i m c tr ng ba chi u chính xác h n $\{X^-\}$.
5. Trên mô hình ba chi u c a s m u, xác nh t a các i m ba chi u $\{X'\}$ t ng ng v i các i m ba chi u X' ã hi u ch nh b c (4).
6. Hu n luy n m ng RBF tìm bi n i T bi n t p i m $\{X'\}$ thành t p i m $\{X^-\}$ và dùng bi n i T này bi n i mô hình ba chi u c a s m u thành mô hình ba chi u c a s k t qu .

Thu t toán chúng tôi ã ra k th p gi a bi n i mô hình ba chi u c a s m u, v i c thi t l p i u ki n ch p nh và nh ng c tr ng khai thác c t trên nh hai chi u khôi ph c l i thông tin ba chi u. hình dung c th ðòng ch y c a các b c trên chúng tôi mô hình hóa thu t toán sáu b c b ng s kh i (Hình 3.6). i u ki n ch p nh c thi t l p ch c ch . H p s c t th ng ng t th m t ph ng Frankfurt (Ph l c 3) trên m t m t bàn xoay c P . t máy quay c nh, xoay bàn xoay v i các góc quay b ng nhau. T i m i v trí th c hi n v i c ch p nh h p s .

Hi u ch nh máy quay b c (1) là quá trình l y thông tin v thông số c a máy quay hay ma trận hiu chnh K . Chúng tôi s b công c hi u ch nh dành cho Matlab [13]. B ng ca-rô m u Hình 3.2 là b ng ph ng v i các ô ca-rô en tr ng bi t tr c kích th c. Trên các b c nh c a b ng ca-rô, v trí các i m góc c a m i ô vuông en/tr ng c xác nh nh các k thu t x lý nh, cùng v i kích c th c t bi t tr c c a b ng ca-rô, phép chi u ch p nh b ng ca-rô c xác nh. T ó, ma trận hiu chnh

Kiểm tra xác định. Ma trận này bao gồm tiêu chuẩn, hình ảnh, trình bày
 Phần 6. trích chọn các trục hai chi u trên nh s b c (2), chúng tôi dùng các
 b trích chọn c t ng tránh sai s ch quan do ng i trích chọn gây ra và
 t ng s l ng các i m c tr ng hai chi u. Vì c tính toán ra t a các i m c
 tr ng ba chi u t i b c (3); hi u ch nh các c tr ng ba chi u b c (4); xác nh
 các c tr ng ba chi u trên mô hình ba chi u c a s m u b c (5) và bi n i mô
 hình ba chi u c a s m u b c (6) c trình bày l n l t các Ph n 3.2.1, 3.2.2,
 3.2.3 ti p sau ây.



Hình 3.6: D ng mô hình ba chi u c a s t nh.

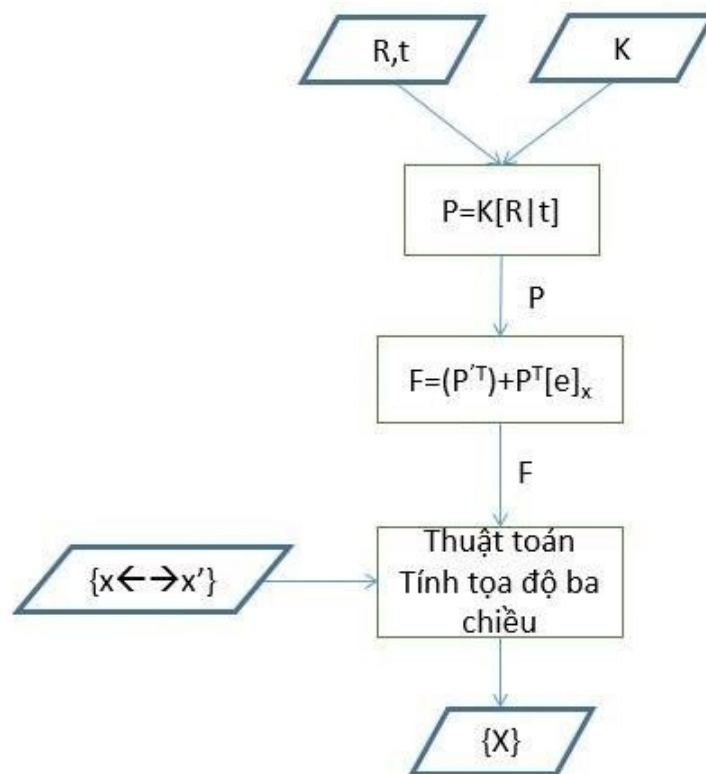
3.2.1 Thu t toán tính c tr ng s ba chi u

c tr ng s ba chi u khôi ph c t nh ch p h p s là y u t quan tr ng xây
 d ng mô hình ba chi u c a s . có các i m c tr ng s ba chi u gi l i o,
 ngoài thông tin t nh chúng tôi dùng thêm các công c h tr và thi t l p ch t ch
 cách th c ch p nh. Khi xoay bàn xoay có g n h p s v i các góc u nhau và gi
 nguyên h p s ch p nh, chúng ta hoàn toàn xác nh c thông s ngoài c a

máy quay. Ma trận quay R xác định góc quay và vec-tơ đơn vị $t = 0$. Thông số trong các máy quay hay ma trận hữu chỉnh K xác định bước dịch chuyển máy quay dùng băng ca-rô. Các hàm chuyển hai chiều $\{x, x'\}$ trích chọn và $\{x, x'\}$ tương ứng. Với tất cả các thông tin như vậy, các chuyển ba chiều xác định thông qua thuật toán *Tính_3_Chuyển_S* sau:

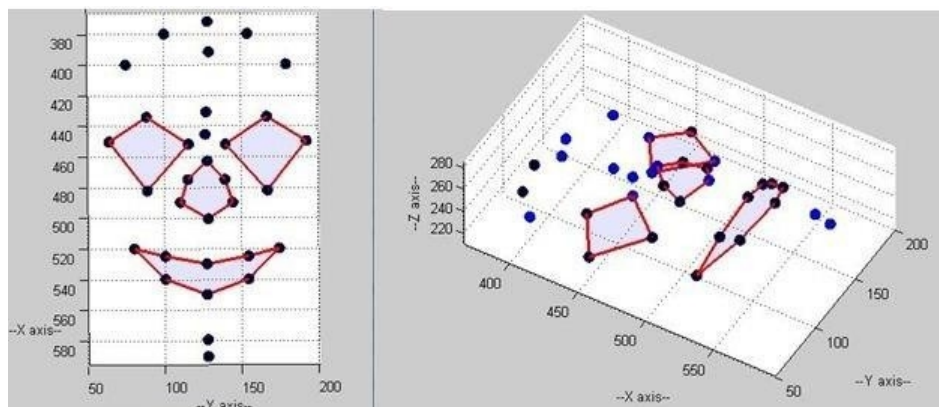
Thuật toán 3.2 <i>Tính_3_Chuyển_S</i>
<p><i>Đầu vào:</i> Các hàm chuyển $\{x, x'\}$ tương ứng, ma trận hữu chỉnh K, ma trận quay R và vec-tơ đơn vị t.</p> <p><i>Đầu ra:</i> Tập các hàm ba chiều $\{X\}$ của tập các hàm $\{x, x'\}$ nói trên.</p>
<ol style="list-style-type: none"> Tính ma trận máy quay P và P' của hai bước liên tiếp ma trận K, R và vec-tơ đơn vị t. Tính ma trận chuyển F từ ma trận hữu chỉnh máy quay P và P'. Áp dụng thuật toán <i>Tính_Tập_3_Chuyển</i> [30] tính ra các chuyển ba chiều $\{X\}$.

Thuật toán này minh họa rõ Hình 3.7. Hai ma trận máy quay P của hai bước liên tiếp của các hàm $\{x, x'\}$ tính theo công thức 6.2 (Phần 1 c 1) với K bất kỳ. Ma trận chuyển F thể hiện mối liên hệ giữa hai bước phân tích tính ra từ công thức 6.3 (Phần 1 c 1) với hai ma trận máy quay bất kỳ xác định. Bước (3) của thuật toán *Tính_3_Chuyển_S* trên thực chất chỉ là vận dụng thuật toán *Tính_Tập_3_Chuyển* của hình học e-pi-pô-la. Đầu vào của thuật toán là các hàm chuyển $\{x, x'\}$ tương ứng và ma trận chuyển F . Đầu ra là các hàm ba chiều X tương ứng với các hàm $\{x, x'\}$.



Hình 3.7: Tính tọa độ ba chiều.

Hình 3.8 minh họa một vài tọa độ ba chiều in hình. Hình 3.8 (trái) biểu diễn các tọa độ ba chiều khi quan sát trực diện. Hình 3.8 (phải) biểu diễn các tọa độ ba chiều khi quan sát nghiêng. Bởi vì, thuật toán định lý mô hình ba chiều cần dùng bảng ca-rô bit trực tiếp kích thước hình ảnh máy quay. Ma trận F xác định theo sơ đồ Hình 3.7 là duy nhất. Phép định lý ba chiều khôi phục lại các tọa độ ba chiều.



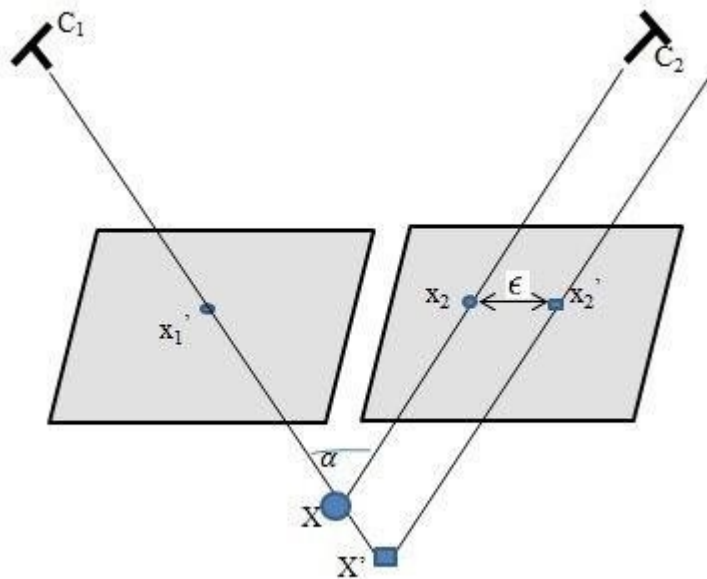
Hình 3.8: Một số tọa độ ba chiều.

3.2.2 Hình học alitrit trên trục ba chi u và cách kh c ph c

3.2.2.1 Litrit khi trích ch n t ng c tr ng s hai chi u trên nh

Trong ph n này, chúng tôi th c hi n phân tích nh h ng litrit các c tr ng n quá trình tái t o đ li u s ba chi u. i v i đ li u s , litrit các c tr ng gây ra sai l ch l ng i a t a ba chi u khi ph c và đ li u ba chi u th c t .

Khi ch p nh h p s xoay theo chi u ngang (chi u x). Các c tr ng s b tr t i theo chi u quay (x) m t kho ng , các c tr ng này h u nh không thay i theo chi u đ c (y). Các k t qu th nghi m ph n sau minh ch ng i u này. Litrit nh h ng n v i c khi ph c l i c tr ng ba chi u. S nh h ng c mô t tr c quan nh sau. Gi C_1 và C_2 là hai v trí liên ti p c a máy quay, hai m t ph ng nh I_i và I_{i+1} n m gi a i t ng ba chi u X và máy quay (Hình 3.9). i m ba chi u X bi u th b i hình tròn l n có hình chi u là hai i m hai chi u x_1 và x_2 hình tròn nh trên hai nh I_i và I_{i+1} . Tuy nhiên do quá trình ch p nh xoay theo chi u x nên c i m t ng ng tìm c trên nh I_{i+1} không ph i là i m x_2 hình tròn nh mà là i m x'_2 hình vuông nh . Gi litrit là s chênh l ch gi a x_2 và x'_2 . Do litrit này mà i m tái t o ba chi u không ph i là i m X nh ban u mà là i m X' bi u th b i hình vuông l n, th c t xa h n (khi quan sát t các máy quay) so v i i m ba chi u X th c s .



Hình 3.9: Litrit và i u ch nh i m ba chi u.

3.2.2.2 nh hình học al i tr t lên các i m c tr ng s ba chi u và cách kh c ph c

Câu h i c t ra là: làm th nào khôi ph c l i i m ba chi u X thay vì là i m X' do l i tr t gây ra? Quan sát trên Hình 3.9: C_1, C_2 là các tâm chi u. X là i m ba chi u, x_1 và x_2 là v trí i m nh chu n c a X trên hai m t ph ng nh I_i và I_{i+1} . x'_1 và x'_2 là v trí i m nh trích ch n t ng t b trích ch n c tr ng. Coi m t ph ng I_i là m t ph ng tham chi u, ta có $x_1 = \underline{x'_1}$. Tuy nhiên, $x_2 \neq x'_2$ do b tr t. X' là i m ba chi u tái t o t c p (x'_1, x'_2). Góc $C_1XC_2 = \epsilon$. Rõ ràng, XX' c xác nh thì ta hoàn toàn có th khôi ph c l i i m X thay vì i m X' . ðài XX' c tính nh sau:

T các tam giác ng d ng ta có

$$\frac{XX'}{C_1X} = \frac{\epsilon}{C_1C_2} \quad (3.1)$$

V y

$$XX' = \epsilon \frac{C_1X}{C_1C_2} \quad (3.2)$$

Chúng ta nh l i r ng các i m c tr ng c trích ch n t ng (x'_1, x'_2) trên nh có n v là *pixel*, nên l i tr t là chênh l ch gi a i m c tr ng này c ng có n v là *pixel*. Do v y, ðài XX' tính theo 3.2 c ng có n v *pixel*. Các i m X trong h tr c t a ba chi u có ðài -clit chuy n thành các i m nh trên nh sau phép ch p nh. Ma tr n hi u ch nh K (nh trình bày Ph l c 1) bi u di n các thông s trong c a máy quay ch a các t l chuy n i n v ðày và n v *pixel*.

$$K = \begin{bmatrix} \alpha_x & s & x_0 & 0 \\ 0 & \alpha_y & y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Trong ó, $x = fk_x$, $y = -fk_y$, f là tiêu c , k_x, k_y bi u th s *pixel* trên m t n v ðài tính theo chi u x, y t ng ng.

$$\begin{bmatrix} \alpha_x & s & x_0 & 0 \\ 0 & \alpha_y & y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_x & s & x_0 \\ 0 & \alpha_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Hay $K = [I_3|0_3]$ v i s ~ 0 , $x = y = fk_s$

Phép chi u ph i c nh c a phép ch p nh (Hình 3.10) bi n i i m $X(x_s, y_s, z_s)$ sang i m $x(x_{pix}, y_{pix})$ có n v ðài *pixel* nh sau:

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \\ 1 \end{bmatrix}$$

Trong đó, gốc tọa độ (x_0, y_0) tại tâm camera.

$$x_{pix} = u_0/w_0 \tag{3.3}$$

$$y_{pix} = v_0/w_0$$

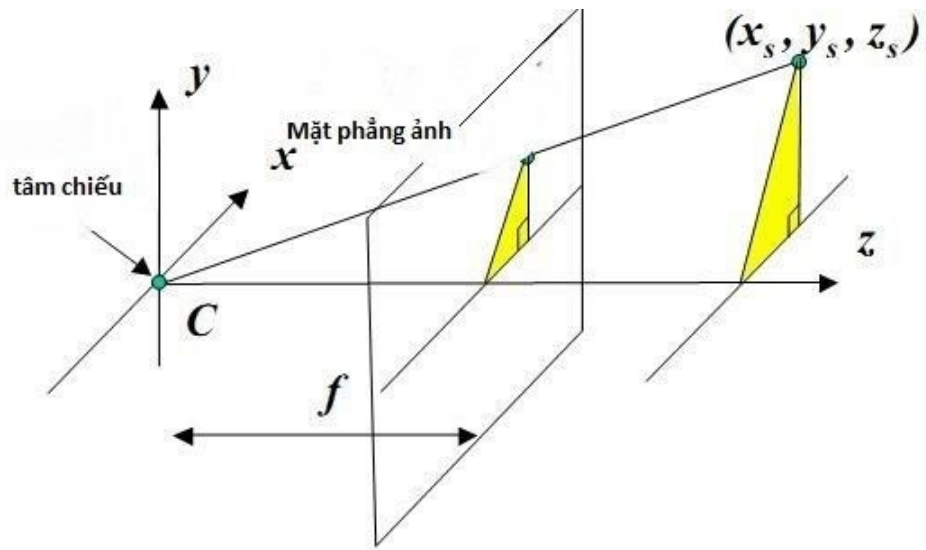
Phép chiếu hình ảnh từ ảnh ảnh $X(x_s, y_s, z_s)$ sang ảnh ảnh (x_i, y_i, f) có độ dài mm tuân theo phép biến đổi sau:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \\ 1 \end{bmatrix}$$

với $x_i = u/w$, $y_i = v/w$ và

$$x_i = f \cdot x_s / z_s \tag{3.4}$$

$$y_i = f \cdot y_s / z_s$$



Hình 3.10: Mối quan hệ giữa ảnh hai chi u và ba chi u.

T 3.3 và 3.4 ta có

$$pixel/mm = x_{pix}/x_i = \frac{\alpha_x x_s + x_0 z_s}{z_s} / \frac{f x_s}{z_s} = k_x + x_0/x_i \quad (3.5)$$

T 3.2 và 3.5 ta có biểu diễn XX' với n và mm theo công thức sau:

$$XX' = \epsilon \frac{C_1 X}{C_1 C_2} (k_x + \frac{x_0}{x_i})^{-1} (mm) \quad (3.6)$$

Suy ra:

$$XX' = \epsilon \frac{2}{\sin(\alpha/2)} (k_x + \frac{x_0}{x_i})^{-1} (mm) \quad (3.7)$$

Như vậy, với ảnh ba chi u đồng l i c t các c tr ng hai chi u trích ch n t ng chúng ta có thể đ ng l i c i m ba chi u th c t đ a vào công th c 3.7 khi xác nh c l i tr t phát sinh lúc ch p nh. Vì c i u ch nh i m ba chi u X' c th c hi n b ng cách kéo chúng v phía máy quay m t kho ng XX^0 .

3.2.2.3 Thu t toán i u ch nh i m c tr ng s ba chi u

T nh ng phân tích c a Ph n 3.2.2.1 và 3.2.2.2, chúng tôi xu t thu t toán i u ch nh i m ba chi u i u_Ch nh_ c_Tr ng g m ba b c chính c mô t nh sau:

Thu t toán 3.3 i u_Ch nh_ c_Tr ng

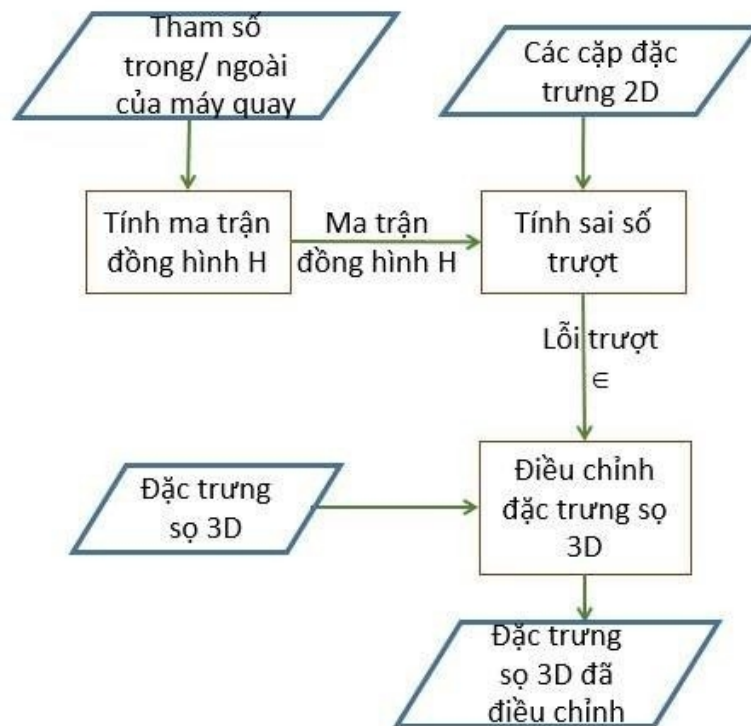
<p><i>u vào</i>: Tập các hàm ngược $\{x, x'\}$ trích chọn n điểm, tập i m ba chỉ u $\{X\}$ tính các n điểm này, góc quay khi chuyển n điểm, ma trận hiệu chỉnh máy quay K.</p> <p><i>u ra</i>: Tập i m ba chỉ u $\{X^-\}$ sau khi hiệu chỉnh.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tính ma trận góc hình H tại góc quay và ma trận hiệu chỉnh máy quay K theo công thức 6.2, 6.3 và 6.6 (Phần 1 c 1). 2. Tính li-trừ của các n điểm hai chỉ u và các hàm ngược và ma trận H. 3. Hiệu chỉnh các i m ba chỉ u $\{X\}$ theo công thức 3.7 có tập i m ba chỉ u $\{X^-\}$ sau khi hiệu chỉnh.

Hình 3.11 mô tả trực quan thuật toán này. Liên hệ giữa các phép liên tiếp (th i và $i + 1$) là ma trận góc hình H (được trình bày trong Phần 1 c 1). Ma trận H nhận các thông số trong và ngoài của máy quay theo qui trình sau: K, R, t theo công thức 6.2, P theo công thức 6.3 và F theo công thức 6.6 được trình bày trong Phần 1 c 1. Trong đó, R là ma trận quay, t và vec-tơ tịnh tiến, P là ma trận máy quay và F là ma trận chuyển vị. Ma trận góc hình H_i biến các hàm nhúng thành i thành các hàm nhúng chuyển vị $i + 1$. Ma trận này được dùng để tính ra các trục chuyển vị sau khi quay hàm tại góc. Theo lý thuyết thì các trục chuyển vị này sẽ phù hợp với các trục gốc trên nh $i + 1$. Li-trừ được tính dựa trên so sánh sai khác của các trục chuyển vị và trục gốc trên nh $i + 1$ để tính trục theo chỉ u x và y . Cuối cùng, hàm ngược ba chỉ u được hiệu chỉnh theo công thức 3.7 dựa vào li-trừ tính được trên.

3.2.3 Biến đổi mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng RBF

Cuối cùng, để ứng dụng mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng, chúng tôi áp dụng thuật toán biến đổi mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng (Hình 3.12). Mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng biến đổi thành mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng xây dựng thuật toán biến đổi mô hình ba chỉ u khuôn mặt thành mô hình ba chỉ u khuôn mặt xây dựng mạng RBF. Hàm khác biệt giữa biến đổi mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng và biến đổi mô hình ba chỉ u khuôn mặt là trên mô hình ba chỉ u khuôn mặt chúng ta đã xác định sẵn các hàm nhúng và các hàm ngược ba chỉ u của mô hình ba chỉ u khuôn mặt tính được, huấn luyện biến đổi các hàm nhúng này sau đó áp dụng trên toàn bộ các hàm khác trên bề mặt mô hình ba chỉ u khuôn mặt. Còn đối với biến đổi mô hình ba chỉ u của sơ đồ mạng, chúng ta chưa biết hàm nhúng

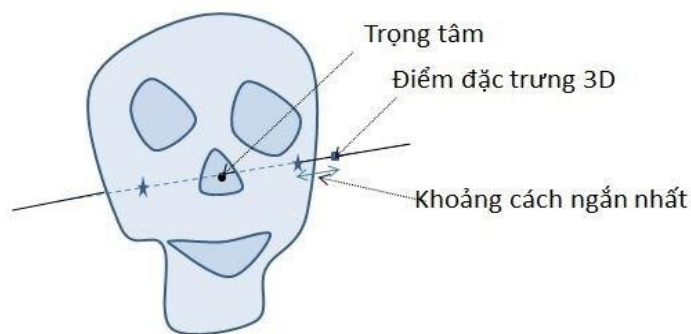
trên mô hình ba chi u c a s m u b i n i v các c tr ng ba chi u tính c t c tr ng nh hai chi u c a h p s . Nh v y, b c u tiên sau khi chu n hóa mô hình ba chi u c a s m u và t p các i m c tr ng s ba chi u là tìm ra các i m c tr ng t ng ng trên mô hình ba chi u c a s m u. B c này c tr n khai nh sau. Sau khi chu n hóa đ li u, tr ng tâm c a các i m c tr ng ba chi u tính c và tr ng tâm mô hình ba chi u c a s tr ng v i nhau. T m i v tríc a c tr ng ba chi u tính c k ng th ng n i v i tr ng tâm nêu trên, ng th ng này s c t b m t mô hình ba chi u c a s m u t i i m c ánh d u là c tr ng t ng ng v i c tr ng ba chi u tính c. V n phát sinh ó là ng th ng ang xét có th c t b m t mô hình ba chi u c a s m u nhi u h n m t i m. Lúc này, chúng ta ph i đ a vào kho ng cách t các i m này n i m c tr ng ba chi u tính c tìm ra i m có kho ng cách này ng n nh t (Hình 3.13). Nh v y, v i m i i m c tr ng ba chi u tính c s có m t i m c tr ng ba chi u trên b m t mô hình ba chi u c a s m u t ng ng v i nó. Các b c ti p theo c a b i n i s m u hoàn toàn gi ng v i b i n i mô hình ba chi u khuôn m t m u.



Hình 3.11: ánh giá sai s tr t và i u ch nh c tr ng s ba chi u.



Hình 3.12: Mô hình ba chi u c a s m u.



Hình 3.13: Xác nh i m c tr ng trên mô hình ba chi u c a s m u.

3.2.4 c tính h i t và ph c t p các thu t toán

Trong ch ng này, chúng tôi a ra ba thu t toán 3.1, 3.2, 3.3. Thu t toán 3.2 khai tri n b c (3) và thu t toán 3.3 khai tri n b c (4) c a thu t toán 3.1. Do v y, chúng tôi s ch ra tính h i t c a các thu t toán trong ch ng này theo th t thu t toán 3.2, 3.3 và 3.1.

M nh 3.1: V i các nh s c ch p b ng cách xoay s t ng góc quanh tr c c nh và gi nguyên v trí máy quay khi ch p nh, thu t toán *Tính_ c_Tr ng_S* luôn k t thúc sau h u h n b c và cho ra các i m c tr ng s ba chi u mong mu n.

Ch ng minh: Tr c h t, ch p nh xoay liên ti p v i thông s máy quay không i, các ma tr n máy quay (P, P') t i b c (1), ma tr n c b n F b c (2) không suy bi n. T i b c (3), t a ba chi u hoàn toàn xác nh theo thu t toán *Tính_T a_ _Ba_Chi u (The Optimal Triangulation Method)* [30]. i v i thu t toán này, n u c p i m nh t ng ng v i c p i m e-pi-pô thì i m ba chi u n m trên ng n i hai tâm máy quay. Tr ng h p này, ta không th xác nh c i m ba chi u. N u m t trong hai i m trùng v i m t i m e-pi-pô thì i m ba chi u trùng

vị tâm máy quay của anh còn lại. Các cặp i m không trùng với các i m e-pi-pô luôn xác định các i m ba chi út ng ng v i u vào c a thu t toán. Với các nh s thu nh n c b ng cách xoay s t ng góc quanh trục c c nh và gi nguyên vị trí máy quay khi ch p nh, nh thu nh n c là m t ph ng gi i h n b i khung hình ch nh t không giao với ng c b n, nên, i m e-pi-pô n m ngoài m i n nh. Do vậy, v i u vào nêu trên chúng ta luôn thu nh n c các i m ba chi u mong mu n. Thu t toán c ch ng minh .

M nh 3.2: ph c t p c a thu t toán 3.2 *Tính_ c_Tr ng_S* là $O(n^2)$ v i n là s c p i m c tr ng u vào.

Ch ng minh: B c (1) là hai phép nhân ma tr n c a hai ma tr n kích c 3×3 và 3×4 , ph c t p là $O(1)$. B c (2) g m hai phép chuy n v , m t phép gi ngh ch o, m t phép nhân ma tr n và m t phép c ng ma tr n trên hai ma tr n kích c 3×4 , do vậy ph c t p c ng là $O(1)$. B c (3) thu t toán *Tính_T a_ Ba_Chi u* theo ch ng minh trong [30] có ph c t p là $O(n^2)$ v i n là s c p i m c tr ng. Do vậy, thu t toán *Tính_ c_Tr ng_S* có ph c t p $O(n^2)$ v i n là s c p i m c tr ng u vào .

M nh 3.3: Với các nh s c ch p b ng cách xoay s t ng góc quanh trục c c nh và gi nguyên vị trí máy quay khi ch p nh và t i thi u 44 i m c tr ng ba chi u tính c t nh, thu t toán *i u_Ch nh_ c_Tr ng* k t thúc sau h u h n b c và cho ra i m c tr ng i u ch nh mong mu n.

Ch ng minh: Tr c h t, ch p nh xoay liên ti p v i thông s máy quay không i, ma tr n ng hình H t i b c (1) không suy bi n. N u, áp d ng bi n i ng hình vào b c nh th nh t ta có b c nh th hai chu n. Nh vậy, áp d ng bi n i ng hình vào các i m c tr ng $\{x\}$ trích ch n t ng trên nh th nh t thì chúng ta thu c các c tr ng t ng ng trên nh th hai. So sánh các c tr ng này v i các c tr ng $\{x'\}$ trên nh th hai thu c l i tr t t i b c (2) theo nh ngh a l i tr t. T i b c (3), dùng công th c 3.7 ã c ch ng minh trong ph n 3.2.2.2

i u ch nh các i m ba chi u $\{X\}$. Do vậy, tính úng n c a thu t toán c ch ng minh .

M nh 3.4: ph c t p c a thu t toán 3.3 *i u_Ch nh_ c_Tr ng* là $O(n)$ v i n là s c p i m c tr ng i sánh u vào.

Ch ng minh: B c (1) s d ng n m phép nhân, hai phép chuy n v , m t phép l y ngh ch o, m t phép c ng, m t phép tr trên các ma tr n c 3×3 và 3×4 , vect 1×3 và 3×1 , do vậy, ph c t p là $O(1)$. T i b c (2), v i n là s c p i m c tr ng i sánh, tính c tr ng chu n trên nh hai c n n phép nhân v i ma tr n H kích c 3×3 . Sau ó, tính ra l i tr t c n n phép tr . Do vậy, ph c t p là $O(n)$. T i b c (3), c n n phép c ng i u ch nh n i m c tr ng. Do vậy, ph c t p

là $O(n)$. Ví dụ phức tạp của thuật toán là $O(n)$ và n là số pixel trong ảnh đầu vào.

Mệnh đề 3.5: Với các nhúng phức tạp bằng cách xoay số góc quanh trục z và giữ nguyên vị trí máy quay khi chọn, thuật toán *Dạng_S_Ba_Chỉ_u* kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra mô hình ba chỉ u cần mong muốn.

Chứng minh: Với ảnh đầu vào thu nhận được dùng máy quay vị trí chọn không thay đổi, từ bảng (1), ma trận hiu chnh K là duy nhất và không suy biến. Từ bảng (2), yêu cầu phải có từ từ 44 pixel trong (44 pixel trên số dùng để định lượng ba chỉ u). Các công thức trích chọn và so sánh trên hiện nay cũng phức tạp hơn rất nhiều. Trong thực nghiệm của mình chúng tôi trích chọn chọn 500 pixel so sánh. Nhận ra trong chứng minh tính ứng dụng của thuật toán 3.3 trên, chúng ta sẽ tính các chỉ u thông qua ma trận dạng hình H. Từ bảng (3), tìm ba chỉ u để tính ra các phức tạp trích chọn thông theo thuật toán 3.2. Từ bảng (4), vì chỉ u chnh tìm ba chỉ u để thể hiện thông qua thuật toán 3.3 nên đã chứng minh trên. Từ bảng (5), vì chỉ u mô hình số mũ bằng cách huấn luyện mạng RBF dựa trên các chỉ u đã chỉ u chnh số cho ra mô hình ba chỉ u cần mong muốn. Chỉ u này ứng với, thành phần trên mô hình ba chỉ u cần số, chúng tôi xác định duy nhất các pixel trong từng vị trí các chỉ u cần số và tính các thành phần theo chứng minh phần 3.2.3. Thứ hai, vì để tạo ra ba chỉ u (hỗ trợ) từ pixel trong ba chỉ u cần số bắt buộc là bài toán ngược suy diễn ngược. Như trình bày trong phần phụ lục 2 *Biến đổi ba chỉ u dựa vào hàm bán kính Gauss*, hàm bán kính Gauss phụ thuộc vào σ . Trong trường hợp của chúng tôi, σ là ba chỉ u cần số tính các thành phần và tạo ra chỉ u ba chỉ u thông trên số mũ. Nhận ra trên, từ từ 44 pixel trong ảnh số mũ cần số cho chúng ta biết thành phần mong muốn.

Mệnh đề 3.6: Phức tạp của thuật toán 3.1 *Dạng_S_Ba_Chỉ_u* là $O(n^3)$ và n là số ảnh số mũ.

Chứng minh: Từ bảng (1), chúng tôi dùng bộ công cụ hiu chnh dành cho Matlab. Từ bảng (2), chúng tôi dùng bộ công thức trích chọn chỉ u SIFT và Harris. Bảng (3) có phức tạp $O(n_1^2)$ của thuật toán 3.2 và n_1 là số pixel trong hai chỉ u. Bảng (4) có phức tạp $O(n_2)$ của thuật toán 3.3 và n_2 là số chỉ u ba chỉ u. Từ bảng (5), tìm ra pixel trong mô hình số cần số thông qua vị trí các chỉ u tính các thành phần, chúng ta phải dùng vòng lặp n_2 bước. Mỗi vòng lặp này là các phép tính toán giao nhau thông và thành phần và tính khoanh cách, do vậy, phức tạp là $O(1)$. Như vậy, bảng (5) có phức tạp $O(n_2)$.

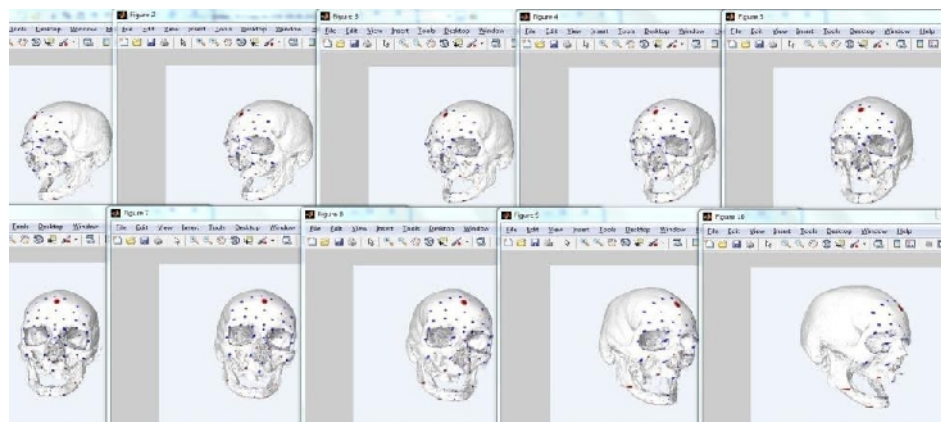
Bậc (6) binomial có phức tạp $O(n^3)$ (giống phân tích binomial khuôn mặt mẫu 4). Vì $n_1 < n$ và $n_2 < n$, nên, thuật toán có phức tạp $O(n^3)$ □

3.3 Th nghiệm và đánh giá

3.3.1 Tính lợi ích và hiệu quả của các trục ba chiều

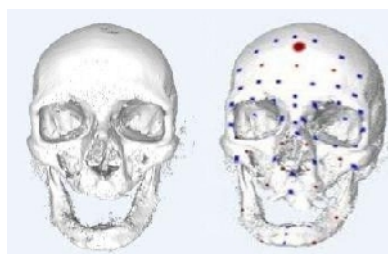
Chúng tôi tiến hành thực nghiệm dùng mô hình ba chiều của s, đánh giá sai số của trục hai chiều và hiệu quả của trục ba chiều để quét ba chiều như sau.

Ảnh hưởng của hai chiều thu nhận bằng cách chụp ảnh quét ba chiều khi hiển thị trong phần mềm MeshLab. Góc nhìn giữa hai ảnh liên tiếp là 10^0 (Hình 3.14). Ảnh quét ba chiều có ảnh hưởng thêm các nhãn để giúp ích cho trục ba chiều khi trích chọn (Hình 3.15).



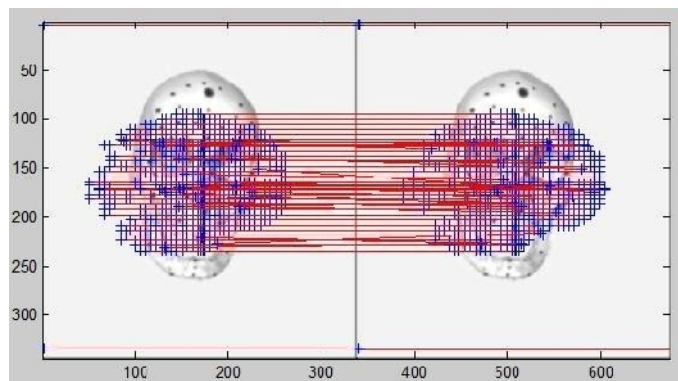
Hình 3.14: Chụp ảnh quét.

Mỗi khi thay đổi góc nhìn, kết xuất ra các thông số trong và ngoài camera quay và chụp ảnh góc đó, kết quả thu được 10 ảnh phân giải 1170×864 cho mỗi mẫu và các thông số trong/ngoài camera quay. Thông số trong/ngoài này dùng để tính các ma trận hình H .

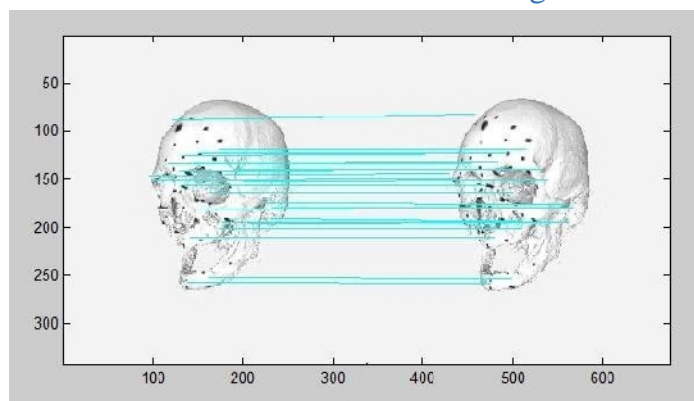


Hình 3.15: Hình ảnh quét trước (trái) và sau (phải) khi ảnh hưởng thêm các nhãn.

Chúng tôi tiến hành dùng bộ trích chọn đặc trưng SIFT và HARRIS trích chọn đặc trưng trên từng nhả cá bằng hình ảnh 10 nhả. Hai loại đặc trưng này được dùng bởi vì SIFT thu được loại đặc trưng dựa trên độ hướng, HARRIS là đặc trưng dựa trên góc. Mục đích vì có sự khác biệt giữa hai bộ trích chọn đặc trưng này là khái quát lên cho các dạng đặc trưng khác nhau và chưa liên quan tới phát sinh do chênh lệch không bình thường giữa bộ trích chọn đặc trưng. Các đặc trưng SIFT và HARRIS trong từng cặp nhả liên tiếp được tiến hành so sánh (Hình 3.16 và 3.17).



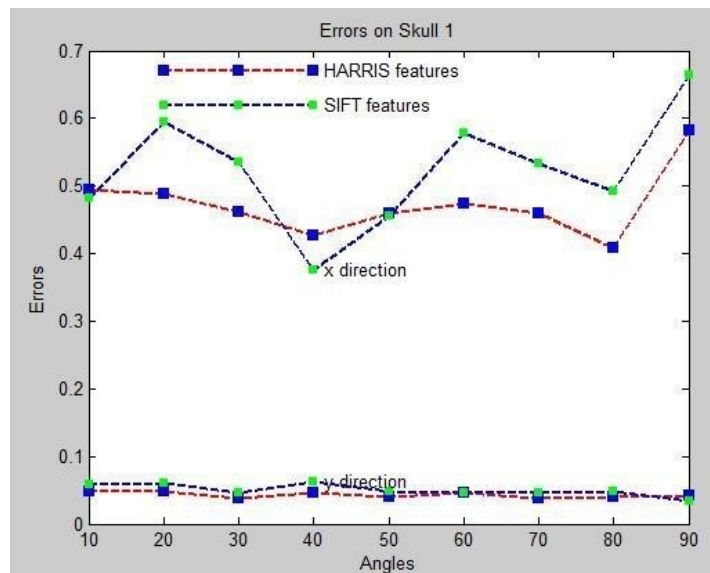
Hình 3.16: So sánh đặc trưng SIFT.



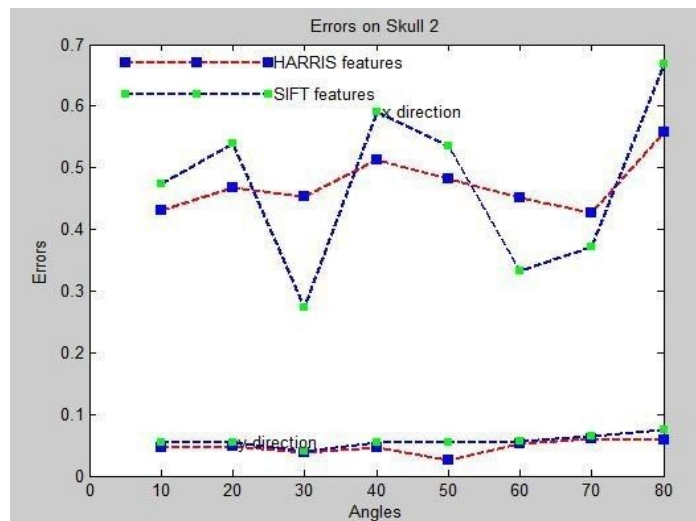
Hình 3.17: So sánh đặc trưng HARRIS.

Dựa vào các ma trận hình H chúng tôi tính đặc trưng chu n trên nhả hai nhả liên tiếp. Tiếp đó, chúng tôi tính liên quan của hai đặc trưng hai chiều bằng cách so sánh đặc trưng chu n và đặc trưng trích chọn trên nhả hai nhả liên tiếp. Hình 3.18 và Hình 3.19 minh họa liên quan khi dùng hai bộ trích chọn đặc trưng SIFT và HARRIS. Dựa vào nhả nhả chênh lệch giữa các đặc trưng so sánh và đặc trưng chu n như bằng 0 theo chiều y và trung bình khoảng 0.5 pixel theo chiều x. Theo công thức 3.7 các điểm đặc trưng ba chiều xây dựng từ các điểm đặc trưng so sánh trích chọn từ nhả sai số về đặc trưng ba chiều từ X^* một khoảng cách ngắn khoảng $1.06 - 1.93mm$. Vì vậy các mô hình khung cảnh hay các vật thể trong nhả mô hình ba chiều khác, khoảng cách

1.06–1.93mm là không đáng kể; tuy nhiên, việc dùng mô hình hình học hay mô hình ba chiều khuôn mặt theo cách này là đáng kể vì nó làm thay đổi diện tích khuôn mặt khá nhiều vì lý do sau: Khi dùng mô hình ba chiều khuôn mặt để hình thành cách tiếp thêm mô hình hình học, người ta lựa chọn ra các đường mô hình bề mặt các mặt và vị trí hình thành làm các tiếp thêm mô hình cho toàn bộ khuôn mặt. Giá trị trung bình của 22 đường mô hình của đường khớp của khuôn mặt người Việt Nam là 5.90mm. Trung bình giá trị theo cách b sai lệch khi tính diện tích khuôn mặt thực tế theo giá trị trung bình của 13% giá trị trung bình mô hình này.



Hình 3.18: Lỗi trên nh c a h p s th nh t.



Hình 3.19: Lỗi trên nh c a h p s th hai.

3.3.2 Ảnh giá hi u qu i u ch nh c tr ng s ba chi u đ a trên l i tr t

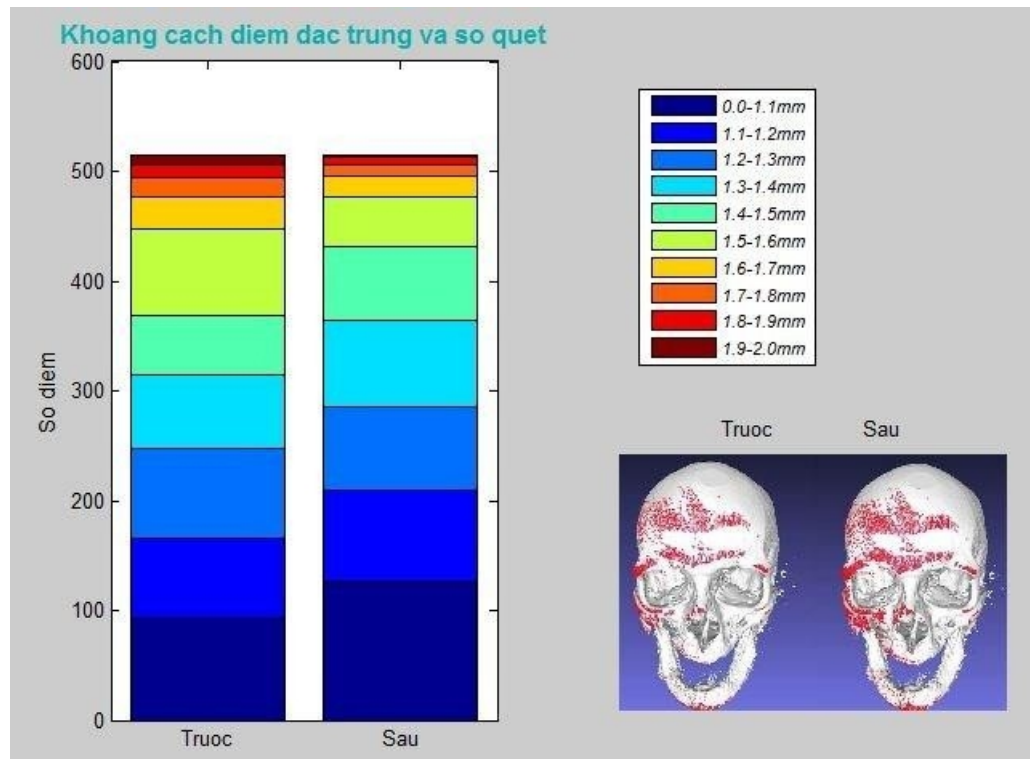
Vì c i u ch nh c tr ng s ba chi u c ti n hành và ảnh giá hi u qu nh sau. T các c p i m c tr ng c a các c p nh h p s liên ti p chúng tôi ti n hành xây

B ng 3.1: L i trung bình và l i l n nh t c a các i m c s tr ng ba chi u tr c và sau khi c i u ch nh

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

đ ng b i m c tr ng ba chi u M g m 515 i m. Chu n hóa các i m c tr ng này. Ti n hành so sánh t p các i m c tr ng ba chi u này v i h p s quét ban u g m 84079 i m b ng các công th c so sánh hai t p đ li u ba chi u không cùng l c l ng (Ph l c 3) v i công th c tính l i trung bình 6.33 và công th c tính l i l n nh t 6.34 so sánh các t p i m ba chi u M v i h p s g c. Sau ó, ti n hành i u ch nh t t c các i m c tr ng ba chi u v i dài 1.5mm giá tr trung bình trong kho ng [1.06–1.93mm] h ng v phía máy quay c t p i m ba chi u N . K t qu t c c ng em so sánh v i h p s g c (Hình 3.20, B ng 3.1) ảnh giá vi c i u ch nh này có t t hay không. Hình 3.20 trái bi u di n b n màu v kho ng cách gi a i m c tr ng so v i s quét tr c và sau khi i m c tr ng c i u ch nh. Trong Hình 3.20 ph i, i m màu là các c tr ng c xây đ ng l i nh thu t toán đ ng i m c tr ng ba chi u tr c và sau khi các c tr ng này c kéo l i g n (v phía máy quay) m t kho ng ng u 1.5mm. B ng 3.1 cho th y l i trung bình và l i l n nh t gi m i khi i u ch nh i m c tr ng ba chi u. L i trung bình và l i l n nh t gi m i áng k t 13% n 36% sau khi ti n hành i u ch nh các i m c tr ng s ba chi u so v i các i m c tr ng s ba chi u tr c khi i u ch nh.

Nh vì c phân tích l i phát sinh khi ch p nh đ ng chu i t ng h p l i thông tin ba chi u, ta bi t c s nh h ng c a nó n k t qu thông tin ba chi u t ng h p t ó a ra công th c i u ch nh thông tin ba chi u t ng c ng chính xác c a k t qu . Ph n này ã phân tích và a các th nghi m minh ch ng i u ó. K t qu i m c tr ng s ba chi u xây đ ng l i sau khi i u ch nh có chính xác cao h n so v i tr c khi i u ch nh. Nh ó mô hình ba chi u c a s xây đ ng l i c ng chính xác h n.



Hình 3.20: Các trục tọa độ ba chiều trước và sau hiệu chỉnh.

3.4 Kết luận chung

Trong chương này, chúng tôi đã mô tả thuật toán dựng mô hình ba chiều của bề mặt hai chiều của nó. Thuật toán được trình bày vì việc dựng mô hình ba chiều khuôn mặt rất khó. Phương pháp dựng mô hình ba chiều của bề mặt khi thì và chi phí không đáng kể so với việc dùng dữ liệu quét ba chiều. Trong cách tiếp cận của mình, chúng tôi tiến hành ánh xạ giá trị từ khi trích chọn trục tọa độ trên khuôn mặt vào, ánh xạ giá trị bằng các giá trị chính xác của mô hình ba chiều của bề mặt kết quả. Tóm lại, chúng tôi đã đưa ra các giải pháp hữu ích cho việc này nhằm nâng cao độ chính xác của mô hình ba chiều của bề mặt. Thử nghiệm đã chứng minh rằng việc phân tích và giải pháp nêu ra là hợp lý. Sau khi hiệu chỉnh, lỗi trung bình và lỗi lớn nhất giảm đi 13% và 36% khi so sánh với mô hình ba chiều của dữ liệu quét.

CHƯƠNG 4. DẪNG MÔ HÌNH BA CHI U KHUÔN MẶT T MÔ HÌNH BA CHI U CẢ S

Dạng mặt người ba chi u thường được phân loại thành hai cách tiếp cận chính: ảnh chụp và ảnh video. Về cách tiếp cận ảnh chụp, dữ liệu vào ngoài hình ảnh còn có ảnh hay video của khuôn mặt. Người ta thường nhìn vì các phương pháp ảnh hay video của khuôn mặt lên hình ảnh. Tuy nhiên, không phải lúc nào chúng ta cũng có ảnh hay video khuôn mặt chụp với hình ảnh. Về cách tiếp cận ảnh video, vào ảnh có hình ảnh và các dữ liệu khuôn mặt từ người với hình ảnh. Ảnh video khuôn mặt, người ta có thể dựa trên ghi hình video về các phần mềm, lập trình, lập trình có khuôn mặt hoàn thiện; hoặc dựa trên dữ liệu mô hình bằng cách phần lập trình của khuôn mặt lên hình ảnh sao cho lập trình khí về dữ liệu mô hình mặt sử dụng trí tuệ để tạo nên dữ liệu khuôn mặt. Lập trình của khuôn mặt là một mặt mà cho trình. Dạng mặt người dựa trên dữ liệu mô hình thu hút các nhà nghiên cứu, bởi vì, dữ liệu mô hình có thể thay đổi. Máy tính dựa trên các dữ liệu trong quá trình, thay đổi sử dụng, mặt và mô hình. Mặt khác, phương pháp này không đòi hỏi kiến thức ghi hình sinh học sâu rộng như phương pháp ghi hình.

Trong các hình thức dạng mô hình ba chi u khuôn mặt mô hình ba chi u cả sử dụng phương pháp dựa trên dữ liệu [7, 36, 50, 69, 83], dữ liệu mô hình dựa trên tính trung bình trên các dữ liệu dựa trên mô hình của nhóm người nào đó. Số lượng mô hình hạn chế vì phụ thuộc các dữ liệu. Các mô hình ba chi u khuôn mặt dựa trên dữ liệu còn mang dữ liệu của nhóm người và chính xác cao. Ví dụ, mô hình ba chi u khuôn mặt trong Archer [7] rất chính xác và dựa trên dữ liệu chính xác. Trong [50, 69], tác giả khai thác thông tin nhân tạo, do vậy, các mô hình ba chi u khuôn mặt xây dựng dựa trên dữ liệu không khác nhau. Trong [83], mô hình ba chi u khuôn mặt không hoàn thiện vì thiếu thông tin dựa trên mô hình.

Trong chương này, chúng tôi đưa ra thuật toán mới dựa trên mô hình ba chi u khuôn mặt mô hình ba chi u cả. Thuật toán là thuật toán dựa trên dữ liệu chính xác dựa trên dữ liệu mô hình thay vì dựa trên dữ liệu trung bình, nên suy luận dựa trên dữ liệu không có dữ liệu mô hình thay đổi và biến đổi mà sử dụng mạng RBF. Về các dữ liệu dựa trên dữ liệu chính xác dựa trên khai thác thông tin của chính hình ảnh để xây dựng khuôn mặt từ dữ liệu cá nhân trên mặt dựa trên dữ liệu. Biến đổi mô hình ba chi u khuôn mặt mà sử dụng mạng RBF và dữ liệu mô hình nên suy luận nâng cao chính xác của mô hình ba chi u khuôn mặt kết quả. Như vùng có ít dữ liệu dựa trên mô hình như má, trán, cằm các dữ liệu thêm mô hình nên chính xác tăng lên.

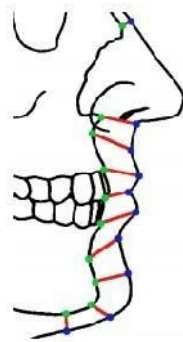
Chương này sẽ tiếp tục như sau. Nghiên cứu liên quan sẽ trình bày trong Phần 4.1. Chúng tôi giới thiệu thuật toán dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm trong Phần 4.2. Cuối cùng, thử nghiệm và đánh giá sẽ nêu ra Phần 4.3.

4.1 Nghiên cứu liên quan

4.1.1 Dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm giúp cá máy tính

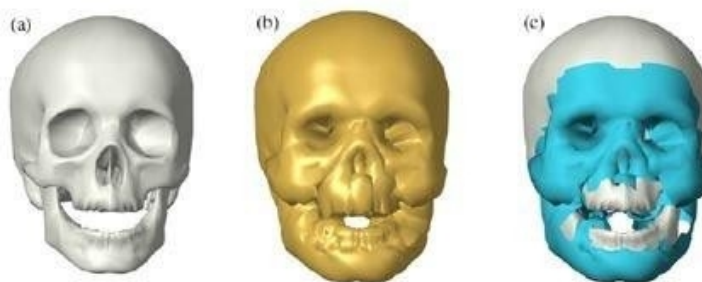
Phương pháp dựng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm sẽ mô tả như sau (Hình 4.1). Mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm gồm kim các điểm nhân tạo xác định. Trên hình vẽ các điểm này được đánh dấu là các điểm tròn sẫm màu ở mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm. Các kim sẽ gắn sao cho vuông góc với bề mặt mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm các điểm gắn kim tương ứng. Nếu còn lại không gắn trên sụn dày mô mềm chính là các điểm nhân tạo trên mô hình ba chiều khuôn mặt cần dựng lại, các điểm này được đánh dấu là các điểm tròn sáng màu trên hình vẽ. Rõ ràng, khi xác định các điểm nhân tạo trên mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm và dài kim thì các điểm nhân tạo trên mô hình ba chiều khuôn mặt xác định. Dựa vào các điểm nhân tạo này người ta tiến hành biến đổi các bề mặt cong hoặc nội suy các bề mặt cong toán học để tạo ra khuôn mặt, hay chính là định nghĩa mô hình ba chiều khuôn mặt cần dựng. Mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm thu nhận bởi các thiết bị số hóa như chụp cắt lớp, chụp cộng hưởng từ. Dữ liệu mô mềm là trung bình độ dày mô mềm trong các sụn dày mô mềm. Độ dày mô mềm (đài các kim) thu thập từ các sụn dày mô mềm. Các sụn dày mô mềm này có thể thông qua việc cắt kim và ở trên mặt thì, thông qua chụp X-quang, thông qua chụp cộng hưởng từ, chụp cắt lớp. Bề mặt khuôn mặt cần nội suy các điểm nhân tạo trên mặt như các công thức B-spline, NURBS, Spline phân cấp. Phương pháp này sẽ tiến hành nhanh hơn các phương pháp đòi hỏi nhiều dữ liệu và ít hơn so với phương pháp dựng mô hình ba chiều khuôn mặt dựa trên dữ liệu.

Bullock [15] đã đề xuất một phương pháp dựng lại mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sụn dày mô mềm phục vụ cho mục đích nghiên cứu, giám sát.



Hình 4.1: Dùng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s đ a vào dày mô m m.

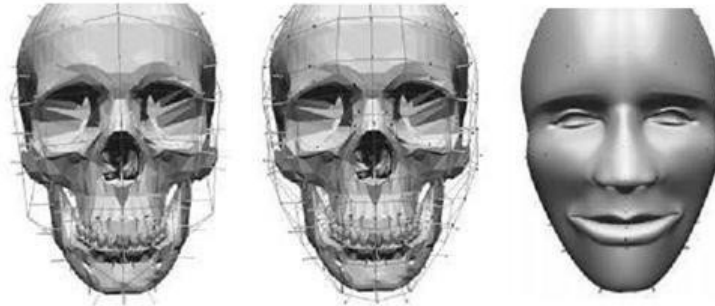
u tiên, dày mô m m t i m i i m c a mô hình ba chi u c a s c xác nh b ng n i suy B-spline phân c p (Hình 4.2). Sau ó, hình dáng mô hình ba chi u khuôn m t c sinh ra b ng hai ph ng pháp. Ph ng pháp th nh t, sinh ra mô hình ba chi u khuôn m t s đ ng mô hình ba chi u c a s nh m t b khung c a b m t n. Ph ng pháp th hai sinh ra b m t B-spline phù h p v i các v trí c a b m t ã xác nh b c u tiên. Cu i cùng, các thu c tính b m t và các c tr ng c a m t ng i c thêm vào và s a ch a. K t qu mô hình ba chi u khuôn m t đ ng l i ch a c ánh giá. V m t tr c quan, ta th y r ng khuôn m t ch a chân th c vì dày mô m m n i suy B-spline phân c p ch ch a dùng s li u mô m m th ng kê.



Hình 4.2: Dùng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s c a Bullock.

Trong nghiên c u c a mình, Archer [7] dùng h th ng g m 32 kim chu n g n trên mô hình ba chi u c a s v i dài là đ li u th ng kê dày mô m m c a nam gi i ng i M g c Phi, bên c nh ó tác gi dùng thêm 89 mô m m có dày n i suy t 32 dày chu n. M t b m t c a m t khuôn m t m u đ ng B-spline phân c p c bi n i cho kh p v i mô hình ba chi u c a s . V i c bi n i c chia làm các c p (Hình 4.3). V i c phân c p b m t B-spline c th ch i n đ a trên c s sau: B m t B-spline c i u khi n b i các i m i u khi n. S l ng i m i u khi n

nhiều lên ứng dụng ví dụ về B-spline mịn và chính xác hơn. Tác giả tiến hành thay thế bằng hình ảnh khi thể hiện phân cấp B-spline.



Hình 4.3: Các cấp biến đổi trong phương pháp của Archer.

Sau đó, tác giả tiến hành đưa chuỗi B-spline dựa vào tập tuyến tính các điểm khi thể hiện. Trong nghiên cứu này, các phần hình ảnh giá mang tính tích cực nên sẽ chỉ ra một số điểm còn tồn tại. Vì cần suy thêm các mô hình mới khi lúc không chính xác về vị trí của mô hình mặt. Do vậy, mô hình ba chiều khuôn mặt bằng phương pháp không mong muốn. Về mặt kỹ thuật, mô hình có vị trí và kích thước chính xác, hình dáng mặt phù hợp. Vì, tác giả đã tận dụng mối liên hệ nhân tạo giữa và mặt liên hệ giữa các hàm để và ngược lại.

Trong [50, 69], các tác giả dùng mô hình ba chiều khuôn mặt và mô hình ba chiều của sự tham chiếu F_r và S_r tương ứng. Khi cung cấp mô hình ba chiều của sự tích S_r nên khôi phục lại mô hình ba chiều khuôn mặt F_r , các tác giả đã triển khai như sau. Tìm biến đổi T từ mô hình ba chiều của sự tham chiếu S_r thành mô hình ba chiều của sự tích S_t : $T(S_r) = S_t$. Biến đổi này có thể hiển thị trên các trục để dễ dàng nhìn thấy trên mô hình ba chiều của sự. Sau đó, biến đổi T được áp dụng biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt tham chiếu F_r thành mô hình ba chiều khuôn mặt tích F_t . Nghiên cứu này chỉ khai thác thông tin nhân tạo. Dường như vậy, về cách biến đổi như vậy, đây mô hình các mô hình ba chiều khuôn mặt được xây dựng lên như không khác nhau. Do vậy, mô hình ba chiều khuôn mặt khôi phục lại chỉ mang rõ thông tin nhận được.

Trong một nghiên cứu khác [83], các tác giả cũng tiến hành ví dụ về biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt cho khi có các dữ liệu mô hình trên mô hình ba chiều khuôn mặt tích. Các dữ liệu mô hình tính ra để liệt kê mô hình các các dữ liệu Rhine và Moore[71]. Ban đầu, các điểm mặt biến đổi trên phép biến đổi Procrustes. Sau đó, phép biến đổi Procrustes kết hợp với RBF được áp dụng trên toàn bộ các điểm còn lại của mô hình ba chiều khuôn mặt. Mô hình ba chiều khuôn mặt mới được dùng là mô hình ba chiều khuôn mặt biến đổi.

hình thức xây dựng các s d li u quét. Do vậy, k t qu mô hình ba chi u khuôn m t t o ra ph thu c vào d li u quét c a khuôn m t. H n n a, mô hình ba chi u khuôn m t t o ra không hoàn thi n vì thi u thông tin v dày mô m m m t s vùng nh nh u.

H th ng d ng l i mô hình ba chi u khuôn m t c a các nhà khoa h c thu c Vi n nghiên c u các h th ng hàng không Nga [39] c xây d ng d a trên cách ti p c n bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u th a mãn các i u ki n v kho ng cách t các i m m c trên mô hình ba chi u c a s t i các i m trên b m t. Mô hình ba chi u c a s có c b ng cách s d ng h th ng ch p nh có o m t cách t ng. Mô hình ba chi u khuôn m t m u c bi n i kh p v i mô hình ba chi u c a s d a vào dày mô m m.

Kahler và c ng s [36] ã ti n hành xây d ng mô hình ba chi u khuôn m t bi u c m t h p s . Ph ng pháp c dùng trong nghiên c u này k t h p c gi i ph u và dùng dày mô m m. H p s c quét. Sau ó, mô hình ba chi u c a s c g n 40 kim chu n t ng ng theo th ng kê dày mô m m trong [71]. C u trúc s c ph lên mô hình ba chi u c a s bao g m (Hình 4.4): m t l i b m t g m 8164 tam giác bi u di n b m t da. M th th ng l i ô vuông bi u di n 24 c m t. M i c m t bao g m m t s bó c . Các c m t này g n ngay bên d i l p l i b m t da sau khi l p da này kh p v i d li u mô hình ba chi u c a s . M th th ng các nút g n k t da, c và mô hình ba chi u c a s . M i khi mu n t o chuy n ng, các c m t t o chuy n ng nh h ng n các nút. Các nút này tác ng lên b m t da gây bi u c m cho mô hình ba chi u khuôn m t. H th ng g m 40 i m m c trên mô hình ba chi u c a s , t ng ng 40 i m m c trên b m t da dùng kh p b m t khuôn m t m u vào mô hình ba chi u c a s . Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u d a trên hàm bán kính c s . Các tác gi c ng ti n hành n i suy dày mô m m các i m m c chu n cho các i m m c thêm vào nh ng v trí dày mô m m g n nh không i. Các tác gi c ng dùng thêm n m lu t v nhân tr c h tr vi c t o hình dáng m i và mi ng. H th ng cho phép tái t o nhanh chóng m t khuôn m t v i nh ng nét cá tính riêng. H th ng c ng cho phép thay i s c thái tình c m trên khuôn m t.

Ph n m m FACES [2] tái t o mô hình ba chi u khuôn m t t h p s c a nh ng ng i c i. Các tác gi bi n d ng mô hình ba chi u khuôn m t c ch n t t p các mô hình v i gi i tính, s c t c khác nhau phù h p v i các i m m c trên mô hình ba chi u c a s và các góc c tr ng. Nhi u thu t toán n n ch nh c s d ng th chi n nhi m v này. H th ng s d ng hai c s d li u: c s d li u kích th c h p s (*Craniometrical Database*) và c s d li u các khuôn m t (*Pictorial Physiognomic Database*).

Hệ thống tái tạo khuôn mặt của Anderson và Martin[6] sử dụng phần mềm Maya 3DS MAX. Quy trình phát triển hệ thống gồm nhiều bước, mỗi bước có thể chia thành các bước nhỏ hơn:

+ Bước 1: Thu thập dữ liệu hình ảnh và làm sạch dữ liệu (loại bỏ các phần mềm dính vào các hình ảnh).

+ Bước 2: Tạo mô hình ba chiều cơ bản, thể hiện chuẩn hóa và quay mô hình.

+ Bước 3: Xác định các điểm mốc, phân các hình ảnh trên mô hình số. Thể hiện nội suy các điểm mốc tính toán để mô phỏng các điểm trên bề mặt mô hình ba chiều cơ bản.

+ Bước 4: Mô phỏng các đặc trưng điển hình như mắt, mũi, miệng, tai, môi.

+ Bước 5: Xử lý phần mềm mô phỏng dựa trên các đặc điểm và thuộc tính, tu chỉnh, và đưa ra mô hình ba chiều khuôn mặt hoàn chỉnh.

Trong hệ thống này, do người dùng thể hiện phân các hình ảnh trên mô hình ba chiều cơ bản, mô hình ba chiều cơ bản có thể chưa chính xác do liên quan camera người dùng. Hơn nữa, loại bỏ phần mềm nên lập da ban đầu là một hình trình chati như trình hình ảnh dùng mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu. Do vậy, mô hình ba chiều khuôn mặt để người dùng nhìn góc nhìn góc hàm, hai bên thái dương.



Hình 4.4: Các thành phần dùng để khôi phục khuôn mặt.

4.1.2 Các phương pháp đánh giá mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả

Mô hình ba chiều khuôn mặt tái tạo từ hình ảnh sử dụng trong kho cơ sở dữ liệu tra cứu hình ảnh, và để liệt kê các nhân vật lịch sử. Việc đánh giá chính xác của mô hình ba chiều khuôn mặt tái tạo từ ảnh ảnh hưởng đến việc đưa ra nhận xét của các chuyên gia nhân trắc học như nguy cơ tiềm ẩn. Như nguy cơ này dựa vào kinh nghiệm, và các biểu hiện là kết quả nhân trắc, kết luận mô hình ba chiều khuôn mặt tái tạo có phù hợp với hình ảnh gốc hay không. Ngày nay, với sự giúp đỡ của máy tính và các thiết bị khác nhau chúng ta có

thực hiện việc đánh giá nhúng trên sợi và khuôn m t c a ng i còn s ng.

Phương pháp đánh giá b i các nh n nh c a chuyên gia

Trong các nghiên cứu của mình, Gerasimov [24] đã thực hiện việc tái tạo 12 khuôn m t t h p s c a t thi và tiến hành so sánh m t tái tạo v i nh ch p t thi và c đánh giá là r t gi ng. Ngoài ra, ông cũng báo cáo rằng 140 khuôn m t c xây dựng trong phòng thí nghiệm cũng thành công trong việc nh n d ng. Snow và cộng sự [77] tiến hành dựng khuôn m t c a m t nam và m t n sau đó m t nhóm người tình nguyện cũng tiến hành so sánh giữa khuôn m t tái tạo và m t c s d li u các b c nh khuôn m t. Kết quả là khuôn m t n gi i ch t t i 26% cho kết quả đúng và khuôn m t nam là 68%.

Stephan và Henneberg [81] dựng lại 16 khuôn m t b ng tay và c 37 chuyên gia đánh giá. Trong tổng số 592 phiếu đánh giá thì 403 phiếu là đánh giá không kh p.

Archer [7] lý giải việc đánh giá t hai h a s pháp y, v i khuôn m t tái tạo nh ng h a s này cho rằng phần mềm bao phủ m t vùng l n so v i bình th ng. Vị trí và kích thước a m t ch a chính xác.

Trong [83], phương pháp của các tác giả cũng tái tạo khuôn m t c a n n nhân b gi t h i mà không rõ danh tính, sau khi công khai nh c a khuôn m t tái tạo, gia ình n n nhân nh n ra và gi nh so kh p và các th nghiệm ADN cũng kh ng nh s chính xác a nh n d ng.

Trong [36] góc hàm và c m x lý ch a t t nên khuôn m t tái tạo r t “góc c nh” m c dù tác giả ã n i suy thêm dày mô m m nh ng v trí ó.

Phương pháp đánh giá nhúng

Claes và các cộng sự [17] thực hiện đánh giá mô hình ba chi u khuôn m t xây dựng lại v i d li u khuôn m t quét c a 18 trẻ ng h p và kết quả là l ch gi a hai khuôn m t trung bình là 1.14mm. Tỷ lệ nh n d ng là 100% đúng khi dùng các tính toán ma trận d a trên kho ng cách -clit khi so sánh v i c s d li u nh c a 118 cá nhân. Tuy nhiên v i 28 người tình nguyện tham gia trả l i câu h i nh n d ng thì tỷ lệ này chỉ là 81%.

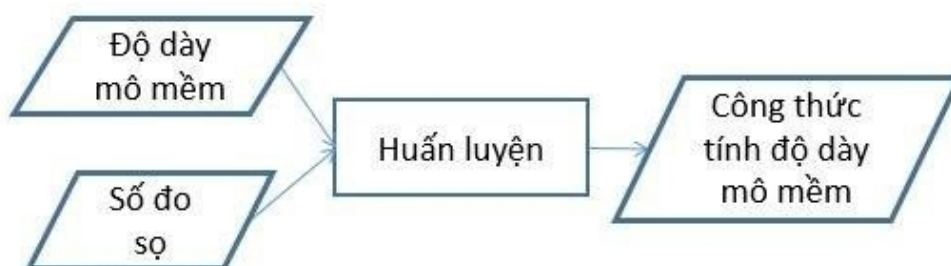
Trong m t nghiên cứu gần đây, Lee và Caroline [43] đã tiến hành dựng mô hình ba chi u khuôn m t t h p s c a ba người Hàn Quốc và so sánh v i d li u u quét c a nh ng người này bằng phần mềm Geomagic Quanlify. Kết quả là 54%, 65% và 77% lần l i t khi so sánh mô hình ba chi u khuôn m t tái tạo v i d li u quét ban u có kho ng cách $< 2.5mm$

4.2 Thu t toán đ ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s

Bài toán đ ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s dùng thông tin v dày mô m m nh ng v trí m c quan tr ng trên h p s c chúng tôi gi i quy t thành hai bài toán nh sau: Tr c h t công th c tính dày mô m m đ a trên s o s c a ng i Vi t Nam c tính toán đ a trên c s đ li u u quét ba chi u c a ng i Vi t Nam. Thu t toán *Xác_ nh_Công_Th c_Tính_ _Dày_Mô_M m* dùng tìm ra các công th c này. Sau ó, chúng tôi xây đ ng thu t toán *Đ ng_Khuôn_M t_Ba_Chi_u_T _S* dùng các công th c tính dày mô m m trên. Hai thu t toán c trình bày chi ti t đ i ây.

Thu t toán 4.1 <i>Xác_ nh_Công_Th c_Tính_ _Dày_Mô_M m</i>
<i>u vào:</i> C s đ li u dày mô m m và c s đ li u s o s .
<i>u ra:</i> Các công th c tính dày mô m m.
1. Hu n luy n t ng c p (m t s o s ;m t dày mô m m), ho c t ng b (hai n ba s o s ;m t dày mô m m) xác nh ra công th c tính dày mô m m t ng t các s o s .

T c s đ li u u quét c a ng i Vi t, chúng tôi ti n hành o các thông s o trên s và dày mô m m các i m m c quan tr ng t o nên di n m o khuôn m t. Sau ó chúng tôi ti n hành tìm hi u m i liên h gi a s o s và dày mô m m thông qua ph ng pháp h i qui tuy n tính và ph ng pháp h c máy (Hình 4.5). Nói m t cách khác, chúng tôi tìm ra công th c tính dày mô m m v i u vào là các thông s o s . Danh sách các i m m c o, s o trên s và ph ng pháp c l ng và n i suy dày mô m m c trình bày c th Ph n 4.2.1.



Hình 4.5: Tìm công th c tính dày mô m m.

Thu t toán 4.2 *D ng_Khuôn_M t_Ba_Chi u_T _S*

u vào: Mô hình ba chi u c a s , mô hình ba chi u khuôn m t m u và các công th c tính dày mô m m.

u ra: Mô hình ba chi u khuôn m t.

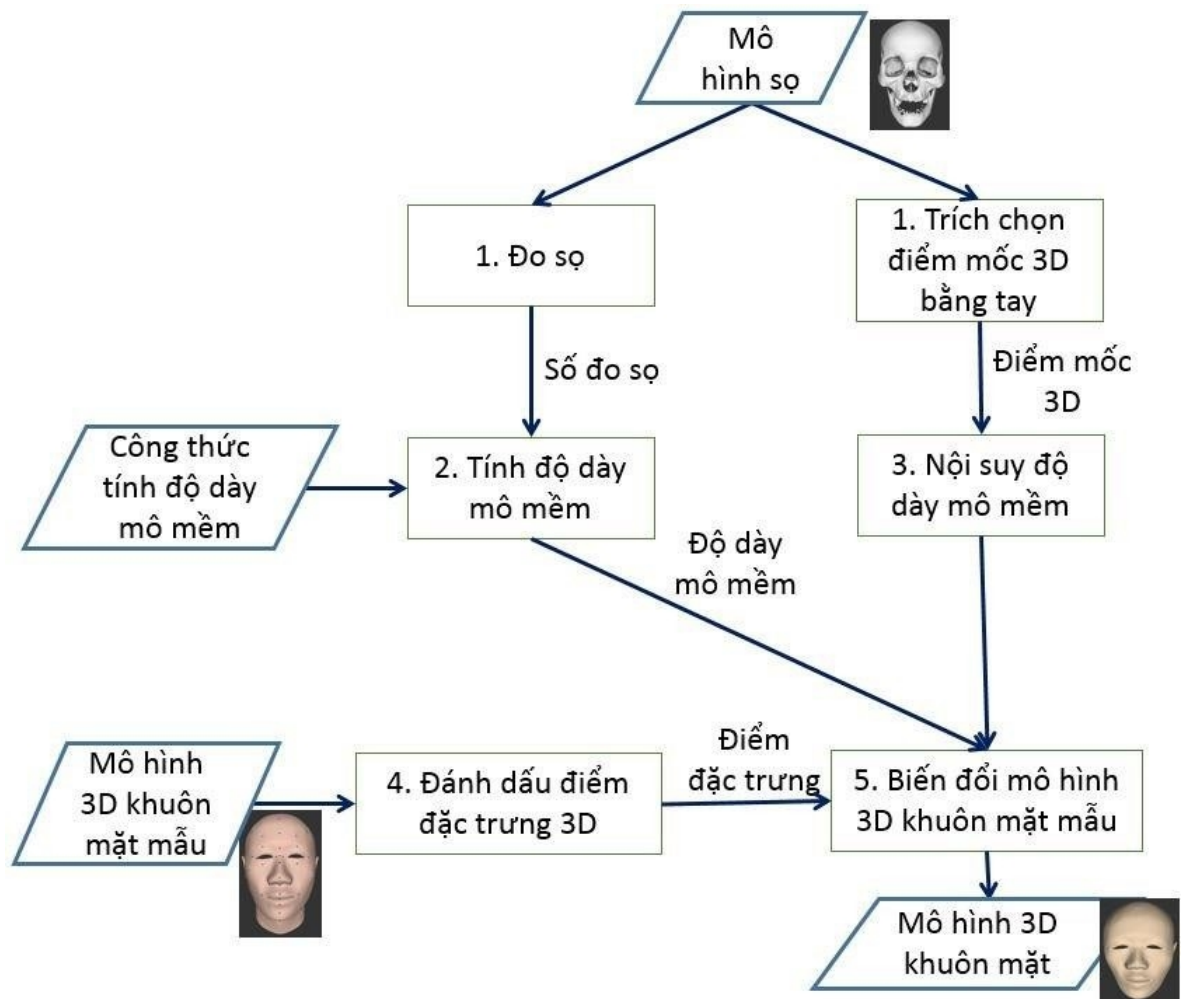
1. Trích ch n i m m c và o s c ti n hành trên mô hình ba chi u c a s .

2. T các s o s o c b c (1) và công th c tính dày mô m m tính ra các dày mô m m các i m m c trên mô hình ba chi u c a s ch n c b c (1).

3. N i suy thêm các dày mô m m nh ng v trí trên mô hình ba chi u c a s ch a có dày mô m m.

4. Xác nh các c tr ng ba chi u trên mô hình ba chi u khuôn m t m u t ng ng v i các v trí i m m c ba chi u trên mô hình ba chi u c a s .

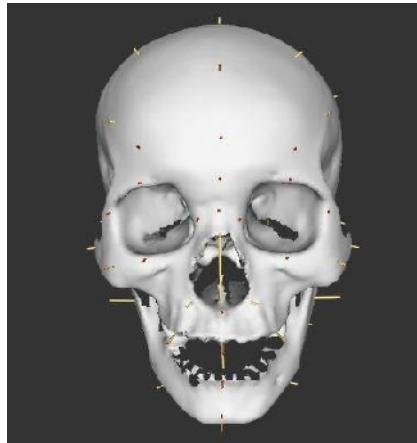
5. Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ng hu n luy n m ng RBF sao cho các i m c tr ng ba chi u trên mô hình ba chi u khuôn m t m u xác nh b c (4) kh p v i mô hình ba chi u c a s đ a trên dày mô m m tính c b c (2) và (3).



Hình 4.6: Dạng mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ.

Hình 4.6 minh họa các bước để tạo mô hình ba chiều khuôn mặt từ mô hình ba chiều của sọ. Trên mô hình ba chiều của sọ, chúng tôi xác định các điểm mốc ba chiều và tiến hành đo sọ. Độ dày mô mềm được tính ra thông qua các thông số đo đạc vào công thức tính độ dày mô mềm. Mặt khác, chúng tôi cũng xác định vị trí các điểm mốc ba chiều dựa trên các điểm mốc ba chiều của sọ. Các kim này được gắn trên mô hình ba chiều của sọ sao cho kim có thể vuông góc với bề mặt sọ tại chính điểm mốc ba chiều và dài kim bằng độ dày mô mềm (Hình 4.7). Dùng một mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu có các điểm đặc trưng ba chiều để xác định các điểm mốc ba chiều trên mô hình ba chiều của sọ. Thể tích bên trong của mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu chứa một kim đo độ dày mô mềm này và kim còn lại sẽ gắn vào mô hình ba chiều của sọ. Cùng một lúc, toàn bộ mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu sẽ biến đổi theo phép biến đổi T cho khớp với mô hình ba chiều của sọ để có được mô hình ba chiều khuôn mặt kết quả. Vì các điểm mốc ba chiều trên mô hình ba chiều khuôn mặt mẫu, nên suy thêm các

mô m m và bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u c trình bày trong Ph n 4.2.2.



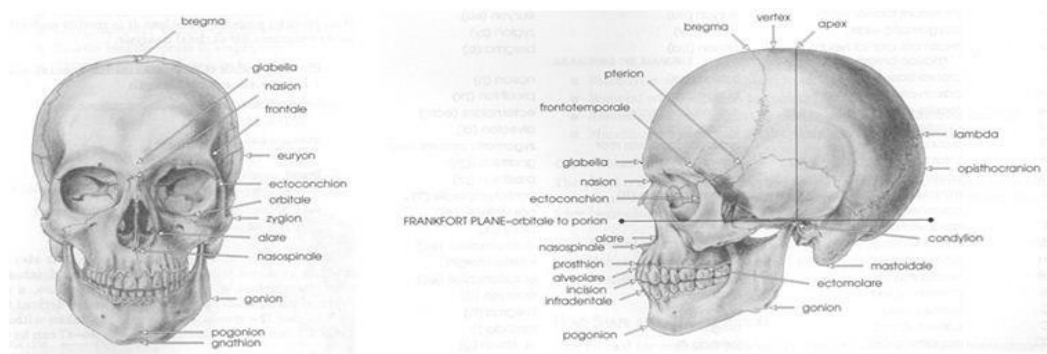
Hình 4.7: G n kim trên mô hình ba chi u c a s .

4.2.1 Các m c o, s o trên s và xác nh dày mô m m

4.2.1.1 Các m c o và s o s

Kim g n trên mô hình ba chi u c a s có dài th hi n dày mô m m t i v trí g n kim, m t u kim g n v i m c o trên mô hình ba chi u c a s và u còn l i g n v i m c o trên mô hình ba chi u khuôn m t. Do v y, m c o trên mô hình ba chi u c a s , m c o trên mô hình ba chi u khuôn m t và kim t ng ng c t tên gi ng nhau. ây là nh ng m c o nhân tr c quan tr ng t o nên đi n m o khuôn m t.

C th b n m i b n m c o s / m t này c li t kê và mô t B ng 6.3 (Ph l c 4). Hình 4.8 minh h a m t s m c o này.



Hình 4.8: M c nhân tr c trên s

Vì bài toán khôi phục mô hình ba chi u khuôn m t ng i t mô hình ba chi u c a s d a vào dày mô m m, xác nh c dày mô m m m i i m m c, chúng tôi tìm hi u m i liên h gi a dài các kim (hay dày mô m m) v i các s o s nh m tìm ra công th c tính dày mô m m hi u qu . M i m t s o tr c ti p trên s và ba s o gián ti p tính t các s o khác c mô t trong B ng 6.2 (Ph l c 4).

4.2.1.2 Các ph ng pháp xác nh công th c tính dày mô m m

d ng l i mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s , vì c tính chính xác dày mô m m là r t quan tr ng. Các nghiên c u tr c ây s d ng giá tr trung bình dày mô m m c a d li u th ng kê làm dày mô m m c a khuôn m t c d ng l i. D li u mô m m th ng kê c thu th p d a trên hai k thu t chính. K thu t ti p xúc tr c ti p nh vì c c m kim trên u c a t thi o dày mô m m các v trí xác nh. K thu t ti p xúc gián ti p dùng s h tr c a các k thu t hi n i nh sóng siêu âm, ch p c ng h ng t , ch p c t l p và dày mô m m c o trên hình nh c a h p s . Vì, mô m m d ng l i m t là giá tr trung bình c a d li u th ng kê, nên, mô hình ba chi u khuôn m t c xây d ng không mang c thù cá nhân.

gi i quy t h n ch này, thay vì tính giá tr trung bình c a d li u th ng kê chúng tôi t i n hành hu n luy n t p d li u mô m m cùng v i d li u v s o trên s tìm ra m i liên h gi a các s o s và dày mô m m. Hai c s d li u s o s và dày mô m m c thu th p trên c s d li u u ng i Vi t c ch p c t l p. dày mô m m c coi là d li u c n d oán, s o h p s là các d li u u vào. K t qu c a quá trình hu n luy n là các ph ng trình cho phép tính ra dày mô m m t s o s t i các v trí i m m c trên t ng h p s u vào. Chúng tôi dùng hai cách ti p c n hu n luy n: Cách ti p c n h i qui tuy n tính và ti p c n dùng m ng n -ron.

H i qui tuy n tính

M i c p u vào u ra t ng ng v i m t s o s và m t dày mô m m c áp d ng tìm ph ng trình h i qui tuy n tính. Chúng tôi l a ch n ra các ph ng trình có giá tr t ng quan > 0.6 [1] làm k t qu . Ph ng trình v i giá tr t ng quan > 0.6 là ph ng trình th hi n t t m i liên h gi a giá tr u ra u vào theo các chuyên gia pháp y. Các ph ng trình mà chúng tôi l a ch n c li t kê B ng 6.4 (Ph l c 4).

Mạng n -ron

Chúng tôi dùng mạng n -ron để ra các trạng thái tính ra dày mô m m các số s . Mạng n -ron c dùng g m hai tầng đi n t i n. Hàm ho t ng sigmoid t ng n. Hàm truy n tuy n tính t ng ra. M i dày mô m m chúng tôi th c hi n dùng l n l t các mô hình hu n luy n t ng n g l n l t v i m t, hai, ho c ba số s u vào. B số s u vào và dày mô m m c hu n luy n b ng mạng n -ron c bi u đi n trong B ng 6.5 (Ph l c 4).

4.2.1.3 N i suy thêm dày mô m m

Mô m m t i m i i m m c trên mô hình ba chi u c a s c i đi n b i m t kim g n vuông góc v i b m t mô hình ba chi u c a s t i i m m c. dày mô m m là dài c a kim t ng ng. H th ng kim này không c phân b ng u trên mô hình ba chi u c a s do ch có 44 i m m c. M t s vùng nh má, hàm, u m i, trán v i ít kim s thi u chính xác. Vì v y, chúng tôi thi t k h th ng t ng b sung các kim ph g n lên mô hình ba chi u c a s t ng hi u qu bi n i m t m u.

Ph ng pháp thêm kim ph c mô t nh sau. Kim ph C v i dài c c b sung vào m t v trí nào ó trong m t vùng. Ch n hai kim A v i dài A và B v i dài B g n v trí g n kim C nh t. Chúng ta gi s dùng A₁ và A₂ là hai u kim g n trên mô hình ba chi u c a s và mô hình ba chi u khuôn m t t ng ng, t ng t i v i các u kim B₁, B₂, C₁ và C₂. Vi c xác nh v trí u kim c a kim C c th c hi n theo thu t toán N i_Suy_Kim c trình bày d i đây:

Thu t toán 4.3 N i_Suy_Kim
<p><i>u vào:</i> kim A v i dài A và hai u A₁, A₂; kim B v i dài B và hai u B₁, B₂.</p>
<p><i>u ra:</i> kim C v i dài c và hai u C₁, C₂.</p>
<p>1. Xác nh t s n i suy α th a m ãn $\frac{C_1 A_1}{C_1 B_1} = -\alpha$.</p>
<p>2. Xác nh t a c a u kim g n trên s C₁ c a kim C theo công th c sau:</p> $C_{1x} = \frac{A_{1x} + \alpha B_{1x}}{\alpha + 1}, \quad C_{1y} = \frac{A_{1y} + \alpha B_{1y}}{\alpha + 1}, \quad C_{1z} = \frac{A_{1z} + \alpha B_{1z}}{\alpha + 1}$
<p>3. i u ch nh t a u kim C₁ sao cho u kim này n m trên b m t mô hình ba chi u c a s .</p>
<p>4. N i suy chi u dài kim C nh sau: $\phi_C = \frac{\phi_A + \alpha \phi_B}{\alpha + 1}$</p>
<p>5. Xác nh u kim C₂ g n trên m t c a c a C nh sau</p>

$$C_{2x} = C_{1x} + \phi_C * \vec{i}_x \quad C_{2y} = C_{1y} + \phi_C * \vec{i}_y \quad C_{2z} = C_{1z} + \phi_C * \vec{i}_z$$

Trong đó $\vec{i}_x, \vec{i}_y, \vec{i}_z$ là các vec-tơ đơn vị của ba trục tọa độ.

Kim mìn c n i suy theo trình t xác nh u kim g n trên mô hình ba chi u c a s , dài kim. T ó, xác nh ra u kim g n trên mô hình ba chi u khuôn m t ph c v cho bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u (Hình 4.9). T s n i suy c tính b c (1). B i vì, u kim C_1 c tính theo công th c b c (2) có th không n m trên b m t mô hình ba chi u c a s , chúng ta c n hi u ch nh sau cho u kim này ph i n m trên b m t mô hình ba chi u c a s b c (3). th c hi n i u này chúng ta xác nh tam giác trong l i b m t mô hình ba chi u c a s b c t b i kim C . V n t ra là có th có nhi u h n m t tam giác th a măn i u ki n này và v i nhi u tam giác c a l i b m t t c tìm ki m s ch m. kh c ph c tr ng i này chúng tôi s d ng thu t toán tìm ki m chi u r ng u tiên trong s các tam giác k c a hai tam giác mà hai kim A và B g n vào. Sau ó, hi u ch nh t a c a C_1 v tam giác tìm c. B c (4) th c hi n n i suy dài kim C dài hai kim A và B . Cu i cùng, b c (5) xác nh u kim C_2 g n trên mô hình ba chi u khuôn m t.

4.2.2 Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ng RBF

Sau khi xác nh các m c o trên mô hình ba chi u c a s , c l ng và n i suy dày mô m m, chúng tôi th c hi n bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u cho kh p v i mô hình ba chi u c a s theo thu t toán *Bi n i M t M u* sau:

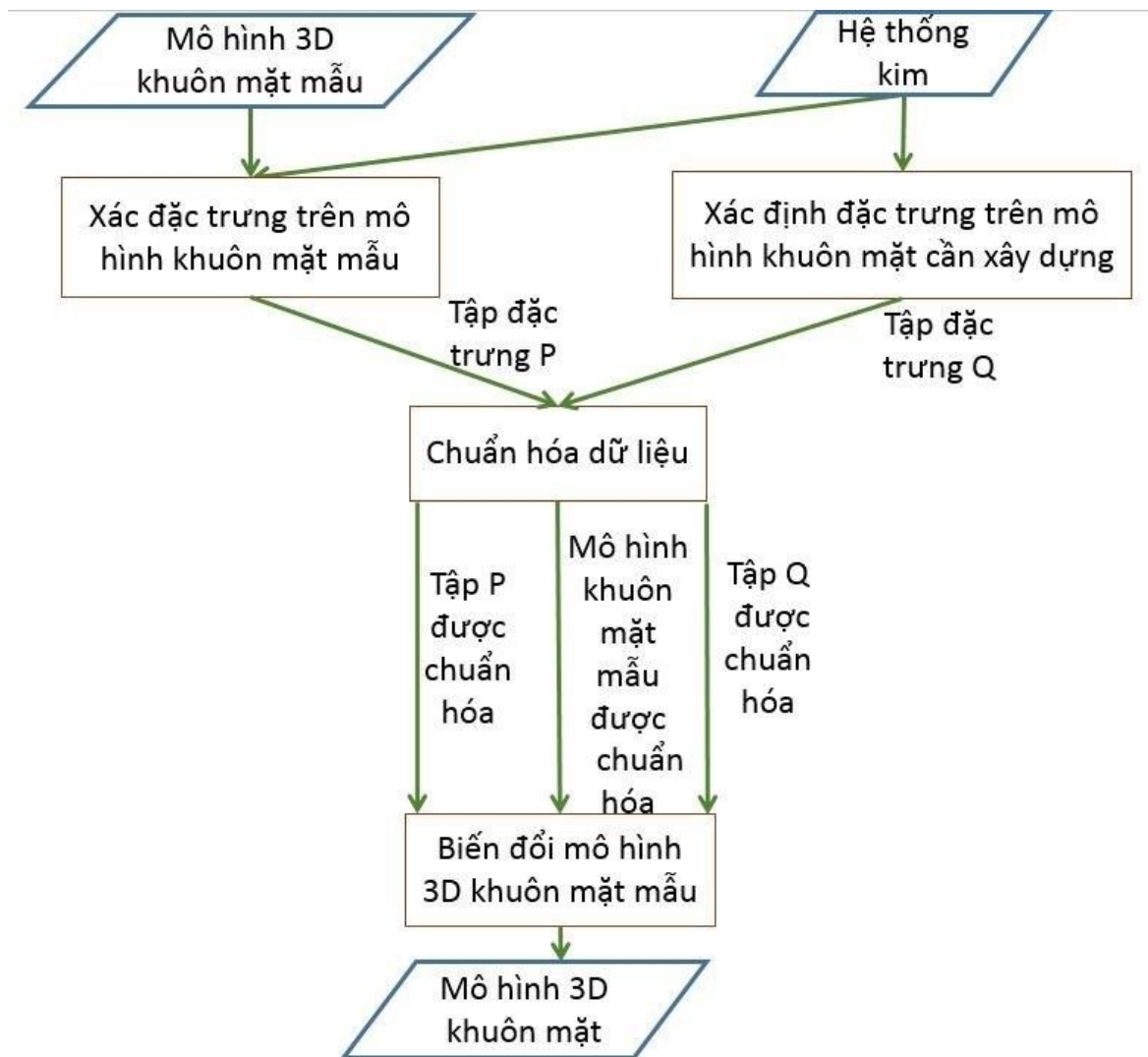
Thu t toán 4.4 <i>Bi n i M t M u</i>
<i>u vào:</i> Mô hình ba chi u khuôn m t m u M_M và h th ng kim K
<i>u ra:</i> Mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i M_{KQ}
1. Xác nh t p c tr ng P trên mô hình ba chi u khuôn m t m u M_M d a vào h th ng kim K
2. Xác nh t p c tr ng Q trên mô hình ba chi u khuôn m t c n xây d ng M_{KQ} d a vào h th ng kim K
3. Chu n hóa mô hình ba chi u khuôn m t m u M_M , t p P , và t p Q tính c hai b c (1), và (2).
4. Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u d a trên t p P và Q chu n hóa b c (3) b ng m ng RBF c mô hình ba chi u khuôn m t k t qu M_{KQ}



Hình 4.9: Nội suy kim

biên mô hình ba chi u khuôn m t m u (Hình 4.10), tr c h t, t a ba chi u c a các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u c xác nh t ng ng v i các m c o trên mô hình ba chi u c a s b c (1). i v i 44 m c o xác nh trên mô hình ba chi u c a s , d dàng xác nh t a ba chi u c tr ng t ng ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u. Còn i v i các m c o sinh ra do quá trình n i suy thêm dày mô m m, chúng ta xác nh các c tr ng ba chi u trên mô hình ba chi u khuôn m t m u nh sau. xác nh c tr ng C' trên mô hình ba chi u khuôn m t m u t ng ng v i kim C c n i suy, chúng tôi xác nh hai c tr ng A' và B' trên mô hình ba chi u khuôn m t m u c a kim A và B (hai kim dùng n i suy kim C). Ti p theo, chúng tôi xác nh i m O là tâm c a kh i h p bao mô hình ba chi u khuôn m t m u và trung i m M c a o n $A'B'$. Sau ó, thu t toán tìm ki m chi u r ng u tiên c s d ng tìm ra giao i m c a o n th ng OM và b m t mô hình ba chi u khuôn m t m u. Giao i m này chính là c tr ng C' c a kim

C trên mô hình ba chi u khuôn m t m u. G i P là t p g m N i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u.



Hình 4.10: Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u

T i b c (2), d a vào v trí các i m m c trên mô hình ba chi u c a s , d a vào dày mô m m g n li n v i các i m m c này, chúng tôi xác nh ra các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t c n d ng l i. G i Q là t p g m N i m các i m c tr ng ba chi u trên mô hình ba chi u khuôn m t c n d ng l i. Trong b c (3), chúng tôi chu n hóa hai t p i m P và Q này sao cho chúng có cùng h ng và g c t a n m tr ng tâm c a t ng t p i m, quá trình này c trình bày c th Ph n 4.2.2.1. Trong b c (4), chúng tôi dùng ba m ng RBF hu n luy n bi n i t ng thành ph n t a c a t p i m Q v t p i m P . Các tham s t b hu n luy n này c dùng bi n i toàn b i m trên mô hình ba chi u khuôn m t m u c mô hình ba chi u khuôn m t mong mu n. C th c trình bày trong Ph n 4.2.2.2.

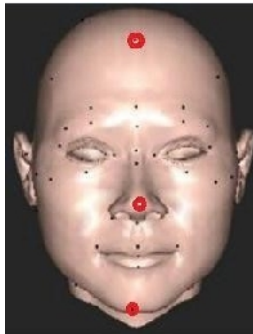
4.2.2.1 Chuẩn hóa đường li u trên mô hình ba chi u khuôn m t m u

Chúng ta ã bi t, P là t p các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u, Q là t p các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t c n tái t o. Hai t p này c n c chuẩn hóa tr c khi bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u. Trong t p Q , chúng tôi ch n ba i m Q_u, Q_v và Q_k t ng ng v i các i m nh m i, nh trán và c m (Hình 4.11). Trong t p P , b n i m P_u, P_v, P_k và P_t c l a ch n t ng ng v i i m nh m i, nh trán, c m và trán ph i. Chúng tôi th c hi n chu n hóa sao cho tr ng tâm c a t p P, Q và mô hình ba chi u khuôn m t m u trùng v i nhau. G c t a c a h tr c t a trùng v i tr ng tâm này. Chu n c a các i m trong t ng t p nói trên t i g c t a ã gi ng nhau.

Thu t toán *Chu n Hóa Đường li u* m b n b c nh sau:

Thu t toán 4.5 <i>Chu n Hóa Đường li u</i>
<p><i>u vào:</i> T p Q ã xác nh ba i m Q_u, Q_v, Q_k và t p P ã xác nh b n i m P_u, P_v, P_k, P_t.</p> <p><i>u ra:</i> Hai t p Q và P chuẩn hóa cùng tr ng tâm.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. T p i m P c t nh t i n theo h ng c a vec-t $P_u Q_u$. Nh v y t p i m b bi n i sao cho P_u và Q_u trùng nhau. 2. Gi P_u là i m g c, co giã n toàn b các i m P_i c a t p P theo h ng $\overrightarrow{P_u P_i}$ v i t l $(Q_u Q_v)/(P_u P_v)$. Do v y ta ã bi n i t p P sao cho $\ P_u P_v\ = \ Q_u Q_v\$. 3. Xác nh phép quay th a m ãn: Tr c quay là vec-t pháp tuy n c a m t ph ng (P_u, P_v, Q_v) g c t i P_u và sau phép quay P_v trùng v i Q_v. 4. Xác nh phép quanh quanh tr c $(P_u P_v)$ và góc quay . Phép quay th a m ãn i u ki n n u áp d ng cho P_k thì sau phép quay P_k s n m trên m t ph ng (P_u, P_v, Q_k). $\angle P_k < \angle P_t$. Áp d ng phép quay cho $P_t, \angle P_t < \angle P_u$. Sau khi c xác nh, phép quay này c áp d ng cho toàn b t p P.

Sau khi chuẩn hóa mô hình ba chi u khuôn m t m u và các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t c n d ng l i ã c s p v i nhau.



Hình 4.11: Các điểm mốc chuẩn hóa để biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt

4.2.2.2 Biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt bằng RBF

Chúng tôi biến đổi mô hình ba chiều khuôn mặt bằng mạng RBF (Phần 1 c) để kết hợp với đầy đủ mô hình tính toán và đầy đủ mô hình suy. Các điểm mốc trong tập P của mô hình ba chiều khuôn mặt là tâm của các hàm RBF. Ba mạng RBF cục bộ được huấn luyện thành phần x, y, z biến đổi tập P sang tập Q .

$$p(x, y, z) = q(RBF(x_p), RBF(y_p), RBF(z_p)) \quad (4.1)$$

Mạng RBF mô tả biến đổi

$$f(\vec{p}_i) = \sum_{j=1}^N w_j h_j(\vec{p}_i) \quad (4.2)$$

Trong đó N là số điểm mốc. \vec{p}_i là một thành phần của các điểm mốc biến đổi i , w_j là trọng số tuyến tính cần xác định thông qua việc huấn luyện tập điểm mốc P và Q . h_j là hàm bán kính Gauss. Chúng tôi chọn hàm bán kính Gauss của ra trong [60] như sau:

$$h_j(\vec{p}_i) = \sqrt{\|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|^2 - s_j^2} \quad (4.3)$$

Trong đó $s_j = \min_{j \neq i} \|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|$ là khoảng cách nhỏ nhất giữa các điểm mốc p_j trong P tới p_i với $j \neq i$.

Từ các điểm mốc trong tập P và Q ta huấn luyện ra các trọng số w_j như sau: Với biến đầu vào $\vec{w} = (w_1, \dots, w_N)$, ta gọi $C(\vec{w})$ là hàm mất mát của \vec{w} .

$$C(\vec{w}) = \vec{e}^T \vec{e} + \lambda \vec{w}^T \vec{w} \quad (4.4)$$

Trong đó là tham số ki m soát (*regularization parameter* $\vec{e} = \vec{y} - H\vec{w}$ vectơ lỗi) (khác biệt giữa giá trị thực của các tập dữ liệu trên bộ dữ liệu huấn luyện và giá trị tính ra theo mô hình RBF) và $H_{ij} = h_j(p_i)$.

T 4.4 ta có

$$w = A^{-1}H^T y \quad (4.5)$$

Với $A = H^T H + I$, I là ma trận đơn vị $n \times n$.

Sau khi có các trọng số suy ra cho mô hình RBF. Áp dụng cho toàn bộ các điểm còn lại trên mô hình ba chi u huấn luyện, ta có các mô hình ba chi u huấn luyện kiểm tra khi áp dụng cho các điểm thuộc bộ dữ liệu huấn luyện.

4.2.3 Tính hiệu quả và phức tạp các thuật toán

Trong chương này, chúng tôi đưa ra các thuật toán 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 và 4.5. Thuật toán 4.3 khai triển biểu thức (3) và thuật toán 4.4 khai triển biểu thức (5) của thuật toán 4.2. Thuật toán 4.5 khai triển biểu thức (3) của thuật toán 4.4. Do vậy, chúng tôi sẽ trình bày tính hiệu quả của các thuật toán trong chương này theo thứ tự thuật toán 4.5, 4.4, 4.3, 4.2 và 4.1.

Mệnh đề 4.1: Với hai bộ dữ liệu huấn luyện, thuật toán *Chuẩn Hóa Dữ Liệu* luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra tập điểm chuẩn hóa mong muốn.

Chứng minh: Ba điểm P_u, P_v, P_k nằm trên trục nhân trung tâm mô hình huấn luyện. Q_u, Q_v, Q_k nằm trên trục nhân trung tâm mô hình kiểm tra. Phép dịch chuyển tập dữ liệu (1) và phép quay ba chi u kết hợp hai phép quay tập dữ liệu (3) và (4) biến đổi hai tập dữ liệu P và Q sao cho hai mặt phẳng (P_u, P_v, P_k) và (Q_u, Q_v, Q_k) trùng nhau. Phép co giãn tập dữ liệu (2), co giãn các điểm thuộc tập dữ liệu P_u theo tỉ lệ $(Q_u Q_v) / (P_u P_v)$, nên, $\|P_u P_v\| = \|Q_u Q_v\|$. Kiểm tra hai tập dữ liệu P và Q sẽ gặp

Mệnh đề 4.2: Phức tạp của thuật toán 4.5 *Chuẩn Hóa Dữ Liệu* là $O(n)$ với n số lượng điểm thuộc tập dữ liệu P (hoặc Q).

Chứng minh: Bước (1) gồm $3 \times n$ phép cộng cho tổng tỉ lệ biến đổi ba chi u tập dữ liệu. Do vậy, phức tạp là $O(n)$. Tập dữ liệu (2) tính tỉ lệ $(Q_u Q_v) / (P_u P_v)$ có phức tạp $O(1)$. Còn phép co giãn $3 \times n$ phép nhân có phức tạp $O(n)$. Nên bước (2) có phức tạp $O(n)$. Tập dữ liệu (3), xác định vectơ pháp tuyến có phức tạp $O(1)$, xác định phép quay có phức tạp $O(1)$. Với bước (3) có phức tạp $O(1)$. Tổng cộng, xác định phép quay có phức tạp $O(1)$. Thứ hai kết hợp hai phép quay của bước (3) và (4) cho toàn bộ tập dữ liệu P có phức tạp $O(n)$. Như vậy, thuật toán có phức tạp $O(n)$.

Mệnh đề 4.3: Với hình thức kim K h u h n và mô hình khuôn m t m u M_M , thuật toán $Bi\ n_{-} \ i_M \ t_M$ u luôn k t thúc sau h u h n b c và cho ra mô hình khuôn m t mong mu n.

Ch ng minh: T i b c (1), vì h th ng kim K g m h u h n kim, ta luôn luôn xác nh c t p i m t ng ng trên mô hình khuôn m t m u t ng ng v i h th ng kim K. T ng t , t i b c (2), ta luôn xác nh c t p i m Q trên m t c n xây d ng. Chu nh hóa d li u t i b c (3) c th c hi n theo thu t toán 4.5. T i b c (4), vì c bi n i mô hình khuôn m t m u b ng cách hu n luy n m ng RBF s cho ra mô hình ba chi u khuôn m t nh mong mu n. i u này úng vì, th nh t trên mô hình ba chi u khuôn m t m u, chúng tôi xác nh c duy nh t b các i m c tr ng P. Th hai, vì c t o ra b m t ba chi u (khuôn m t) t t p i m c tr ng ba chi u c a khuôn m t Q bi t tr c là bài toán n i suy d li u r i r c. Nh trình bày trong ph n ph l c 2 $Bi\ n_{-} \ i\ b\ m\ t\ ba\ chi\ u\ d\ a\ vào\ hàm\ bán\ kính\ c\ s$, hàm bán kính c s ph thu c d li u. Trong tr ng h p c a chúng tôi, chúng tôi dùng 44 i m c tr ng cùng các c tr ng n i suy. Trong khi, ch dùng 44 i m c tr ng ban u ã m b o hình d ng c a khuôn m t. Do v y, chúng tôi thu c mô hình khuôn m t mong mu n.

Mệnh đề 4.4: ph c t p c a thu t toán 4.4 $Bi\ n_{-} \ i_M \ t_M$ u là $O(n^3)$ v i n là s nh c a khuôn m t m u.

Ch ng minh: T i b c (1), ph c t p khi xác nh 44 c tr ng chu n là $O(1)$, v i các c tr ng n i suy, ph c t p ph thu c thu t toán tìm ki m theo chi u r ng. Thu t toán này có ph c t p x u nh t là $O(n_1^2)$ với n_1 là s nh c a th. Chúng tôi gi i h n mi n tìm ki m là t ng vùng trên khuôn m t (m i, mi ng, má,...) nh v y s nh n_1 c a th nh h n s nh c a khuôn m t m u r t nhi u. B c (2) g m $n_2 * 3$ phép c ng v i n_2 là s i m c tr ng, v y ph c t p là $O(n_2)$. B c (3) th c hi n thu t toán $Chu\ n_Hóa_D_Li\ u$ có ph c t p $O(n_2)$ nh phân tích trên. B c (4) dùng m ng RBF x p x mô hình khuôn m t k t qu. B c này g m 2 giai o n: Hu n luy n m ng RBF và bi n i khuôn m t. M ng RBF th c ch t là m ng N -ron v i l t ng u vào, l t ng n và l t ng u ra. Trong ó, hàm kích ho t các n -ron t ng n là hàm bán kính c s. Hàm u ra là hàm tuy n tính. Chúng ta hu n luy n m ng RBF sao cho sai s u ra là nh nh t. Vì c này c th c hi n b ng ph ng pháp lan truy n ng c. Dùng lan truy n ng c thì s ph i tr i qua nhi u vòng l p, t i a là 100. V i n_2 là s l ng i m c tr ng dùng hu n luy n m ng RBF. ph c t p là $O(n_2^3)$. Bi n i khuôn m t trên n nh c a khuôn m t m u, ph c t p là $O(n)$. V y ph c t p x u nh t c a b c này là $O(n^3)$ v i $n_2 = n$. V y ph c t p c a thu t toán này là $O(n^3)$ v i n là s nh c a khuôn m t m u.

Mệnh đề 4.5: Thuật toán $N_i_Suy_Kim$ luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra kim mong muốn.

Chứng minh: Theo bước (1), với C_1 bất kỳ, chúng ta luôn giải được bài toán n_1 suy. Theo bước (2), ta luôn tìm được kim trên số xác định duy nhất theo bài toán n_1 suy. Theo bước (3), luôn tồn tại một số C_1 trên bảng mà tất cả các kim đều có giá trị C_1 và tất cả các kim đều có giá trị C_1 trên bảng. Theo bước (4), để tìm được kim C chỉ cần tìm kiếm các kim A, B và tất cả các kim C_1 trên bảng cùng chỉ số kim C xác định thì xác định được kim C_2 trên bảng. Số lượng kim hữu hạn nên thuật toán kết thúc sau hữu hạn bước. Do vậy, thuật toán chứng minh.

Mệnh đề 4.6: Độ phức tạp của thuật toán 4.3 $N_i_Suy_Kim$ có độ phức tạp là $O(n^2)$ và n là số nhà mô hình số.

Chứng minh: Giả sử ta cần tìm kiếm 44 kim cho trước ($n_1 \leq 44$). Bước (1) có độ phức tạp $O(n_1)$. Bước (2) gồm $3 * n_1$ phép nhân, $3 * n_1$ phép chia, $6 * n_1$ phép cộng, do vậy, độ phức tạp là $O(n_1)$. Bước (3) có độ phức tạp tìm kiếm theo chỉ số. Giả sử n_2 là số nhà vùng tìm kiếm (vùng má, m i,...). Độ phức tạp của bước này là $O(n_2^2)$. Trường hợp xấu nhất là tìm kiếm trên toàn bộ số gồm có n nhà là $O(n^2)$ vì $n_1 < n$ và $n_2 \leq n$. Bước (4) có độ phức tạp $O(n_1)$. Bước (5) tương đương bước (2) có độ phức tạp $O(n_1)$. Vậy thuật toán có độ phức tạp $O(n^2)$ □.

Mệnh đề 4.7: Thuật toán $D_ng_Khuôn_M_t_Ba_Chi_u_T_S$ luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra mô hình ba chi u khuôn mong muốn.

Chứng minh: Theo bước (1), hình ảnh trong không gian hữu hạn nên luôn xác định được hình ảnh và các số. Theo bước (2), sau khi có các số, luôn xác định ra đầy đủ mô hình theo công thức xác lập thuật toán 4.1. Theo bước (3), các kim mới tìm được theo thuật toán 4.3. Theo bước (4), hình ảnh kim hữu hạn, nên luôn xác định được các hình ảnh trên mô hình khuôn mặt tương ứng với các hình ảnh trên số. Theo bước (5), khuôn mặt mới tìm được như mong muốn như thuật toán 4.4 $B_i_n_i_M_t_M_u$.

Mệnh đề 4.8: Độ phức tạp của thuật toán 4.2 $D_ng_Khuôn_M_t_Ba_Chi_u_T_S$ là $O(n^3)$ và n là số nhà mô hình khuôn mặt.

Chứng minh: Giả sử n là số nhà mô hình khuôn mặt. Bước (1) để tìm được hình ảnh tay. Bước (2) có độ phức tạp $O(n_1)$ và n_1 là số nhà đầy đủ mô hình. Với hình ảnh đầy đủ mô hình thay vào công thức tính toán với hữu hạn phép cộng, trừ, nhân, chia. Bước (3) có độ phức tạp $O(n_2)$ và $n_2 < n$ là số kim mới tìm được. Bước (4) độ phức tạp tìm kiếm theo chỉ số. Giả sử n_3 là số nhà vùng tìm kiếm (vùng má, m i,...). Độ phức tạp của bước này là $O(n_3^2)$. Bước (5) có độ phức tạp $O(n^3)$ như phân tích thuật toán $B_i_n_i_M_t_M_u$. Vậy thuật toán có độ phức tạp $O(n^3)$ □.

Mô hình 4.9: Thuật toán Xác định Công Thức Tính Độ Mềm luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra các công thức tính kim mong muốn.

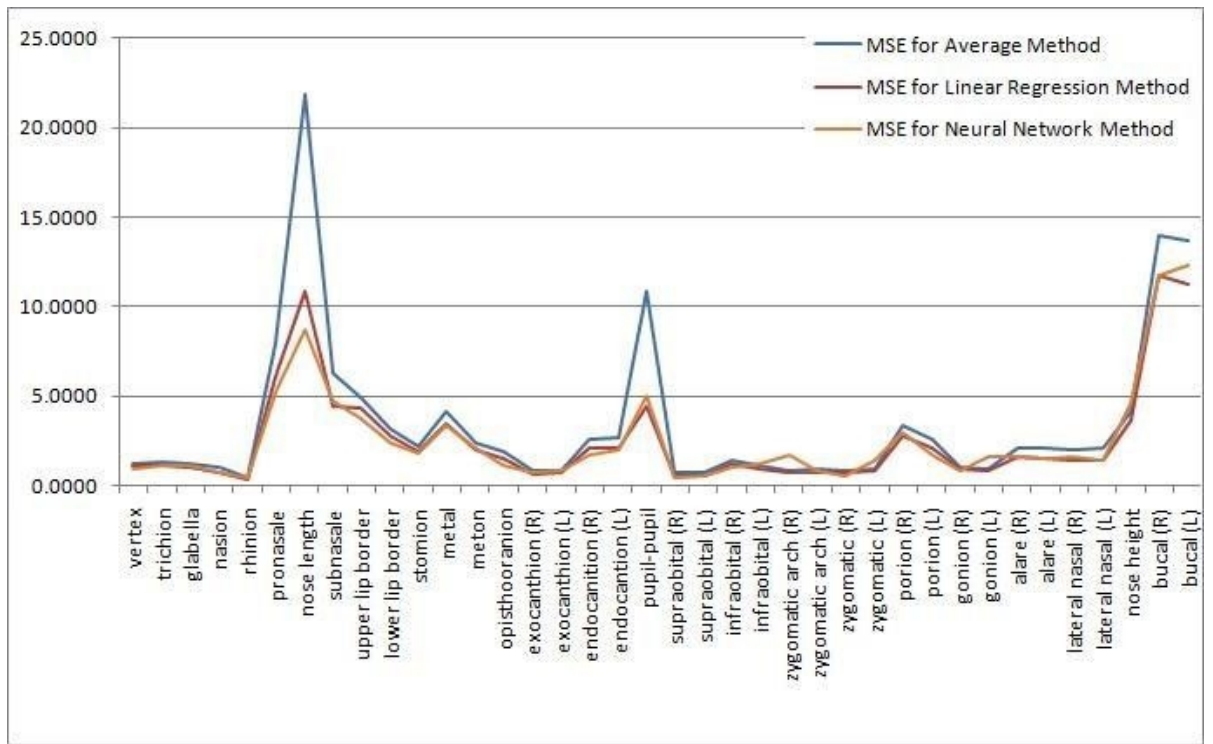
Chứng minh: Thuật toán này, bất kể thuật toán tối ưu hóa nào cũng có thể sử dụng để tối ưu hóa các hàm thực. Chúng tôi dùng thuật toán lan truyền ngược để tính các đạo hàm riêng của các hàm liên biến. Chúng tôi sử dụng thuật toán huấn luyện Levenberg - Marquardt. Như các thuật toán tối ưu khác, thuật toán Levenberg - Marquardt là một thuật toán lặp. Bất tu gì mà tối ưu, ngay cả khi cung cấp một dự đoán ban đầu cho các vector tham số. Trong trường hợp có một điểm tối ưu, thuật toán sẽ hội tụ. Trong trường hợp vô hạn điểm tối ưu, các thuật toán hội tụ chỉ khi dự đoán ban đầu gần với giá trị pháp. Vì quy trình này, chúng tôi áp dụng một phương pháp ngắn gọn sau. Chúng tôi bắt đầu quá trình huấn luyện với tất cả các dữ liệu vào. Chúng tôi huấn luyện mô hình và ghi lại các hoạt động của sự thay đổi sai. Sau đó, chúng tôi cố gắng loại bỏ một phần dữ liệu vào và huấn luyện lại mô hình. Nếu hiệu suất trên tập huấn luyện sai này là tốt hơn, chúng tôi quay trở lại bước trước. Nếu không, giá trị của tập dữ liệu và tập tham số quá trình này cho đến khi tất cả các dữ liệu vào tốt hơn. Lúc này, chúng tôi có một quan hệ tốt giữa dữ liệu vào và đầu ra. Hay nói cách khác, thuật toán hội tụ.

4.3 Th nghiệm và đánh giá

4.3.1 Xác định công thức tính độ mềm

Các mô số σ/m và độ mềm mô các kim loại điển hình ở các và lập thành các chuỗi số, độ mềm mô trên chuỗi số này có thể tính được bằng công thức (2.20) của [1]. Các chuỗi số độ mềm mô và số σ , chúng tôi huấn luyện tìm ra công thức tính độ mềm mô dựa trên số σ bằng phương pháp hồi quy tuyến tính và mô hình -ron.

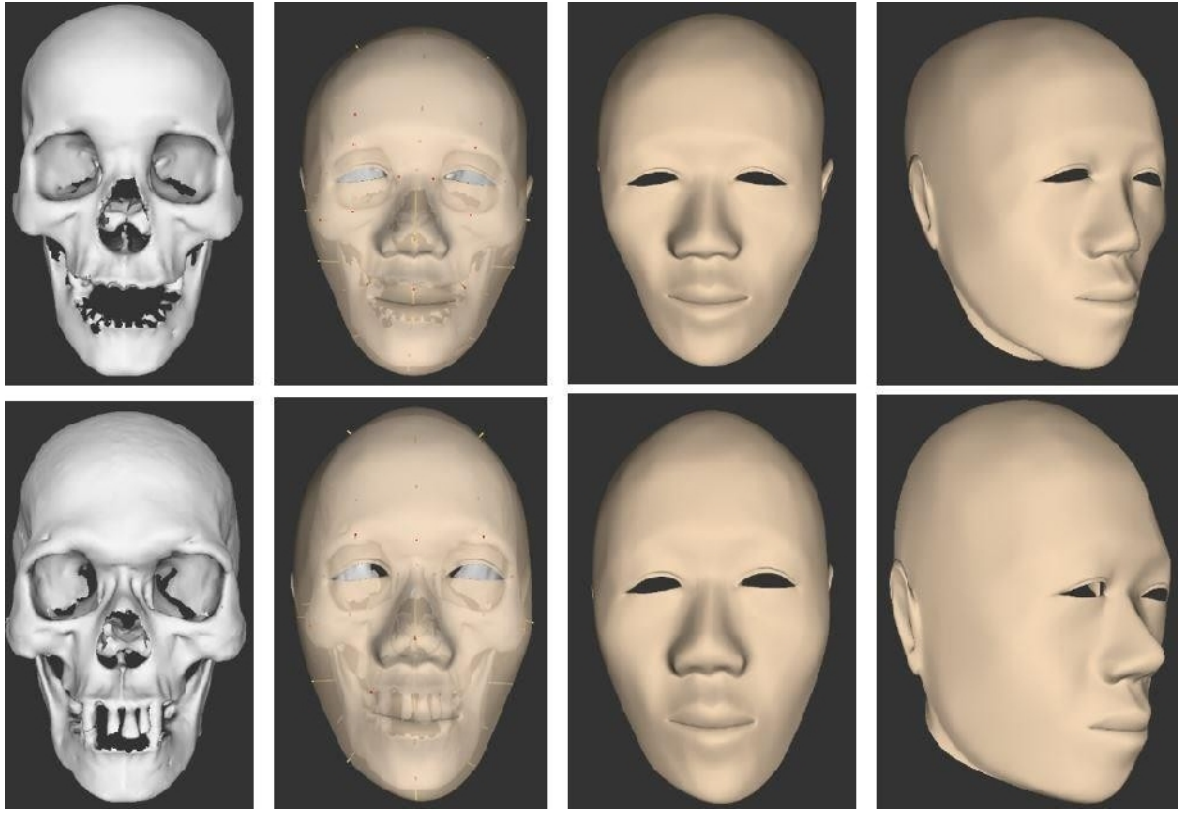
Chúng tôi so sánh ba phương pháp dùng mô hình -ron, phương pháp hồi quy tuyến tính và phương pháp lấy trung bình khi tính độ mềm mô bằng việc so sánh trung bình sai phương (Mean Square Error - MSE). Hình 4.12 cho thấy mối liên hệ giữa độ mềm mô và số σ của huấn luyện theo mô hình -ron thì phương pháp lấy trung bình và phương pháp hồi quy tuyến tính vì mô hình -ron không cần tính toán phức tạp.



Hình 4.12: th mô t trung bình sai ph ng.

4.3.2 D ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s

ánh giá hi u qu c a h th ng d ng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s trình bày trên, chúng tôi ti n hành d ng hai khuôn m t th t c a ng i Vi t. Vi c th nghi m c ti n hành nh sau. Chúng tôi dùng d li u u quét c a hai ng i. T d li u u quét này, chúng tôi có c d li u s quét l n m t quét. T d li u s quét, chúng tôi d ng l i khuôn m t c a hai ng i. Hình 4.13 minh h a hai khuôn m t k t qu . Sau ó chúng tôi ti n hành ánh giá k t qu b ng hai ph ng pháp: l y ý ki n nh n xét ph n h i t các chuyên gia và so sánh mô hình ba chi u khuôn m t xây d ng và khuôn m t quét.



Hình 4.13: Hai mô hình ba chi u khuôn m t k t qu

ánh giá t các chuyên gia

Mô hình ba chi u khuôn m t c tái t o c chúng tôi ti n hành l y ý ki n ánh giá c a các chuyên gia và h i ng th m nh v : (i) Các c i m v ch ng t c; (ii) Các c i m v gi i tính; (iii) tu i; (iv) Các c i m mô t . V i các c i m (i), (ii) và (iii), khuôn m t tái t o t yêu c u. Riêng c i m mô t (ki u m t, ki u m t, ki u m i, ki u tai, ki u môi) phù h p t 70%. T l này c gi i thích nh sau, khi ti n hành tái t o chúng tôi ch a th c hi n vi c t o ra các m u ki u tai khác nhau do v y m t ki u tai c áp d ng cho t t c các mô hình ba chi u khuôn m t c tái t o. T ng t m i m t chúng tôi ch a ti n hành t o m u khác nhau nên nh h ng n hình thái m t nói chung. i v i ki u m i chúng tôi ti n hành dùng m u m i h i h ch ph bi n c a ng i Vi t Nam ch a tùy bi n cho các ki u khác nh ki u “vuông góc” và m i “nhòm m m”. V i v y, c i m mô t ch a t c t l cao khi c các chuyên gia ánh giá.

ánh giá nh l ng

ánh giá m t cách nh l ng chúng tôi s d ng cách ti p c n hình h c nh sau. Chúng tôi ti n hành ch p CT u ng i (bao g m c s và khuôn m t). D li u s và khuôn m t c s hóa thành các mô hình ba chi u c a s và khuôn m t b i

các phần mềm đi kèm thì t bị quét. Mô hình ba chi u khuôn m t c tái t o trên mô hình ba chi u c a s . Mô hình ba chi u khuôn m t tái t o và khuôn m t quét c so sánh nh sau. G i A là khuôn m t quét, B là mô hình ba chi u khuôn m t c tái t o.

Mi n R c nh ngh a là hình ch nh t bao nh nh t ch a hình chi u c a A và B lên m t ph ng. Chúng tôi chia hình ch nh t thành l i hình vuông n v và l y m u trên t ng nút c a l i này. T t c các m u g i là t p S.

Qua m i m u s_i c a t p S đ ng m t ng th ng l_i song song v i Oz. G i A_{i1} và A_{i2} là 2 giao i m c a l_i v i A. T ng t B_{i1} và B_{i2} là 2 giao i m c a l_i v i B l n l t t ng ng v i A_{i1} và A_{i2} .

Chúng tôi nh ngh a công th c tính l i trung bình nh sau:

$$E = \sum_{s_i \in S} (A_{i1}B_{i1} + A_{i2}B_{i2}) / |S| \quad (4.6)$$

Rõ ràng E càng nh s khác bi t gi a mô hình ba chi u khuôn m t tái t o và khuôn m t quét càng ít. B ng 4.1 ch ra l i trung bình này trên hai mô hình ba chi u khuôn m t th t chúng tôi tái t o v i phép bi n i khuôn m t RBF và RBF có thêm các dày mô m m c n i suy. Chúng ta nh n th y r ng, khi thêm dày mô m m, mô hình ba chi u khuôn m t k t qu t ng chính xác lên 20% so v i mô hình ba chi u khuôn m t ch dùng bi n i RBF.

Trong [43], kho ng cách gi a mô hình ba chi u khuôn m t đ ng l i và m t th t < 2.5mm m i ch t 54%, 65% và 77% ng v i ba tr ng h p mô hình ba chi u khuôn m t c đ ng l i. L i trung bình khi so sánh khuôn m t đ ng l i v i m t g c c a

B ng 4.1: L i trung bình c a hai ph ng pháp

H p s	RBF	RBF v i n i suy thêm kim
1	1.50mm	1.24mm
2	1.62mm	1.17mm

[17] là 1.14mm. Tuy nhiên, trong nghiên c u này, các tác gi dùng r t nhi u khuôn m t m u bi n i c xây đ ng t c s đ li u m t quét ba chi u. Khi so sánh các i m trên mô hình ba chi u khuôn m t đ ng l i và m t th t, có nh ng i m khác bi t lên t i 4mm. M t trong nh ng vùng kém chính xác là vùng m t, vùng liên quan nhi u n nh n đ ng.

4.4 K t l u n c h n g

Trong ch n g này chúng tôi ã trình bày thu t toán d n g mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s . u tiên, ã ãy mô m m c tính ra t s o s nh quá trình h c máy và ph n g trình h i qui tuy n tính thay vì tính b i giá tr trung bình nh các nghiên c u khác. N i suy thêm mô m m nh ng v trí ch a xác nh c ãy mô m m. Cu i cùng, m t mô hình ba chi u khuôn m t m u c bi n i b ng RBF sao cho kh p v i ãy mô m m c mô hình ba chi u khuôn m t k t qu . Thu t toán x u t làm gi m th i gian d n g l i khuôn m t k t qu . chính xác các vùng m t, c m và góc hàm c c i thi n. Nh v y, nâng cao hi u qu nh n d n g.

K t qu mô hình ba chi u khuôn m t d n g l i c ánh giá tích c c v m t nh tính. Các nh n nh v ch ng t c, gi i tính, và tu i t yêu c u. c i m mô t phù h p 70%. Khuôn m t k t qu c c i thi n chính xác v m t nh l n g. c bi t, khi bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ng RBF v i vi c n i suy thêm ãy mô m m, sai s c a mô hình ba chi u khuôn m t k t qu gi m i 20% khi so sánh v i ph n g pháp ch bi n i b ng RBF.

CHƯƠNG 5. TRÍCH CHỌN CÁC TRƯỜNG HÌNH TRÊN MÔ HÌNH BA CHIỀU

Công việc đánh dấu điểm trên mô hình ba chiều có thể hoàn toàn bằng tay bằng dùng có kiến thức nhân trên hình phẳng các chuyên gia pháp y. Vì cách tiếp cận này, chính xác điểm trích chọn được thu vào trình và kinh nghiệm của chuyên gia. Hơn nữa, số lượng điểm thì hạn chế.

Góp phần tăng chính xác của số lượng điểm, trong chương này, chúng tôi giới thiệu thuật toán trích chọn trường trên mô hình ba chiều. Khi có các trường trên mô hình ba chiều, các điểm là một tập con trong không gian trường này. Như vậy ta đã khoanh vùng các vị trí điểm. Thuật toán trích chọn trường ba chiều mô hình ba chiều xây dựng dựa trên việc kết hợp giữa phân hoạch và phép nhân chéo (Phần 3). Các phương pháp này có khả năng triển khai tính năng của những tính toán của chúng.

Chương này tiếp tục như sau. Trong Phần 5.1, chúng tôi giới thiệu các kỹ thuật trích chọn trường trên đa diện ba chiều nói chung. Thuật toán trích chọn trường góc và điểm trên mô hình ba chiều của chúng tôi trình bày trong Phần 5.2. Cuối cùng, kết quả thử nghiệm và đánh giá trình bày Phần 5.3.

5.1 Nghiên cứu liên quan

5.1.1 Trích chọn trường ba chiều dựa trên đa giác

Các phương pháp trích chọn trường trên đa diện ba chiều chia làm hai nhóm: Các phương pháp dựa trên đa giác [32, 34, 54, 85], và các phương pháp dựa trên điểm [20, 27, 67, 86].

Trích chọn trường dựa trên đa giác bao gồm hai bước: sinh lại đa giác và trích chọn trường trên lại đa giác. Trong [32, 54], đa diện quét ba chiều có biên đi nối đi để lại tam giác. Các trường của hình ảnh dựa trên hình ảnh của các mặt nên cần. Hình ảnh của trường (Phần 3) tính toán các công thức chính của trường, do vậy, tác giả tính toán công thức trích chọn các trường trong các tam giác. Các công thức chính liên hệ và những tính toán của tam giác T tính toán véc-tơ pháp tuyến của các trường. Véc-tơ pháp tuyến của các trường nên suy ra pháp tuyến của các trường. Khi trích chọn trường, tam giác chia làm hai loại: tam giác thông và tam giác kín. Tam giác thông là tam giác có tích vô hướng của pháp tuyến của công thức các trường tam giác là dương, còn lại là tam giác

n. Trong tam giác thặng, cạnh huyền là cạnh huyền của các hình vuông dựng trên các cạnh của nó thì ta nhận được tiêu chuẩn Pythagore và tiêu chuẩn Heron cho tam giác. Sau khi xét tất cả các tam giác thặng, cạnh huyền là cạnh huyền của các hình vuông dựng trên các cạnh của nó thì ta nhận được tiêu chuẩn Pythagore và tiêu chuẩn Heron cho tam giác. Sau khi xét tất cả các tam giác thặng, cạnh huyền là cạnh huyền của các hình vuông dựng trên các cạnh của nó thì ta nhận được tiêu chuẩn Pythagore và tiêu chuẩn Heron cho tam giác.

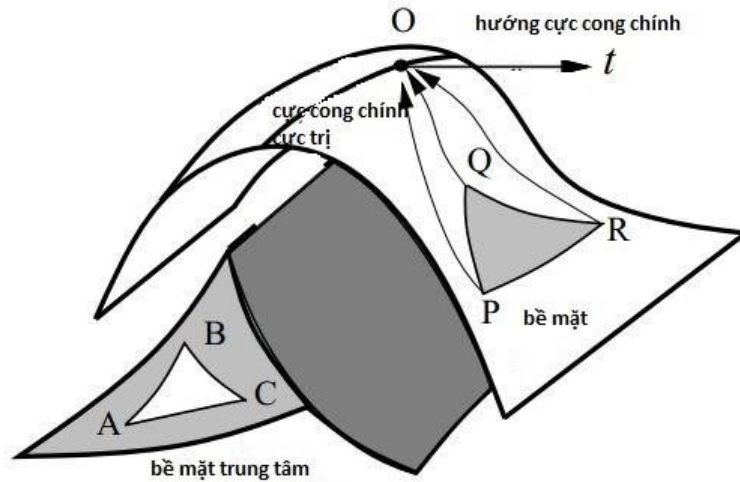
Trong [34], tác giả trích chọn các tam giác trên mặt phẳng, tác giả chia thành hai bộ phận: gán trọng số cho các cạnh của tam giác và trích chọn các tam giác.

gán trọng số cho các cạnh tác giả dùng một trong bốn phương pháp sau: vi phân bậc hai (*Second Order Difference - SOD*), vi phân bậc hai mở rộng (*Extended Second Order Difference - ESOD*), đa thức tốt nhất (*Best Fit Polynomial - BFP*) và góc giữa các đa thức tốt nhất (*Angle Between Best Fit Polynomial - ABBFP*) (Phần 1 c 3). Sau khi gán trọng số cho các cạnh của tam giác, tác giả tiến hành tìm kiếm quan trọng dựa vào trọng số, xây dựng các mô hình dựa vào các cạnh gán trọng số và tìm kiếm trọng số dựa vào thuật toán tìm kiếm trên các mô hình đã xây dựng.

Watanabe và Belyaev [85] cũng nghiên cứu công chính trên tam giác. Sau đó dùng các công cụ này để tính bề mặt trung tâm (*Focal surface*). Bề mặt trung tâm là bề mặt cong nhúng tại vị trí tâm của hai công chính liên tiếp và nhúng. Tổng hợp mặt tam giác trên tam giác sẽ có mặt tam giác trên bề mặt trung tâm (Hình 5.1). Mặt quan hệ với diện tích và pháp tuyến của các cạnh tam giác tương ứng này cũng dùng để trích chọn các cạnh.

5.1.2 Trích chọn cạnh ba chiều dựa trên diện tích

Các phương pháp dựa trên diện tích cũng dùng nhiều hạn chế vì không tính đến các thông tin của bề mặt như pháp tuyến, sắc tố, v.v. Trong [86], dựa vào là đám mây điểm, trước hết, tác giả xây dựng một tam giác trên dữ liệu này bằng cách lọc Delaunay. Dựa vào diện tích của tam giác để phân loại các điểm thành điểm bên trong, điểm ngoài, điểm biên và điểm góc. Sau đó các điểm ngoài và các điểm biên sẽ nối liền với nhau và làm trở nên thành các cạnh trích chọn (Hình 5.2).



Hình 5.1: Bề mặt và bề mặt trung tâm

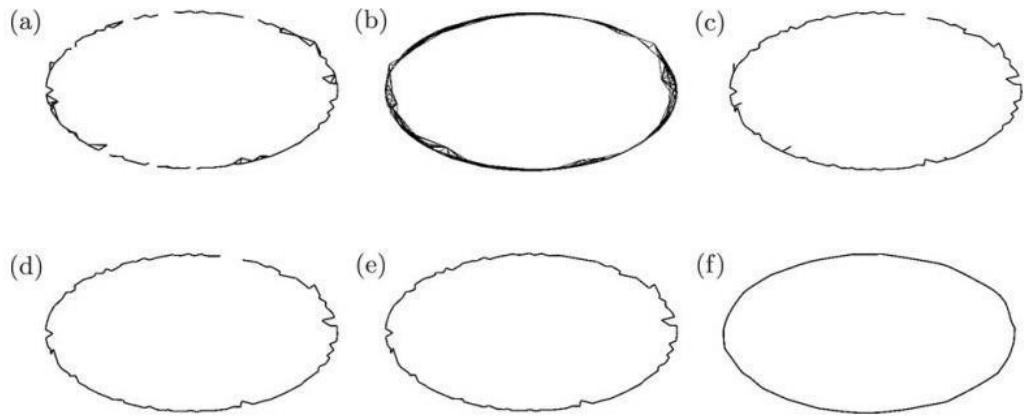


Hình 5.2: Lọc nhiễu và làm trơn các trục nguyên

Demarsin và cộng sự [20] tiến hành xác định các trục nguyên dựa trên việc xây dựng các trục. Trước hết, đám mây điểm được phân chia vào các pháp tuyến tại các điểm. Các cụm này liên kết với nhau tạo thành thớ láng giềng mô phỏng hình dáng thật. Sau đó, thớ được trích qua các bước thêm nữa, xây dựng cây bao trùm nhúng, cắt xén vào tạo thành khép kín có các trục nguyên hoàn chỉnh (Hình 5.3).

Gumhold và cộng sự [27] xét các thớ láng giềng gần nhất của mỗi điểm ba chiều. Họ dùng kỹ thuật phân tích thành phần chính PCA để phân tích các thớ láng giềng của mỗi điểm. Giá trị riêng và véc-tơ riêng của ma trận hiệp phương sai được tính xác suất khả năng mỗi điểm có là trục hay không và đó là trục loại gì. Pauly và cộng sự [67] mở rộng cách tiếp cận PCA cho các vùng láng giềng có kích thước khác nhau. Thuật toán của họ có thể nhận biết tất cả các loại trục.

Các phương pháp trích chọn trục dựa trên giả thiết yêu cầu phi sinh lý của trục và chính xác phụ thuộc vào loại trục phát sinh. Phương pháp này trích chọn trục trên bề mặt thật. Các phương pháp trích chọn trục dựa trên điểm không cần tính thông tin bề mặt như véc-tơ pháp tuyến và mối liên hệ giữa



Hình 5.3: Làm trơn và n i các th

các i m. Tuy nhiên, khi trích ch n c tr ng, t t c các i m bi u di n d li u u ph i c xét n. Chúng tôi mu n t n d ng nh ng u i m c a hai ph ng pháp trên tr i n khai thu t toán c a mình. Thu t toán xu t thu c ph ng pháp trích ch n c tr ng đ a trên i m và ch trích ch n c tr ng trên b m t i t ng.

5.2 Trích ch n c tr ng

Trong nghiên c u c a chúng tôi, mô hình ba chi u c a s là b m t l i tam giác ba chi u. t n d ng u i m c a ph ng pháp trích ch n c tr ng ba chi u đ a trên i m c ng nh gi a c u i m c a ph ng pháp đ a trên a giác, tr c tiên, chúng tôi ti n hành kh i hóa mô hình ba chi u c a s . Các nh c a m t kh i s c gán các giá tr 1 ho c -1. Sau ó, các k thu t trích ch n c tr ng c áp d ng trên d li u c kh i hóa. Chúng tôi xu t thu t toán *Trích_Ch n_ c_Tr ng* trích ch n i m c nh và góc c a mô hình ba chi u c a s nh sau:

Thu t toán 5.1 <i>Trích_Ch n_ c_Tr ng</i>
<i>u vào:</i> Mô hình ba chi u c a s .
<i>u ra:</i> Các i m c tr ng góc và c nh ba chi u c a mô hình ba chi u c a s
<ol style="list-style-type: none"> 1. Phân o n d li u mô hình ba chi u c a s thành các i m ba chi u nh n giá tr 1 ho c -1. i m có giá tr -1 là i m thu c bên trong mô hình ba chi u c a s , i m có giá tr 1 là i m bên ngoài mô hình ba chi u c a s . 2. Đ a vào h p MC (<i>marching cube</i>) [45] tìm ra t p các i m góc ng c viên thu c b m t mô hình ba chi u c a s t đ li u nh phân có c b c (1).

Dùng thuật toán tìm kiếm Sobel để trên tập điểm góc tìm ra điểm trung tâm góc.

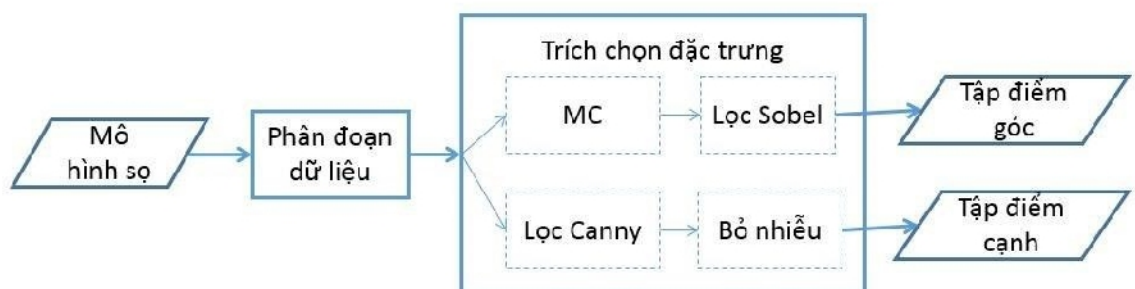
3. Dùng thuật toán tìm kiếm Canny để trên tập các điểm thuộc bề mặt mô hình số để lưu nhận phân bố các biên (1) tìm ra các điểm trung tâm. Lưu ý khi xử lý trên tập các điểm trung tâm bằng các chuỗi Susan có tập các điểm chung.

Thuật toán trích chọn các trung tâm chia làm hai bước chính như Hình 5.4. Đầu tiên, chúng tôi phân đoạn dữ liệu và biểu diễn mô hình ba chiều của bề mặt dưới dạng hàm trong không gian ba chiều. Sau khi phân đoạn, dữ liệu bao gồm bề mặt ba chiều thuộc bề mặt trong mô hình ba chiều của bề mặt có giá trị -1, điểm không thuộc mô hình ba chiều của bề mặt có giá trị 1. Dữ liệu này được dùng để trích chọn điểm góc và các cạnh bằng hai bước khác nhau cho phép việc tìm kiếm Sobel và Canny thuận lợi. Biểu diễn mô hình ba chiều của bề mặt dưới dạng hàm gồm hai giá trị như vậy rõ ràng giúp giảm chi phí tính toán đáng kể, chúng ta tận dụng các phép toán trích chọn các trung tâm dựa trên điểm và đường xác định bề mặt và các bước tiếp theo áp dụng trên bề mặt thay vì áp dụng trên toàn bộ không gian ba chiều của mô hình ba chiều của bề mặt.

5.2.1 Phân đoạn dữ liệu

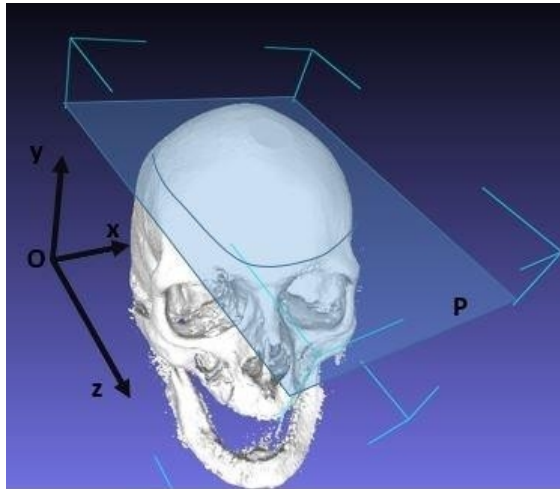
5.2.1.1 Mô hình ba chiều của bề mặt

Phân đoạn dữ liệu chính là việc khảm mô hình ba chiều của bề mặt và gán các nhãn các khối trong mô hình ba chiều của bề mặt như giá trị -1, còn các nhãn các khối ngoài mô hình ba chiều của bề mặt như giá trị 1. Trước hết, xác định hình học của bề mặt bao quanh mô hình ba chiều của bề mặt. Phân đoạn dữ liệu chủ yếu



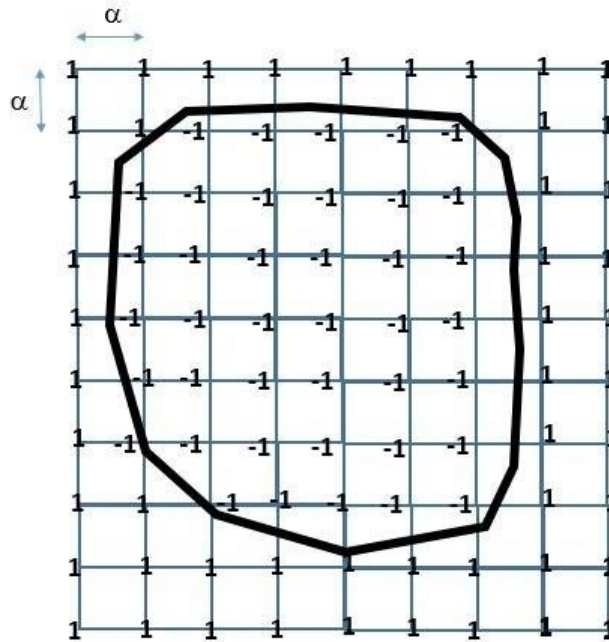
Hình 5.4: Trích chọn các trung tâm trên mô hình ba chiều của bề mặt.

trong hình bao này nhằm tránh lãng phí thời gian và công sức. Giả sử hình hộp chữ nhật có kích thước $M \times N \times P$. Nguyên, giả thiết để ta có thể liên hệ hình ảnh với hình ảnh, các trục tọa độ của chúng và ba chiều hình ảnh (Hình 5.5). Trục



Hình 5.5: Hình bao mô hình ba chiều của s.

hình dùng mặt phẳng $P: y = i - 1$ trong hình hộp chữ nhật. Trong đó là mặt phẳng số tự nhiên và $0 \leq i \leq \lfloor N/2 \rfloor$. Mặt phẳng P giao với mô hình ba chiều của s theo các đường thẳng là các đường lát cắt. Mặt thiết diện của mặt phẳng P với hình ảnh chữ nhật gọi là mặt lát cắt mô hình s (Hình 5.5). Về mặt lát cắt này ta tiến hành chia lưới ô vuông với kích thước \times . Các nhúng của các ô vuông chính là các nhúng của các khối thiết diện hai lát cắt mô hình s liên tiếp. Những nhúng này là các điểm lượng tử. Các điểm lượng tử được gán giá trị 1 hay -1 tùy thuộc vào vị trí của chúng so với đường lát cắt tiếp theo của lát cắt mô hình ba chiều của s. Những điểm lượng tử trong đường lát cắt nhận giá trị -1, các điểm lượng tử ngoài nhận giá trị 1 (Hình 5.6).



Hình 5.6: Phân ô n lát c t mô hình ba chi u c a s .

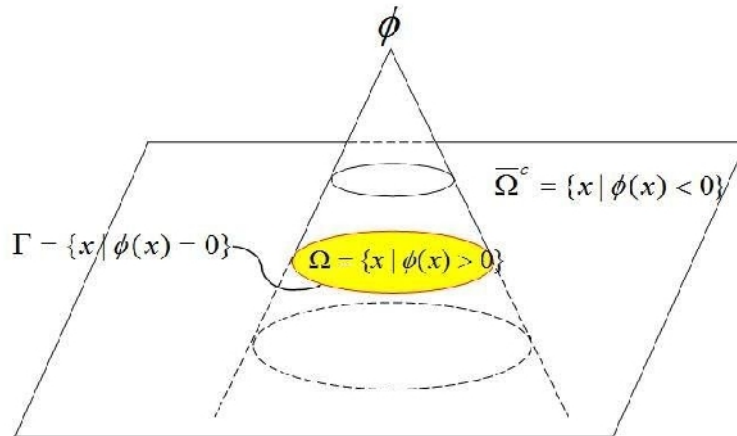
5.2.1.2 S quét b ng máy ch p c t l p

V i d li u s quét b ng máy ch p c t l p, chúng ta có th bi u di n chúng d i d ng mô hình ba chi u c a s b ng cách a giác hóa d li u quét b ng các ph n m chuyên d ng g n li n v i máy quét ba chi u. Sau ó ti n hành phân ô n d li u mô hình ba chi u c a s nh trong Ph n 5.2.1.1. Tuy nhiên, chúng tôi xu t phân ô n tr c ti p d li u s quét d i d ng lát c t b ng ph ng pháp t p m c. Cách ti p c n này có u i m không c n chuy n d li u lát c t thành l i a giác. H n n a, chúng ta t n d ng c các u i m c a ph ng pháp t p m c c trình bày c th d i ây.

Ph ng pháp t p m c r t ph bi n trong tính toán dòng quang h c, h a máy tính và x lý nh b i vì hai u i m: có th i u khi n các hình thái ph c t p, và d dàng cài t. T p m c bi u di n vòng khép kín hay b m t nh là m c không c a hàm kho ng cách có d u. G i vùng (t) b óng b i b m t (t) , ph ng pháp t p m c s d ng hàm (x,t) bi u di n (t) nh là m c không c a (x,t) (Hình 5.7).

$$\begin{aligned}
 \phi(x,t) &> 0, & \text{trong } \Omega(t) \\
 \phi(x,t) &= 0, & \text{trong } \Gamma(t) \\
 \phi(x,t) &, 0, & \text{trong } \bar{\Omega}^C(t)
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Trong phương pháp t p m c, chúng ta r i r c hóa m t m i n thành l i các hình h p ch nh t và tính giá tr c a (x,t) t i m i nút c a l i. Khi gi i ph ng trình vi phân t ng ph n s d ng các ph ng pháp khác nhau chúng ta tính c b m t (t) .



Hình 5.7: Minh h a ph ng pháp t p m c.

Các bài toán phân o n (phân vùng) c a x lý nh th ng s d ng ph ng pháp t p m c. Mô hình toán h c c a v n phân o n trong l nh v c này c gi i thi u b i Mumford và Shah [59]. V i m i b c nh cho tr c, h phân b c nh thành các vùng x p x nhau v c ng sáng b i vi c t i thi u hóa hàm sau:

$$F(u, C) = \mu L(C) + \lambda \int_{\Omega} (u_0 - u)^2 d\Omega + \int_{\Omega/C} |\nabla u|^2 d\Omega \quad (5.2)$$

Trong ó $L(C)$ bi u th dài c a C là biên c a i t ng hay vùng c trích ch n. $\lambda > 0$ và $\mu > 0$ là các tham s . Thông th ng, t i biên C , c ng c a nh u_0 thay i m t cách t ng t. Thành ph n u tiên c a công th c ch ra chi u dài c a C càng ng n càng t t (Hình 5.8), i u này óng vai trò quan tr ng trong vi c gi m nhi u.

nh d i, bên ph i là biên c a i t ng khi $F(u, C)$ t i thi u. Thành ph n th hai kh p nh u v i u_0 l i v i nhau. Thành ph n cu i cùng cho phép các vùng tr c các c nh c tr n nh n. Thành ph n này c ng giúp gi m nhi u.

V i d li u s quét ba chi u, ta dùng m t l i hình h p ch nh t bao quanh các lát c t c x p ch ng lên nhau. Khi phân o n d li u u_0 thành hai vùng: vùng thu c i t ng và vùng không thu c i t ng công th c 5.2 c c th hóa thành công th c sau:

$$\begin{aligned}
F(c_1, c_2, C) &= \mu \text{Dien_tich}(C) \\
&+ \lambda_1 \int_{\text{Ben_trong}(C)} (u_0(x, y, z) - c_1)^2 dx dy dz \\
&+ \lambda_2 \int_{\text{Ben_ngoai}(C)} (u_0(x, y, z) - c_2)^2 dx dy dz
\end{aligned} \tag{5.3}$$

Trong đó $\mu \geq 0, \nu \geq 0, \lambda_1, \lambda_2 \geq 0, c_1$ và c_2 là trung bình giá trị của u_0 trong và ngoài biên C của miền. Thành phần thứ nhất là thể tích của miền, thành phần thứ hai và ba dùng tìm ra biên C tối ưu.

Để triển khai, thay thế biến C với hàm Lipschitz. Công thức 5.3 trở thành:

$$\begin{aligned}
F(c_1, c_2, H(\phi)) &= \mu \left(\int_{\Omega} |\nabla H(\phi)| \right) \\
&+ \lambda_1 \int_{\text{Ben_trong}(C)} (u_0(x, y, z) - c_1)^2 H(\phi) dx dy dz \\
&+ \lambda_2 \int_{\text{Ben_ngoai}(C)} (u_0(x, y, z) - c_2)^2 (1 - H(\phi)) dx dy dz
\end{aligned} \tag{5.4}$$

Trong

ó

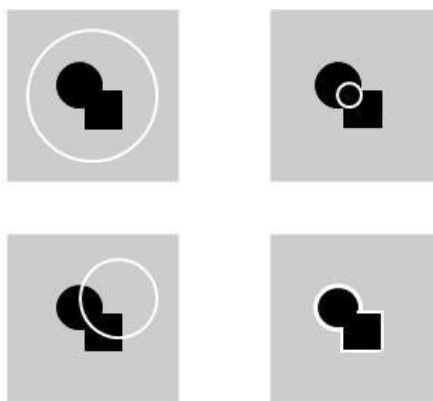
$$\int_{\Omega} |\nabla H(\phi)| \simeq \sum_{ijk} \sqrt{(H(\phi)_{i+1,j,k} - H(\phi)_{i,j,k})^2 + (H(\phi)_{i,j+1,k} - H(\phi)_{i,j,k})^2 + (H(\phi)_{i,j,k+1} - H(\phi)_{i,j,k})^2} \tag{5.5}$$

$\Phi_{i,j,k}$ là giá trị của ϕ tại (i,j,k) . Để tối ưu hóa hàm F ta dùng thuật toán $T_{\text{Thi_u_Hàm_F}}$ [59] sau:

Thu t toán 5.2 $T_{\text{Thi_u_Hàm_F}}$
<p>u vào: nh c n phân o n.</p> <p>u ra: Hàm F, nh c phân o n v i các giá tr 1 và -1</p>
<p>1. Kh i t o toàn b d li u. $\phi = 1$ cho toàn b kh i h p ch nh t và $\phi = -1$ bên ngoài kh i l p ph ng.</p> <p>2. G_i là giá tr c a i m hi n t i. c_1 và c_2 là trung bình c a các i m có $\phi = 1$ và $\phi = -1$ t ng ng. G_m và n l n l t là s i m cho $\phi = 1$ và $\phi = -1$.</p> <p>Chúng ta thay i hàm n ng l ng nh sau</p> <p>- Khi $\phi = 1$: $\Delta F_{12} = (x - c_2)^2 \frac{n}{n+1} - (x - c_1)^2 \frac{m}{m+1}$.</p> <p>n u $F_{12} < 0$ i (x) t 1 thành -1. N u $F_{12} > 0$ gi nguyên (x)</p> <p>- Khi $\phi = -1$: $\Delta F_{21} = (x - c_2)^2 \frac{n}{n+1} - (x - c_1)^2 \frac{m}{m+1}$ n u $F_{21} < 0$ i (x) t -1 thành 1. N u $F_{21} > 0$ gi nguyên (x)</p> <p>3. L p l i b c (2) cho n khi F không thay i.</p>

Sau khi phân rã nh ba chi u tr c tí p b ng ph ng pháp t p m c chúng ta có nh nh phân bi u di n i m nh trong i t ng có giá tr -1 và i m nh ngoài i t ng có giá tr 1 .

V i ph ng pháp t p m c th i gian tính toán là $O(N)$, trong ó N là kích c d li u quét.



Hình 5.8: Biên c a i t ng ng v i $F(u,C)$ khác nhau.

5.2.2 Trích ch n i m góc.

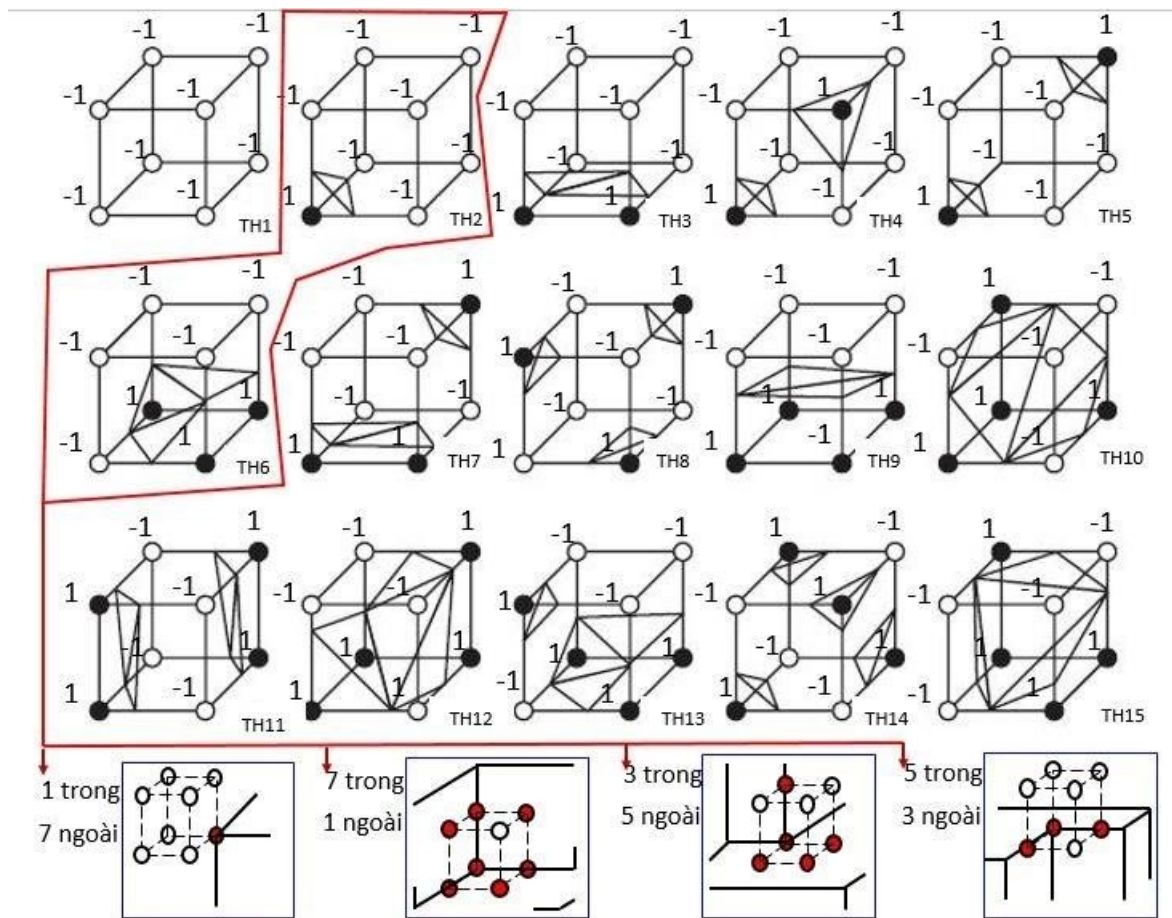
Trong b c trích ch n i m góc, ý t ng thu t toán MC c áp d ng v i m i m trên b m t i t ng l c ra nh ng i m góc ng c viên. Sau ó m t n nhân ch p Sobel c áp d ng trên t p i m góc ng c viên này tìm ra c tr ng góc.

5.2.2.1 Tìm i m góc ng c viên v i ý t ng thu t toán MC

i m góc là nh ng i m chung c a các c nh hay là i m chung c a các vùng có ít s thay i gra- i-en. Các i m góc s c trích ch n t t p i m góc ng c viên. Sau khi phân rã nh d li u b ng ph ng pháp t p m c, ta d dàng xác nh b m t i t ng. i m thu c b m t i t ng là i m có giá tr là -1 và có ít nh t m t láng gi ng có giá tr là 1 .

u tiên, các i m b m t i t ng c l c b i m th p c a MC. T i m i i m thu c b m t i t ng (i,j,k) , h p MC là m t hình h p l p ph ng v i tám nh l n l t là (i,j,k) , $(i+1,j,k)$, $(i,j+1,k)$, $(i,j,k+1)$, $(i+1,j+1,k)$, $(i+1,j,k+1)$, $(i,j+1,k+1)$, $(i+1,j+1,k+1)$. Hình h p này c phân thành 15 lo i cho s a giác hóa khi mu n bi u di n b m t i t ng t ám mây i m. V i c phân thành 15 lo i này ph thu c vào s l ng i m ba chi u thu c i t ng hay không thu c i t ng. Trên Hình 6.8 (ba hàng trên) bi u di n m t n a các tr ng h p theo cách phân lo i này. Trong các tr ng h p này, i m ba chi u hình tròn tr ng nh n giá tr -1 và i m ba

chỉ u hình tròn en nh n giá tr 1. N a các tr ãng h p còn l i có vai trò 1 và -1 i ch cho nhau so v i các tr ãng h p trên. Theo cách phân lo i này, ch có hai lo i là có th ch a i m góc. ó là tr ãng h p 2 và tr ãng h p 6 Hình 6.8 (hàng d i). Hình tròn màu tr ãng th hi n i m thu c i t ãng và hình tròn màu là i m không thu c i t ãng. Các i m trên b m t i t ãng có h p MC t ãng ãng v i tr ãng h p 2 và 6 l p thành t p i m góc ãng c viên. C th c a tr ãng h p 2 và 6 g m 4 tr ãng h p: (i) 1 i m n m trong i t ãng, 7 i m n m ngoài; (ii) 7 i m n m trong i t ãng, 1 i m n m ngoài; (iii) 3 i m n m trong i t ãng, 5 i m n m ngoài và (iv) 5 i m n m trong i t ãng, 3 i m n m ngoài. Nh v y, thay vì tìm các i m góc v i toàn b các i m ba chỉ u thì ta ch tìm trong t p i m góc ãng c viên.



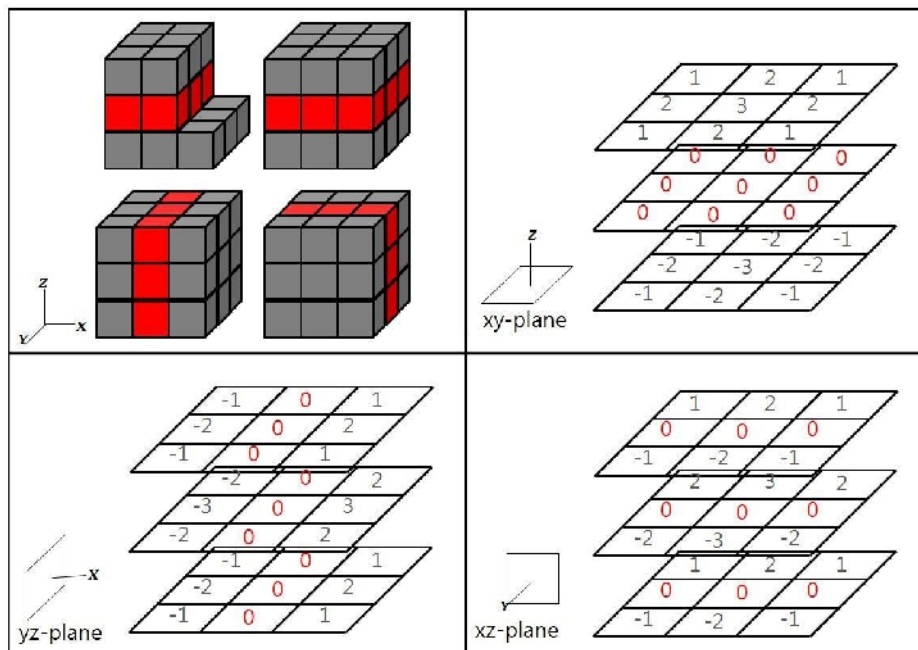
Hình 5.9: Các tr ãng h p c a MC (ba hàng trên). Các tr ãng h p có i m góc ãng c viên (hàng cu i)

5.2.2.2 Trích ch n i m góc v i m t n Sobel

trích ch n ra i m góc trong t p i m góc ãng c viên, chúng ta nhân ch p các i m góc ãng c viên v i m t n ba chỉ u. Chúng tôi thi t k m t n Sobel nh Hình 5.10. Có ba m t n S_x , S_y và S_z là m t n theo ba h ãng khác nhau m t ph ãng

xy, yz, xz . Khi nhân ch p, v i m i m t n t ng ng c thì t k nh trên s c các i m b m t có ít s thay i gra- i-en theo t ng h ng m t ph ng xy, yz, xz . Khi tính chênh l ch c a các giá tr tính c c a m t i m khi nhân ch p v i t ng m t n chúng tôi d dàng xác nh ra i m góc. V i m i i m góc ng c viên, chênh l ch c a các giá tr khi nhân ch p v i các m t n trên mà nh h n m t ng ng thì ó chính là i m góc. Ng ng này c xác nh b ng th c nghi m và tùy thu c vào các giá tr c gán cho m t n . Thu t toán *Trích_Ch n_ i m_Góc* c trình bày d i ây:

Thu t toán 5.3 <i>Trích_Ch n_ i m_Góc</i>
<p><i>u vào:</i> T p i m góc ng c viên CC, các m t n Sobel S_x, S_y, S_z theo các h ng x, y, z và ng ng ts_1, ts_2 cho tr c.</p> <p><i>u ra:</i> Các i m c tr ng góc ba chi u c a mô hình ba chi u c a s .</p>
<ol style="list-style-type: none"> Tính gra- i-en G_x, G_y và G_z c a các i m góc ng c viên CC theo ba h ng xy, yz, zx b ng cách nhân ch p t p i m góc ng c viên l n l t v i các m t n Sobel S_x, S_y, S_z. Xác nh t s D_{xy}, D_{yz}, D_{zx} gi a t ng c p gra- i-en tính c b c (1). Xác nh i m góc là i m trong t p i m góc ng c viên và có s khác bi t gi a các t s tính c b c 2 nh h n ng ng cho tr c. <p>$(D_{xy}(i,j,k) - D_{yz}(i,j,k) < ts_1$ và $D_{yz}(i,j,k) - D_{zx}(i,j,k) < ts_1$ và $D_{zx}(i,j,k) - D_{xy}(i,j,k) < ts_1$) ho c $(G_x(i,j,k) + G_y(i,j,k) + G_z(i,j,k) < ts_2)$</p>



Hình 5.10: M t n Sobel

5.2.3 Trích ch n c nh

Chúng tôi thi t k m t lo i m t n ba chi u khác c dùng trích ch n các i m c nh. Gi ng nh các b trích ch n ba chi u ã bi t [57, 91], m t n này c dùng x p x gra- i-en và laplace c a nh ba chi u b i phép nhân ch p. B trích ch n c nh ba chi u ti p nh n ý t ng t b trích ch n c nh Canny [16]. Chúng tôi thi t k b l c thông cao trích ch n c nh. Có ba m t n C_x , C_y và C_z , c thi t k theo ba h ng $x-$, $y-$, $z-$ (Hình 5.11). Ba m t n này trích ch n c các c nh l i và c g i là các m t n Canny l i. T ng t , trích ch n ra các i m thu c c nh lõm chúng ta s d ng ba m t n Canny lõm C_{x_i} , C_{y_i} và C_{z_i} . Các giá tr ph n t trên các m t n này là i c a các giá tr c a ba m t n C_x , C_y và C_z t ng ng. Hình 5.12 trình di n các m t n C_y và C_{y_i} . Thu t toán *Trích_Ch n_ i m_C nh* c trình bày d i ây.

Thu t toán 5.4 *Trích_Ch n_ i m_C nh*

u vào: T p các i m biên BB , m t n Canny l i C_x , C_y , C_z và lõm C_{x_i} , C_{y_i} , C_{z_i} và hai ng ng t_1 , t_2 .

u ra: Các i m c tr ng c nh ba chi u c a mô hình ba chi u c a s .

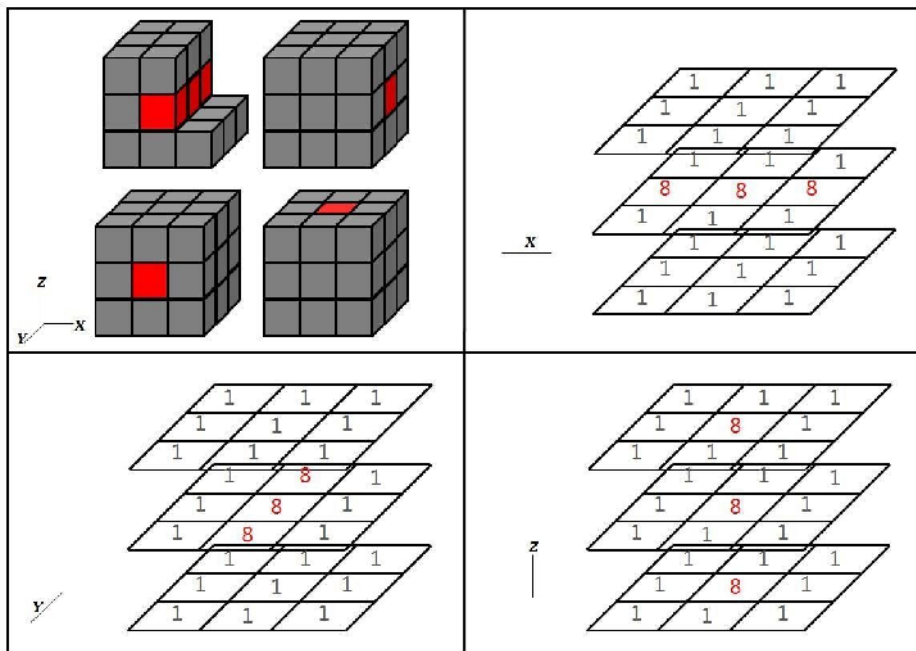
1. Tính gra- i-en c a các i m b m t b ng cách nhân ch p các i m b m t v i các m t n Canny l i, lõm.

2. Các điểm nhô lên xác định là các điểm bất biến có gradient hướng ngang t_1 và các điểm nhô lõm xác định là các điểm bất biến có gradient hướng ngang t_2 cho trước.
3. Loại bỏ nhiễu bằng cách sử dụng Susan.

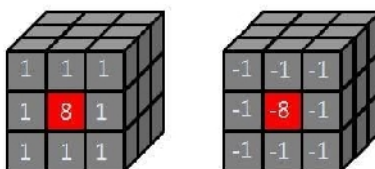
Sau khi, các điểm nhô lên trích chọn thông thường các điểm nhô này sẽ được áp dụng thuật toán voting và xét láng giềng của nó để loại bỏ lẫn nhau thành các trung tâm. Tuy nhiên, trong nghiên cứu của mình, các trung tâm hay góc trích chọn chúng tôi dùng khoảng vùng các điểm mà do vậy vì các điểm nhô thành các nhô không có ý nghĩa. Do vậy, chúng tôi chỉ thể hiện việc trích chọn ra các điểm nhô.

5.2.3.1 Loại bỏ nhiễu khi trích chọn các nhô

Nhiều và các điểm nhô lên là các trung tâm gradient. Do vậy, khi dùng các thuật toán trích chọn gradient như thuật toán Canny đề cập trên, bên cạnh việc trích chọn các điểm nhô chúng ta cũng trích chọn các điểm nhiễu. Tuy nhiên, điểm khác biệt giữa điểm nhiễu và điểm nhô đó là điểm nhiễu thu được một vùng ít thay đổi gradient



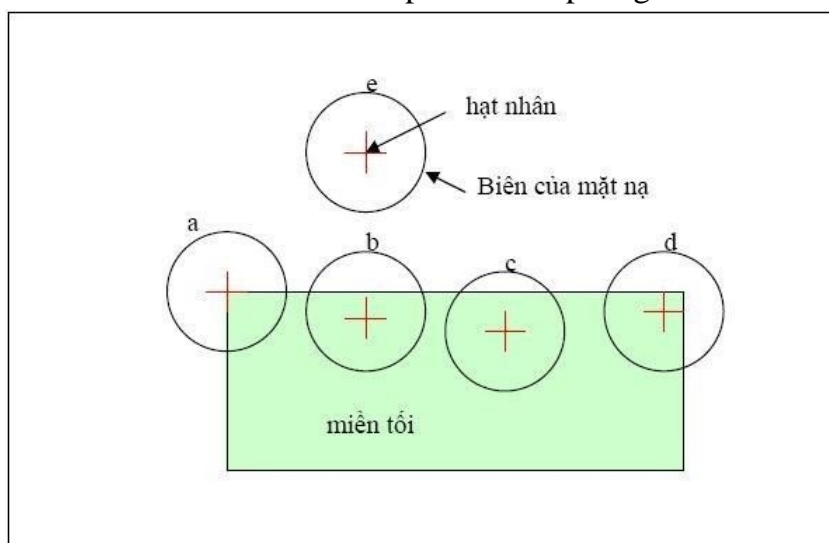
Hình 5.11: Thuật toán Canny



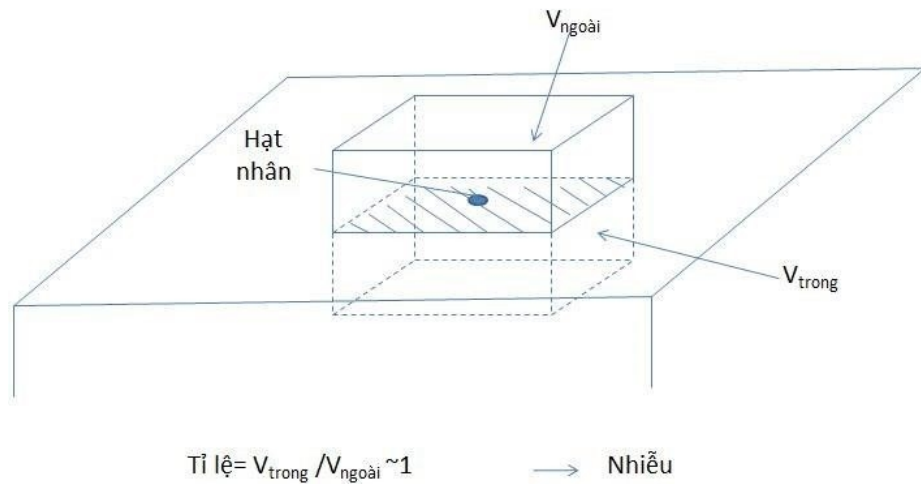
Hình 5.12: Cy cho trích ch n i m c nh l i (trái), Cy_i cho trích ch n i m c nh l i m

(ph i)

trong khi i m c nh thu c biên k c nh hai vùng tr lên. Chúng tôi t n d ng ý t ng ph ng pháp Susan [76] lo i b các i m nhi u. Ph ng pháp Susan g c dùng trong nh hai chi u trích ch n c nh và góc. Trong ph ng pháp này, m t c a s hình tròn c nh ngh a, v i tâm c g i là h t nhân c d ch chuy n sao cho h t nhân trùng v i v trí i m nh ang xét. Vi c quy t nh m t i m là góc hay c nh ph thu c vào t l di n tích vùng trong và vùng ngoài i t ng thu c vào c a s hình tròn (Hình 5.13). Trong nghiên c u c a mình, chúng tôi s d ng m t c a s hình h p tr t i kh p các i m c nh c trích ch n b c tr c. Chúng tôi tính t l th tích ph n trong và ph n ngoài i t ng cùng thu c v c a s. Các t l này c phân thành ba lo i (Hình 5.14) (i) *l i n u t l nh h n 1*, (ii) *ph ng n u t l x p x 1*, và (iii) còn l i là *l m*. M t i m c nh c phân thành ph ng s c coi là nhi u.



Hình 5.13: C a s hình tròn xác nh t l SUSAN



Hình 5.14: Các ba chi u hình h p xác nh t l SUSAN

5.2.4 Tính hình t và ph c t p các thu t toán

Trong chương này, chúng tôi đưa ra ba thuật toán 5.1, 5.3 và 5.4. Thuật toán 5.3 khai triển biểu thức (2) và thuật toán 5.4 khai triển biểu thức (3) của thuật toán 5.1. Do vậy, chúng tôi sẽ chỉ ra tính hình t của các thuật toán trong chương này theo thuật toán 5.3, 5.4 và 5.1.

Mệnh đề 5.1: Thuật toán *Trích_Chọn_điểm_Góc* luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra điểm góc mong muốn.

Chứng minh: Từ biểu thức (1), lập bảng các biểu thức S_x, S_y, S_z dùng Sobel theo ba hướng mặt phẳng xy, yz và zx sẽ làm nổi lên các điểm. Từ biểu thức (2), các toán tử D_{xy}, D_{yz}, D_{zx} sẽ cho chúng ta biết chênh lệch gì của các điểm theo các hướng xy, yz và zx . Từ biểu thức (3) sẽ chênh lệch gì của các toán tử D_{xy}, D_{yz}, D_{zx} trên hình ảnh ngược sẽ cho ta biết điểm góc là điểm chung gì của các mặt hoặc các cạnh.

Mệnh đề 5.2: Thuật toán của thuật toán 5.3 *Trích_Chọn_điểm_Góc* là $O(n)$ với n là số lượng điểm góc ứng viên CC.

Chứng minh: Từ biểu thức (1), mỗi điểm thuộc tập CC sẽ nhân chéo với các giá trị của bảng biểu thức S_x, S_y, S_z kích thước là 11×11 . Với thuật toán của bước này là $O(n)$. Từ biểu thức (2), với mỗi điểm thuộc tập CC, thực hiện tính toán các toán tử D_{xy}, D_{yz}, D_{zx} . Mỗi thao tác thực hiện tại 11×11 phép chia, do vậy, bước này cũng có thuật toán $O(n)$. Từ biểu thức (3), với mỗi điểm thuộc tập CC, việc tính chênh lệch của các toán tử và so sánh với ngưỡng có thuật toán $O(1)$ với n bước này có thuật toán $O(n)$. Với toàn bộ thuật toán có thuật toán $O(n)$.

Mệnh đề 5.3: Thuật toán *Trích_Chọn_điểm_Canny* luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra điểm mong muốn.

Chứng minh: Bước (1), lọc bỏ các bước C_x, C_y, C_z và C_{xi}, C_{yi}, C_{zi} dùng Canny theo ba hướng x, y và z sẽ làm nổi lên các cạnh bằng các giá trị gradient. Bước (2), so sánh các giá trị gradient bằng cách trích chọn các cạnh nổi bật nhất. Bước (3), các điểm nhiễu cục bộ như các góc khác biệt giữa điểm cạnh và điểm nhiễu. Sử dụng tích phân bên trong và bên ngoài của các số liệu bằng SUSAN thì hình ảnh khác biệt này. Như vậy, thuật toán xác định ra các điểm cạnh và loại bỏ nhiễu.

Mệnh đề 5.4: Độ phức tạp của thuật toán 5.4 *Trích_Chọn_điểm_Canny* là $O(n)$ với n là số lượng điểm biên BB.

Chứng minh: Bước (1), điểm điểm thuộc biên BB của nhân chập với kernel 11×11 của các C_x, C_y, C_z và C_{xi}, C_{yi}, C_{zi} kích thước 11×11 . Với độ phức tạp của bước này là $O(n)$. Bước (2), với điểm điểm thuộc biên BB, so sánh gradient bằng cách chọn ra điểm cạnh, do vậy, bước này có độ phức tạp $O(n)$. Bước (3), với điểm điểm thuộc biên BB, vì tính toán tích phân, ngoài và so sánh bằng cách có độ phức tạp $O(1)$ với bước này có độ phức tạp $O(n)$. Với toàn bộ thuật toán có độ phức tạp $O(n)$.

Mệnh đề 5.5: Với mô hình ba chiều của số liệu vào, thuật toán *Trích_Chọn_điểm_Canny* luôn kết thúc sau hữu hạn bước và cho ra các điểm mong muốn.

Chứng minh: Bước (1), không gian của hình ảnh là hình ảnh nhị phân nhị phân bao gồm các pixel. Không gian này hữu hạn. Mặt khác, bước lọc bỏ các pixel phân tách nên ta luôn phân chia số liệu thành các điểm có giá trị 1 và -1. Điểm thuộc biên của hình ảnh là điểm có giá trị 1 và có ít nhất một láng giềng có giá trị -1. Bước (2), bước trích chọn hình ảnh xác định điểm góc bằng cách kiểm tra các điểm giá trị 1 và -1 tại các vị trí không xen kẽ nhau. Vì các điểm giá trị 1 và -1 xen kẽ vì các pixel hóa các thể hiện bởi các pixel khác nhau nên không thể là điểm góc. Trích chọn 9 pixel xung quanh các điểm không xen kẽ nhau thì nên bước của một vùng chỉ không tồn tại. Trích chọn 10 pixel xung quanh các điểm không xen kẽ nhau thì không phải là điểm thuộc biên. Tiếp theo điểm góc bằng cách kiểm tra các điểm góc của các pixel dựa vào thuật toán 5.3. Bước (3), tiếp theo điểm biên, tiếp theo các điểm cạnh được trích chọn và nhiễu cục bộ dựa vào thuật toán 5.4. Như vậy thuật toán trên liên tục là các bước để tìm điểm góc và điểm cạnh mong muốn.

Mệnh đề 5.6: Độ phức tạp của thuật toán 5.1 *Trích_Chọn_điểm_Canny* là $O(n)$ với n là số lượng điểm không gian của mô hình hình ảnh.

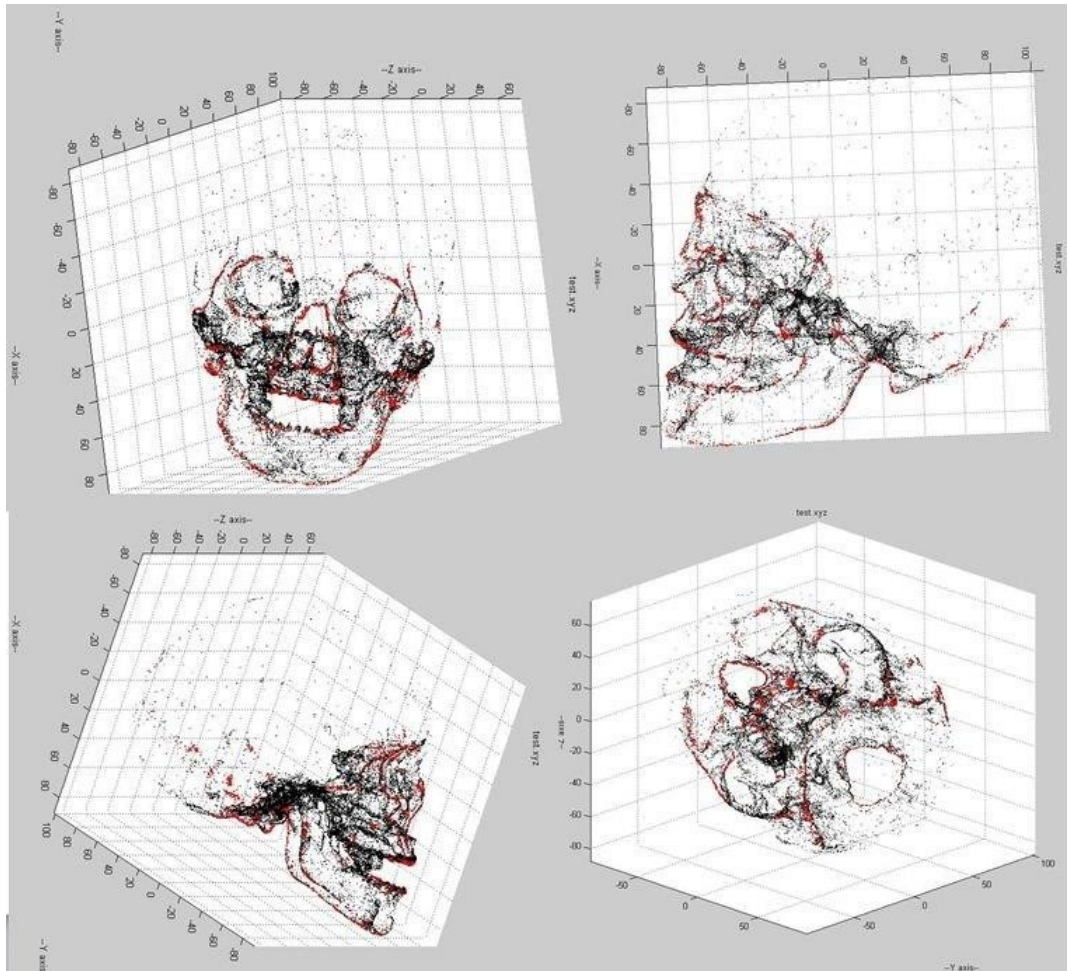
Chứng minh: Giả sử n_1 là số điểm thuộc bề mặt hình lập phương, n_2 là tập điểm góc ngũ diện. Bước (1) có phức tạp $O(n)$. Bước (2) gồm hai giai đoạn: xác định tập điểm góc ngũ diện và xác định điểm góc. Tại giai đoạn đầu, toàn bộ các điểm thuộc bề mặt hình lập phương sẽ được xét cùng với láng giềng của chúng để chứng minh rằng hình lập phương và các thuật toán MC. Do vậy, phức tạp là $O(n_1)$. Giai đoạn xác định điểm góc có phức tạp $O(n_2)$ theo thuật toán 5.3. Bước (3) có phức tạp $O(n_1)$ theo thuật toán 5.4. Vì $n_1 < n$ và $n_2 < n$, nên thuật toán có phức tạp $O(n)$.

5.3 Kết quả thực nghiệm

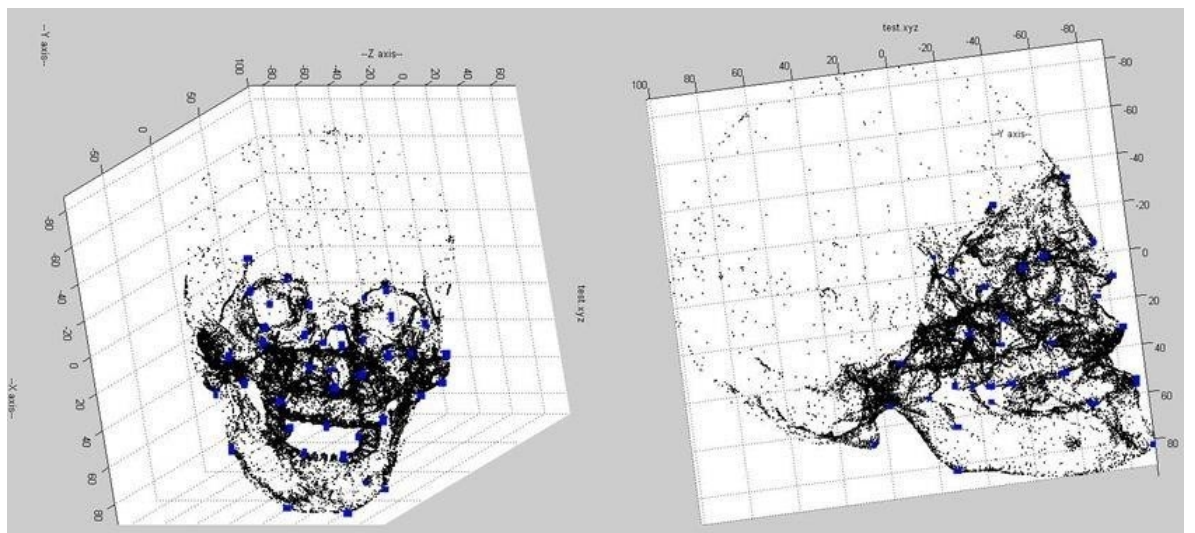
Chúng tôi tiến hành thực nghiệm trên dữ liệu quét. Mỗi quét bao gồm 100 lát cắt ngang được phân thành dữ liệu vị trí và pháp tuyến, chúng tôi có các dữ liệu ba chiều với kích thước $200 \times 200 \times 160$. Bề mặt sẽ có biên độ từ 0 đến 26509. Vì trích chọn các trục góc và các hình ảnh trên tập các điểm bề mặt. Hình 5.15 là kết quả của thuật trích chọn các hình ảnh, các hình ảnh được đánh dấu màu trên hình. Hình 5.16 biểu diễn kết quả của thuật trích chọn các điểm góc. Các điểm góc được đánh dấu màu xanh đậm trên hình.

Chúng ta nhận thấy rằng, các điểm góc trích chọn là các điểm có vị trí đặc biệt như khớp nối, góc hàm, v.v. Nhiệm vụ của bài toán này là trích chọn các điểm đặc biệt mà không cần phải có đầy đủ mô hình khi thu nhận dữ liệu khuôn mặt hình lập phương. Như vậy, nhiệm vụ của bài toán này có thể trích chọn các trục thay vì là các trục tay. Tập các trục nên vị trí, khung của hình lập phương là tập hình ảnh quan trọng để nên hình dáng của nó. Tập các hình ảnh của các điểm đặc biệt của các trục khi xác định điểm góc. Ngoài ra, vì tập các hình ảnh nên hình dáng của nó như hình khuôn mặt nên khi thu nhận thêm đầy đủ mô hình như vị trí của biên độ đầy đủ mô hình trong các dữ liệu, chúng ta nên chọn những điểm thuộc tập các điểm của bài toán này.

Vì việc kết hợp phân thành dữ liệu vị trí và pháp tuyến để trích chọn các trục, phức tạp tính toán giảm rất nhiều so với việc dùng phép nhân chéo trên toàn bộ không gian dữ liệu mô hình ba chiều của trục trích chọn các trục. Giả sử N là kích thước của không gian dữ liệu của mô hình ba chiều của trục, N' là bề mặt của trục. Rõ ràng $N' \ll N$. $n \times n \times n$ là kích thước của ma trận dùng để nhân chéo.



Hình 5.15: i m c nh



Hình 5.16: i m gúc

phức tạp tính toán khi trích chọn các trung bình phép nhân chéo trên toàn bộ không gian dữ liệu là $O(n^3N)$, trong khi phức tạp này chỉ là $O(N) + O(n^3N^0)$ vì phép nhân chéo của chúng tôi. Trong đó, $O(N)$ là phức tạp của phân phối dữ liệu bằng phép nhân chéo, $O(n^3N^0)$ là phức tạp trích chọn các trung bình.

5.4 Kết luận chung

Trong chương này, chúng tôi đã xem xét thuật toán trích chọn các trung bình chéo và góc trên dữ liệu mô hình ba chiều của sự thay đổi vị trí của các hạt. Ngoài ra, việc thuật toán đơn giản các trung bình chéo có thể sử dụng khi trích chọn bằng tay vì trích chọn chéo sử dụng hình ảnh. Số lượng trung bình chéo tăng nhanh và vì vậy chính xác của các bài toán dùng các trung bình chéo tăng lên. Khi tiến hành trích chọn chéo, chúng tôi đã tạo ra các ba chiều dựa trên ý tưởng trích chọn chéo SUSAN khi nhìn các bề mặt xuất hiện cùng nhau.

Phức tạp của thuật toán giảm thiểu số lượng chéo dùng một chiều ba chiều trích chọn chéo trung bình trên toàn bộ không gian của dữ liệu ba chiều. Bởi vì việc trích chọn chéo trung bình chéo chỉ trên dữ liệu bề mặt ít tốn kém thay vì tìm kiếm trên toàn bộ không gian ba chiều của nó. Thay vì phức tạp $O(n^3N)$ nay chỉ còn $O(N) + O(n^3N')$ với $N' \ll N$.

CHƯƠNG 6. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Lưu ý tập trung vào các kết quả đo lường mô hình ba chi u khuôn m t t h p s nh m m c ích h tr t t nh t cho ng i dùng trong quá trình d ng l i mô hình ba chi u khuôn m t. Trong lưu ý, chúng tôi c p n d ng mô hình ba chi u c a s t nh, c l ng dày mô m m t s o s , bi n i b m t ba chi u b ng RBF k t h p n i suy dày mô m m, trích ch n c tr ng s t ng d a trên phân o n và phép nhân ch p. Chúng tôi ã óng góp ba thu t toán chính nh sau.

Tr c h t, thay vì dùng s quét, chúng tôi xu t thu t toán d ng mô hình ba chi u c a s t nh h p s . D ng mô hình ba chi u c a s t nh c m r ng t d ng mô hình ba chi u khuôn m t t nh. Thu nh n và x lý u vào là nh làm gi m i áng k th i gian và công s c s hóa h p s ba chi u. H n n a, vì c d ng l i mô hình ba chi u t nh có th tri n khai trên qui mô r ng vì chi phí th p. nâng cao chính xác c a mô hình ba chi u c a s t nh, chúng tôi phân tích l i tr t phát sinh khi ch p nh quay quanh h p s và s nh h ng c a chúng n mô hình ba chi u c a s k t qu . T phân tích này, chúng tôi ã a ra gi i pháp hi u qu i u ch nh i m c tr ng ba chi u tính c. Gi i pháp góp ph n gi m 13% n 36% l i trung bình và l i l n nh t khi so sánh các c tr ng s ba chi u sau i u ch nh v i s g c so v i tr c khi i u ch nh. L i tr t là l i phát sinh do c thù ch p nh xung quanh h p s . Nh s phát hi n l i này, m t s i u ch nh nh trên i m c tr ng ba chi u em l i hi u qu cao v i mô hình ba chi u c a s k t qu .

Th hai, chúng tôi xu t thu t toán d ng khuôn m t ba chi u t mô hình ba chi u c a s d a trên dày mô m m. dày mô m m c c l ng t chính s o c a mô hình s u vào thay vì giá tr trung bình tính t c s d li u. Nh v y, mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i s mang d u n cá nhân t ng ng v i mô hình ba chi u c a s u vào. Bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u dùng m ng RBF k t h p v i n i suy thêm mô m m nh ng v trí ch a c l ng c dày mô m m t s o s nh m t ng chính xác c a mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i. Nh ng v trí ít dày mô m m th ng kê nh c m, má, trán chính xác c t ng c ng. Nh ó, mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i c các chuyên gia ánh giá cao v c i m mô t và nh n d ng. chính xác c a mô hình ba chi u khuôn m t khi k t h p bi n i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ng RBF v i n i suy mô m m t ng lên 20% so v i không n i suy mô m m. Khi so sánh mô hình ba chi u khuôn m t d ng l i và khuôn m t th t sai s trung bình là $1.20mm$ khi không n i suy mô m m so v i $1.15mm$ khi n i suy mô m m. Thu t toán a ra h tr r t nhi u cho quá trình nh n d ng khuôn m t khi ch có d li u s . Tr c h t, th i gian và công s c b ra d ng l i c gi m i r t nhi u. Th hai,

nh có mô hình khuôn mặt ba chi u xây dựng lại, chúng ta có thể khoanh vùng khuôn mặt trong phạm vi ảnh.

Cuối cùng, chúng tôi xuất thuật toán trích chọn ảnh mặt từ ảnh gốc xác định mặt nhân trên mô hình ba chi u để cách trích, tránh liên quan phát sinh do ảnh nhiễu. Hơn nữa, sử dụng chính xác các trích chọn ảnh cao hơn so với trích chọn thông thường. Thuật toán là sử dụng phép phân rã và phép nhân chập. Việc trích chọn ảnh mặt trên ảnh gốc thay vì tìm kiếm trên toàn bộ không gian ba chi u sẽ giảm thời gian. Vì vậy, phép tính nhân chập sẽ giảm đi. Thay vì phép tính $O(n^3N)$ nay chỉ còn $O(N) + O(n^3N')$ với $N' \ll N$. Trích chọn ảnh mặt trên mô hình ba chi u là công việc hiệu quả và khả thi. Thuật toán chúng tôi đưa ra là một trong những giải pháp khoanh vùng trích chọn ảnh mặt chính xác nhất hiện nay.

K T L U N

K t l u n

Chúng tôi óng góp ba thu t toán

Chúng tôi xu t thu t toán d ñng mô hình ba chi u c a s t ñnh hai chi u. Trong ó, chúng tôi ñi u ch ñnh l i tr t phát sinh t ñng chính xác c a mô hình ba chi u c a s k t qu .

Chúng tôi xu t thu t toán d ñng mô hình ba chi u khuôn m t t mô hình ba chi u c a s . Trong ó, chúng tôi k t h p bi ñ i mô hình ba chi u khuôn m t m u b ñng m ñng các hàm bán kính c s RBF, c l ñng ñày mô m m t s o s và n i suy ñày mô m m t ñng tính chân th c và chính xác c a mô hình ba chi u khuôn m t k t qu .

Chúng tôi xu t thu t toán trích tr ñn c tr ñng c ñnh và góc t ñng trên mô hình ba chi u c a s . Thu t toán là s k t h p hi u qu g i a phân ño ñ li u trên mô hình ba chi u c a s và phép ñhân ch p.

ñh h ñng phát tri ñ

Trong th i gian t i, chúng tôi s ñoàn thi ñn h ñn ña qui trình d ñng mô hình ba chi u khuôn m t t h p s .

u tiên, chúng tôi s ñoàn thi ñn vi c t o l p ph t o, thêm các ki u ñáng v t óc, lông m ày, tai. Vi c này ñh m t o ra mô hình ba chi u khuôn m t ñoàn thi ñn và có c i m mô t có chính xác cao h ñn ña.

Bên c ñnh ó, chúng tôi s ñoàn thi ñn qui trình trích ch ñn i m m c trên mô hình ba chi u c a s t ñng b ñng cách k t h p thông tin ñhân tr c trên h p s và vi c trích ch ñn c tr ñng t ñng trên mô hình ba chi u c a s .

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA CÁC TÁC GIẢ LIÊN QUAN N LƯU N 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 Thi Châu, Bùi Thị Duy (2008), *Điểm ảnh nh lan truy n d a trên l c Voronoi*, Hội nghị Công nghệ thông tin toàn quốc lần thứ 11: M t s v n ch n l c c a Công nghệ thông tin và truy n 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 Suthunyanakit, 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, Communications 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. H. S. Lâm và các cộng sự, (2010), *Nghiên cứu các đặc điểm nhân trắc học của người Việt Nam hiện đại và xây dựng mô phỏng số 3D, lập tu lệ, chế định dáng, ngh. nghi. p.*, TÀI KC.01.17.06-10. Nghiên cứu, phát triển và ứng dụng các giải pháp công nghệ thông tin hiện đại tái tạo nhóm tượng ba chi u t d li u hình thái x ãng s ph c v i u tra hình s và an sinh xã h i.

Tiếng Anh

2. Abate A. F., Nappi M., Ricciardi S., Tortora G., (2004), “Faces: 3D facial reconstruction from ancient skulls using content based image retrieval”, *Journal of Visual Languages and Computing*, pp. 373–389.
3. Adhyapak Satyajit Anil, Nasser Kehtarnavaz, Mihai Nadin, (2007), “Stereo matching via selective multiple windows”, *Journal of Electronic Imaging*, 16(1), pp. 1-14.
4. Ahlberg J., (2001), *Candide-3 – an updated parameterized face*, Report No. LiTHISY-R-2326, Dept. of Electrical Engineering, Linköping University, Sweden.
5. Altemus L. A., (1963), “Comparative integumental relationships”, *Angle Orthodontics*, 33(3), pp. 217-221.
6. Anderson Björn, Martin Valfridson, (2005), *Digital 3D facial reconstruction based on computed tomography*, Master thesis, Linköping University, Norrköping, Sweden.
7. Archer K. M., (1997), *Craniofacial reconstruction using hierarchical bspline interpolation*, Master thesis, University of British Columbia Department of Electrical and Computer Engineering, Canada.
8. Baya H., Essa A., Tuytelaars T., Van Gool L., (2008), “Speeded-up robust features (surf)”, *Computer Vision Image Understanding* 110(3), pp. 346 - 359.

9. Biederman I., Kalocsai P., (1998), *Neural and psychophysical analysis of object and face recognition*, In *Face Recognition: From Theory to Applications*. NATO ASI Series F, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
10. Blanz Volker, Romdhani S., Vetter T., (2002), *Face identification across different poses and illuminations with a 3D morphable model*, In Pro. of the 7th European Conference on Computer Vision-Part IV, ISBN:3-540-43748-7, pp. 3–19.
11. Blanz Volker, Kristina Scherbaum, Hans-Perter Seidl, (2007), *Fitting a morphable model to 3D scans of faces*, In Pro. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1-8.
12. Blanz Volker, Thomas Vetter, (1999), *A morphable model for the synthesis of 3D faces*, In Pro. of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM SIGGRAPH, ISBN:0-201-48560-5, pp. 187–194.
13. Bouguet Jean Yves, (2003), Camera calibration toolbox for matlab, http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/.
14. Breuer P., Kim K. I., Kienzle W. Blanz, V., Sholkopf B., (2008), *Automatic 3D face reconstruction from single images or video*, In Pro. of the IEEE international Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp 1-8.
15. Bullock David William, (1996), *Computer assisted 3D craniofacial reconstruction*, Master thesis, Computer Science, Simon Fraser University, Canada.
16. Canny J., (1986), “A computational approach to edge detection”, *IEEE transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, TPAMI 8(6), pp. 679–698.
17. Claes P., Vandermeulen D., De Greef S., Willems G., Suetens P., (2006), *Cranio-facial reconstruction using a combined statistical model of face shape and soft tissue depths: methodology and validation*, Forensic Science International, Cambridge University Press, pp. 147–158.
18. Cohen Elaine, Richard F. Riesenfeld và Gershon Elber, (2001), *Geometric modeling with splines*, CRC Press, ISBN 9781568811376.

19. Coons S. A., (1967), *Surfaces for computer aided design of space forms*, In state of the Art in Facial animation: SIGGRAPH 1990 course notes No 26, pp. 86–106.
20. Demarsin K., Vanderstraeten D., Volodine T., Roose D., (2007), “Detection of closed sharp edges in point clouds using normal estimation and graph theory”, *Journal Computer-Aided Design* 39(4), pp. 276–283.
21. Enciso R., Li J., Fidaleo D. A., Kim T. Y., Noh J.Y., Neumann U., (1999) , *Synthesis of 3D faces*, In Proc. of the 1st USF International Workshop on Digital and Computational Video, pp. 8–15.
22. Fu Youcheng, Feipeng Da, (2008), *A stereo matching based 3D face reconstruction algorithm*, In Pro. of Chinese Conference on Pattern Recognition, pp. 1 – 6.
23. Fua P., (2000), “Regularized bundle-adjustment to model heads from image sequences without calibration data”, *International Journal of Computer Vision*, 38(2), pp. 153 – 171.
24. Gerasimov M.M., (1971), *The face finder*, Hutchinson; First Edition, ISBN-10: 0091055105, ISBN-13: 978-0091055103, London, England.
25. Gouraud Henri, (1971), *Computer display of curved surfaces*, Doctoral Thesis. University of Utah, USA.
26. Gruner, O., (1993), *Forensic analysis of the skull*, , *ch. 3: Identification of Skulls: A Historical Review and Practical Applications*, Wiley-Liss, NewYork, USA, pp. 29 -45.
27. Gumhold S., Wang X., McLeod R., (2001), *Feature extraction from point clouds*, In Pro. of the 10th International Meshing Roundtable, pp. 293 - 205.
28. Hardy R.L., (1971), “Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces”, *Journal of Geophysical Research* 76(8), pp. 1905–1915.
29. Harris C., Stephens M., (1988), *A combined corner and edge detector*, In Pro. of Fourth Alvey Vision Conference, pp. 147–151.

30. Hartley Richard, Andrew Zisserman, (2003), *Multiple view geometry in computer vision*, Second Edition, Cambridge University Press, ISBN: 0521540518, England.
31. Heglar R., (1972), "Paleoserology techniques applied to skeletal identification", *Journal of Forensic Sciences*, 17(3), pp. 358- 363.
32. Hildebrand K., Polthier K., Wardetzky M., (2005), *Smooth feature lines on surface meshes*, In *Pro. of Symposium on Geometric Processing*, pp. 585 - 592.
33. His M., (1895), *Anatomische forschungen uber johann sebastian bach's gebeine und antlitz nebst bemerkungen uber dessen bilder*, Abh MathPhysikal KI Kgl Sachs Ges Wiss, Leipzig, S. Hirzel, German.
34. Hubeli A., Gross M., (2001), *Multiresolution feature extraction for unstructured meshes*, In *Pro. of the conference on Visualization*, ISBN:0-7803-7200-X pp. 287-294.
35. Hudosyukinand B.A., Nainys J.V. , (1993), *Forensic analysis of the skull, ch. 15: The Relationship of Skull Morphology to Facial Features*, Wiley-Liss, NewYork, USA, pp. 199–213.
36. Kahler Kolja, Jorg Haber, Hans-Peter Seidel, (2003), *Reanimating the dead: Reconstruction of expressive faces from skull data*, ACMTOG (SIG-GRAPH conference proceedings) 22, pp. 554–561.
37. Kim Yongsuk Jang, SunTae Chung, Boogyn Kim, Seongwon Cho, (2008), "3D face modeling based on 3D dense morphable face shape model", *World Academy of Science, Engineering and Technology* 37, pp. 103 - 108.
38. Knothe Brian Amberg Reinhard, Thomas Vetter, (2008), *Expression invariant 3D face recognition with a morpable model*, In *Pro. of the 8th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 1 - 6.
39. Knyaz V. A., Abramov S. S., Zheltov S. Yu., Stepanyants D. G., Saltykova E. B., (2001), *An approach for unknown human face 3D reconstruction basing on skull 3D model*, In *Pro. of GraphiCon*, pp. 106 - 110.

40. Kollmann J., Buchly W., (1898), *Die persistenz der rassen und die reconstruction der physiognomie prahistorischer schadel*, *Archives fur Anthropologie*, Braunschweig, German.
41. Krogman W.M., (1946), *The reconstruction of the living head from the skull*, FBI Law Enforcement Bulletin, 8 pages.
42. Lebedinskaya G.V., Balueva T.S., Veselovskaya E.V., (1993), *Forensic analysis of the skull, ch.14: Principles of Facial Reconstruction*, Wiley-Liss, NewYork, USA, pp. 183–198.
43. Lee Won-Joon, Caroline M. Wilkinson, Hyeon-Shik Hwang, (2011), “An accuracy assessment of forensic computerized facial reconstruction employing conebeam computed tomography from live subjects”, *Journal of Forensic Sciences* 57, pp. 318–327.
44. Lee Y., Terzopoulos D., Waters K., (1995), *Realistic face modeling for animation*, In Pro. of the 22nd International ACM Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH95, pp. 55–62.
45. Lorensen W.E., Cline H.E., (1987), “Marching cubes: A high resolution 3 D surface construction algorithm”, *Computer Graphics*, 21(4), pp. 163 -167.
46. Lowe D.G., (2004), “Distinctive image features from scale-invariant keypoints”, *International Journal of Computer Vision* 60(2), pp. 91–110.
47. Mahl R., (1972), “Visible surface algorithm for quadric patches”, *IEEE transaction on computers*, 21(1), pp. 1 – 4.
48. Mairhuber J.C., (1956), *On haar’s theorem concerning chebyshev approximation problems having unique solutions*, In Proc. of Am. Math. 7, pp. 609 - 615.
49. Meng Jiayuan, Jiajun Zhu, (2006), *Recovering 3D face models by a usb camera and a lamp*, CS682 Digital Image Processing Term Project Report.
50. Michael S., Chen M., (1996), *The 3D reconstruction of facial features using volume distortion*, In Pro. of the 14th Eurographics UK Conference, pp. 297–305.

51. Mikolajczyk K., Schmid C., (2004), "Scale and affine invariant interest point detectors", *International Journal of Computer Vision*, 60(1), pp. 63–86.
52. Mikolajczyk K., Tuytelaars T., Schmid C., Zisserman A., Matas J., Schaffalitzky F., Kadir T., Van Gool L., (2005), "A comparison of affine region detectors", *International Journal of Computer Vision, IJCV* 65, pp. 43 – 72.
53. Miyasaka S., Yoshino M., Imaizumi K., Seta S., (1995), "The computeraided facial reconstruction system", *Forensic Science Int*, pp. 155–165.
54. Monga O., Deriche R., Rocchisani J., (1991), "3D edge detection using recursive filtering: Application to scanner image", *CVGIP: Image Understanding* 53(1), pp. 76–87.
55. Moore W. J., Lavelle L. B., (1974), *Growth of the facial skeleton in the hominoidea*, Academic Press, USA.
56. Mora Jose Gonzalez, Fernando De la Torre, Nicolas Guil, Emilio L, Zapata, (2010), *Learning a generic 3D face model from 2d image databases using incremental structure from motion*, Preprint submitted to Elsevier, USA.
57. Morgenthaler M., Rosenfeld A., (1981), "Multidimensional edge detection by hyper-surface fitting", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-3(4), pp 482-486.
58. Mori K., Kidode M., Asada H., (1973), "An iterative prediction and correction method for automatic stereo comparison", *Computer Graphics and Image Processing* 2, pp. 393–401.
59. Mumford D., Shah J., (1989), "Optimal Approximation by Piecewise Smooth Functions and Associated Variational Problems", *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 42(5), pp. 577-685.
60. Noh Jun-yong, Neumann, Ulrich, (2001), *Expression cloning*, In Pro. of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques SIGGRAPH'01, pp. 277 - 288.
61. Okutomi M., Kanade T., (1992), "A locally adaptive window for signal matching", *International Journal of Computer Vision* 7, pp.143 – 162.

62. Park Unsang, Anil K. Jain, (2006), *3D face reconstruction from stereo video*, In International Workshop on Video Processing for Security (VP4S-06), Quebec City, Canada, pp. 41 - 49.
63. Parke F. I., (1974), *A parametric model for human faces.*, PhD thesis, University of Utah, USA.
64. Pasquariello S., Pelachaud C., (2001), *Greta: A simple facial animation engine*, In 6th ONline World Conference on Soft Computing in Industrial Applications, Blacksburg, Virginia, USA, pp. 308 -320.
65. Patel Ankur, William A.P. Smith, (2009), *Shape from shading driven 3D morphable models for illumination insensitive face recognition*, In Pro. of British Machine Vision Conference, BMVC, pp. 1 -10.
66. Patel Ankur, William A. P. Smith, (2009), *3D morphable model face models revisited*, In Pro. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2009), ISBN 978-1-4244-3992-8, pp. 1327 – 1334.
67. Pauly M., Keiser R., Gross M., (2003), “Multi-scale feature extraction on point sampled surfaces”, *Computer Graphics Forum*, 22(3), pp. 281 - 289.
68. Pollefeys M., Koch R., Vergauwen M., Van Gool L., (1999), *A simple and efficient rectification method for general motion*, In Pro. of International Conference on Computer Vision, pp. 496 - 501.
69. Quatrehomme G., Cotin S., Subsol G., Delingette H., Garidel Y., Grevin G., Fidrich M., Baillet P., Ollier A., (1997), “A fully three dimensional method for facial reconstruction based on deformable models”, *Journal Forensic Science* pp. 649–652.
70. Reeves W. T., (1990), *Simple và complex facial animation: Case studies*, Technical report project NAC report MAC-TR-41, M.I.T, Cambridge.
71. Rhine J. S., Moore C.E., (1984), *Tables of facial tissue thickness of american caucasoids in forensic anthropology*, Maxwell Museum Technical Ser1.
72. Rhine, J. S., Moore C.E., (1984) *Tables of facial tissue thickness of american caucasoids in forensic anthropology*, Maxwell Museum Technical Ser2.

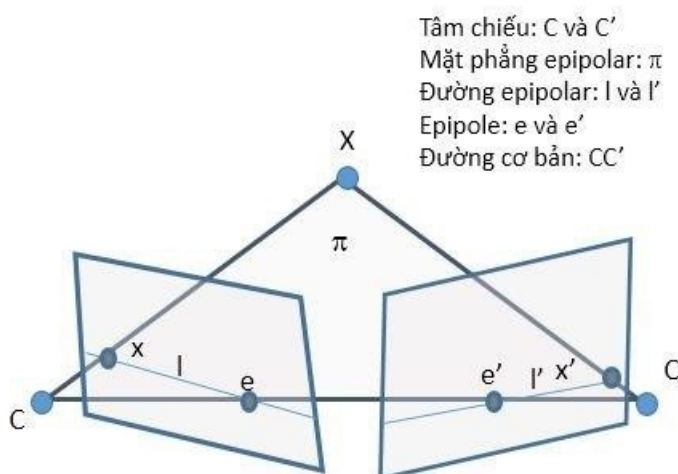
73. Rydfalk M., (1987), *Candide, a parameterized face*, Report No. LiTH-ISY-I-866, Dept. of Electrical Engineering, Linköping University, Sweden.
74. Sébastien R., Meunier J., Ingemar J. C., (1997), *Cylindrical rectification to minimize epipolar distortion*, In Pro. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, ICVPR, pp. 393–399.
75. Schneider David C., Peter Eisert, (2009), *Fitting a morphable model to pose and shape of a point cloud*, In Pro. of IEEE International Conference on Image Processing, ICIP, Braunschweig, Germany, pp. 93-100.
76. Smith S. M. , Brady J. M., (1997), “Susan - a new approach to low level image processing”, *International Journal of Computer Vision* 23(1), pp. 45–78.
77. Snow C.C., Gatliff B.P. và McWilliams K.R., (1970), “Reconstruction of facial features from the skull: an evaluation of its usefulness in forensic anthropology”, *Am J Phys Anthropol* 33(2), pp. 221–228.
78. Solomon Fedric, Katsushi Ikeuchi, (1996), “Extracting the shape and roughness of specular lobe objects using four light photometric stereo”, *IEEE transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(4), pp. 449–454.
79. Solomon Fedric, Katsushi Ikeuchi, (2001), *An area-based stereo matching using adaptive search range and window size*, In Pro. of the International Conference on Computational Science-Part II, ISBN:3-540-42233-1, pp. 44–56.
80. Stefano Luigi Di, Massimiliano Marchionni, Stefano Mattocchia, (2004), *A fast areabased stereo matching algorithm*, In Pro. of the 15th International Conference on Vision Interface 22, pp. 983 - 1005.
81. Stephan C.N., Henneberg M., (2001), “Building faces from dry skulls: are they recognized above chance rates?”, *Journal of Forensic Science*, 46(3), pp. 432–440.
82. Taylor K.T., (2001), *Forensic art and illustration*, CRC Press LLC.
83. Vanezis P., Vanezis M., MCombe G., Niblett T., (2000), “Facial reconstruction using 3D computer graphics”, *Forensic Science Int* 108(2), pp. 81–95.

84. Waite C., (1989), *The facial action control editor, face: A parametric facial expression editor for computer generated animation.*, Master's thesis. MIT, Media Arts and Sciences, USA.
85. Watanabe K., Belyaev A. G., (2001), "Detection of salient curvature features on polygonal surfaces", *Computer Graphics Forum*, pp. 385–392.
86. Weber C., Hahmann S., Hagen H., (2011), *Methods for feature detection in point clouds*, Visualization of Large and Unstructured Data Sets, IRTG Workshop 19, pp. 90–99.
87. Weijs W.A., Hillen B., (1986), "Correlations between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape", *Am. J. Phys. Anthropol* 70, pp.423–431.
88. Weiss R., (1966), "Be vision, a package of ibm 7090 fortran programs to draw orthographic views of combinations of plane and quadric surfaces", *Journal of ACM, JACM*, pp. 194–204.
89. Welsh B., (1991), *Model-based coding of images*, PhD dissertation, British Telecom Research Lab, United Kingdom.
90. Zollikofer C.P.E., Poncedeleon M.S., Martin R.D., (1998), "Computer assisted paleoanthropology", *Evolutionary Anthropology*, 6(2) pp. 41–54.
91. Zucker S. W., Hummed R. A., (1981), "A three dimensional edge operator", *In IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI -8 (6), pp. 679 - 698.

PHẦN 1 - HÌNH HỌC E-PI-PÔ-LA

Hình học e-pi-pô-la là hình học chi u liên quan đến hai ảnh [30]. Hình học e-pi-pô-la có lập v i c u trúc c nh ch ph thu c vào các tham s trong và ngoài c a máy quay. Hình học e-pi-pô-la là c s toán h c dùng trong bài toán ph c d ng l i thông tin ba chi u t thông tin hai chi u c a nh ch p.

Xét c th v n nh trong Hình 6.1: máy quay th nh t và th hai l n l t có tâm chi u C và C' . i m ba chi u X và C, C' t o thành m t m t ph ng và c t tên là *m t ph ng e-pi-pô-la*. Nh v y, có chi u m t ph ng e-pi-pô-la và chúng có giao tuy n chung là ng CC' . Các tia chi u t tâm chi u c a t ng máy quay i qua i m nh ph i giao nhau t i i m ba chi u X . H ng c a tr c z là h ng c a ng kính máy quay h ng v i t ng c ch p nh (CX và $C'X$) c g i là tr c quang.



Hình 6.1: Liên h c a c p i m i sánh x, x' và các thu t ng .

ng c b n là ng th ng n i hai tâm hai máy quay CC' . *E-pi-pô* là i m giao c a ng c b n v i t ng m t ph ng nh. *ng e-pi-pô-la* là giao tuy n c a m t ph ng e-pi-pô-la v i m t ph ng nh. T t c các ng e-pi-pô-la c a cùng m t nh ng qui t i i m e-pi-pô.

Hình học e-pi-pô-la là c s gi i quy t hai v n sau: (i) xác nh c p i m i sánh trên hai nh cùng b i u di n i m ba chi u, và (ii) xác nh i m ba chi u khi b i t tr c c p i m i sánh t ng ng.

Gi s ta ch b i t i m x trên nh th nh t v y x' trên nh th hai c a cùng m t i m ba chi u X c xác nh nh th nào? M t ph ng xác nh b i tia chi u xu t phát t tâm C i qua x và ng c b n. x' thu c do ó x' thu c giao tuy n e-pi-pô-la l' c a m t ph ng và m t ph ng nh th hai. Nh v y, v i c tìm i m i sánh t ng ng c a x không c n t i n hành trên toàn b nh th hai mà ch c n tìm trên

ng e-pi-pô-la l' . Ngay i ta d a vào vi c tính toán t ng t gi a hai i m nh tìm ra i m x' trên l' t ng ng v i x .

Gi s ta bi t i m x trên nh th nh t và x' trên nh th hai v y i m ba chi u X c a chúng c xác nh nh th nào? Khi ã bi t x và x' , b ng các phép chi u ng c và tính giao i m c a các tia chi u ta s tìm ra i m ba chi u X .

Ma tr n máy quay

Ma tr n máy quay (*Camera matrix*) th hi n phép chi u t không gian ba chi u sang không gian hai chi u khi ch p nh. nh c nh ngh a là phép chi u t không gian ba chi u vào m t ph ng nh. i m ba chi u $M = [X, Y, Z]^T$ và i m nh hai chi u $m = [u, v]^T$ có quan h v i nhau theo ph ng trình sau:

$$m' = PM' \quad (6.1)$$

trong ó, $m' = [u, v, 1]^T$ và $M' = [X, Y, Z, 1]^T$ là to thu n nh t c a m và M . P là ma tr n máy quay c 3×4 . Ma tr n P g m có các thành ph n sau:

$$P = K[R|t] \quad (6.2)$$

trong ó

$$K = \begin{bmatrix} \alpha_u & s & u_0 \\ 0 & \alpha_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

K là ma tr n hi u ch nh máy quay c 3×3 , ch a các tham s trong c a máy quay:

- $u = k_u f$ và $v = k_v f$ v i f là tiêu c c a máy quay, k_u và k_v là s l ng i m nh trên m t n v dài tính theo h ng u và v t ng ng, hay nói cách khác u và v là nhâ t co dẫn theo h ng u và v c a m t ph ng nh.

- $c = [u_0, v_0]^T$ các to c a i m giao gi a tr c quang và m t ph ng nh, c còn c g i là i m g c.

- s là l ch. $s \neq 0$ khi h ng u và v không vuông góc v i nhau.

Ma tr n $[R|t]$ th hi n v trí và h ng hay tham s ngoài c a máy quay so v i máy quay tham chi u khi t máy quay các v trí khác nhau. R là ma tr n quay, t là vect t nh ti n c a máy quay ang xét so v i g c t a tham chi u.

Ma tr n c b n

i m m' trên nh th hai I_2 t ng ng v i i m m trên nh th nh t I_1 c gi i

hình trên không e-pi-pô-la l' tương đương với m . Nói một cách ngắn gọn $m' \in l'$. Hai trục e-pi-pô e và e' tương đương là kết quả phép chiếu của hai trục chiếu (v trí hai máy quay) trên các trục của máy quay còn lại. Ma trận cơ bản (*Fundamental matrix*) là ma trận tính toán từ hai ma trận máy quay P và P^0 theo phương trình sau:

$$F = (P^0)^T P [e]_{\times} \quad (6.3)$$

(\cdot) là toán tử ghép chéo và $[e]_{\times}$ là ma trận phản đối xứng của vectơ e (phần 1.3).

Định lý 6.1 (Điều kiện e-pi-pô-la) [30]: Một điểm ba chiều X có hình ảnh trên hình ảnh t và x' trên hình ảnh hai thì thỏa mãn phương trình sau $x'^T F x = 0$.

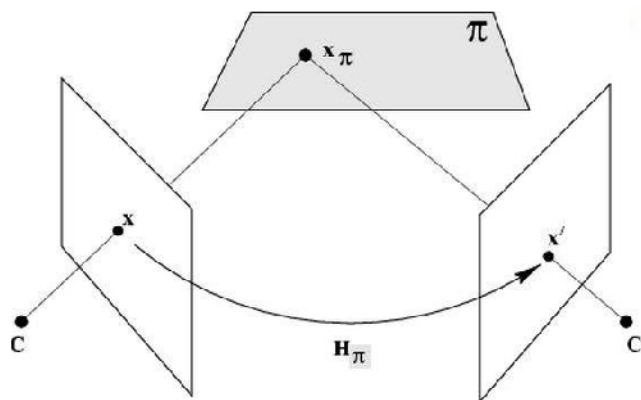
Ma trận bản chất

Ma trận bản chất tương đương với p điểm ảnh \hat{x} và \hat{x}' của x và x' cũng là ma trận bản chất E (*Essential matrix*)

$$\hat{x}'^T E \hat{x} = 0. \quad (6.4)$$

Ma trận đồng hình

Ma trận đồng hình (*Homography matrix*) được định nghĩa là các điểm ảnh của các điểm ba chiều trên một mặt phẳng nào đó thành các điểm ảnh trên hình ảnh $x' \sim H x$. H cũng là ma trận đồng hình của mặt phẳng (Hình 6.2). Mối quan hệ giữa ma trận đồng hình và ma trận cơ bản được biểu diễn như sau:



Hình 6.2: Biểu diễn đồng hình.

$$F \sim [e']_{\times} H \quad (6.5)$$

và

$$H = [e']_{\times} F - e'a^T \quad (6.6)$$

PHẦN 2 - BÀI 1 BÀI M T B A CHI U D A VÀO HÀM BÁN KÍNH C S

Để mô hình ba chi u khuôn m t k t qu , chúng tôi s d ng m t mô hình ba chi u khuôn m t m u d ng l i tam giác. Xác nh các i m c tr ng c a mô hình ba chi u khuôn m t c n xây d ng, t ng ng v i ó, xác nh các i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u. Bài n i t p i m c tr ng trên mô hình ba chi u khuôn m t m u cho kh p các c tr ng c a mô hình ba chi u khuôn m t c n d ng l i. Sau ó, d a trên s bi n i này th c hi n bi n i toàn b mô hình ba chi u khuôn m t m u có c mô hình ba chi u khuôn m t c n xây d ng. ây là bài toán n i suy d li u r i r c.

Bài toán n i suy d li u r i r c: Cho t p d li u (x_i, y_i) v i $i = 1, n$, $x_i \in R^s$, $y_i \in R$ tìm m t hàm liên t c P_f th a m ã

$$P_f(x_i) = y_i, \forall i = 1, \dots, n \quad (6.7)$$

Bài toán c gi i quy t b ng cách x p x hàm P_f b i t h p tuy n tính c a h hàm

c s $\{B_k\}_{k=1}^n$ t c là

$$P_f(x_i) = \sum_{k=1}^n c_k B_k\{x\}, x \in R^s \quad (6.8)$$

Vì c xác nh hàm P_f c d n t i v i c xác nh các h s c_k trong 6.8.

T 6.7 và 6.8 ta có

$$y_i = \sum_{k=1}^n c_k B_k\{x\} \quad (6.9)$$

Bài n i 6.9 v d ng ma tr n ta có

$$Ac = y \quad (6.10)$$

Trong ó, $A_{ij} = B_j(x_i), i, j = 1 \dots n$, $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T$, và $y = (y_1, \dots, y_n)^T$.

Bài toán này có l i gi i và duy nh t khi và ch khi ma tr n A không suy bi n. Bài n i d a vào hàm bán kính c s c trình bày d i ây cho l i gi i bài toán duy nh t. 102

Bài n i d a vào hàm bán kính c s

Mairhuber [48] a ra nh ngh a v s t n t i không gian Haar.

nh ngh a 6.2: Cho mi n $\$ \in R^s$ v i $s \geq 2$ và không gian các hàm h u h n chi u tuy n tính $B \in C(\$)$ có m t b c s $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, B c g i là không gian Haar trên $\$$ n u $\det(B_k(x_j)) \neq 0$ hay $\det(A) \neq 0$.

Với p khác biệt nhau x_1, \dots, x_n trong \mathcal{S} và $A_{ij} = B_j, i, j = 1, \dots, n$

nh lý 6.1: Nếu $m \in \mathcal{S} \in \mathbb{R}^s$ với $s \geq 2$ thì m trong thì không tồn tại không gian Haar của các hàm liên tục trong không gian m chiều.

nh lý trên cho thấy, trong không gian m chiều ta có thể suy diễn u và v bằng $n-1$ duy nhất b để b diễn n m r r c nào. Tuy nhiên, trong không gian nhiều chiều phép suy diễn này không duy nhất. Sự tồn tại của không gian Haar sẽ b m n i suy diễn b c n là duy nhất. Nói một cách khác, xác định ma trận A không suy biến m b o n i m c a bài toán xác định và duy nhất.

Hardy [28] xuất hàm bán kính c s l o i p h t h u c d l i u , có tính khoáng cách và i x ng t am g i q u y t v n ma trận A không suy biến. Do vậy, dùng RBF b o m n i suy diễn u là duy nhất.

nh nghĩa 6.3: Hàm $\phi : \mathbb{R}^s \rightarrow \mathbb{R}$ liên tục là xác định ng khi mà ch khi nó là hàm ch n và th a m $ã$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n c_j c_k \phi(x_j - x_k) \quad (6.11)$$

với m i n i m t ng o i m t khác nhau $x_1, \dots, x_n \in \mathbb{R}^s$ và $c = (c_1, \dots, c_n)^T \in \mathbb{R}^n$

Hàm g i là xác định ng ch t n u d u b ng c a 6.11 x y ra , khi và ch khi $c = (0, \dots, 0)^T$.

Nếu b h am c s là các hàm xác định ng ch t , thì ma trận n i suy diễn c xây dựng từ b h am c s này là ma trận n i suy diễn ng ch t . Tính chất quan trọng của l o i ma tr n này là các giá trị riêng của ma trận u d ng và ma trận không suy biến.

nh nghĩa 6.4: Hàm $\phi : \mathbb{R}^s \rightarrow \mathbb{R}$ c g i là hàm bán kính n u t n t i h am m t b i n : $[0, +\infty) \rightarrow \mathbb{R}$ th a m $ã$

$$\phi(x) = \rho(r) \quad (6.12)$$

Với $r = \|x\|$ và $\|\cdot\|$ là m t ch u n nào đó. Hàm t ng ng g i là hàm bán kính c s . Hàm ϕ là xác định ng $(ch$ $t)$ khi và ch khi hàm ρ xác định ng $(ch$ $t)$

Bảng 6.1 biểu diễn m t s d ng hàm bán kính c s

Mạng RBF là m t m ng n $-ron$ nh an t o s d ng hàm bán kính c s như hàm kích hoạt. Đó là s k t h p t u y n tính của các hàm bán kính c s . Kiến trúc mạng RBF thường có ba tầng: tầng vào, tầng n , và tầng ra.

Hàm ra $\phi : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ của mạng c b i u di n nh s au:

$$\phi(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \rho(\|x - c_i\|) \quad (6.13)$$

Bảng 6.1: Một số hàm bán kính cơ sở

STT	Tên hàm	Biểu thức
1	Gaussian	$\phi(r) = e^{-(\epsilon r)^2}$
2	Multiquadric	$\phi(r) = \sqrt{1 + (\epsilon r)^2}$
3	Inversequadric	$\phi(r) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\epsilon r)^2}}$
4	Polyharmonic spline	$\phi(r) = r^k, k = 1, 3, 5, \dots$ $\phi(r) = r^k \ln(r), k = 2, 4, 6, \dots$
5	Thin plate spline	$\phi(r) = r^2 \ln(r)$

Trong đó N là số neuron có trọng tâm, c_i là vec-tơ tâm cho neuron thứ i , và a_i là trọng số tuyến tính tính được. $\phi(r)$ là hàm bán kính cơ sở, trong trường hợp hàm Gaussian thì

$$\phi(\|x - c_i\|) = e^{-\|x - c_i\|^2} \quad (6.14)$$

Trọng số a_i , c_i , và ϵ xác định vị trí và ảnh hưởng của hàm bán kính cơ sở.

Trong mô hình mạng RBF, ba loại tham số cần được chọn cho bài toán học là: vec-tơ tâm c_i , trọng số tuyến tính cho trọng tâm w_i và tham số ϵ của hàm RBF. Chúng ta cần xác định hàm mất mát và chọn các tham số sao cho tối thiểu hàm mất mát này. Hàm mất mát thường được chọn là hàm bình phương tối thiểu.

$$K(w) = \sum_{t=0}^{\infty} K_t(w) \quad (6.15)$$

Trong đó

$$K_t(w) = [y(t) - (x(t), w)]^2 \quad (6.16)$$

Hàm tối thiểu này có một cực tiểu duy nhất.

Trong trường hợp học trên tập dữ liệu là hàm nơ-đơn thì hàm mất mát sẽ có thể thêm các thành phần regularization. Ví dụ trong trường hợp hàm nơ-đơn ngoài việc tìm kiếm chính xác còn phải ổn định, ta có thể xác định hàm mất mát như sau

$$H(w) = K(w) + \lambda S(w) = \sum_{t=0}^{\infty} H_t(w) \quad (6.17)$$

Trong đó

$$S(w) = \sum_{t=0}^{\infty} S_t(w) \quad (6.18)$$

Thành phần S khi cắt đứt các tính trên của hàm n suy ra. là tham số kiểm soát (*regularization*).

PHẦN C3 - MATHS PHÉP TOÁN

Toán tử nghịch đảo

Cho ma trận A , ma trận A^+ được gọi là ma trận nghịch đảo của A nếu A^+ thỏa mãn các tiêu chuẩn sau đây: $ASdfjkl$; -(i): $AA^+A = A$

-(ii): $A^+AA^+ = A^+$

-(iii): $(AA^+)^* = AA^+$ -(iv):

$(A^+A)^* = A^+A$

M^* là ma trận chuyển vị liên hợp của ma trận M . Nếu M là ma trận chuyển vị liên hợp của ma trận M , thì chúng ta tìm hành chuyển vị ma trận M sau đó tìm hành liên hợp phức cho từng phần tử của ma trận chuyển vị. $M^*[i,j] = \bar{M}[i,j]$

Ma trận phản xạ

Cho vectơ ba chiều $e = [e_1, e_2, e_3]^T$ ma trận phản xạ của e được định nghĩa như sau:

$$\begin{bmatrix} 0 & -e_3 & e_2 \\ e_3 & 0 & -e_1 \\ -e_2 & e_1 & 0 \end{bmatrix}$$

Ma trận $M_{n \times n}$ xác định $z^T M z > 0$ với mọi vectơ thực z .

Ma trận Hessian

Ma trận Hessian là ma trận vuông biểu diễn đạo hàm cấp 2 từng phần của một hàm. Cho một hàm giá trị thực $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, ma trận Hessian H của hàm f có biểu thức như sau

$$H(f) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{bmatrix}$$

Laplacian of Gaussian - LoG

Toán tử Laplace với nhân Gaussian của

$$G_\sigma(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6.19)$$

là hàm từng phần theo x

$$\frac{\partial}{\partial x} G_{\sigma}(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \frac{x}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6.20)$$

o hàm b c 2 t ng ph n theo x

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} G_{\sigma}(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \frac{x^2-\sigma^2}{\sigma^4} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6.21)$$

T ng t v i o hàm t ng ph n theo y . Sau ó LoG c nh ngh a nh sau:

$$LoG = \frac{\partial^2}{\partial x^2} G_{\sigma}(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} G_{\sigma}(x, y) \quad (6.22)$$

Difference of Gaussian - DoG

Toán t Laplace v i hàm nhâ Gaussian c a 1

$$G_{\sigma_1}(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1^2}} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}\right] \quad (6.23)$$

Toán t Laplace v i hàm nhâ Gaussian c a 2

$$G_{\sigma_2}(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2^2}} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}\right] \quad (6.24)$$

DoG c nh ngh a nh sau:

$$DoG = G_1(x, y) - G_2(x, y) \quad (6.25)$$

Gaussian curvature

Toán t hình d ng: là vi phân df c a m t b n Gauss f . *Hai c c cong chính:* t i m t i m trên b m t là các giá tr riêng c a toán t hình d ng t i i m ó. *Gaussian curvature:* là tích c a hai c c cong chính κ_1 và κ_2 t i m t i m

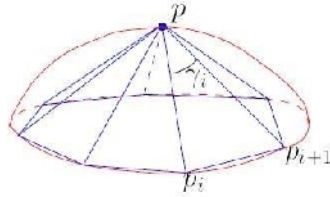
$$K = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \quad (6.26)$$

H s c c tr

Các c c cong chính l n nh t và nh nh t \max và \min t i m i nh c a tam giác T c tính t véc-t pháp tuy n c a các c nh. Véc-t pháp tuy n c a các c nh c n i suy t pháp tuy n c a các nh. G i $S(p)$ là t t c các tam giác có chung nh p (Hình 6.3), $A(x)$ là di n tích c a hình x . H s c c tr c a các nh c nh ngh a nh sau:

$$e_i(p) = \frac{1}{A(S(p))} \sum_{p \in T} A(T) \langle \nabla \kappa_i(T), \bar{\kappa}_i(p) \rangle \quad (6.27)$$

trong đó \max^- và \min^- là véc-tơ riêng của \max và \min tương ứng.



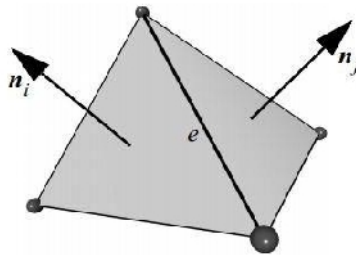
Hình 6.3: Các tam giác chung đỉnh p

Trong sơ đồ tam giác

ở vị trí pháp tuyến pháp SOD, trọng số tam giác e tính theo công thức sau:

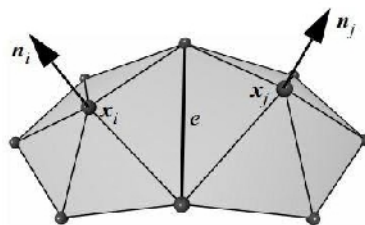
$$w(e) = \cos\left(\frac{n_i}{\|n_i\|}, \frac{n_j}{\|n_j\|}\right) \quad (6.28)$$

trong đó n_i và n_j là pháp tuyến bình phương của hai tam giác có cạnh e (Hình 6.4).



Hình 6.4: Hai tam giác kề nhau

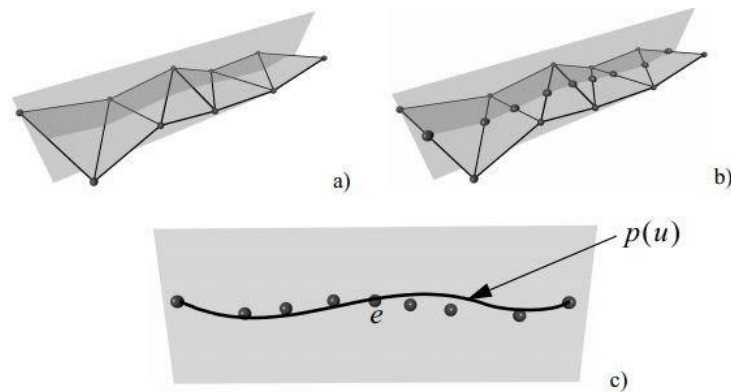
ở vị trí pháp tuyến pháp ESOD, tính trọng số cho cạnh e theo công thức 6.28, trong đó n_i và n_j là pháp tuyến tại hai đỉnh kề nhau của hai tam giác kề nhau e (Hình 6.5).



Hình 6.5: Hai đỉnh kề nhau của hai tam giác kề nhau

Trong ví dụ ứng dụng pháp BFP, vị trí các đỉnh trên các chu trình tam giác kề nhau có dạng $e, x, p(x)$ (Hình 6.6). Trong số các đỉnh e tính như sau:

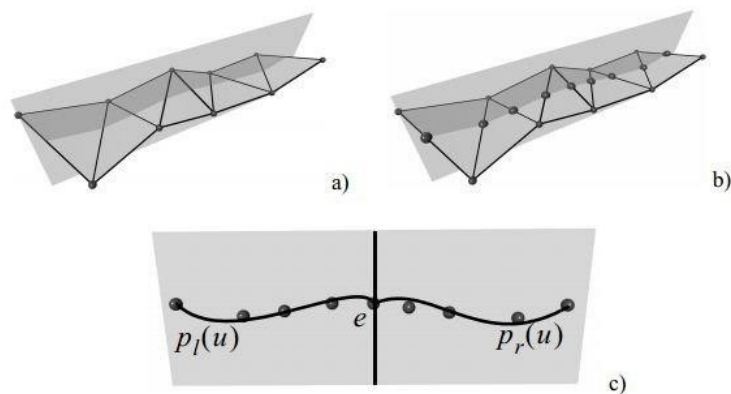
$$w(e) = p^n(e) \quad (6.29)$$



Hình 6.6: Xếp xĩa thĩa c

Trong ví dụ ứng dụng pháp ABBFP, vị trí các đỉnh trên các chu trình tam giác kề nhau bên trái của tam giác chính $e, x, p_l(x)$, vị trí các đỉnh trên các chu trình tam giác kề nhau bên phải của tam giác chính $e, x, p_r(x)$ (Hình 6.7). Trong số các đỉnh e tính theo công thức sau:

$$w(e) = \cos\left(\frac{1, p_l'(e)}{\|1, p_l'(e)\|} \cdot \frac{1, p_r'(e)}{\|1, p_r'(e)\|}\right)^{-1} \quad (6.30)$$



Hình 6.7: Xếp xĩa thĩa c trái và phải của thĩa c

Phép nhân chĩa ba chi u

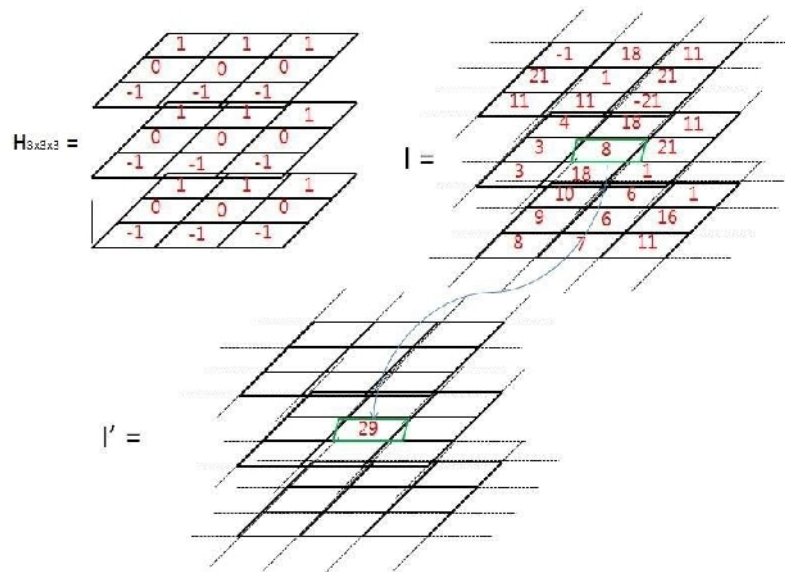
Giả sử $I_{M \times N \times K}$ là dữ liệu quét ba chiều sau khi phân đoạn, $H_{P \times Q \times S}$ là mặt nạ ba chiều. $I_{M' \times N' \times K'} = I * H$ là kết quả của phép nhân chĩa giữa dữ liệu I và mặt nạ H . I^0 tính như sau, tìm vị trí (x, y, z) :

$$M/2 \quad N/2 \quad K/2$$

$$I^0(x,y,z) = \sum_x \sum_y \sum_z I(x+i, y+j, z+k) H(i,j,k) \quad (6.31)$$

$$i=-M/2 \quad j=-N/2 \quad k=-K/2$$

Ví dụ, với hình I cho và ma trận $H_{3 \times 3 \times 3}$ cho trên hình 6.8, ma trận tích chập I^0 tính như sau minh họa trên hình.



Hình 6.8: Nhân chập $I^0 = I * H$

Ma trận mômen bậc hai

Cho hình ảnh $I[p]$ trong đó p là các pixel nguyên chỉ vị trí i m nh. Với mỗi i m nh p có các $w[r]$ kích thước $r = \{-m \dots m\} \times \{-m \dots m\}$ là các ảnh sáng. Các ảnh sáng c ảnh gốc sao cho tổng là 1. Ma trận mômen bậc hai tính như sau:

$$S_w[p] = \begin{bmatrix} \sum_r w[r] (I_x[p-r])^2 & \sum_r w[r] I_x[p-r] I_y[p-r] \\ \sum_r w[r] I_x[p-r] I_y[p-r] & \sum_r w[r] (I_y[p-r])^2 \end{bmatrix}$$

Mô hình Frankfurt

Số thống kê Frankfurt là thống kê trên các ảnh tại và biểu diễn ma trận trên mô hình thống kê song song với mô hình ngang.

Số sánh hai thống kê ba chi u không cùng lúc

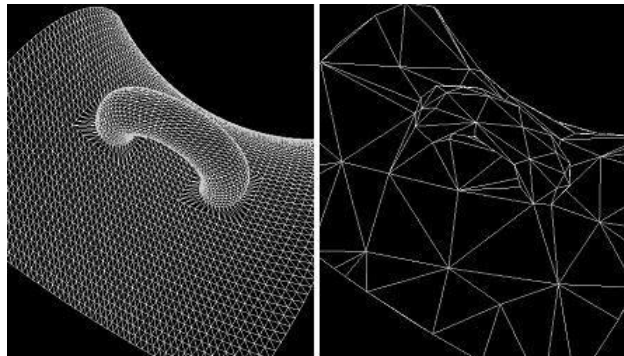
Bài toán số sánh hai thống kê ba chi u không cùng kích thước ảnh giá thống kê ba chi u xây dựng lại. Các thống kê ba chi u xây dựng lại số

vị trí điểm ba chiều cho một điểm ba chiều thu nhận các cách thức khác nhau quét ba chiều. Cho một điểm p và một tập điểm S , khoảng cách giữa điểm p và tập điểm S là $e(p, S)$ được tính như sau:

$$e(p, S) = \min_{p' \in S} d(p, p'), \quad (6.32)$$

Trong đó $d()$ là khoảng cách Euclid giữa hai điểm trong không gian ba chiều. Khoảng cách trung bình giữa hai tập điểm S_1 và S_2 (Hình 6.9) được tính theo công thức sau:

$$E(S_1, S_2) = \frac{1}{|S_1|} \sum_{S_1} e(p, S_2) \quad (6.33)$$

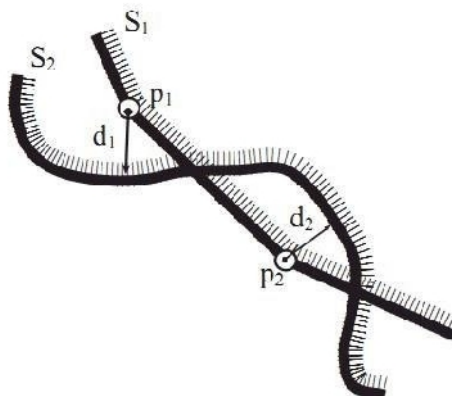


Hình 6.9: Hai tập điểm khác nhau.

Khoảng cách liên tục giữa hai tập điểm S_1 và S_2 được tính như sau:

$$E_{\text{liên tục}}(S_1, S_2) = \max_{p \in S_1} e(p, S_2) \quad (6.34)$$

Nhưng khoảng cách này không có tính liên tục (Hình 6.10)



Hình 6.10: Khoảng cách không liên tục.

PHẦN C4 - CÁC SỐ NHÂN TRUNC

Bảng 6.2: Các số trên s

STT	Các số trên s	Kí hiệu	Mô tả
1	<i>dai_so</i>	g_op	Là khoảng cách giữa 2 điểm glabella và opisthocranion
2	<i>rong_so</i>	eu_eu	Là khoảng cách giữa 2 điểm eurion
3	<i>cao_so</i>	ba_b	Là khoảng cách giữa 2 điểm basion và bregma
4	<i>en_en</i>	en_en	Là khoảng cách giữa 2 điểm endocanthion
5	<i>rong_mat</i>	zy_zy	Là khoảng cách giữa 2 điểm zygion
6	<i>rong_tran</i>	ft_ft	Là khoảng cách giữa 2 điểm frontotemporale
7	<i>cao_mui</i>	prn_sn	Là khoảng cách giữa 2 điểm pronasale và subnasale
8	<i>dai_xuong_mui</i>	n_rhi	Là khoảng cách giữa 2 điểm nasion và rhinion
9	<i>rong_mui</i>	al_al	Là khoảng cách giữa 2 điểm alare
10	<i>rong_hoc_mui</i>	ln_ln	Là khoảng cách giữa 2 điểm lateral nasal
11	<i>molar_molar</i>	ml_ml	Là khoảng cách giữa 2 điểm molar
12	<i>chi_so_mui</i>		$chi_so_mui = rong_mui/cao_mui$
13	<i>cao_trung_binh</i>		$cao_trung_binh = \frac{cao_so}{(0.5 \times dai_so + 0.5 \times en_en)}$
14	<i>cchi_so_cao_dai</i>		$cchi_so_cao_dai = cao_so/dai_so$

Bảng 6.3: Các mốc đo đầu mô hình

STT	Tên mốc	Kí hiệu	Vị trí	Số điểm
1	Opisthocranion	op	Điểm sau nhất vùng chẩm, chẩm	1
2	Vertex	v	Điểm cao nhất của đầu	1
3	Trichion	tr	Điểm nối giữa đường chân tóc trán	1
4	Glabella	g	Điểm nhô ra nhất giữa trán và 2 u lông mày	1
5	Nasion	n	Điểm nối giữa khớp trán mũi	1
6	Rhinion	rhi	Điểm giữa hai xương mũi khớp nhau	1

7	Pronasion	prn	i m nhô ra nh t c a u m i, nh m i	1
8	Subnasale	sn	i m gi a n n m i ti p giáp v i nhân trung	1
9	Stomion	sto	i m gi a ranh gi i môi trên và d i	1
10	Labiale inferius	li	i m b d i môi	1
11	Sublabiale	sl	i m b trên môi	1
12	Metal		i m nhô ra cao nh t c a c m	1
13	Meton		i m gi a n p g p c m - môi	1
14	Supraorbitale	sor	i m cao nh t phía trên m t	2
15	Orbitale	or	i m th p nh t b d i c a m t	2
16	Endocanthion	en	i m góc m t trong (u m t)	2
17	Exocanthion	ex	i m góc m t ngoài (uôi m t)	2
18	Porion	po	i m sau nh t vùng ch m, ch m	2
19	Alare	al	i m ngoài cùng c a h c m i	2
20	Zygion	zy	i m ngoài nh t c a cung gò má	2
21	Lateral nasal		i m ngoài cùng c a cánh m i	2
22	Gonion	go	i m ngoài nh t c a góc hàm	2
23	Zygomatic-arch		i m nhô cao nh t c a gò má	2
24	Mid master		i m gi a má, i m gi a c c n	2
25	Bregma	b	i m nhô nh t m t bên c a u	1
26	Eurion	eu	i m sau nh t vùng ch m, ch m	2
27	Basion	ba	i m gi a tr c l ch m	1
28	Frontotemporale	ft	i m tr c nh t c a g thái d ng c a	2
29	Molar	ml	i m chân r ng giáp gi a r ng hàm và nanh	2
30	Gnathion	gn	i m d i c m	1

Bảng 6.4: Công thức tính dày mô mềm theo phương pháp hồi quy tuyến tính

STT	Tên dày mô mềm	Kí hiệu	Phương trình	Số điểm
1	Opisthocranion	op	$Y = 0.1239 * rong_mui + 2.4462$	1
2	Vertex	v	$Y = 9.3 * rong_tran / rong_o - 1.19$	1
3	Trichion	tr	$Y = 0.0728 * cao_so - 4.6447$	1
4	Glabella	g	$Y = 0.0733 * rong_tran - 2.2482$	1
5	Nasion	n	$Y = -0.0624 * cao_so + 12.148$	1
6	Rhinion	rhi	$Y = 0.0271 * cao_so - 1.071$	1
7	Pronasion	prn	$Y = 0.2381 * dai_xuong_mui + 8.154$	1
8	Subnasale	sn	$Y = 16.8 * chi_so_mui + 2.1036$	1
9	Stomion	sto	$Y = 5.71 * chi_so_cao_dai - 0.7315$	1
10	Labiale inferius	li	$Y = 10.1 * cao_trung_binh + 4.8278$	1
11	Sublabiale	sl	$Y = 13.39 * cao_trung_binh + 0.0004$	1
12	Metal		$Y = 15.82 * cao_trung_binh - 2.1139$	1
13	Meton		$Y = 0.0798 * rong_tran - 1.7147$	1
14	Supraorbitale	sor	$Y = 0.084 * en_en + 2.6781(p)$ $Y = 0.0839 * en_en + 2.7975(t)$	2
15	Orbitale	or	$Y = 0.0512 * cao_so - 2.4011(p)$ $Y = 0.0557 * cao_so - 2.9922(t)$	2
16	Endocanthion	en	$Y = 0.1088 * cao_so - 8.8266(p)$ $Y = 0.1307 * cao_so - 11.599(t)$	2
17	Exocanthion	ex	$Y = 0.0522 * cao_so - 3.2308(p)$ $Y = 0.0546 * cao_so - 3.4705(t)$	2
18	Porion	po	$Y = 0.0758 * rong_mat + 2.5118(p)$ $Y = 0.0547 * rong_mat + 4.8088(t)$	2
19	Alare	al	$Y = 2.89 * chi_so_mui + 5.7944(p)$ $Y = 3.24 * chi_so_mui + 5.5103(t)$	2
20	Zygion	zy	$Y = 0.759 * dai_xuong_mui + 3.3014(p)$ $Y = 0.0853 * dai_xuong_mui + 3.1505(t)$	2

21	Lateral nasal		$Y = 3.68 * chi_so_mui + 3.9502(p)$ $Y = 4.16 * chi_so_mui + 3.5363(t)$	2
22	Gonion	go	$Y = 0.0251 * dai_so - 0.5042(p)$ $Y = 0.0553 * en_en - 5.4722(t)$	2
23	Zygomatic-arch		$Y = 0.0707 * dai_xuong_mui + 3.49(p)$ $Y = 0.0701 * dai_xuong_mui$ $+ 3.5197(t)$	2
24	Mid master		$Y = 0.138 * rong_so$ $- 0.1312(p)$ $Y = 0.1343 *$ $rong_so + 0.3014(t)$	2

Bảng 6.5: Các số đo dùng tính dày mô mềm theo phương pháp dùng
mũi nhọn -ron

STT	dày mô mềm	Kí hiệu	Các số đo
1	Opisthocranion	op	rong_mui
2	Vertex	v	rong_tran, rong_so
3	Trichion	tr	cao_so, dai_xuong_mui, rong_tran
4	Glabella	g	cao_so, cao_mui, rong_tran
5	Nasion	n	cao_so, molar_molar, dai_xuong_mui
6	Rhinion	rhi	cao_so, molar_molar, rong_mui
7	Pronasion	prn	dai_xuong_mui
8	Subnasale	sn	chi_so_mui
9	Stomion	sto	chi_so_cao_dai
10	Labiale inferius	li	cao_trung_binh
11	Sublabiale	sl	cao_trung_binh
12	Metal		cao_trung_binh
13	Meton		rong_tran
14	Supraorbitale	sor	en_en
15	Orbitale	or	cao_so
16	Endocanthion	en	cao_so
17	Exocanthion	ex	cao_so
18	Porion	po	rong_mat
19	Alare	al	chi_so_mui
20	Zygion	zy	dai_xuong_mui
21	Lateral nasal		chi_so_mui
22	Gonion	go	dai_so,en_en
23	Zygomatic-arch		dai_xuong_mui
24	Mid master		rong_so