

## MỤC LỤC

CHƯƠNG 1 – TỔNG QUAN VỀ THỰC TẠI ẢO VÀ BÀI TOÁN BIỂU DIỄN TRẠNG THÁI KHUÔN MẶT 3D.....	2
1.1. Tổng quan về thực tại ảo .....	2
1.2. Đối tượng 3D.....	2
1.2.1. Giới thiệu về đối tượng 3D.....	2
1.2.2. Mô phỏng đối tượng 3D .....	3
1.3. Bài toán biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D.....	3
1.3.1. Giới thiệu .....	3
1.3.2. Cách thức thể hiện trạng thái biểu cảm trên khuôn mặt người .....	5
1.3.3. Mô hình hóa khuôn mặt 3D.....	5
1.3.4. Một số phương pháp biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D.....	6
CHƯƠNG 2 - MỘT SỐ KỸ THUẬT NỘI SUY TRONG BIỂU DIỄN TRẠNG THÁI KHUÔN MẶT 3D .....	8
2.1. Kỹ thuật nội suy tuyến tính. ....	8
2.1.1. Giới thiệu .....	8
2.1.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D .....	8
2.1.3. Nhận xét.....	10
2.2. Kỹ thuật nội suy song tuyến. ....	10
2.2.1. Giới thiệu .....	10
2.2.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D .....	11
2.2.3. Nhận xét.....	13
2.3. KỸ THUẬT NỘI SUY DỰA TRÊN HÀM CƠ SỞ BÁN KÍNH.....	13
2.3.1. Giới thiệu .....	13
2.3.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D .....	14
2.3.3. Nhận xét.....	15
CHƯƠNG 3 –THỰC NGHIỆM.....	16
3.1. Giới thiệu bài toán .....	16
3.2. Phân tích chương trình thực nghiệm .....	16
3.2.1. Các công cụ kỹ thuật .....	16
3.2.2. Các bước triển khai cụ thể.....	17
3.3. Kết quả thực nghiệm .....	18
KẾT LUẬN .....	21

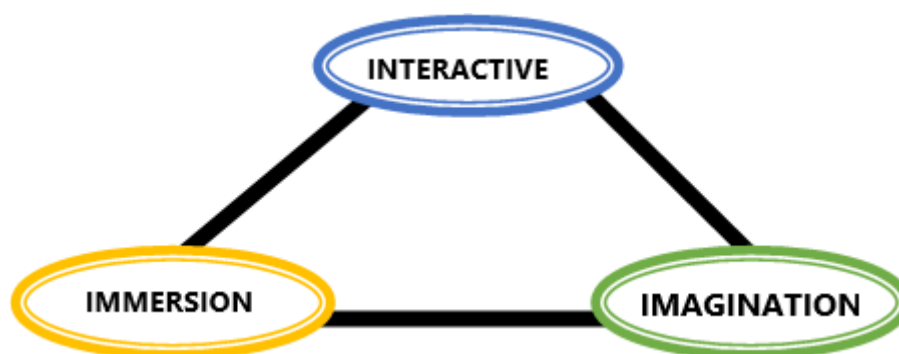
## CHƯƠNG 1 – TỔNG QUAN VỀ THỰC TẠI ẢO VÀ BÀI TOÁN BIỂU DIỄN TRẠNG THÁI KHUÔN MẶT 3D

### 1.1. Tổng quan về thực tại ảo

VR- Virtual Reality – Thực tại ảo (hay thực tế ảo): là một hệ thống giao diện cấp cao giữa người dùng và máy tính. Hệ thống này mô phỏng các sự vật hiện tượng theo thời gian thực và tương tác với người sử dụng thông qua các kênh cảm giác như thị giác, thính giác, xúc giác, khứu giác và vị giác.

Hay nói một cách khác là, người sử dụng có thể di chuyển, quan sát, tương tác với một thế giới nhân tạo được xây dựng mô phỏng bằng máy tính như đối với thế giới thực. Người dùng có thể nhìn thấy các đối tượng đồ họa 3D nổi, điều khiển được các đối tượng trong thế giới nhân tạo đó và có thể sờ, nắm, cảm nhận các đối tượng đó giống như trong thế giới thực.

Một hệ thống thực tại ảo có 3 đặc tính chính: Tương tác (interactive) – Đắm chìm (Immersion) – Tưởng tượng (Imagination)



Hình 1.1. Các đặc tính của hệ thống thực tại ảo

+ Tính tương tác: hệ thống thực tại ảo có khả năng tạo ra một thế giới nhân tạo giống như một thế giới thật. Thế giới nhân tạo này không tĩnh mà lại phản ứng, thay đổi theo ý muốn của người sử dụng. Người sử dụng có thể tương tác với các mô hình 3D ảo trong thế giới ảo đó và thay đổi ngay lập tức theo ý muốn của mình.

+ Đắm chìm: Hệ thống thực tại ảo có khả năng thu hút người sử dụng vào trong một thế giới ảo giống như thật, người dùng sẽ có cảm giác trở thành một phần của các hành động trên màn hình khi họ đang trải nghiệm thực tại ảo. Người dùng có thể nhìn thấy, sờ thấy và cảm thấy như các đối tượng có thật trong thực tế.

+ Tưởng tượng: Có hai khía cạnh của tính tưởng tượng trong một hệ thống thực tại ảo: Thứ nhất chính là khả năng di chuyển khắp nơi một cách độc lập như đang ở bên trong thế giới thật của người dùng. Thứ hai là những quy tắc về cách thức mà con người, sự vật, hiện tượng trong thế giới ảo tương tác với nhau theo một trật tự để trao đổi năng lượng và thông tin.

### 1.2. Đối tượng 3D

#### 1.2.1. Giới thiệu về đối tượng 3D

Khái niệm đối tượng thường được dùng để chỉ các vật thể tồn tại xung quanh chúng ta, chúng có thể là các đối tượng có thực trong thế giới thực như con người, nhà cửa, cây cối, sinh vật, v.v. hoặc

chúng cũng có thể là các đối tượng do con người chúng ta tưởng tượng ra được xây dựng và mô phỏng trong thế giới ảo.

Đối tượng 3D là đối tượng mô phỏng lại các đối tượng trong thế giới thực hoặc mô phỏng lại đối tượng mà chúng ta tưởng tượng ra, bằng máy tính. Đối tượng 3D là một phần trong thế giới ảo. Để xây dựng nên một không gian ảo, chúng ta phải có các đối tượng 3D sau đó kết hợp các đối tượng này với các thiết bị ngoại vi để giúp người sử dụng điều khiển và tương tác được với thế giới ảo giống như tương tác với các đối tượng trong thực tế. Một đối tượng 3D bao gồm có hai phần chính:

- Thứ nhất là một mô hình hình học biểu diễn đường nét, hình dáng của đối tượng và màu sắc (hay chất liệu) của đối tượng đó được gọi chung là mô hình 3D.

- Thứ hai là các thuộc tính, các ràng buộc và các mối quan hệ giữa các thành phần của đối tượng đó.

### 1.2.2. Mô phỏng đối tượng 3D

Có hai cách để thực hiện mô phỏng đối tượng 3D:

- Thứ nhất là mô phỏng các mô hình 3D nhờ các ngôn ngữ lập trình truyền thống như C, C++ .v.v. Cách này có thể thực hiện các mô phỏng phức tạp đòi hỏi sự chính xác cao, tuy nhiên nó cũng đòi hỏi máy tính phải có cấu hình mạnh về phần cứng, người lập trình phải có trình độ lập trình cao vì cách này gồm rất nhiều các thuật toán phức tạp, mất nhiều thời gian và cũng rất khó trong việc tạo ra những cảnh rộng lớn. Mặc dù vậy, nó lại là một lựa chọn duy nhất cho những ai muốn mô phỏng chính xác các sự vật, hiện tượng tự nhiên đúng với bản chất của nó. Ví dụ như mô phỏng nước, mô phỏng lửa, mô phỏng các hiện tượng vật lý, .v.v. Mô phỏng mô hình 3D nhờ các ngôn ngữ lập trình truyền thống thường chỉ thích hợp trong những trường hợp mô phỏng có quy mô nhỏ hoặc sử dụng trong quá trình học tập.

- Cách thứ hai là sử dụng các công cụ mô phỏng đã được xây dựng sẵn như 3DSmax, Maya, Autocad, .v.v. Cách này thường phù hợp với việc mô phỏng các mô hình không yêu cầu độ chính xác cao và nó không đòi hỏi người mô phỏng phải có trình độ lập trình cao, không tốn nhiều thời gian thực hiện. Tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là yêu cầu cấu hình hệ thống phải mạnh để cài đặt và chạy chương trình, đặc biệt là khi xuất (Rendering) mô hình. Hiện nay, cách này rất được ưa chuộng và được sử dụng rất phổ biến trong các công việc như làm Game 3D, Web 3D, dựng các công trình kiến trúc, hoặc phim hoạt hình 3D, .v.v..

Khuôn mặt 3D và các trạng thái của khuôn mặt 3D cũng là các đối tượng 3D. Việc xây dựng mô hình 3D khuôn mặt có thể sử dụng các phần mềm dựng sẵn và việc mô phỏng lại sự thay đổi các trạng thái khuôn mặt có thể sử dụng các phần mềm có sẵn hoặc sử dụng các ngôn ngữ lập trình truyền thống.

## 1.3. Bài toán biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D

### 1.3.1. Giới thiệu

Ngày nay, với sự phát triển của các phần mềm thông minh, chúng ta có thể giao tiếp với máy tính như thể chúng ta giao tiếp với con người. Con người luôn tìm cách biến máy tính thành con người bằng cách trang bị cho nó giao diện giống con người thông qua giọng nói, khuôn mặt, cử chỉ, .v.v. thay

vì sử dụng bàn phím, chuột hay những dòng chữ vô cảm. Người ảo là một trong những ứng dụng thể hiện mong muốn đó của con người.

Người ảo là một nhân vật có hình dáng, hành động tương tự như con người. Người ảo có thể giao tiếp với con người thông qua lời nói cử chỉ, có khả năng cảm nhận, cảm thụ thế giới, có suy nghĩ hành động, có thể thể hiện các trạng thái tâm lý giống như con người.

Hiện nay, trên thế giới đã có rất nhiều nhà nghiên cứu tiến hành xây dựng mô hình nhân vật ảo có khả năng thể hiện mô tả sự chuyển động, nói, phát âm, thể hiện cảm xúc,..v.v. như dự án bệnh viện ảo của Khoa kỹ thuật – khoa học máy tính và thông tin thuộc Đại học Florida (Mỹ). Khoa này đã xây dựng một nhân vật bệnh nhân ảo phục vụ cho việc giảng dạy sinh viên ngành y, các sinh viên có thể nói chuyện, phỏng vấn, sờ nắn bệnh nhân ảo để thực hành thăm khám, bệnh nhân ảo cũng có khả năng biểu lộ cảm xúc và trả lời các câu hỏi của bác sĩ. Hay tại buru điện Anh người ta đã xây dựng một nhân vật ảo được sử dụng để giúp những người khiếm thính mua tem và điền đúng các giấy tờ bằng cách dịch ngôn ngữ nói sang ngôn ngữ dấu hiệu của người anh. Hoặc mới đây chính quyền quận Brent của London (Anh) đã phóng một nhân viên trợ lý ảo 3D lên một màn hình như thể nhân viên này đang ngồi sau bàn tiếp tân tại văn phòng hội đồng quận Brent. Nhân viên ảo này sẽ được lập trình để trả lời một số câu hỏi về khai sinh, khai tử, đăng ký kết hôn và quyền công dân, cũng như chỉ dẫn lối đi cho khách viếng thăm. Việc sử dụng nhân viên ảo này sẽ làm cho chính quyền quận Brent tiết kiệm được rất nhiều chi phí, tiền bạc mà lại không ảnh hưởng đến dịch vụ công.



*Hình 1.3. Nhân viên tiếp tân ảo tại quận Brent*

Để có được một nhân vật ảo ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau như trên, các nhà nghiên cứu đã đặt ra rất nhiều các bài toán liên quan tới việc xây dựng các nhân vật ảo như: Mô phỏng trạng thái khuôn mặt, mô phỏng tư thế con người, mô phỏng cử chỉ, hành động con người, mô phỏng chuyển động đầu, mô phỏng phản hồi trong giao tiếp, ..v.v. Trong đó, bài toán mô phỏng trạng thái khuôn mặt 3D là một bài toán hết sức quan trọng trong việc xây dựng các nhân vật ảo 3D, đồng thời cũng có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực như điện ảnh truyền hình, game, y học, giáo dục,..v.v. Đặc biệt là việc biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D có thể kết hợp với hệ chuyên gia và trí tuệ nhân tạo để tạo nên những ứng dụng như khám bệnh qua internet, phân tích hoạt ảnh mặt tìm tội phạm hay là một trong những nhu cầu tạo nên thế giới ảo thân thiện có tính trị liệu tâm lý cho mọi người, ..v.v.. Đây là các ứng dụng mang tính thực tế và hiệu quả kinh tế cao góp phần thúc đẩy cho sự phát triển kinh tế xã hội của đất nước.

Tuy nhiên, việc biểu diễn các trạng thái khuôn mặt 3D trên máy tính cũng gặp phải không ít những khó khăn trong việc mô phỏng do sự phức tạp của giải phẫu trên khuôn mặt người và sự nhạy

cảm tự nhiên tới sự xuất hiện trên khuôn mặt. Hơn nữa, việc mô hình hóa khuôn mặt 3D một cách tối ưu, làm sao cho mô hình vừa nhẹ lại vừa đảm bảo độ chi tiết phù hợp cho việc hoạt hóa đúng các trạng thái trên khuôn mặt đảm bảo cho hệ thống hoạt hóa khuôn mặt phải tạo ra các hoạt ảnh động thực tế của mặt, thao tác trong thời gian thực, .v.v. là một việc không hề dễ dàng. Có rất nhiều cách giải quyết được đưa ra, dưới đây luận văn xin trình bày một số cách tiếp cận trong việc mô hình hóa, hoạt hóa biểu diễn trạng thái biểu cảm khuôn mặt 3D.

### 1.3.2. Cách thức thể hiện trạng thái biểu cảm trên khuôn mặt người

Trạng thái khuôn mặt người là thể hiện của khuôn mặt trong một khoảng thời gian nhất định nào đó dùng để mô tả những tính chất hình dáng nhất định của khuôn mặt ở một thời điểm nhất định. Mỗi trạng thái khuôn mặt có thể xuất hiện dài hay ngắn tùy theo mức độ ảnh hưởng và làm thay đổi nó của những yếu tố tác động lên việc thể hiện cảm xúc của con người.

Theo Shaver và các đồng nghiệp [8] các biểu cảm trên khuôn mặt con người sẽ gồm có 6 trạng thái biểu cảm cơ bản là vui vẻ, buồn, ngạc nhiên, tức giận, sợ hãi, căm ghét.

- Trạng thái vui vẻ: Trạng thái vui vẻ được thể hiện với một số đặc điểm nổi bật trên khuôn mặt như được thể hiện qua nụ cười tươi làm cho hở hàm răng, hai khước miệng căng sang hai bên và dịch chuyển lên phía trước, gò má nhô cao và đuôi mắt nhăn.
- Buồn: Trạng thái buồn được thể hiện trên khuôn mặt như vùng trán nhăn, góc của đôi môi kéo xuống, lông mày phía trong nhô lên và kéo gần vào nhau, mí mắt trùng xuống, và có thể là hàm giảm xuống đối với người đau đớn hoặc đang khóc.
- Tức giận: Trạng thái tức giận thường biểu hiện qua điệu bộ đôi lông mày kéo lại gần nhau và hạ thấp, môi mím chặt hoặc hàm nghiến chặt, ánh mắt giận giữ, mi mắt căng, cũng có khi hở hai hàm răng tiếp xúc nhau thì miệng sẽ có dạng hình chữ nhật.
- Sợ hãi: Thường được thể hiện trên khuôn mặt như lông mày nhô lên, sát vào nhau, mắt mở to, mi mắt căng ra và môi kéo giật ra sau.
- Ngạc nhiên: Trạng thái ngạc nhiên được biểu hiện trên khuôn mặt như lông mày nhô cao, mắt mở to, hàm dưới trễ xuống và miệng há hốc.
- Căm ghét (hay coi thường, khinh bỉ): thường biểu hiện qua điệu bộ nhăn mũi, lông mày hạ thấp, mắt gần như nhắm hắt và môi trên thì chun lên.

### 1.3.3. Mô hình hóa khuôn mặt 3D

Gần đây, mô hình hóa khuôn mặt người trở nên có nhiều ý nghĩa bằng cách đặt ra nhiều thách thức trong lĩnh vực y học, kỹ thuật, hoạt hình và đồ họa máy tính. Do đó, quá trình tạo ra những gương mặt tổng hợp một cách thực tế với các đặc trưng ba chiều và cố gắng để làm cho nó hấp dẫn đã thu hút nhiều sự chú ý quan tâm của các nhà nghiên cứu. Với sự ra đời của các thuật toán và kỹ thuật về mặt hình ảnh, nó có thể tạo ra các dạng hình học của khuôn mặt người một cách chi tiết sử dụng các phần mềm hình ảnh và máy quét 3D. Trong luận văn này, tôi xin trình bày một số mô hình khuôn mặt 3D và cách mô hình hóa các mô hình khuôn mặt 3D đã có trong một số nghiên cứu gần đây.

Conde [27] giải thích rằng ngày nay có thể có được hai loại dữ liệu khuôn mặt, dữ liệu hình ảnh (2D) và dữ liệu ba chiều (3D). Loại dữ liệu đầu tiên đại diện cho các kết cấu của khuôn mặt trong khi loại thứ hai thu thập những cấu trúc hình học trên khuôn mặt. Cả hai loại dữ liệu bổ sung cho nhau bởi vì chúng cung cấp hai loại thông tin khác nhau. Tuy nhiên, hạn chế chính của hệ thống biểu diễn khuôn mặt dựa trên kết cấu là sự phụ thuộc vào các điều kiện ánh sáng và vị trí của khuôn mặt. Trong

khi đó 3D rendering không phụ thuộc vào sự chiếu sáng và cho phép chuẩn hóa vị trí của khuôn mặt 3D.

Với đặc điểm và mục đích này, các mô hình khuôn mặt 3D lý tưởng theo Golovinskiy và các đồng nghiệp [29], phải được phổ cập, dễ dàng thu nhận và tính toán, mục tiêu của nó là để mô phỏng lại tất cả các khía cạnh khuôn mặt của một người thành một mô hình khuôn mặt 3D biểu diễn được trên máy tính. Cootes và Taylor [31] cũng chỉ ra rằng một mô hình là hữu ích nếu nó cụ thể, chi tiết, điều này có nghĩa là mô hình có khả năng biểu diễn cho các đối tượng mô hình hóa.

Bảng 1.1 trình bày tóm tắt về các nghiên cứu của các tác giả theo thời gian trong việc xây dựng các mô hình khuôn mặt 3D với các thông tin như tác giả, năm xuất bản, số đỉnh, số lượng đa giác và số lượng các đối tượng sử dụng để xây dựng mô hình khuôn mặt 3D.

*Bảng 1.1. Các mô hình khuôn mặt 3D*

<b>Model/author/year</b>	<b>Purpose</b>	<b>Vertices</b>	<b>Polygons</b>	<b>Subjects</b>
Park [25], 1974	Speech animation	356	334	----
Candide – 3, 2001	Facial expressions and animation	75	100	----
Morphable Model, Blaz y Vetter[24], 1999	Generation of human faces	70,000	----	200
Bronstein et al [28], 2003	Facial recognition	2,000 a 2,500	----	157
El-Husuna [32], 2003	Facial model	----	----	8
Golovinskiy et al [29], 2006	Facial details modeling	----	500,000	149
Basel Face Model, Paysan et al, 2009	Generation of human faces	53,490	160,470	200
Ramirez et al [30], 2009	Facial recognition	2,777	2,676	----
Phothisane et al [26], 2011	Head tracking	3,000	----	200

#### **1.3.4. Một số phương pháp biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D**

Hoạt hóa khuôn mặt trên máy tính có thể được mô tả một cách tương đối như là một tập các kỹ thuật để biểu diễn khuôn mặt đồ họa trên một hệ thống máy tính và sau đó hoạt hóa khuôn mặt này theo một cách nhất quán với các dịch chuyển trên khuôn mặt con người thực. Dưới đây luận văn trình bày bốn phương pháp cơ bản chính để biểu diễn trạng thái khuôn mặt, đó là key-frame animation, hoạt hóa theo tham số, hoạt hóa dựa trên cơ và hoạt hóa dựa trên cơ giả.

##### *a. Hoạt hóa dựa vào Key-frame*

Phương pháp này chủ yếu sử dụng các kỹ thuật nội suy để cung cấp một cách tiếp cận trực quan trong quá trình hoạt hóa khuôn mặt. Trong phương pháp này các hàm nội suy được sử dụng để tạo ra các frame giữa các khung hình chính hỗ trợ cho quá trình chuyển đổi giữa các khung hình chính một cách trơn tru. Các khung hình chính ở đây là những gương mặt với các biểu cảm khác nhau.

Phương pháp hoạt hóa dựa vào key-frame có ưu điểm là nhanh chóng và dễ dàng để tạo ra các hoạt ảnh động trên khuôn mặt. Tuy nhiên, phương pháp này không tạo ra được các biểu cảm nằm

ngoài giới hạn của tập khung hình chính. Sự kết hợp động của chuyển động mặt độc lập được tạo ra rất khó khăn. Do đó, nội suy là một phương pháp tốt để tạo ra một tập các hoạt ảnh động nhỏ từ một vài khung hình chính.

#### *b. Hoạt hóa theo tham số*

Phương pháp hoạt hóa theo tham số được phát triển lần đầu tiên bởi Parke vào năm 1974. Phương pháp này hoạt hóa khuôn mặt với một tập các tham số điều khiển. Các tham số này được nối cố định với các vùng cụ thể trên khuôn mặt. Một chuyển động mặt cụ thể được tạo ra bởi biến dạng của một tham số nối với vùng một vùng cụ thể trên khuôn mặt.

Không giống như phương pháp hoạt hóa dựa vào key-frame, hoạt hóa theo tham số cho phép kiểm soát một cách rõ ràng các khu vực cụ thể trên khuôn mặt. Phương pháp này cung cấp một chuỗi các biểu cảm khuôn mặt với chi phí tính toán tương đối thấp. Tuy nhiên, phương pháp hoạt hóa theo tham số ít khi tạo ra các biểu cảm con người một cách tự nhiên khi một xung đột giữa các tham số xảy ra. Do đó, phương pháp này chỉ phù hợp cho biến dạng các vùng cụ thể trên khuôn mặt.

#### *c. Hoạt hóa dựa trên cơ giả*

Sự hình thành của một biểu cảm khuôn mặt là một quá trình phức tạp, liên quan đến sự tham gia đồng bộ của một số các cơ. Ngoài ra, nó gây ra các biến dạng da nhìn thấy được, phù hợp với các chuyển động phức tạp của da. Mô hình hóa quá trình này về mặt giải phẫu đòi hỏi phải có khả năng tính toán tốt. Vì lý do này, các nhà khoa học quan sát các kết quả của các biểu cảm khuôn mặt để tìm ra một cách tái tạo lại những kết quả này mà không cần đến một mô hình giải phẫu phức tạp. Một kết quả cho nỗ lực này được gọi là cách tiếp cận dựa trên cơ giả. Hoạt hóa dựa trên cơ giả cố gắng mô phỏng lại các tập con các cơ trong thực tế bằng cách trực tiếp làm biến dạng lưới trên khuôn mặt.

Phương pháp hoạt hóa dựa trên cơ giả có ưu điểm là nó đơn giản hơn các phương pháp dựa trên cơ vì nó bỏ qua giải phẫu cơ bản của khuôn mặt. Phương pháp này cũng ít xử lý chuyên sâu hơn các phương pháp dựa trên cơ, do đó máy tính không phải tính toán các hành động cơ và động lực học của cơ mà nó biến dạng lưới một cách trực tiếp. Tuy nhiên, vì là phương pháp này bỏ qua giải phẫu cơ bản của khuôn mặt nên nó không thể mô hình hóa chính xác các nếp nhăn cũng như những chỗ lõm trên khuôn mặt, do đó giảm tính hiện thực của khuôn mặt. Đồng thời phương pháp này cũng không chú ý lắm tới việc giải quyết các tương tác giữa các cơ trên khuôn mặt.

#### *d. Hoạt hóa dựa trên cơ.*

Phương pháp này chủ yếu dựa vào giải phẫu hoặc các mô hình nhiều lớp của da và các cơ để làm biến dạng lưới khuôn mặt tạo ra các chuyển động trên khuôn mặt người. Phương pháp tiếp cận dựa trên cơ được đặc trưng bởi việc mô phỏng các cơ và các hành động cơ phù hợp với các cơ trong thực tế của cơ thể con người.

## CHƯƠNG 2 - MỘT SỐ KỸ THUẬT NỘI SUY TRONG BIỂU DIỄN TRẠNG THÁI KHUÔN MẶT 3D

### 2.1. Kỹ thuật nội suy tuyến tính.

#### 2.1.1. Giới thiệu

Trong toán học, nội suy tuyến tính là phương pháp đường cong phù hợp sử dụng đa thức tuyến tính để xây dựng các điểm dữ liệu mới trong phạm vi của một tập rời rạc các điểm dữ liệu đã biết.

Trong khoa học kỹ thuật, người ta thường có một số điểm dữ liệu đã biết giá trị bằng cách lấy mẫu thực nghiệm. Những điểm này là giá trị đại diện của một hàm số của một biến số độc lập có một lượng giới hạn các giá trị. Thường khi chúng ta phải nội suy (hoặc ước lượng) giá trị của hàm số này cho một giá trị trung gian của một biến độc lập.

Giả sử chúng ta có hai điểm đã biết tọa độ  $(x_0, y_0)$  và  $(x_1, y_1)$  thì nội suy tuyến tính chính là đường thẳng giữa hai điểm này. Cho giá trị  $x$  trong khoảng  $(x_0, x_1)$  thì giá trị  $y$  dọc theo đường thẳng được đưa ra từ phương trình

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (2.1)$$

$$y = y_0 + (y_1 - y_0) \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (2.2)$$

Hay

$$y = y_0 \left(1 - \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}\right) + y_1 \left(\frac{x - x_0}{x_1 - x_0}\right) \quad (2.3)$$

Đây là công thức nội suy tuyến tính trong khoảng  $(x_0, x_1)$ .

Nội suy tuyến tính là phương pháp đơn giản nhất để nhận được các giá trị tại các vị trí giữa các điểm dữ liệu. Các điểm dữ liệu này được kết nối một cách đơn giản bởi một đoạn thẳng. Mỗi đoạn thẳng (giới hạn bởi hai điểm dữ liệu) có thể được nội suy một cách độc lập. Khi đó hàm nội suy giữa hai điểm có thể được viết như sau:

$$y = y_0(1 - t) + y_1 t \quad (2.4)$$

Tham số  $t$  xác định nơi để ước tính giá trị trên đường nội suy, nó là 0 tại điểm đầu tiên và là 1 tại điểm thứ hai. Các giá trị nội suy giữa hai điểm  $t$  nằm trong khoảng giữa 0 và 1.

#### 2.1.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D

Giả sử rằng khuôn mặt 3D được biểu diễn bởi một đa giác thích hợp. Tư tưởng của kỹ thuật này tương tự như phương pháp tạo ra chuyển động của các phim hoạt hình thông thường. Các phim hoạt hình xác định chuyển động mong muốn bất kỳ bằng cách tạo ra một loạt các bản vẽ các chuyển động chính, sau đó người tạo chuyển động sẽ tạo ra một loạt các khung hình (frame) trung gian giữa các chuyển động của các bản vẽ chính. Đối với việc hoạt hóa trạng thái khuôn mặt trên máy tính thì các bản vẽ chính ở đây được thay thế bởi các tập tin dữ liệu mô tả các trạng thái khuôn mặt khác nhau.



Các trạng thái khuôn mặt khác nhau này bao gồm các trạng thái như trạng thái khuôn mặt tự nhiên, trạng thái cười, trạng thái tức giận, ngạc nhiên, v.v.

Các dữ liệu trong các tập tin mô tả trạng thái khuôn mặt là các vị trí ba chiều của các điểm xác định đa giác sử dụng để đại diện cho khuôn mặt hoặc vị trí ba chiều của các điểm tại các vùng đặt trung cơ bản nhất của khuôn mặt mà ở đó trạng thái khuôn mặt được thể hiện.

Các khung hình trung gian được xác định bằng cách sử dụng phép nội suy tuyến tính.

$$P_{interpolated}(t) = (1-t) * P_{prev} + t * P_{next} \quad (2.5)$$

$$0 \leq t \leq 1$$

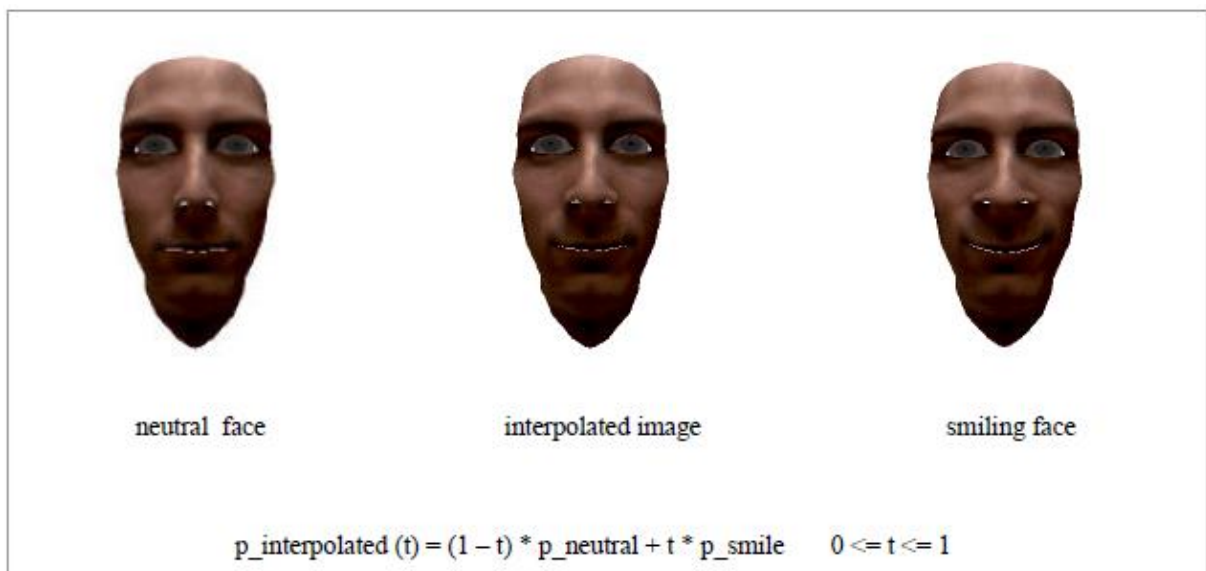
Trong đó:

$P_{interpolated}$ : vị trí các điểm trong frame trung gian

$P_{prev}$ : vị trí các điểm trong frame trạng thái khuôn mặt nguồn.

$P_{next}$ : vị trí các điểm trong frame trạng thái khuôn mặt đích

$t$ : Tham số nội suy ( $0 \leq t \leq 1$ )



Hình 2.3. Nội suy tuyến tính khuôn mặt từ trạng thái tự nhiên sang trạng thái cười

Tuy nhiên, khuôn mặt luôn được chi phối bởi các quy luật vật lý, chuyển động của nó không phải là tuyến tính mà có xu hướng tăng tốc và giảm tốc. Do đó, một hàm nội suy Cosin hoặc các biến thể khác có thể được sử dụng để cung cấp khả năng tăng tốc và giảm tốc độ thể hiện trạng thái khi bắt đầu và kết thúc một hoạt cảnh.

#### ❖ Kết hợp giữa kỹ thuật nội suy tuyến tính và kỹ thuật Morphing:

Morphing trạng thái khuôn mặt 3D nghĩa là tạo ra các chuyển tiếp liên tục và thực tế giữa các biểu cảm khác nhau của khuôn mặt. Phương pháp này đạt được các hiệu ứng bằng cách morphing giữa các mô hình mặt tương ứng. Trình tự morphing 3D có thể đạt được bằng cách sử dụng kỹ thuật nội suy tuyến tính đơn giản giữa các tọa độ hình học của các đỉnh tương ứng trong mỗi lưới của hai lưới khuôn mặt. Cùng với quá trình nội suy hình học thì các texture của mô hình khuôn mặt cũng cần được blend từ các textures có liên quan. Khi morphing hai biểu cảm khác nhau của cùng một mô hình mặt

thì mô hình khuôn mặt trung gian được tạo ra bởi phép nội suy hình học. Sau đó, texture của mô hình khuôn mặt trung gian này trực tiếp được tạo ra từ khuôn mặt tự nhiên bằng cách thiết lập tương ứng giữa mô đa giác của mô hình khuôn mặt tự nhiên và mô hình biểu cảm trung gian cho mỗi dòng quét với mỗi pixel. Với morphing giữa hai trạng thái biểu cảm của bất kỳ hai mô hình khuôn mặt nào thì texture trung gian được tạo ra bằng cách sử dụng nội suy tuyến tính của nguồn tương ứng và tam giác đích cho từng dòng quét.

❖ **Kết hợp giữa kỹ thuật nội suy tuyến tính và hệ mã hóa hành động mặt:**

Hệ mã hóa hành động mặt (FACS – Facial Action Coding System) được giới thiệu bởi Ekman và Friesen năm 1976 để đánh giá và mô tả các hành động mặt bằng cách kiểm tra tất cả các cơ mặt. Hiện nay, nó được coi là một chuẩn để hiển thị sự xuất hiện khuôn mặt kích thích bởi những thay đổi trên từng cơ mặt. Nó xuất phát từ việc phân tích giải phẫu khuôn mặt bằng cách mô tả các hoạt động cơ mặt của con người. Nguyên tắc làm việc của FACS trong việc tìm hiểu hành vi của khuôn mặt được dựa trên các hành động mặt. FACS chia khuôn mặt con người thành 46 đơn vị hành động (AUS – Action Units). Mỗi đơn vị hiện thân của một hành động cơ riêng biệt hoặc một nhóm các cơ đặc trưng cho một vị trí duy nhất trên khuôn mặt. Các đơn vị hành động mặt được xây dựng sao cho phù hợp với các hành động nơi mà mỗi đơn vị hành động mặt có thể liên quan đến nhiều cơ.

### 2.1.3. Nhận xét

Kỹ thuật nội suy tuyến tính có một số ưu điểm và nhược điểm trong việc hoạt hóa trạng thái khuôn mặt như sau:

***Ưu điểm:***

- Đơn giản để hiểu biết và thực thi.
- Tốc độ hoạt hóa nhanh
- Không yêu cầu tính toán chuyên sâu.
- Dễ dàng tạo ra các hoạt ảnh trên khuôn mặt với kết quả được dự đoán là cao

***Nhược điểm:***

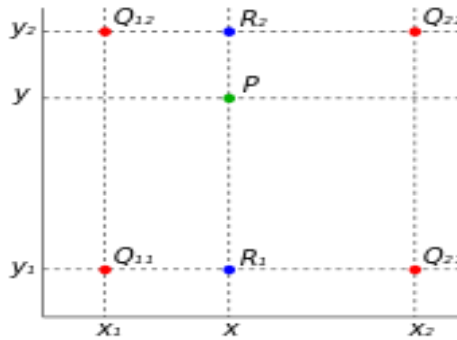
- Bị giới hạn bởi một số lượng các biểu cảm chính nhất định.
- Nếu sự chuyển đổi giữa hai key-frame trạng thái khuôn mặt là không tuyến tính cũng không phù hợp với bất kỳ hàm nào đang tồn tại thì sẽ khó khăn trong việc tính toán vị trí của các trạng thái khuôn mặt trung gian.
- Khó khăn trong việc tạo ra sự kết hợp động của các chuyển động mặt độc lập
- Không hiệu quả đối với các nét mặt có sự biến đổi phức tạp

## 2.2. Kỹ thuật nội suy song tuyến.

### 2.2.1. Giới thiệu

Trong toán học, nội suy song tuyến (Bilinear interpolation) là mở rộng của phép nội suy tuyến tính cho các hàm nội suy hai biến (ví dụ:  $x$  và  $y$ ) trong một lưới phẳng 2D. Ý tưởng của phương pháp này là nội suy tuyến tính theo hướng đầu tiên, và sau đó nội suy tuyến tính một lần nữa theo hướng khác. Hay nói cách khác, nội suy song tuyến tính là phương pháp được sử dụng để tính trọng số khoảng cách trung bình của bốn điểm gần nhất để ước lượng giá trị điểm mới được tạo ra.

Giả sử rằng chúng ta muốn tìm giá trị của hàm  $f$  chưa biết tại điểm  $(x, y)$ . Giả sử chúng ta đã biết giá trị của  $f$  tại bốn điểm  $Q_{11} = (x_1, y_1)$ ,  $Q_{12} = (x_1, y_2)$ ,  $Q_{21} = (x_2, y_1)$  và  $Q_{22} = (x_2, y_2)$ .



Hình 2.4. Minh họa nội suy song tuyến tính

Đầu tiên chúng ta thực hiện nội suy tuyến tính theo trục  $x$ .

$$f(x, y_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{21}) \quad (2.6)$$

$$f(x, y_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{22})$$

Chúng ta tiếp tục nội suy theo trục  $y$  để đạt được kết quả như sau:

$$f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(x, y_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(x, y_2) \quad (2.7)$$

Hay

$$f(x, y) = \frac{1}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)} [x_2 - x \quad x - x_1] \begin{bmatrix} f(Q_{11}) & f(Q_{12}) \\ f(Q_{21}) & f(Q_{22}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_2 - y \\ y - y_1 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

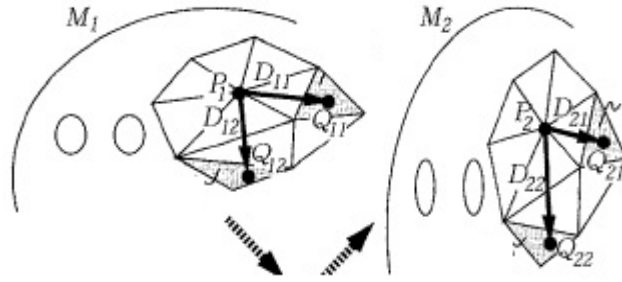
Nếu chúng ta chọn một hệ tọa độ mà trong đó bốn điểm có giá trị  $f$  là  $(0,0)$ ,  $(0,1)$ ,  $(1,0)$ ,  $(1,1)$  thì công thức nội suy được đơn giản hóa thành:

$$f(x, y) \approx [1 - x \quad x] \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - y \\ y \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

### 2.2.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D

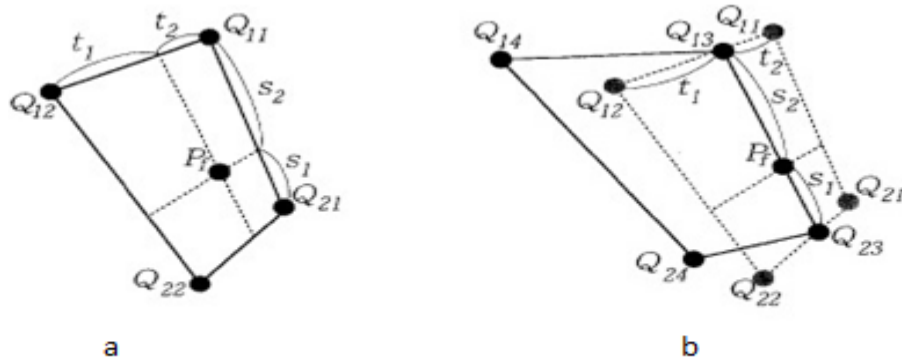
Tư tưởng của phương pháp nội suy song tuyến là sử dụng bốn khung hình nội suy thay vì sử dụng hai khung hình trong phép nội suy tuyến tính. Các khung hình (hay keyframe) này đạt được bằng cách kết hợp hai dữ liệu hình dạng của khuôn mặt và hai dữ liệu biểu cảm trên khuôn mặt.

Giả sử, chúng ta biểu diễn sự thay đổi trạng thái biểu cảm từ trạng thái  $M_1$  tới trạng thái trên mô hình  $M_2$  thì chúng ta có thông tin về hai dữ liệu hình dạng  $M_1$ ,  $M_2$  và hai dữ liệu biểu cảm  $D_1$ ,  $D_2$  (Hình).



Hình 2.5. Dữ liệu hình dạng hai trạng thái khuôn mặt

Bằng cách kết hợp các dữ liệu này, bốn dữ liệu được tạo ra như các keyframes.  $Q_{ij}$  ( $i=1,2; j=1,2$ ) là vị trí thay thế của một điểm điều khiển  $P$  tại các keyframes. Mỗi  $Q_{ij}$  là thành phần của keyframe đạt được bằng cách kết hợp  $i$  dữ liệu hình dạng và  $j$  dữ liệu biểu cảm. Cho  $P_f$  là vị trí thay thế của điểm điều khiển tương ứng với điểm điều khiển  $P$  tại một frame cụ thể của quá trình hoạt hóa.



Hình 2.6. Nội suy song tuyến tính

Như được biểu diễn trong hình 2.6a,  $P_f$  đạt được bằng cách nội suy tuyến tính dựa vào  $Q_{11}$ ,  $Q_{12}$ ,  $Q_{21}$  và  $Q_{22}$  như sau:

$$P_f = s_1(t_1 Q_{11} + t_2 Q_{12}) + s_2(t_1 Q_{21} + t_2 Q_{22})$$

$$(s_1 + s_2 = t_1 + t_2 = 1) \quad (2.10)$$

Với  $s_i$  ( $i = 1,2$ ) và  $t_j$  ( $j = 1,2$ )

❖ Cập nhật các keyframe cho dữ liệu biểu cảm mới.

Hình 2.6b biểu diễn mô tả các thành phần của các keyframe khi dữ liệu biểu cảm mới được lựa chọn. Khi đó, vị trí của  $P_f$  được xác định bởi công thức 2.5. các thành phần  $Q_{13}$ ,  $Q_{14}$ ,  $Q_{23}$ , và  $Q_{24}$  đạt được theo các bước sau:

1. Đạt được  $Q_{13}$  và  $Q_{23}$  bằng cách gán các giá trị hiện tại của  $t_1$  và  $t_2$  vào công thức sau:

$$Q_{13} = t_1 Q_{11} + t_2 Q_{12}$$

$$Q_{23} = t_1 Q_{21} + t_2 Q_{22} \quad (2.6)$$

$Q_{13}$  và  $Q_{23}$  là hai trong bốn thành phần của keyframes mới cho biểu cảm mới.

2. Cho  $Q_{14}$  và  $Q_{24}$  là vị trí thay thế đạt được bằng cách kết hợp dữ liệu biểu cảm mới với mô hình biểu cảm ban đầu và mô hình biểu cảm thứ hai.  $Q_{14}$  và  $Q_{24}$  là hai thành phần của các keyframe mới.

3. Với việc gán giá trị 0 và 1 tới  $t_1$  và  $t_2$  khi đó chúng ta lại tiếp tục tính được giá trị của  $P_f$  theo công thức sau :

$$P_f = s_1(t_1Q_{13} + t_2Q_{14}) + s_2(t_1Q_{23} + t_2Q_{24})$$

$$(s_1 + s_2 = t_1 + t_2 = 1) \quad (2.11)$$

### 2.2.3. Nhận xét

#### Ưu điểm :

- Nhanh, dễ dàng tạo ra các hoạt ảnh trên khuôn mặt
- Do sử dụng bốn khung hình chính có liên quan chứ không phải hai, nên kỹ thuật nội suy song tuyến tạo ra các biểu hiện khuôn mặt đa dạng khác nhau hơn so với nội suy tuyến tính. Nội suy song tuyến, khi kết hợp với mô phỏng morphing hình ảnh sẽ tạo ra một loạt các thay đổi biểu cảm khuôn mặt thực tế [9].

#### Nhược điểm :

Cũng giống như các kỹ thuật nội suy khác, kỹ thuật nội suy song tuyến cũng có các nhược điểm như :

- Khó khăn trong việc tạo ra sự kết hợp động của các chuyển động mặt độc lập
- Không hiệu quả đối với các nét mặt có sự biến đổi phức tạp
- Chỉ phù hợp trong các bài toán nhỏ, sử dụng một vài khung hình cơ bản để sinh ra một tập ảnh nhỏ.

## 2.3. KỸ THUẬT NỘI SUY DỰA TRÊN HÀM CƠ SỞ BÁN KÍNH

### 2.3.1. Giới thiệu

#### ❖ Hàm cơ sở bán kính (Radial Basic Function - RBF):

Giả sử rằng giá trị của một hàm vô hướng  $F: R^3 \rightarrow R$  là đại diện cho sự biến đổi của  $n$  điểm rời rạc khác biệt  $x_i$  trong không gian  $R^3$ . Khi đó hàm cơ sở bán kính (RBF) cung cấp một phương thức cho việc tạo ra một phép nội suy trơn cho hàm  $F$  trong không gian  $R^3$ . Hàm này được viết dưới dạng tổng của  $n$  xấp xỉ bởi một hàm cơ sở bán kính  $g(r_i): [0, rMax] \rightarrow [0, 1]$  với  $r_i$  là khoảng cách giữa các điểm  $p = (x, y, z)$  được xấp xỉ và các điểm  $p_i = (x_i, y_i, z_i)$  bvv

$$F(p) = \sum_{i=1}^n a_i g(\|x - x_i\|) + c_0 + c_1x + c_2y + c_3z \quad (2.13)$$

với  $x = (x, y, z)$

Trong đó:

$a_i$  : là các hệ số vô hướng.

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

Công thức (2.8) cho chúng ta thấy rằng: Với  $n$  điểm, để biết được các giá trị  $F(x_i, y_i, z_i) = F_i$  chúng ta cần phải mở rộng thêm bốn giá trị  $n = n + 4$  do có thêm bốn tham số  $c_0, c_1, c_2, c_3$  là các hệ số của đa thức, khi đó phương trình (2.8) được viết dưới dạng ma trận:

$$\mathbf{F} = \mathbf{GA} \quad (2.14)$$

Trong đó:

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

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

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

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

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

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

Giải hệ phương trình (2.14) cho chúng ta các hệ số của  $\mathbf{A}$  chính là các hệ số  $a_i$  của phương trình (2.13).

### 2.3.2. Sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D

Tư tưởng của kỹ thuật này là khuôn mặt 3D sẽ được đặc trưng bởi một tập điểm gọi là điểm điều khiển, việc biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D sẽ dựa trên việc điều chỉnh các điểm điều khiển của mô hình khuôn mặt ban đầu thành mô hình khuôn mặt đích (mô hình trạng thái khuôn mặt 3D mà chúng ta muốn biểu diễn. Ví dụ trạng thái vui, buồn, ngạc nhiên, ...). Bắt đầu chúng ta sẽ tính các hệ số biến đổi dựa vào sự biến đổi của tập điểm điều khiển từ mô hình khuôn mặt ban đầu tới mô hình khuôn mặt đích, sau đó việc tính toán lại dữ liệu của khuôn mặt sẽ được thực hiện bởi nội suy dựa trên hàm cơ sở bán kính với các giá trị vừa tính được.

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

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

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

$$\begin{aligned} \mathbf{G}' \mathbf{A}_x &= (u_1^x, u_2^x, \dots, u_m^x)^T \\ \mathbf{G}' \mathbf{A}_y &= (u_1^y, u_2^y, \dots, u_m^y)^T \\ \mathbf{G}' \mathbf{A}_z &= (u_1^z, u_2^z, \dots, u_m^z)^T \end{aligned} \quad (2.15)$$

Với  $m$  là số điểm trên bề mặt, và  $\mathbf{G}'$  là ma trận được xây dựng là  $(m^*n+4)$  tương tự như ma trận  $\mathbf{G}$  trong công thức (2.9).

### 2.3.3. Nhận xét

#### *Ưu điểm:*

- Kỹ thuật nội suy này sử dụng các điểm điều khiển để nội suy ra các trạng thái biểu cảm khuôn mặt, do đó chúng ta có thể dễ dàng thiết kế các điểm điều khiển này tại các vùng đặc trưng có sự biến đổi rõ rệt giữa các trạng thái biểu cảm sao cho phù hợp với khuôn mặt và phù hợp với các vị trí phức tạp có sự biến đổi trên khuôn mặt.
- Trong kỹ thuật nội suy này việc thêm các điểm điều khiển mới không làm ảnh hưởng nhiều tới thuật toán.
- Kỹ thuật này không làm thay đổi được cấu trúc lưới bề mặt của khuôn mặt

#### *Nhược điểm:*

- Khả năng tính toán chậm, khó cài đặt.
- Nếu số điểm điều khiển tăng lên lên thì độ phức tạp thời gian tính toán của thuật toán cũng tăng lên khá nhanh.

## CHƯƠNG 3 – THỰC NGHIỆM

### 3.1. Giới thiệu bài toán

Khuôn mặt con người là một đối tượng nghệ thuật và khía cạnh trung tâm, đóng một vai trò quan trọng trong quá trình tương tác. Các tỷ lệ và những biểu cảm khuôn mặt là rất quan trọng để xác định nguồn gốc, khuynh hướng tình cảm, chất lượng sức khỏe và thường là nền tảng tương tác xã hội của con người. Rất nhiều loại thông tin quan trọng khác nhau có thể nhìn thấy trên khuôn mặt. Vì vậy, hoạt hóa mặt người là một sự thay thế quan trọng cho phép tương tác người máy một cách tự nhiên. Hoạt hóa khuôn mặt có sự hỗ trợ của máy tính làm cho các ứng dụng đa dạng bao gồm cả con người ảo thực trong ngành công nghiệp giải trí, y tế, pháp y và chuẩn đoán.

Các khuôn mặt nói chuyện tương tác trong các ứng dụng truyền thông làm cho người sử dụng tương tác máy tốt hơn bằng cách cung cấp một giao diện thân thiện để thu hút người dùng. Về tính hiện thực của tổng hợp hoạt ảnh động, việc tạo ra các biểu cảm như con người là một trong những vấn đề quan trọng. Sự phức tạp liên quan đến biến dạng khuôn mặt di chuyển và sự nhạy cảm vốn có của con người đến sự tinh tế của chuyển động mặt làm cho hoạt hóa mặt là một chủ đề thách thức với cộng đồng đồ họa máy tính. Hơn nữa, việc giải thích các cảm xúc của con người vẫn còn là một đề tài nghiên cứu đa ngành cực kỳ khó khăn trong đồ họa máy tính, trí tuệ nhân tạo, giao tiếp, tâm lý học, v.v.

Bài toán biểu diễn trạng thái biểu cảm khuôn mặt 3D được mô tả như sau:

**Đầu vào:** Mô hình khuôn mặt 3D ở trạng thái ban đầu và khuôn mặt 3D ở trạng thái đích.

**Đầu ra:** Các khuôn mặt trung gian thể hiện cho quá trình hoạt hóa khuôn mặt 3D từ trạng thái ban đầu sang trạng thái đích. Các khuôn mặt trung gian này được tính toán dựa trên hai trạng thái khuôn mặt ở đầu vào.

Để giải quyết bài toán trên luận văn tiến hành cài đặt chương trình thực nghiệm quá trình hoạt hóa khuôn mặt 3D từ trạng thái ban đầu là trạng thái tự nhiên tới các trạng thái đích là các trạng thái biểu cảm cơ bản của khuôn mặt như vui vẻ, buồn, ngạc nhiên, giận giữ, căm ghét, sợ hãi. Quá trình xây dựng chương trình thực nghiệm sẽ bao gồm các bước chính như sau:

Bước 1: Xây dựng mô hình khuôn mặt 3D. Quá trình xây dựng mô hình khuôn mặt có thể dựa vào các phần mềm thiết kế mô hình có sẵn hiện nay. Chẳng hạn như Maya, 3Dsmax, v.v.

Bước 2: Hoạt hóa khuôn mặt 3D thể hiện các trạng thái biểu cảm bằng cách sử dụng kỹ thuật nội suy trong thuật toán morphing. Thực chất của quá trình hoạt hóa khuôn mặt 3D là quá trình hoạt hóa các thành phần mô phỏng khuôn mặt. Thuật toán morphing sử dụng kỹ thuật nội suy tuyến tính hoạt hóa khuôn mặt 3D ở những vùng đặc trưng cơ bản nhất của khuôn mặt 3D. Quá trình hoạt hóa khuôn mặt 3D chính là quá trình biến đổi các khung hình thể hiện khuôn mặt 3D phù hợp theo thời gian.

### 3.2. Phân tích chương trình thực nghiệm

#### 3.2.1. Các công cụ kỹ thuật

Như đã trình bày ở trên, việc đầu tiên trong quá trình xây dựng thực nghiệm là đi xây dựng mô hình 3D khuôn mặt. Chúng ta có thể xây dựng mô hình 3D khuôn mặt bằng cách sử dụng các phần



mềm thiết kế như 3DSmax, Maya hoặc một số phần mềm thiết kế khác. Các mô hình 3D được thiết kế sẽ làm cơ sở dữ liệu trong quá trình hoạt ảnh khuôn mặt.

Sau khi xây dựng xong các mô hình 3D khuôn mặt, chúng ta có thể sử dụng các ngôn ngữ lập trình như VC++, C++ .v.v. và OpenGL để lập trình điều khiển, hoạt hóa các trạng thái của khuôn mặt 3D.

OpenGL (Open Graphics Library) là một thư viện đồ họa có khoảng 150 hàm nhằm giúp xây dựng các đối tượng và các giao tác cần thiết trong các ứng dụng tương tác 3D. OpenGL cũng là một tiêu chuẩn kỹ thuật đồ họa có chức năng tiêu chuẩn hóa giao diện lập trình ứng dụng đồ họa 3 chiều [33].

Thư viện OpenGL chứa các hàm đồ họa dùng để xây dựng các đối tượng phức tạp từ các thành phần hình học cơ bản như điểm, đoạn thẳng, đa giác, ảnh,..., các hàm sắp xếp đối tượng trong 3D và chọn điểm thuận lợi để quan sát, các hàm đồ họa tính toán màu sắc của các đối tượng, các hàm biến đổi những mô hình toán học của đối tượng và thông tin màu sắc thành các pixel trên màn hình [34]. Nhưng thư viện này lại không hỗ trợ một số hàm nhập xuất hay thao tác trên window, cũng không có sẵn các hàm để xây dựng các mô hình đối tượng mà người lập trình phải tự xây dựng từ các thành phần hình học cơ bản. Do đó, luận văn có sử dụng thêm một số thư viện đồ họa hỗ trợ khác như GLUT, GLEW.

C++ là một ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng mạnh và linh hoạt. C++ có thể được sử dụng để phát triển những ứng dụng bậc cao và cả những chương trình bậc thấp hoạt động tốt trên phần cứng. Ngôn ngữ C++ cũng hay được sử dụng trong các dự án về lập trình đồ họa, xử lý văn bản, bảng tính, .v.v. C++ cũng có sẵn rất nhiều các trình biên dịch, các thư viện được viết sẵn, đồng thời người lập trình cũng có thể tự tạo thêm các hàm thông dụng vào thư viện để có thể tái sử dụng sau này.

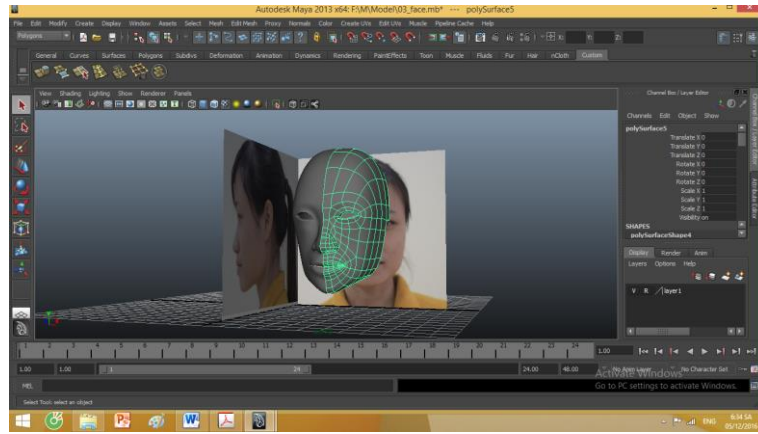
Môi trường sử dụng cho ngôn ngữ C++ là Microsoft Visual C++. Đây là một môi trường phát triển tích hợp có các công cụ cho phát triển và gỡ lỗi mã nguồn C++ trợ giúp cho các lập trình viên trong việc xây dựng và phát triển phần mềm. Ngoài ra, Microsoft Visual C++ còn có thể bao gồm hệ thống quản lý các phiên bản, các công cụ nhằm giúp cho việc đơn giản hóa công việc xây dựng giao diện người dùng đồ họa. Microsoft Visual C++ là một môi trường phát triển đồ họa mạnh.

Với những lợi thế và ưu điểm có được của C++ và thư viện OpenGL nên luận văn đã lựa chọn ngôn ngữ lập trình C++ kết hợp với thư viện OpenGL để lập trình điều khiển quá trình hoạt hóa khuôn mặt 3D.

### **3.2.2. Các bước triển khai cụ thể**

Bước 1: Xây dựng mô hình khuôn mặt 3D.

- Luận văn sử dụng phần mềm Autodesk Maya 2013 để xây dựng mô hình khuôn mặt đầu vào cho chương trình thực nghiệm ở trạng thái tự nhiên.



Hình 3.1. Mô hình khuôn mặt 3D được xây dựng trong Maya

- Sau đó dựa vào mô hình ban đầu này, luận văn tiến hành xây dựng 6 mô hình trạng thái khuôn mặt 3D chính dựa vào một số đặc trưng cho từng trạng thái biểu cảm như đã được mô tả trong chương 1.
- Để thuận lợi cho quá trình xây dựng chương trình thực nghiệm và quá trình hoạt hóa dựa vào kỹ thuật nội suy, tôi chuyển mô hình khuôn mặt 3D từ lưới tứ giác đã xây dựng thành lưới tam giác.
- Lưu lại các mô hình trạng thái khuôn mặt 3D dưới dạng file .Obj

Bước 2: Load dữ liệu vào chương trình thực nghiệm

Dữ liệu được đưa vào chương trình thực nghiệm dưới dạng file mô hình đuôi .obj (dạng lưu trữ mô hình 3D). Sau đó được lưu trữ dưới dạng mảng các đỉnh với các tọa độ x, y, z của mỗi đỉnh và thông tin về texture.

Hàm LoadOBJ() trong chương trình nguồn được sử dụng để đưa dữ liệu vào chương trình thực nghiệm.

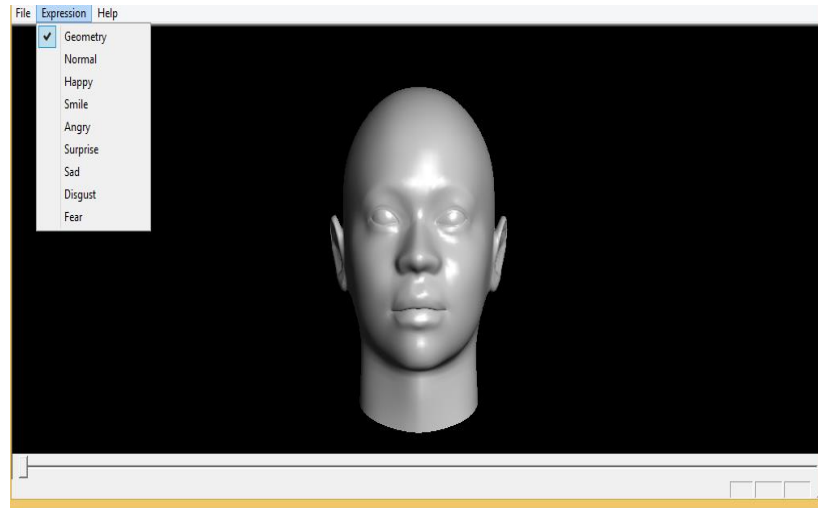
Bước 3: Tính toán các mô hình khuôn mặt trung gian dựa vào kỹ thuật nội suy tuyến tính.

- Các mô hình khuôn mặt trung gian được tạo ra bằng cách tính toán các giá trị vị trí các đỉnh trên mô hình này. Vị trí các đỉnh trên mô hình khuôn mặt trung gian được tính toán dựa vào công thức (2.5).

Bước 4: Hiển thị mô hình khuôn mặt trung gian.

### 3.3. Kết quả thực nghiệm

Khi chạy chương trình thực nghiệm sẽ xuất hiện với giao diện như sau:

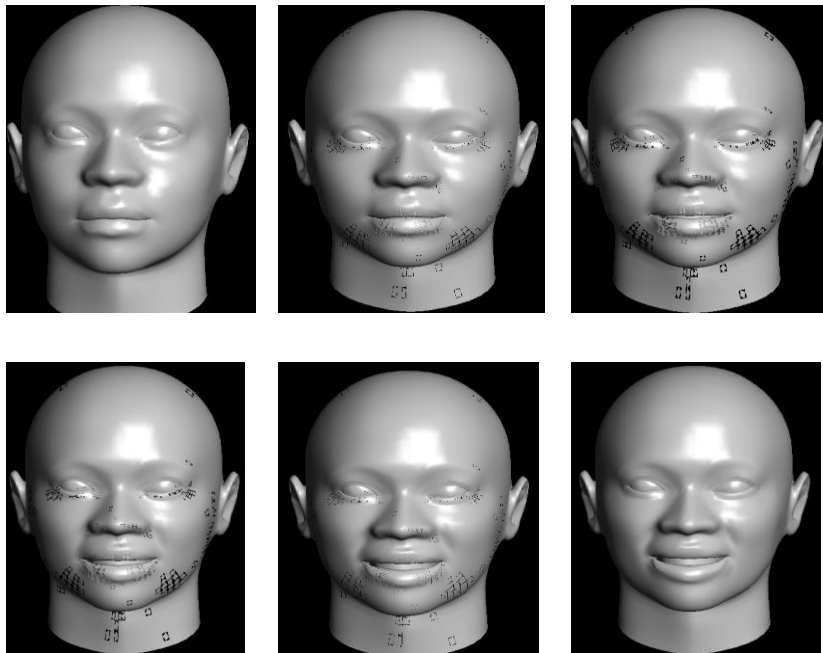


*Hình 3.4. Mô hình khuôn mặt 3D ở trạng thái ban đầu*

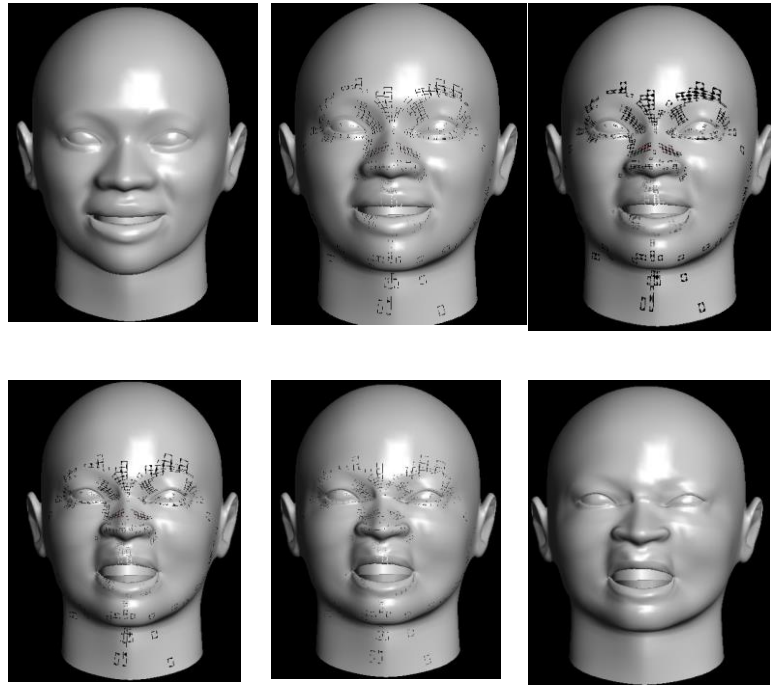
Khi chạy chương trình, mô hình khuôn mặt 3D được nạp vào chương trình ở trạng thái bình thường của khuôn mặt và sẵn sàng cho quá trình hoạt hóa. Chúng ta có thể sử dụng chuột điều chỉnh để quan sát mô hình.

Chúng ta có thể bắt đầu quá trình hoạt hóa bằng cách lựa chọn các trạng thái biểu cảm cơ bản cần hoạt hóa ở menu Expression và kéo thanh trượt ở phía cuối màn hình để bắt đầu quá trình hoạt hóa.

Một số trạng thái biểu cảm cơ bản trong quá trình hoạt hóa:



*Hình 3.6. Quá trình hoạt hóa từ trạng thái khuôn mặt tự nhiên sang trạng thái vui vẻ*



*Hình 3.7. Hoạt hóa từ trạng thái vui về sang trạng thái tức giận*

Để thoát khỏi ứng dụng chúng ta chọn chức năng Exit từ menu File trong cửa sổ chương trình.

## KẾT LUẬN

Với những nội dung đã tìm hiểu, nghiên cứu và được trình bày trong luận văn cả về lý thuyết và thực nghiệm, luận văn đã đạt được những kết quả như sau:

- Tìm hiểu khái quát về đối tượng 3D, mô hình 3D và cách xây dựng mô hình 3D.
- Tìm hiểu khái quát về cách thức thể hiện một số trạng thái biểu cảm khuôn mặt cơ bản trong thực tế, cách thức mô hình hóa khuôn mặt 3D và một số kỹ thuật sử dụng để hoạt hóa trạng thái khuôn mặt 3D.
- Hệ thống được 3 kỹ thuật nội suy sử dụng trong biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D như nội suy tuyến tính, kỹ thuật nội suy song tuyến tính, kỹ thuật nội suy dựa vào hàm cơ sở bán kính, nhận xét phù hợp đối với từng kỹ thuật.
- Cài đặt thử nghiệm chương trình biểu diễn trạng thái biểu cảm khuôn mặt 3D trong thực tại ảo dựa vào kỹ thuật nội suy.

Hướng mở rộng nghiên cứu trong tương lai:

Khuôn mặt của con người ngày càng được nghiên cứu một cách chuyên sâu hơn để xác định những ảnh hưởng lên những nhận thức về sức khỏe sắc đẹp, tình cảm, tuổi và hình dạng của con người. Biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D có nhiều ứng dụng trong thực tế. Luận văn hoàn thành cài đặt bài toán biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D dựa vào kỹ thuật nội suy. Tuy nhiên để có thể biểu diễn, hoạt hóa khuôn mặt một cách chính xác, thực tế còn nhiều vấn đề cần giải quyết như các vấn đề về màu da, kết cấu da, các ảnh hưởng của các vùng khuôn mặt khác nhau trong quá trình hoạt hóa, .v.v. Đây là các hướng nghiên cứu mở rộng của biểu diễn trạng thái khuôn mặt 3D trong tương lai.