

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

ĐỒ HỌA MÁY TÍNH
(Computer Graphics)

Ngô Trường Giang

E-mail: giangnt@tlu.edu.vn

- Tổng quan đồ họa máy tính
- Màu và phối

màu

- Thuật toán cơ sở vẽ đồ họa ● Các kỹ thuật trong đồ họa 2D ● Phép biến đổi đồ họa 2D ●



Phép biến đổi đồ họa 3D

Nội dung

- Quan sát đồ họa 3D ● Mô hình hóa bề mặt

Quan sát đồ họa ba chiều 2

- Mô hình hóa 3D
- Biểu diễn đường cong tự do
- Biểu diễn mặt cong tự do

MÔ HÌNH HÓA BỀ MẶT

Mô hình hóa 3D

- Nhiệm vụ: Biểu diễn các đối tượng rắn để hiển thị

- Trong nhiều trường hợp có thể biểu diễn chính xác

bề mặt đối tượng: khối hộp, hình trụ, hình cầu ● Với khối

rắn bất kỳ phải sử dụng phương pháp xấp xỉ và nội suy



Giải pháp chính



● Xây dựng mô hình đường cong, mặt cong có dạng tự do để đạt độ trơn cao nhất ● Xấp xỉ mặt cong bởi tập đa giác (khảm): chia bề mặt đối tượng thành nhiều đa giác con

Mô hình hóa bề mặt 4

Biểu diễn đường cong tự do

 ● Đường cong – Curve: Quỹ đạo chuyển động của 1 điểm trong không gian



Mô hình hóa bề mặt 5

● Điểm biểu diễn đường cong - curve represents ● Là
phương pháp được sử dụng trong khoa học vật lý và kỹ



nghệ nói chung. ● Các điểm dữ liệu được đo chính

xác

trên các thực thể sẽ chính đối tượng cơ sở. Đường cong đi qua các điểm dữ liệu hiển thị hỗ trợ cho việc nhận ra xu hướng và ý nghĩa cả các điểm dữ liệu.

Điểm biểu diễn đường cong ● Các kỹ thuật phức tạp (VD: bình phương sai số) được dùng để đưa đường

cong hợp với 1 dạng toán học cơ bản.

points:

Mô hình hóa bề mặt 6



Điểm biểu diễn đường cong





Mô hình

hóa bề mặt 7

Đường cong là các đối tượng cơ bản thường là

kết quả của tiến trình thiết kế và các điểm đóng vai

trò là công cụ để kiểm soát và mô hình hoá



đường cong. ● Là cơ sở của lĩnh vực Computer

Aided Geometric Design (CAGD).

Biểu diễn điểm và kiểm soát đường cong Mô hình

hóa bề mặt 8



Biểu diễn điểm và kiểm soát đường cong





Mô hình

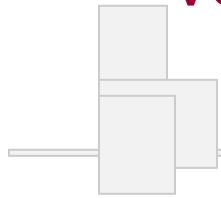
hóa bề mặt 9

Phân loại biểu diễn đường cong ● Nội suy:

đường cong đi qua các điểm. Trong thiết kế nội suy

là cần thiết với các đối tượng nhưng không phù hợp

với các đối tượng có hình dáng bất kỳ. ● Xấp xỉ:



đường cong không cần đi qua các điểm. ● Ứng

dụng khoa học: trung bình dữ liệu

● Thiết kế: điều khiển đường cong



Mô hình

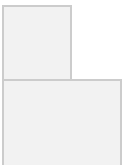
hóa bề mặt 10

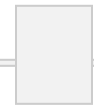
Đường cong đa thức bậc 3 ● Là đường cong

không gian với 3 trục tọa độ x, y, z ● Tránh được

những tính toán phức tạp và những phần nhấp nhô

ngoài ý muốn xuất hiện ở những đường đa
thức bậc





cao ● Một số đường cong đa thức bậc 3 ● Đường cong Hermite

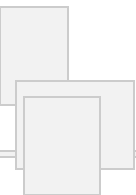
● Đường cong Bézier

Mô hình hóa bề mặt 11

● Phương pháp Hermite dựa trên cơ sở của cách

biểu diễn Ferguson hay Coons năm 60. ● Đường

bậc ba sẽ xác định bởi hai điểm đầu và cuối cùng



với hai góc nghiêng tại hai điểm đó.

Đường cong Hermite

- p_0 và p_1 ~~ta có hai độ dốc~~ và với $u = 0$ và $u = 1$ ~~tại hai~~
~~điểm đầu cuối của đoạn $[0, 1]$.~~ Mô hình hóa bề mặt 12

-
-  ~~Thay vào ta có:~~
Đường cong Hermite

Mô hình hóa bề mặt 13

-   Sử dụng điểm và các vector kiểm soát được độ

dốc của đường cong tại những điểm mà nó đi qua ●

Không được thuận lợi cho việc thiết kế tương



tác, không tiếp cận vào các độ dốc của đường

cong bằng các giá trị số

Nhược điểm của Hermite

Mô hình hóa bề mặt 14

Đường cong Bézier

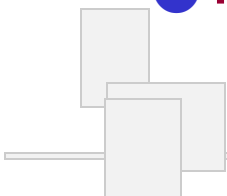
- Đường cong Bézier là một đường cong tham số,

là ● Dạng tổng quát hóa của đường cong Bézier

trong không gian nhiều chiều ~~được gọi là mặt phẳng~~

Bézier, trong đó tam giác Bézier là một trường hợp

- Paul Bézier, RENAULT, 1970, Đường và bề mặt UNISURF.



Mô hình hóa bề mặt-45

biến thể của đường cong Hermite.

- Mỗi đường cong được điều khiển bởi 4 điểm đặc

biệt.

Đường cong Bézier

- Paul Bézier, RENAULT, 1970 ● Đường cong Bézier là

một đường cong tham số, là biến thể của đường cong

Hermite. ● Mỗi đường cong được điều khiển bởi 4

điểm. ● Dạng tổng quát hóa của đường cong Bézier trong

không gian nhiều chiều được gọi là mặt phẳng Bézier,

trong đó tam giác Bézier là một trường hợp đặc biệt. Mô

hình hóa bề mặt-46

Đường cong Bézier





● p_0, p_3 tương đương với p_0, p_1 trên đường Hermite. ● điểm trung gian p_1, p_2 được xác định bằng 1/3 theo độ dài của vector tiếp tuyến tại điểm

p_0 và p_3

Mô hình hóa bề mặt 17

Đường cong Bézier

● ~~Ưu điểm~~

● Dễ dàng kiểm soát hình dạng của đường cong



hơn ~~vector tiếp tuyến tại và của Hermite.~~ ● Nằm trong đa


giác kiểm soát với số điểm trung gian tùy ý (số bậc tùy

ý) ● Đi qua điểm đầu và điểm cuối của đa giác kiểm


soát, tiếp xúc với cặp hai vector của đầu cuối đó Mô hình hóa

bề mặt 18

Phân loại đường cong Bézier

 ● Đường cong Bézier tuyến tính ● Đường cong Bézier toàn phương ● Đường cong Bézier lập phương ● Một đường cong Bézier tổng quát (bậc n)

Mô hình hóa bề mặt 19

●  Với 2 điểm P_0 và P_1 , đường cong Bézier tuyến tính là một đoạn thẳng nối liền với hai điểm đó.

Đường cong Bézier tuyến tính

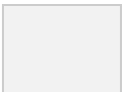




Mô hình hóa bề mặt 2D



Đường cong Bézier toàn phương



● Đường cong Bézier bậc 2 được tạo bởi một hàm $B(t)$, với các điểm P_0 , P_1 , và P_2 cho trước





Mô hình hóa bề mặt 21

Đường cong Bézier lập phương





Mô hình
hóa bề mặt 22

Đường cong Bézier tổng quát



● Một đường cong Bézier bậc n có thể được định nghĩa đệ quy bằng sự kết hợp tuyến tính

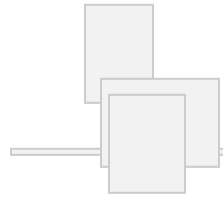


Mô hình hóa bề mặt 23

Tính chất đường cong Bézier

- P_0 và P_n nằm trên đường cong
- Đường cong liên tục và có đạo hàm liên tục tất cả các
- Tiếp tuyến của đường cong

tại điểm P_0 là đường P_0P_1 và tại P_n là đường $P_{n-1}P_n$ ●



Đường cong nằm trong đường bao lồi convex

hull của các điểm kiểm soát. ● P_1, P_2, \dots, P_{n-1} nằm

trên đường cong khi và chỉ khi đường cong là đoạn

thẳng.

bậc

Biểu diễn mặt cong tự do

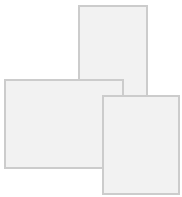
$$P(t) = [x(t), y(t), z(t)] \quad 0 \leq t \leq 1$$

● Phương pháp biểu diễn đường cong là công cụ hữu hiệu để biểu diễn đường cong như Hermite, Bézier,

B-Spline...

Mô hình hóa bề mặt 25

● Đường cong: Cần 1 biến tham số (1 bậc tự do) để biểu diễn



● Mặt cong: Cần hai biến tham số $P(s,t) = [x(s,t), y(s,t),$

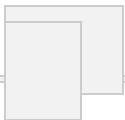
$$z(s,t) \quad 0 \leq t \leq 1, 0 \leq s \leq 1$$

- Mặt cong Bézier được định nghĩa từ phương trình đường cong đơn giản

- Tích tensor áp dụng cho hai hướng s và t

- Xác định các điểm trên mặt

Mặt cong Bézier



$V_0,$

$V_0,$

$V_{i,j}$ - các điểm điều khiển, tổng số điểm điều khiển là $(m+1) \times (n+1)$; $B_{i,n}(s)$ và

$V_0,$

3

$B_{j,m}(t)$ - các hàm liên kết tron Bernstein Mô hình hóa bề mặt theo các hướng s và t .

$V_1,$

1

1
t
V_{1,}
■
s
0
V_{2,}
0
V_{3,}
0

V_{0,}
V_{3,3}

cong

m

n

ij in jm P s t V B s B t
(,) , , () , () 0 s , t 1
● ☒ ☒ ● ●
i
0 0 j

● Tính chất

● Mặt cong có dạng tổng quát theo điểm điều khiển●

Nằm trong miền bao lồi của các điểm điều khiển● Các
điểm góc mặt cong trùng với các điểm điều khiển tại góc

● Biểu diễn dạng ma trận

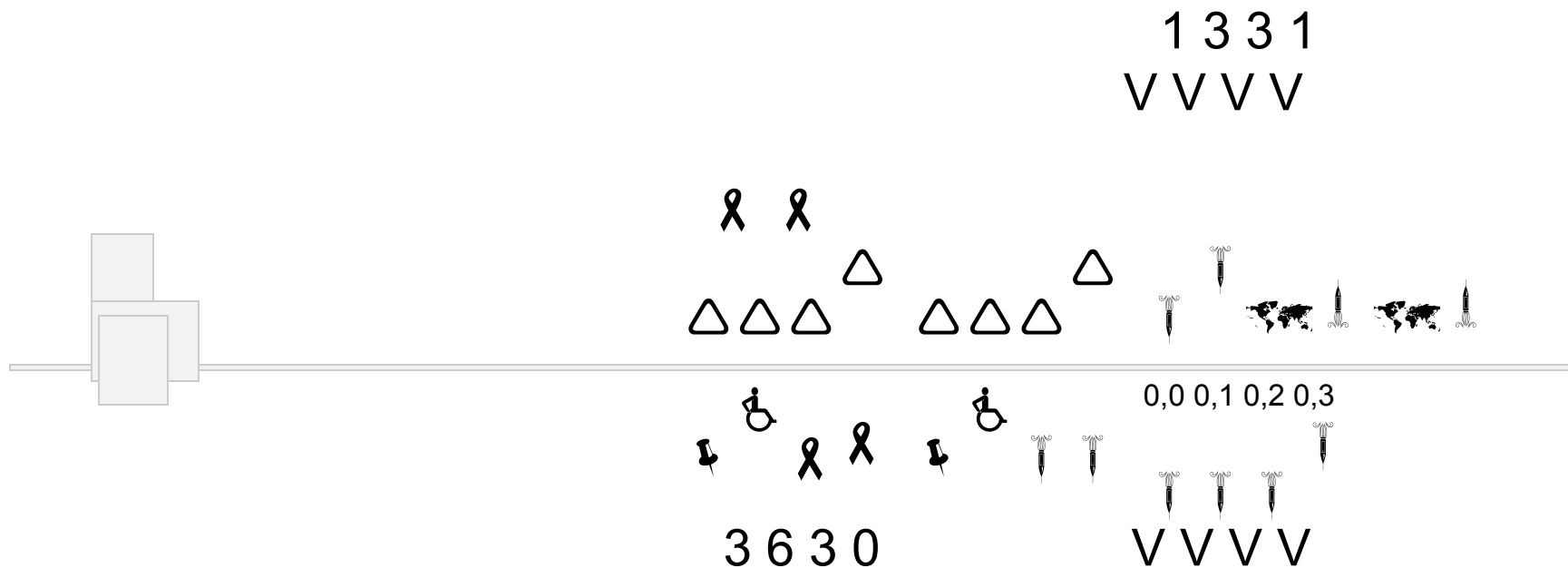
Mặt cong Bézier

Mô hình hóa bề mặt 27

$$P(s,t) = [s][M]_B[V]_B [M]_B^T[t]^T$$

● Biểu diễn dạng ma trận của mặt cong Bézier kép

Mặt cong Bézier





3 2

P s t ● s s s

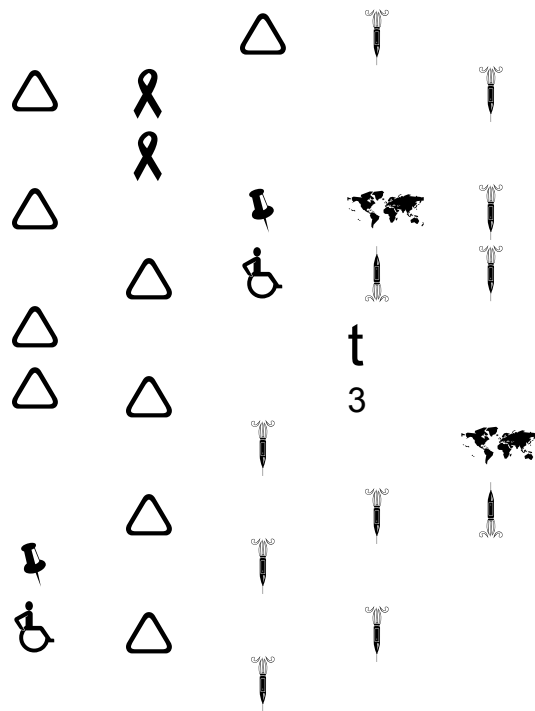
Mô hình hóa bề mặt 281,0 1,1 1,2 1,3

(,) 1



 3 3 0 0 1 0 0 0

V V V V _{2,0 2,1 2,2 2,3} V
 V V V _{3,0 3,1 3,2 3,3}

1 3 3 1



P s t t
 ● ₂
 3 6 3 0 (,)
 3 3 0 0 t
 1 0 0 0 1

- Yêu cầu

- Giải pháp

- Xác định lưới điều khiển để tạo ra các điểm mặt cong

dọc theo mặt cắt ngang nửa hình trụ. Di chuyển các điểm

này

dọc theo trục z với khoảng cách đều nhau ● Khảo sát

mặt cắt tại z=0: chọn 5 điểm trên cung tròn sau:

Thí dụ ứng dụng mặt cong Bézier $P_0(20, 0), P_1(10, 2),$

$P_2(0, 20), P_3(-10, 2), P_4(-20, 0)$

Một kết cấu mái nhà dạng nửa hình trụ rỗng.

Hãy tạo lưới điều khiển Bézier để xấp xỉ mặt cong này

Mô hình hóa bề mặt 2D

y

y 100

P^2 $P_1 P_3$

t
 P_4

P_x^0 x

20

● Để nội suy P_0, \dots, P_4 cần 5 điểm điều khiển

Bézier: V_0, V_1, V_2, V_3, V_4 .

● Chọn t_i : $t_0=0.0, t_1=0.25, t_2=0.5, t_3=0.75, t_4=1.0$ ● Viết biểu thức dưới dạng đồng nhất

Thí dụ ứng dụng mặt cong Bézier



4

$V_i P_t B_t$
 $()()$



Mô hình hóa bề mặt 304,

$i \quad 0$
●

$()()()()()V$

$B_t B_t B_t B_t B_t$

$P_x B_x V_x$ $0 B t B t$ $B t B t$ V_3
 $\bullet \bullet$ $() () \dots 40 1$ Δ_0 V_1
 $5 3 5 5 5 3$ $41 1$ $\Delta \Delta \Delta \Delta \Delta$ V_2
 $40 0 41 0 42 0 43 0 44$ \dots $() \dots ()$ $!$
 n V $40 4 44 4 4$
 $\text{B t}^{\lambda \lambda} \lambda$ n $4!$
 $iniini$
 $ni t t$
 $() (1) (1) 4 0.25 (0.25) 0.4218 \bullet (1)$
 $t t$ $ini!()! \lambda$ $41 1 \lambda \bullet \bullet 1!(4 1)!$
 i $\bullet^{\lambda} B t t t x x ()^{14 13}$ λ



Thí dụ ứng dụng mặt cong Bézier ● Tính cho

mọi phần tử còn lại của [B]

1 0 0 0 0        

0.3164 0.4218 0.2109 0.0469 0.0039

Mô hình hóa bề mặt 31

B_x  53

55
0.0625 0.25 0.375

$${}^1V_{5 \times 3} B_{5 \times 5} P_x \otimes \bullet$$

20 0 1
20 0 1

0.25 0.0625 0.0039

0.0468 0.2812 0.4218

0.3164 0 0 0 0 1

$$10000^{-1} \text{ V}$$
[illegible]

V_1	0.2109	0.0469	0.375	0.25	0 20 1	0.1 32.61 1
V_2	0.0039	●	0.0625		●	
0.3164	0.4218	0.0625	0.25	10^{-2} 10^{-2} 1	21.05 15.44 1 -	
V			λ		10^{-2} 10^{-2} 1 20 0 1	
0.0039	0.0468	0.2812	0.4218	10^{-2} 10^{-2} 1 20 0 1		
0.3164			V	- 21.05 15.44 1		
			0 0 0 0 1			

● Bổ sung các điểm điều khiển đường cong trên

lưới Bézier bằng cách thay đổi giá trị z từ 0 đến 100

với khoảng cách đều 20 ● Lưới điều khiển Bézier với

~~30 điểm sẽ là~~



Thí dụ ứng dụng mặt cong Bézier

Mô hình hóa bề mặt 32

$(20,0,0) (20,0,20) (20,0,40) \dots$



$(21.05, 15.44, 0) (21.05, 15.44, 20) \dots ($

$0.1, 32.61, 0) \dots$



$\dots (20,0,0) (20,0,20) (20,0,40) \dots$

Khảm (Tessellation)



● Xếp đặt hình vuông nhỏ theo mẫu khảm

● Hai loại khảm

Mô hình hóa bề mặt 3D

- Sử dụng đa giác đều (tam giác, hình vuông, lục giác)●

Sử dụng tam giác không đều (TIN – Triangulated Irregular Network Model)

- TIN có khả năng biểu diễn bề mặt liên tục từ tập điểm dữ liệu rời rạc trong không gian.

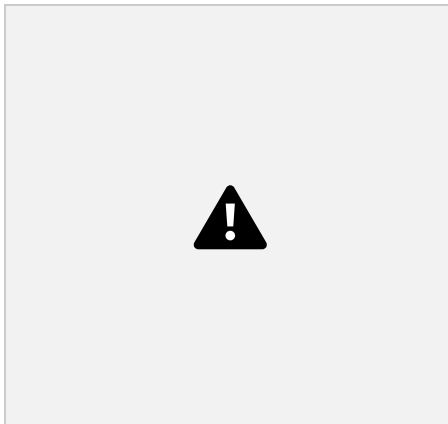
- Về mặt hình học, chúng là tập các đỉnh được nối với nhau thành các tam giác để hình thành bề mặt 3D. ●

Trong mỗi tam giác là mặt phẳng

Thí dụ khảm (Tessellation)

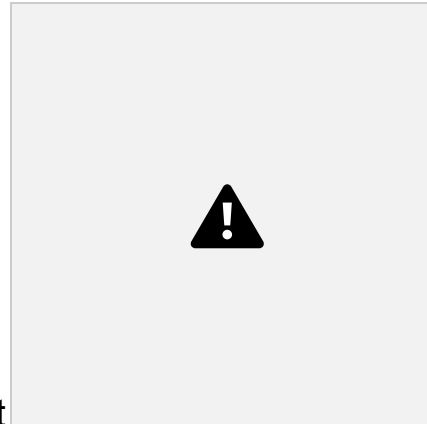


Khí đầu chó



Mô hình hóa bề mặt

Lưới tam giác
raster 200x200



34

Lưới TIN được

không đều

tô màu

● Sơ đồ Voronoi

● Gọi $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ là tập các điểm trong mặt phẳng Euclidean hai chiều. Gọi các điểm này là site. Hãy phân hoạch mặt phẳng này theo cách gán từng điểm của nó cho site gần nó nhất. Toàn bộ các điểm trong vùng được gán cho site hình thành vùng Voronoi $V(p_i)$. $V(p_i)$ bao gồm mọi điểm gần site p_i hơn bất kỳ site nào khác.

Kỹ thuật xây dựng TIN Mô hình hóa bề mặt 3D

$$V(p_i) = \{x : |x - p_i| \leq |x - p_j|, \forall j \neq i\}$$

● Sơ đồ Voronoi 2 vị trí p_1, p_2

● Gọi $B(p_1, p_2) = B_{12}$ là đường phân giác vuông góc với đoạn p_1, p_2 .

● Tính chất: Mọi điểm x trên B_{12} cách đều p_1 và p_2 hay $|p_1x| = |p_2x|$

● Sơ đồ Voronoi của 3 vị trí

● Các vị trí p_1, p_2, p_3 tạo thành tam giác

● Tính chất: Sơ đồ chứa các đường phân giác vuông góc

Sơ đồ Voronoi

B_{12}, B_{23} và B_{31} . Theo Euclid thì chúng gặp nhau tại một điểm – đó là tâm

của

đường tròn duy nhất đi qua ba đỉnh tam giác.

● Sơ đồ Voronoi của ba điểm là một điểm x_p $\begin{matrix} 1 \\ p_2 B_{12} \end{matrix}$ $\begin{matrix} 2 \\ p_1 B_{23} \end{matrix}$ $\begin{matrix} 3 \\ p_3 B_{31} \end{matrix}$ Mô hình hóa bề mặt

$$|p_1x| = |p_2x|$$

- Một đường cong Bézier bậc 3 có bốn điểm điều khiển $(0, 0, 0)$, $(4, 2, 2)$, $(8, 6, 4)$, $(12, 0, 0)$. Hãy xác định tiếp tuyến của đường cong tại $t=1/4$.
- Cài đặt thuật toán vẽ đường cong Bézier.



Bài tập