

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



Đồ án: Tìm hiểu về đồ họa máy tính 3D (Wireframe, Surface, Solid) Tạo hoạt cảnh (Animation)

Nhóm CG2223

Giáo viên hướng dẫn:

Thầy PGS. TS Lý Quốc Ngọc

Thành viên nhóm

- *19120114 – Lê Bảo Chấn Phát*
- *20120395 – Nguyễn Anh Tuấn*
- *20120427 – Lê Nhật Anh*

Nội dung

1. Giới thiệu 3D trong đồ họa máy tính
2. Động lực nghiên cứu
3. Phép chiếu
4. Phân loại mô hình 3D: Wireframe, Surface, Solid
5. Các hình khối cơ bản
6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Nội dung

7. Constructive Solid Geometry(CSG)

8. Minh họa xây dựng vật thể

9. Tạo Animation

1. Giới thiệu 3D trong đồ họa máy tính



1. Giới thiệu 3D trong đồ họa máy tính

Đồ họa máy tính 3D, hay **đồ họa 3D** là loại đồ họa sử dụng dữ liệu hình học để mô phỏng không gian ba chiều.

Hầu hết các đồ họa 3D hiện nay đều được chiếu trên mặt phẳng hai chiều, điển hình là màn hình của máy tính. Do đó, hiển thị của đồ họa 3D không có chiều sâu, tuy nhiên thực tế các dữ liệu được lưu trong máy tính là dữ liệu được lưu ở các vector ba chiều.

Những vật thể, hình ảnh được tạo ra trong đồ họa 3D phụ thuộc quan trọng vào các hàm và giải thuật trên môi trường hai chiều.

2. Động lực nghiên cứu

Đề án bao gồm nhiều khía cạnh quan trọng trong đồ họa máy tính ba chiều, trong đó có thể kể đến các *khối cơ bản, phép biến hình, tô màu, tương tác với chuột, bàn phím và tạo animation*.

Mục đích của đề án này nhằm để giúp cho những người đam mê về đồ họa máy tính có thể tiếp cận dễ dàng hơn trong việc xây dựng đồ họa ba chiều trên màn hình máy tính hai chiều.

Đề án sẽ sử dụng môi trường nghiên cứu là thư viện *OpenGL* cùng với ngôn ngữ lập trình là *C++*.

2. Động lực nghiên cứu

Các phương diện liên quan

Về toán học, các học viên trước hết phải hiểu rõ về các khái niệm, công thức cơ bản về hình học không gian hai chiều và hình học không gian ba chiều.

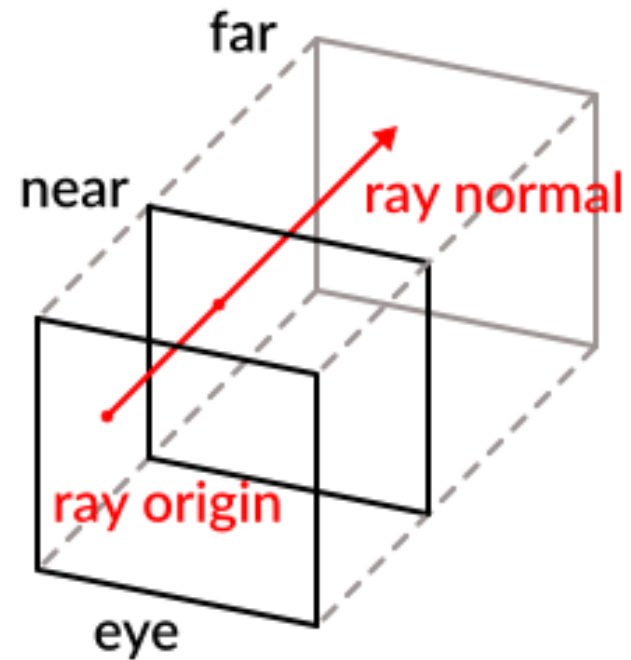
Về tin học, các học viên cần phải biết thế nào là tọa độ trên màn hình máy tính, pixel, hệ màu, tương tác phần mềm và phần cứng trên màn hình với máy tính. Đồng thời các học viên cũng cần phải biết cách lập trình phần mềm và sử dụng thư viện hỗ trợ xây dựng đồ họa máy tính.

3. Phép chiếu

Perspective



Orthogonal



3. Phép chiếu Perspective

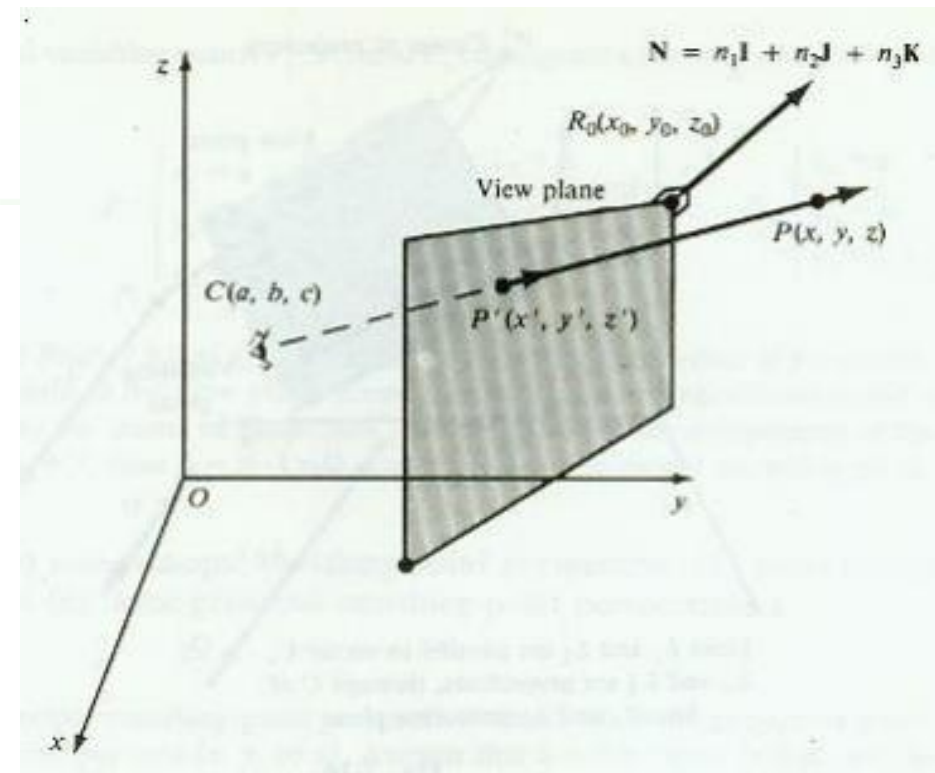
Tâm chiếu $C(c_x, c_y, c_z)$

Mặt phẳng chiếu $(R_0, \vec{N}), R_0(x_0, y_0, z_0), \vec{N}(n_1, n_2, n_3)$

$$P' = \text{Per}(C, (R_0, \vec{N})). P$$

$$\vec{P'C} = \alpha \cdot \vec{PC},$$

$$\begin{cases} x' = \alpha \cdot (x - c_x) + c_x \\ y' = \alpha \cdot (y - c_y) + c_y \\ z' = \alpha \cdot (z - c_z) + c_z \end{cases}$$



3. Phép chiếu Perspective

Xác định ma trận biến đổi trong hệ tọa độ thuần nhất

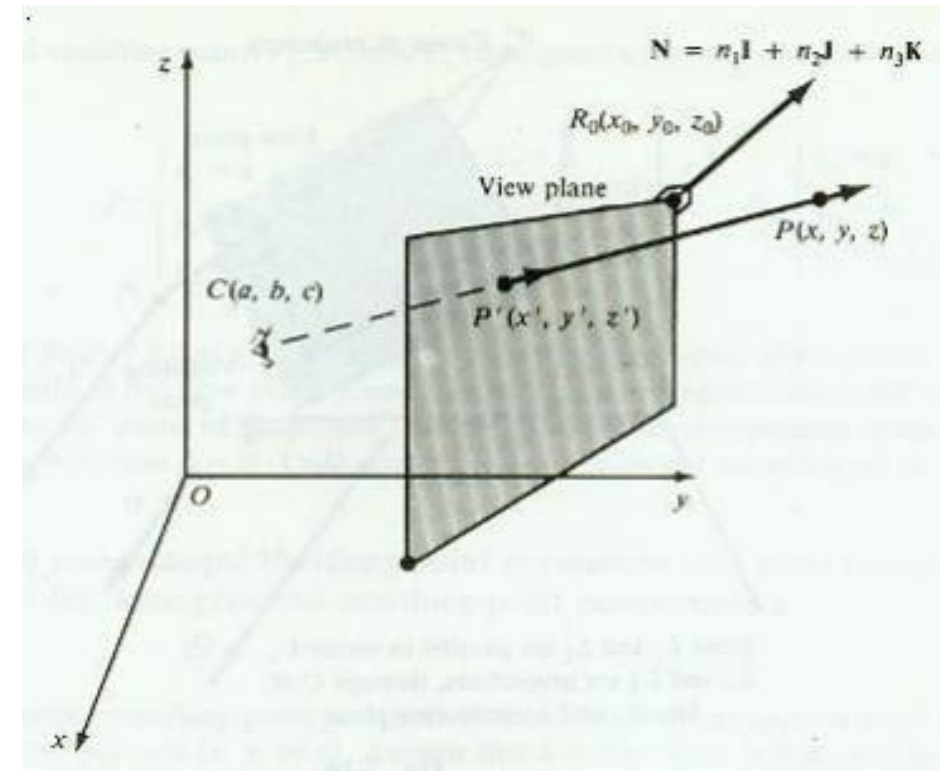
$$Per(C, (R_0, \vec{N})) = T^{-1}(\vec{CO}).Per(O, (R_0, \vec{N})).T(\vec{CO})$$

$$P' = Per(C, (R_0, \vec{N})).P$$

$$\begin{bmatrix} x_H \\ y_H \\ z_H \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d + c_x \cdot n_1 & c_x \cdot n_2 & c_x \cdot n_3 & -c_x \cdot d_0 \\ c_y \cdot n_1 & d + c_y \cdot n_2 & c_y \cdot n_3 & -c_y \cdot d_0 \\ c_z \cdot n_1 & c_z \cdot n_2 & d + c_z \cdot n_3 & -c_z \cdot d_0 \\ n_1 & n_2 & n_3 & -d_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$d_0 = n_1 x_0 + n_2 y_0 + n_3 z_0 \quad d_0 = n_1 \cdot c_x + n_2 \cdot c_y + n_3 \cdot c_z$$

$$d = d_0 - d_1$$

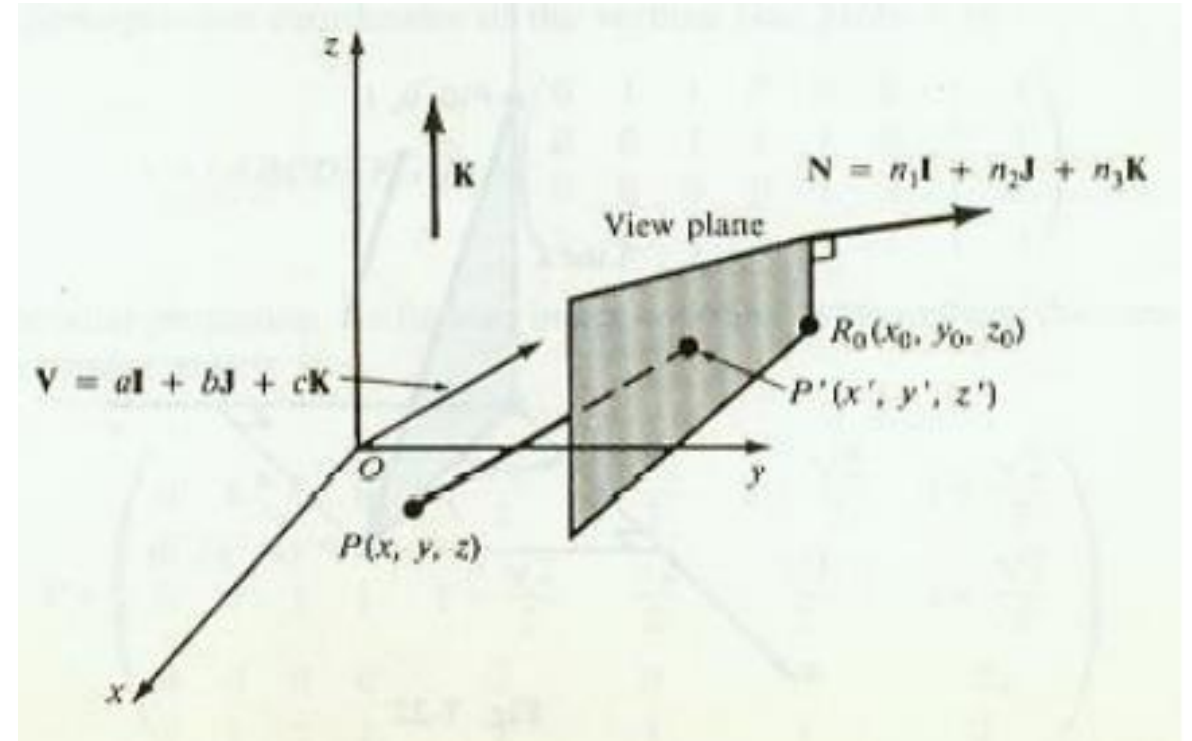


3. Phép chiếu Orthogonal

Hướng chiếu $\vec{V}(a,b,c)$

Mặt phẳng chiếu (R_0, \vec{N})

$$P' = Par(\vec{V}, (R_0, \vec{N})) . P$$



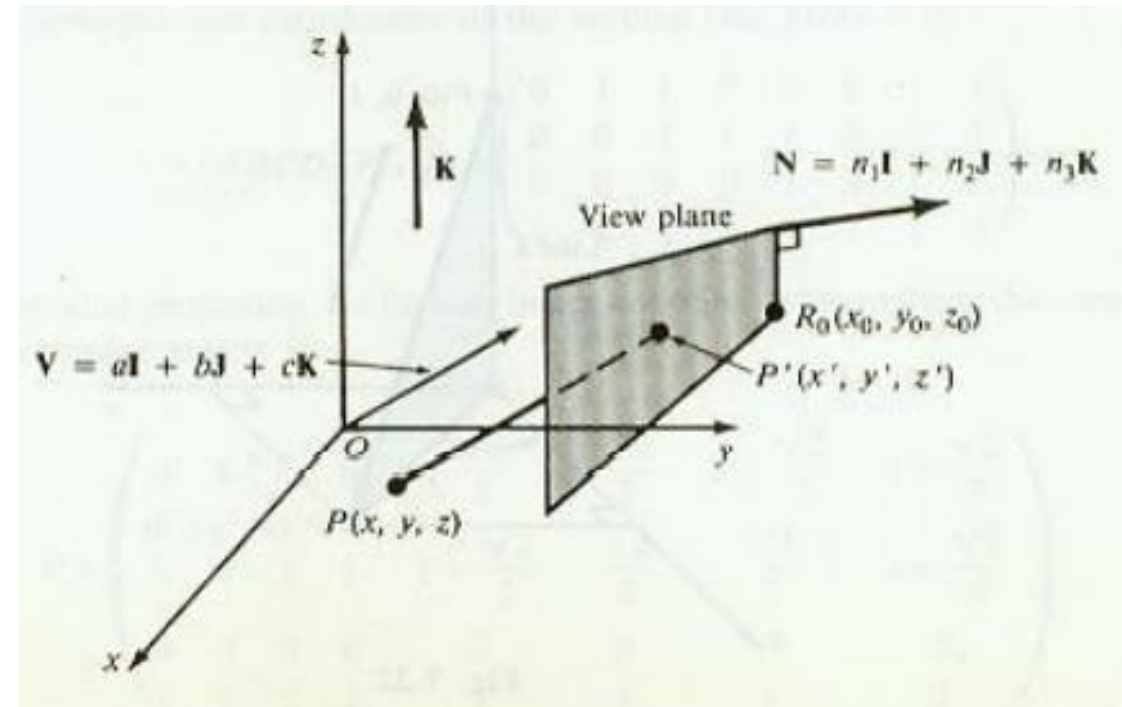
$$Par(\vec{V}, (R_0, \vec{N})) = T(\vec{OR_0}) . A^{-1}(\vec{N}) . Par(\vec{V}, (O, Oz)) . A(\vec{N}) . T(\vec{R_0O})$$

3. Phép chiếu Orthogonal

Xác định ma trận chiếu

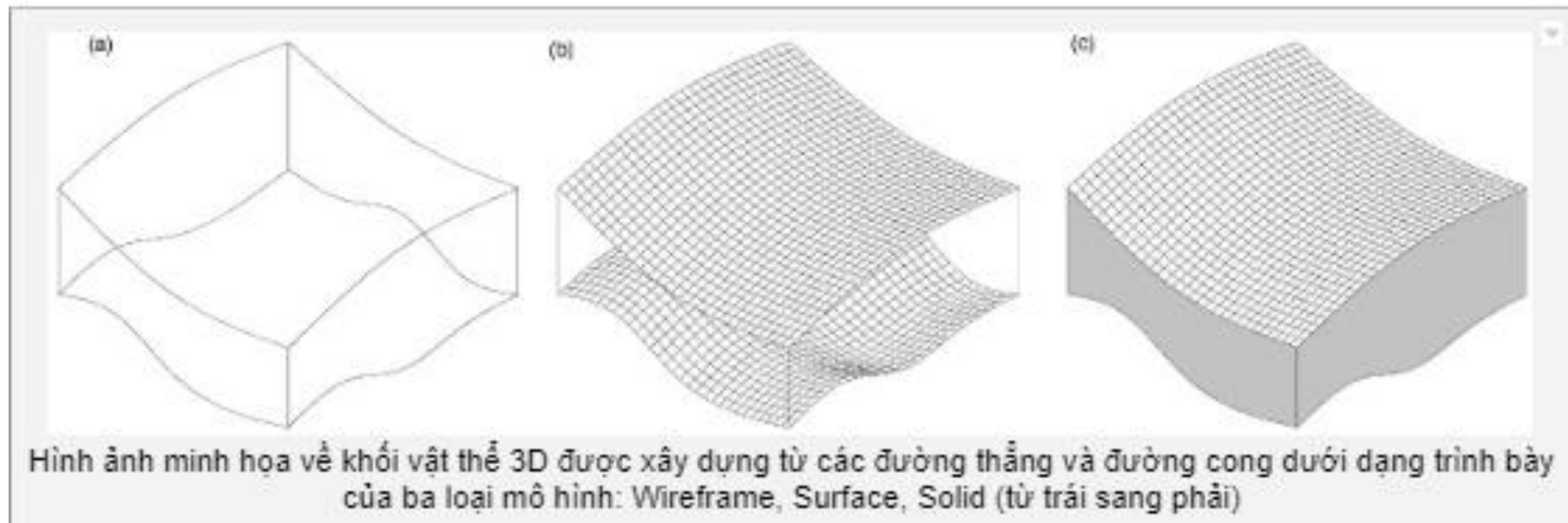
$$T(\vec{R_0}O) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_0 \\ 0 & 1 & 0 & -y_0 \\ 0 & 0 & 1 & -z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Par}(\vec{V}, (O, Oz)) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\frac{a}{c} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{b}{c} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(\vec{N}) = \begin{bmatrix} \frac{\lambda}{|\vec{N}|} & \frac{-n_1 n_2}{\lambda |\vec{N}|} & \frac{-n_1 n_3}{\lambda |\vec{N}|} & 0 \\ 0 & \frac{n_3}{\lambda} & -\frac{n_2}{\lambda} & 0 \\ \frac{n_1}{|\vec{N}|} & \frac{n_2}{|\vec{N}|} & \frac{n_3}{|\vec{N}|} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \lambda = \sqrt{n_2^2 + n_3^2}$$



4. Phân loại mô hình 3D

Mô hình ba chiều được phân thành ba loại mô hình: **wireframe**, **surface**, và **solid**. Mỗi loại đều được tạo thành một cách khác nhau và chúng có những đặc điểm riêng biệt trong quá trình chỉnh sửa.



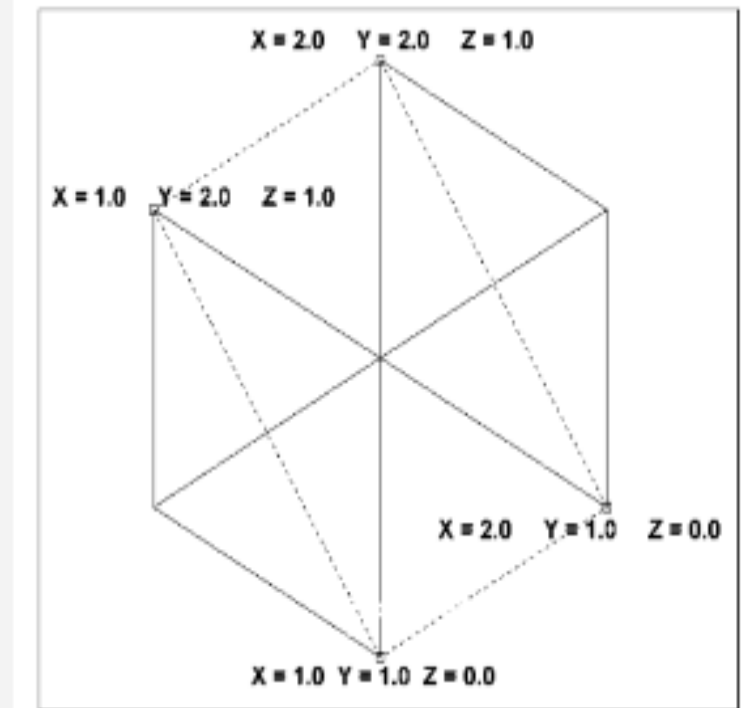
4. Phân loại mô hình 3D

Wireframe

Mô hình khung dây **wireframe** là mô hình đặc tả khung xương của vật thể ba chiều.

Trong loại mô hình này không tồn tại mặt phẳng hay các hình khối nào cả, và chỉ có điểm, đoạn thẳng, và các đường cong

Chúng ta có thể tạo mô hình ba chiều bằng cách đặt tùy ý mặt phẳng 2D vào trong không gian 3D.



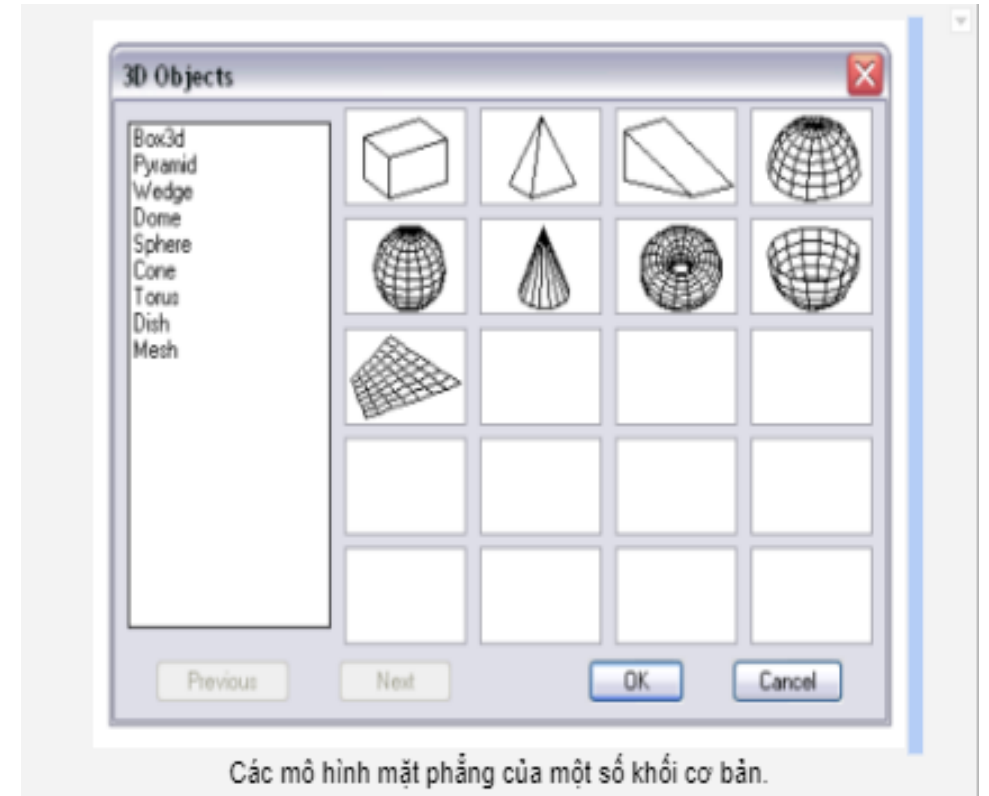
Hình ảnh mô hình khung dây wireframe của một khối lập phương.

4. Phân loại mô hình 3D Surface

Mô hình bề mặt surface là một phiên bản tinh vi hơn so với mô hình khung dây.

Không những đặc tả ra các cạnh của vật thể ba chiều, mà nó còn đặc tả ra các bề mặt của nó.

Các bề mặt có thể được xây dựng từ các đoạn thẳng và sử dụng các thủ thuật như tabulated surface, ruled surface, revolve surface, edge surface.

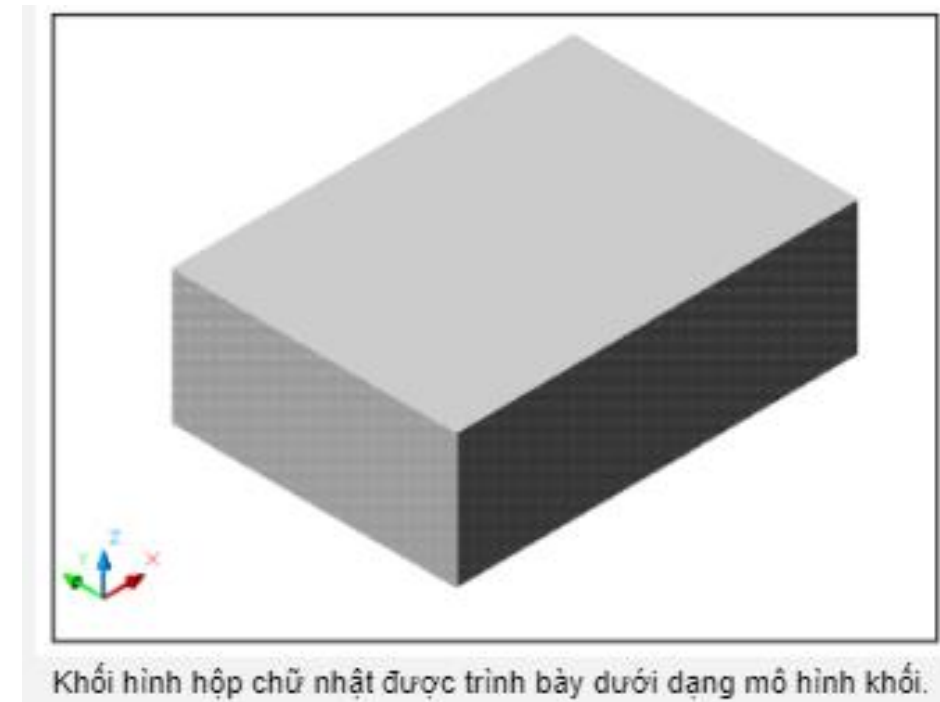


4. Phân loại mô hình 3D Solid

Mô hình khối solid là mô hình 3D dễ sử dụng nhất.

Có thể xây dựng hầu hết những vật thể 3D từ các khối 3D cơ bản. Bằng cách hợp chúng lại từ các khối chúng ta sẽ tạo thành một khối hoàn chỉnh.

Mô hình khối solid còn có thể được tạo bằng cách cho xoay (revolve) một bề mặt surface quanh một trục cố định hay là ép đẩy vào (extrude) một bề mặt surface với độ sâu cho trước.



5. Các hình khối cơ bản

Các hình khối cơ bản như: lập phương, hình cầu, hình chóp, hình nón, torus...



5. Các hình khối cơ bản

Hình trụ

$$p(s, t) = (x(s, t), y(s, t), z(s, t)) = (R \cdot \cos(s), R \cdot \sin(s), t)$$

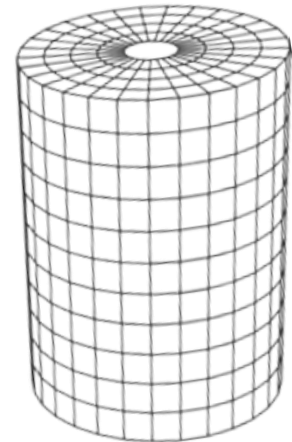
R: bán kính đáy

Phương trình

s: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$

t: tham số chiều cao trong đoạn $[0, H]$

H: là chiều cao của hình trụ



Hình cầu

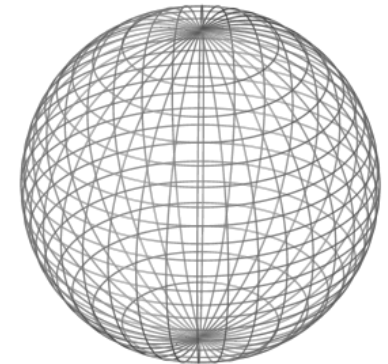
$$p(s, t) = (x(s, t), y(s, t), z(s, t)) = (R \cdot \cos(t) \cdot \cos(s), R \cdot \sin(t) \cdot \cos(s), R \cdot \sin(s))$$

Phương trình

R: bán kính hình cầu

s: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$

t: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$



5. Các hình khối cơ bản

Hình nón

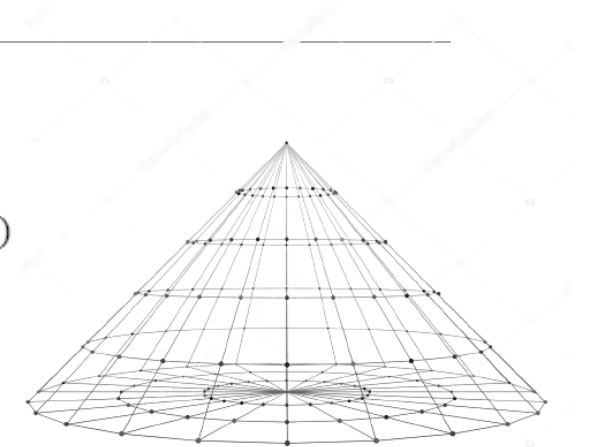
$$p(s, t) = (x(s, t), y(s, t), z(s, t)) = (R \cdot (1 - t/H) \cdot \cos(s), R \cdot (1 - t/H) \cdot \sin(s), t)$$

R: bán kính đáy

s: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$

t: tham số chiều cao trong đoạn $[0, H]$

H: là chiều cao của hình nón



Phương trình

Hình xuyên

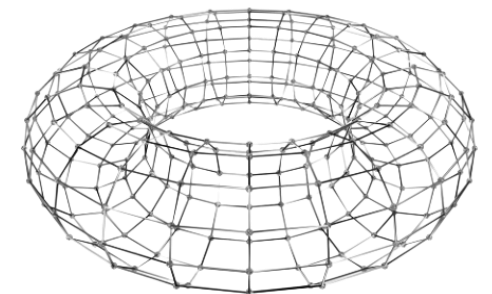
$$p(s, t) = (x(s, t), y(s, t), z(s, t)) = (\cos(s) \cdot (R + r \cdot \sin(t)), \sin(s) \cdot (R + r \cdot \sin(t)), r \cdot \cos(t))$$

R: bán kính đường tròn lớn

r: bán kính đường tròn nhỏ

s: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$

t: góc quay trong đoạn $[0, 2\pi]$



Phương trình

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Surface modeling là một kỹ thuật mô hình hóa vượt trội hơn cả wireframe vì nó không chỉ giúp định nghĩa các cạnh của vật thể ba chiều mà còn trên những bề mặt của nó.

Mô hình hóa bề mặt được áp dụng cho hai loại thực thể bề mặt sau:

- Bề mặt giải tích: mặt phẳng (plane surface), bề mặt hợp viền (ruled surface), bề mặt xoay (surface of revolution), bề mặt hợp lưới (tabulated surface)
- Bề mặt nhân tạo: bề mặt tham số bậc 3, bề mặt bezier, bề mặt B-Spline...

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Bề mặt giải tích

Bề mặt giải tích có thể được biểu diễn thông qua phương trình tường minh và phương trình ẩn số.

Phương trình ẩn số: $F(x, y, z) = 0$

Phương trình tường minh: $V = [x, y, z]^T = [x, y, f(x, y)]^T$, với V là vector vị trí của điểm trên bề mặt. Trong phương trình này, hai biến x, y được định nghĩa trực tiếp, còn z phải được định nghĩa thông qua phương trình $f(x, y)$.

Phương trình tham số: $V(s, t) = [x, y, z]^T = [X(s, t), Y(s, t), Z(s, t)]^T$, với X, Y, Z lần lượt là phương trình được định nghĩa theo hai biến s, t .

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

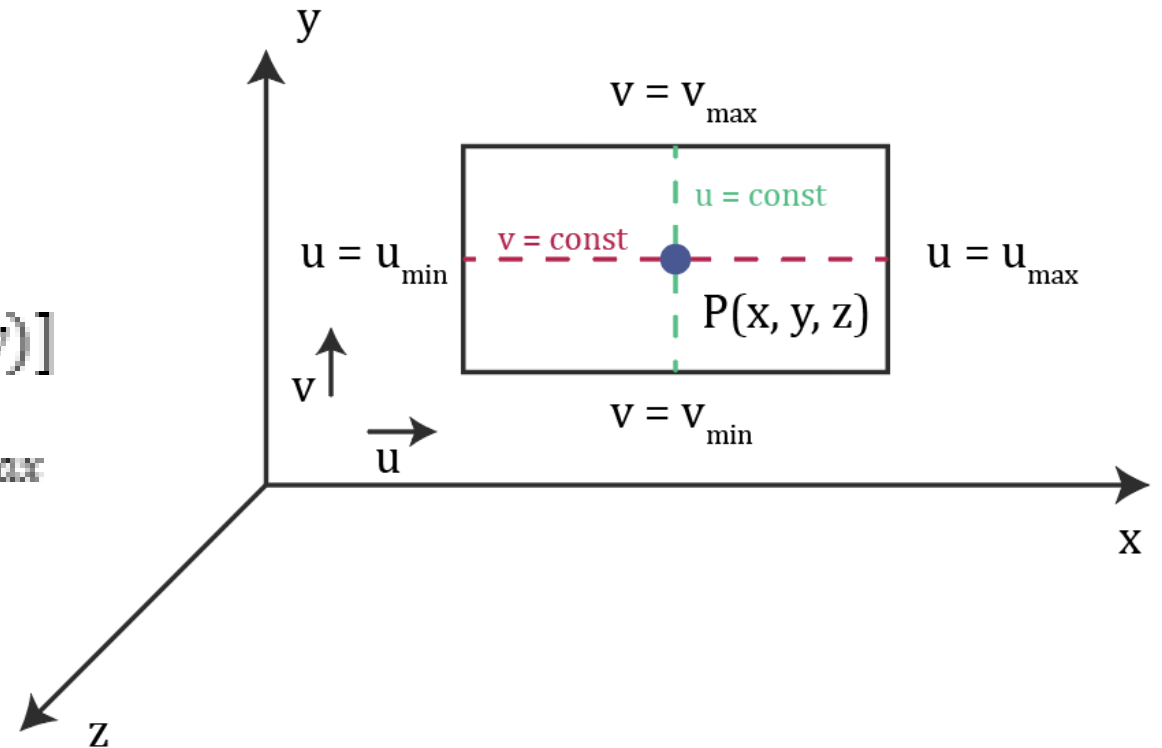
Bề mặt giải tích

Tiếp theo ta định nghĩa:

$$P(u, v) = [x \ y \ z]^T$$

$$P(u, v) = [x(u, v) \ y(u, v) \ z(u, v)]$$

$$u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad v_{\min} \leq v \leq v_{\max}$$



6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Mặt phẳng

Phương trình tham số của mặt phẳng được định nghĩa bởi 3 điểm P_0, P_1, P_2 :

$$P(u, v) = P_0 + u(P_1 - P_0) + v(P_2 - P_0)$$

$$0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1$$

Bề mặt hợp viên

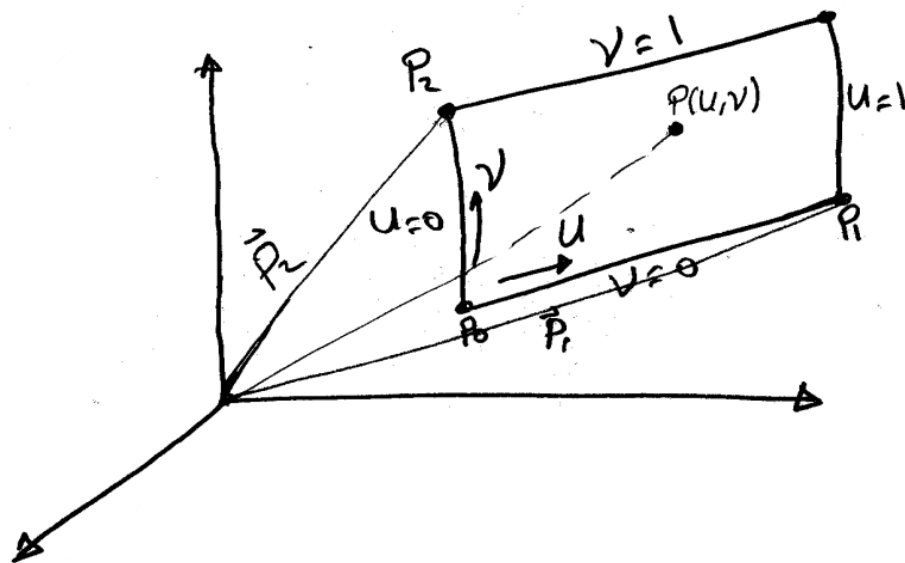
Bề mặt hợp viên được tạo lập bằng cách kết nối giữa hai đường cong $G(u)$ và $Q(u)$ thông qua tập các đoạn thẳng. Phương trình tham số của bề mặt hợp viên là:

$$P(u, v) = (1 - v)G(u) + vQ(u)$$

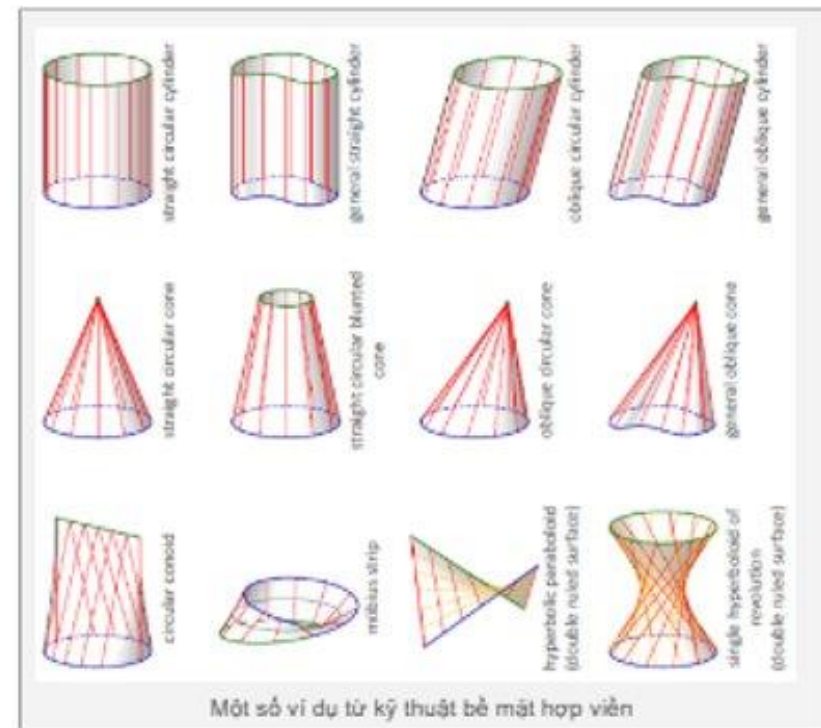
$$0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1$$

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Mặt phẳng



Bề mặt hợp viên



Một số ví dụ từ kỹ thuật bề mặt hợp viên

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Bề mặt hợp lưới

Bề mặt hợp lưới (hay còn được gọi là trụ lưới tabulated cylinder) được tạo lập bằng cách cho kéo giãn một đường cong $G(u)$ theo hướng đi của một vector. Phương trình tham số của bề mặt hợp lưới là:

$$P(u, v) = G(u) + v\vec{n}$$
$$0 \leq u \leq u_{\max}, 0 \leq v \leq v_{\max}$$

Bề mặt xoay

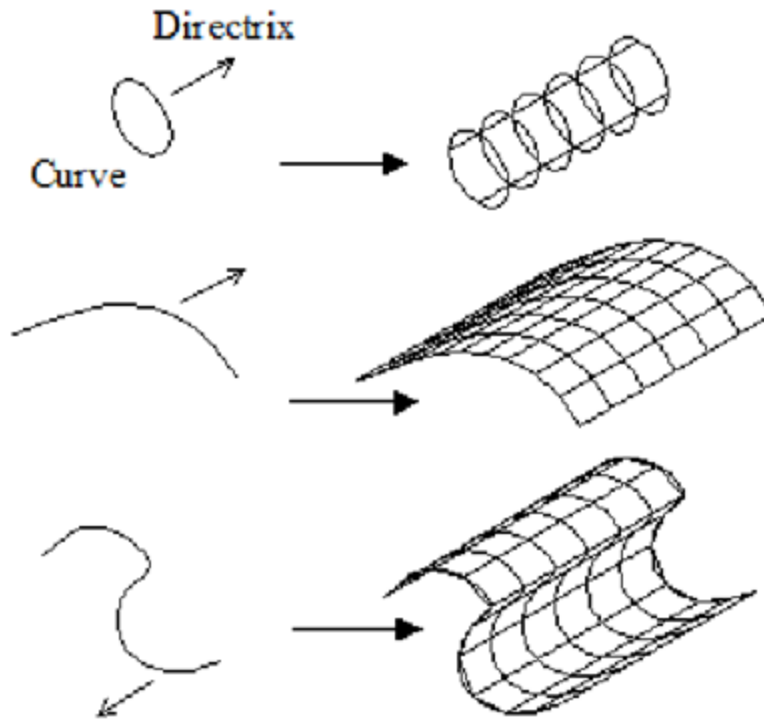
Được tạo bằng cách cho cho một đường cong $G(u)$ xoay xung quanh một trục cố định. Ta có phương trình tham số của bề mặt:

$$P(u, v) = G(u) + v(Q(u) - G(u))$$
$$0 \leq u \leq u_{\max}, 0 \leq v \leq v_{\max}$$

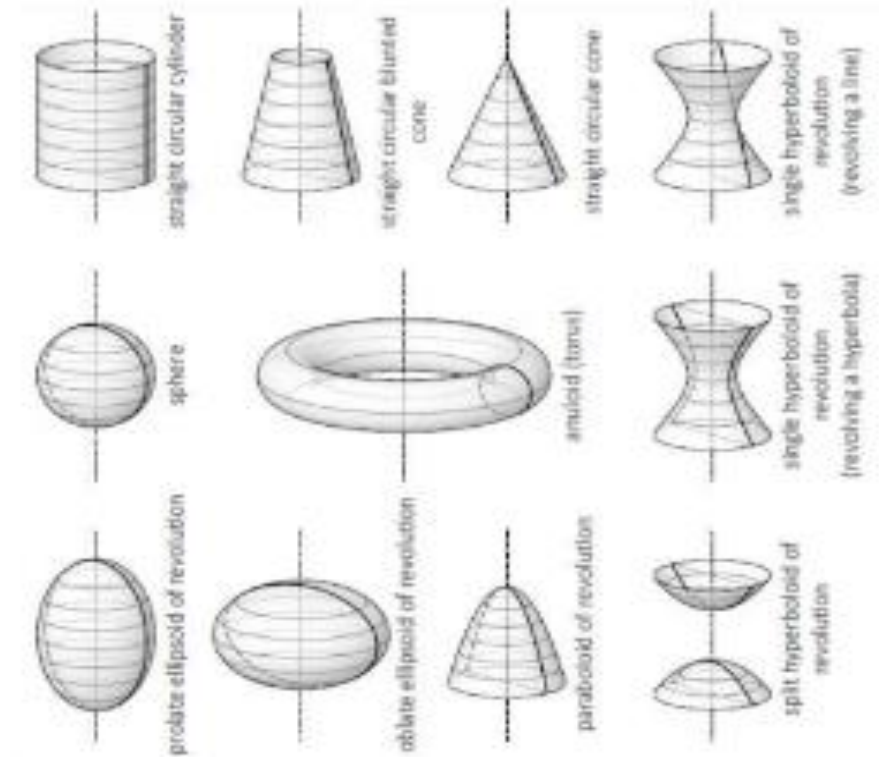
$Q(u)$ là phương trình của trục xoay

6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Bề mặt hợp lưới



Bề mặt xoay

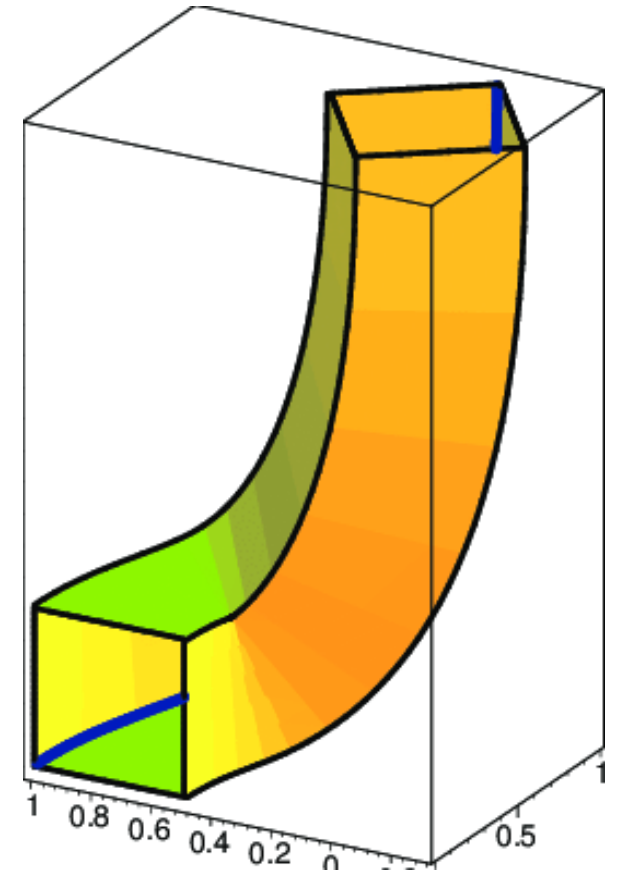


6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Bề mặt quét **Swept Surface** được tạo lập bằng cách cho một mặt đường quét theo chiều của một đường cong cố định khác.

Phương trình tham số của bề mặt quét là:

$$P(u, v) = G(u) + Q(v) \\ 0 \leq u \leq u_{\max}, 0 \leq v \leq v_{\max}$$



6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

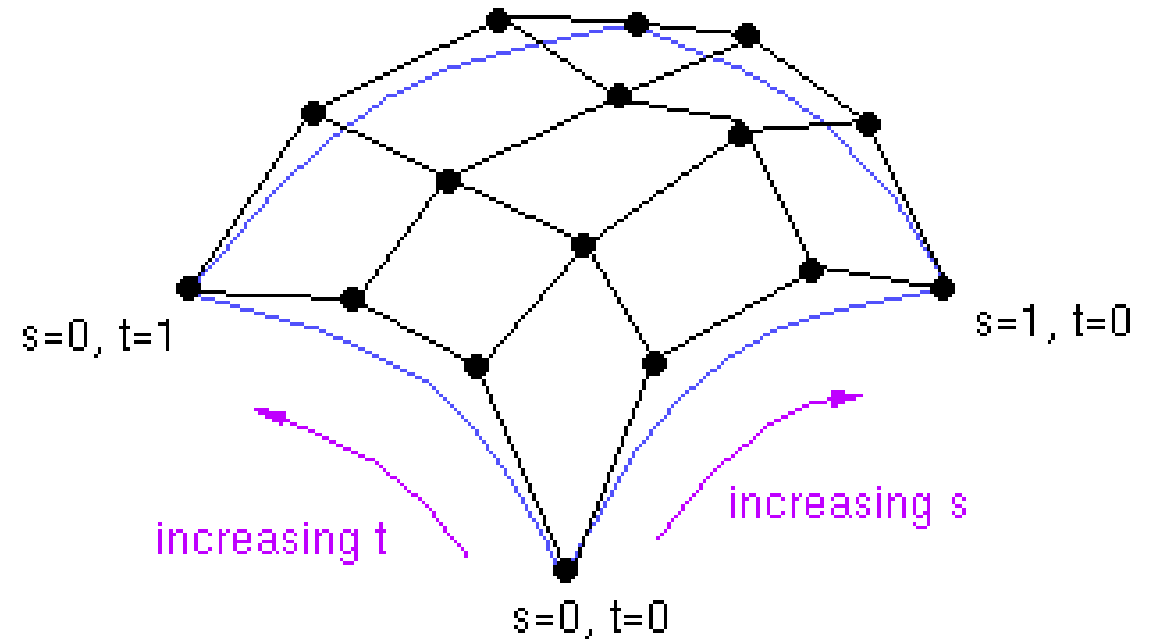
Bề mặt nhân tạo

Bề mặt cong Hermite

Bề mặt cong Hermite có thể được đặc tả bằng phương trình bậc 3 tương ứng:

$$r = V(s, t) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} s^i t^j$$

$$0 \leq s \leq 1, 0 \leq t \leq 1$$



6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

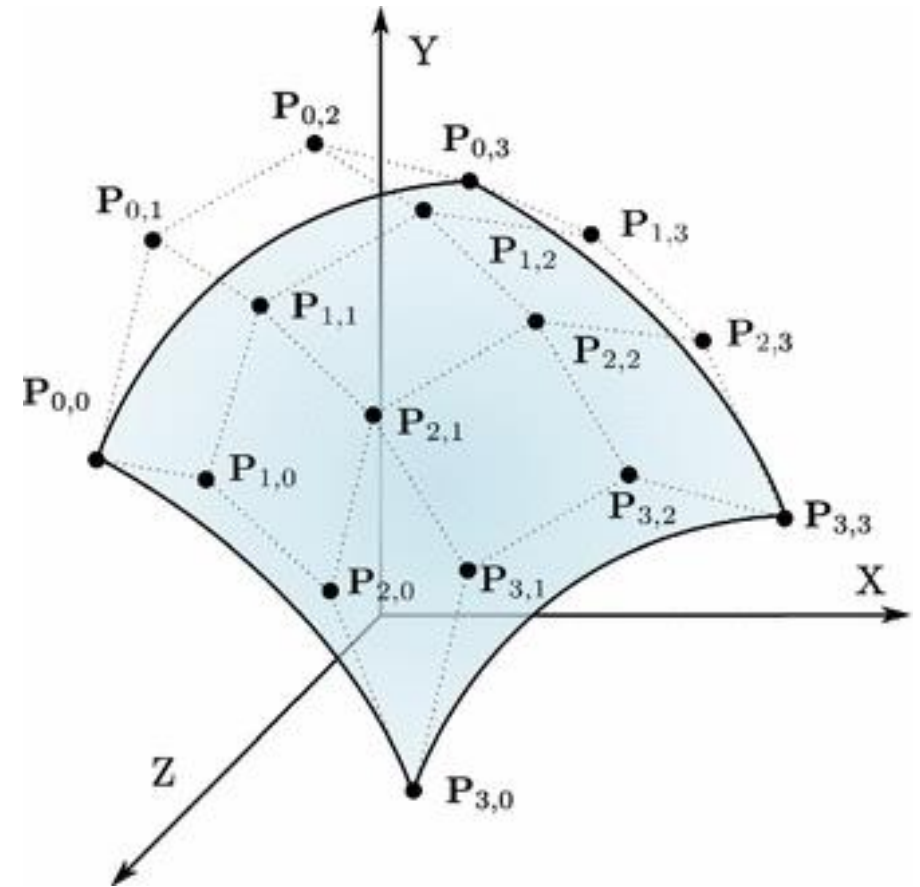
Bề mặt cong Bezier

Bề mặt cong Bezier có thể được đặc tả bằng phương trình:

$$r = V(s, t) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} BEZ_{i,3}(s) BEZ_{j,3}(t)$$

$$0 \leq s \leq 1, 0 \leq t \leq 1$$

$$\text{với: } BEZ_{i,3}(s) = C_3^i s^i (1-s)^{3-i}, \text{ và } BEZ_{j,3}(t) = C_3^j t^j (1-t)^{3-j}$$



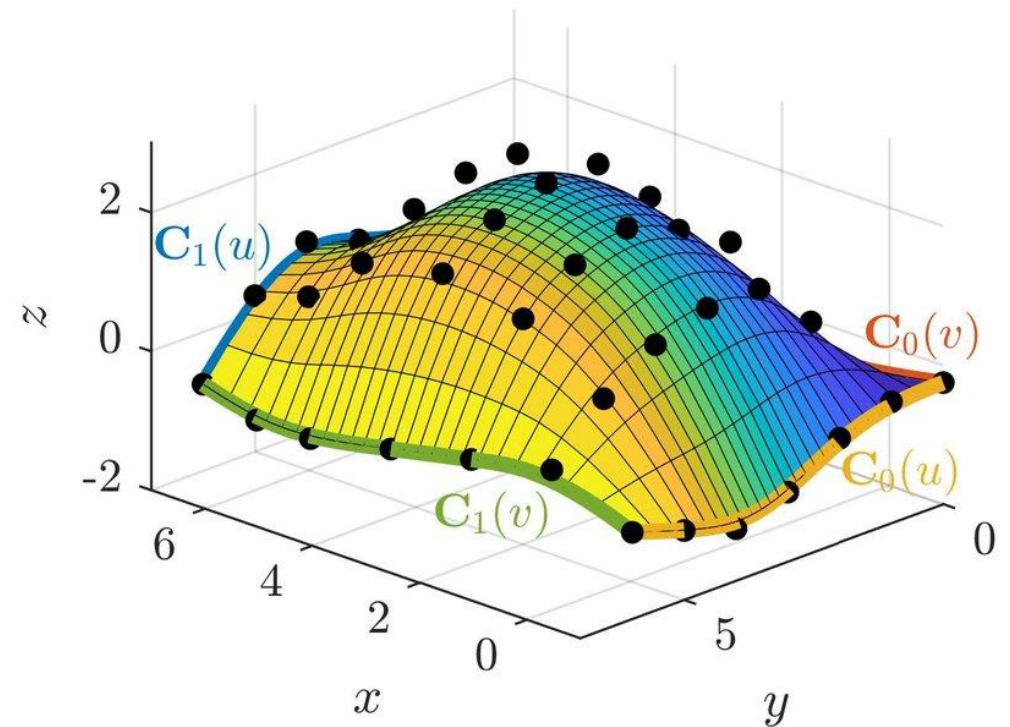
6. Kỹ thuật mô hình hóa bề mặt

Bề mặt cong đồng dạng B-Spline bậc 3

Bề mặt cong B-Spline bậc 3 là bề mặt cong phổ biến nhất trong các dạng của B-Spline, vì độ phức tạp tính toán thấp. Có thể biểu diễn dưới dạng ma trận như sau:

$$S_i(t) = \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{p}_{i-1} \\ \mathbf{p}_i \\ \mathbf{p}_{i+1} \\ \mathbf{p}_{i+2} \end{bmatrix}$$

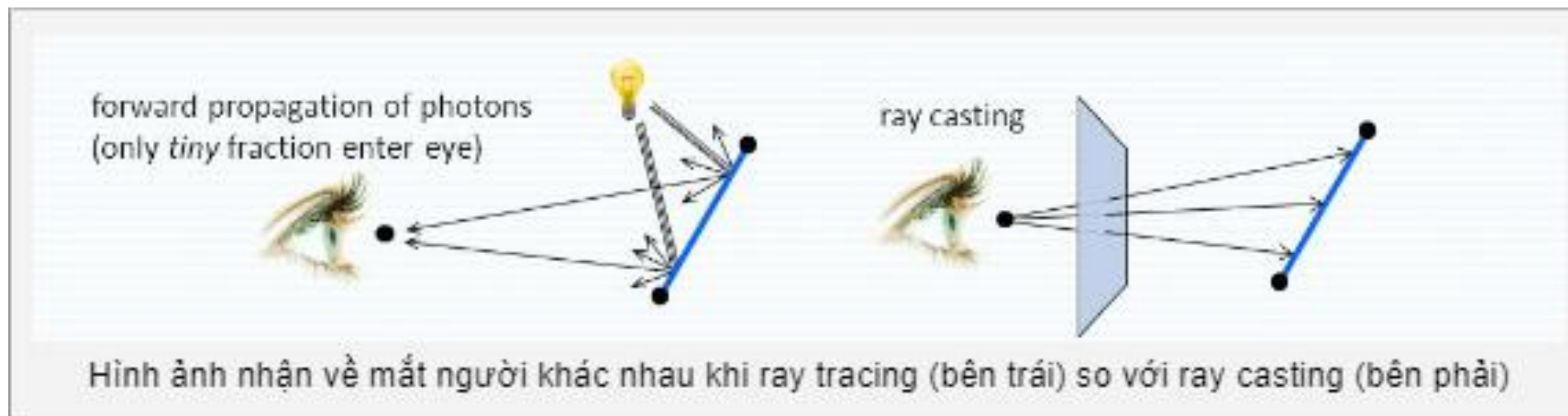
$$0 \leq t \leq 1$$



Ray Casting

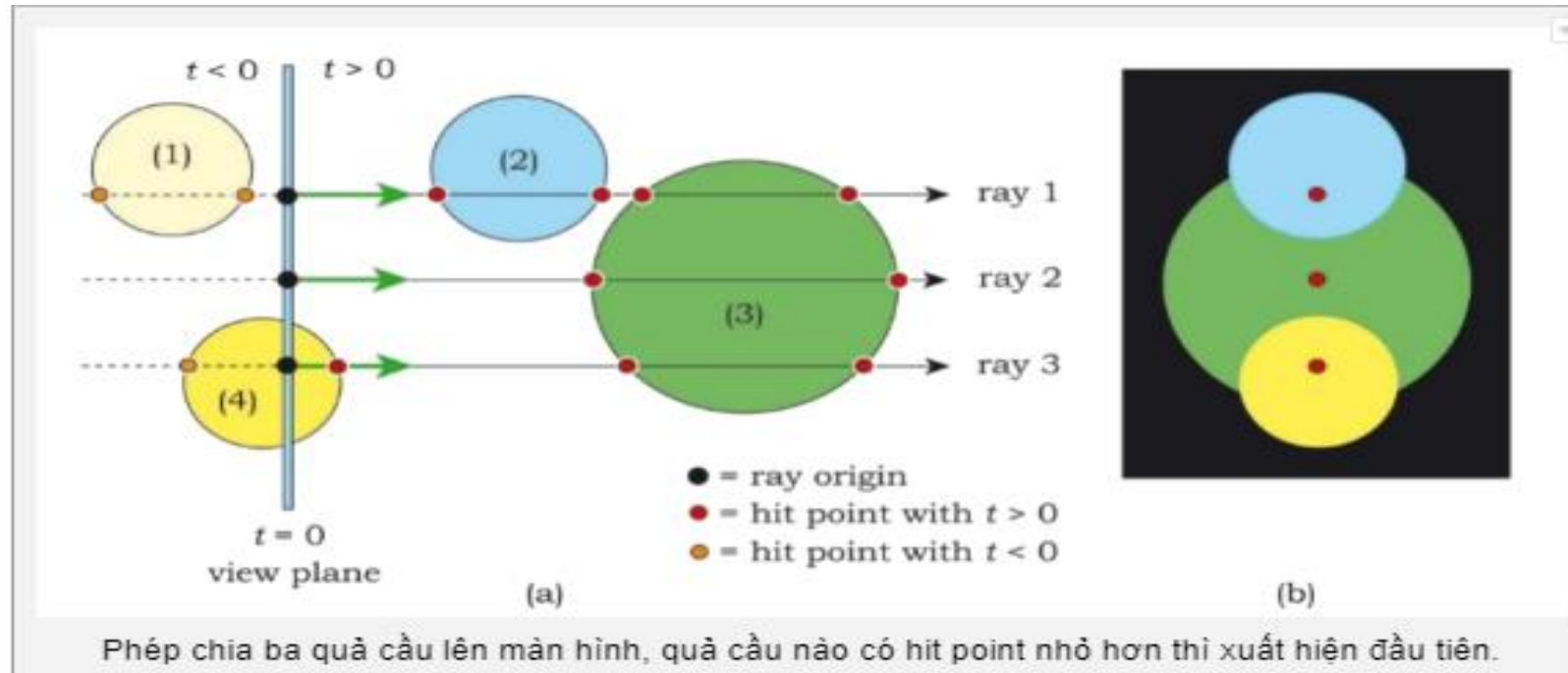
Ray Casting là một kỹ thuật để chỉ việc bắn một tia ra từ một vị trí trong không gian 3D và di chuyển theo một hướng cụ thể. Chùm điểm mà tập tia bắn ra tiếp xúc được sẽ là ảnh xuất hiện lên màn hình chiếu.

Ray Casting sẽ không tạo độ sáng cho vật thể, vì các tia bắn ra đều gặp tại vật thể đó và số lượng tia nhận lên màn hình là không bị biến đổi.



Ray Tracing

Ray Tracing cũng được định nghĩa tương tự, tuy nhiên các tia sau khi tiếp xúc với vật thể có thể bị đổi hướng (do vật liệu, góc phản chiếu). Do đó màn hình chiếu sẽ không nhận lại toàn bộ các tia ban đầu mà là các tia đã bị biến đổi.



7. Constructive Solid Geometry

CSG là một kỹ thuật tạo nên một vật thể mới dựa trên hai hay nhiều hơn vật thể khác nhau trong không gian ba chiều. Các vật thể này phải ít nhất giao nhau, hoặc cắt nhau và phải là các vật thể dưới dạng mô hình rắn solid.

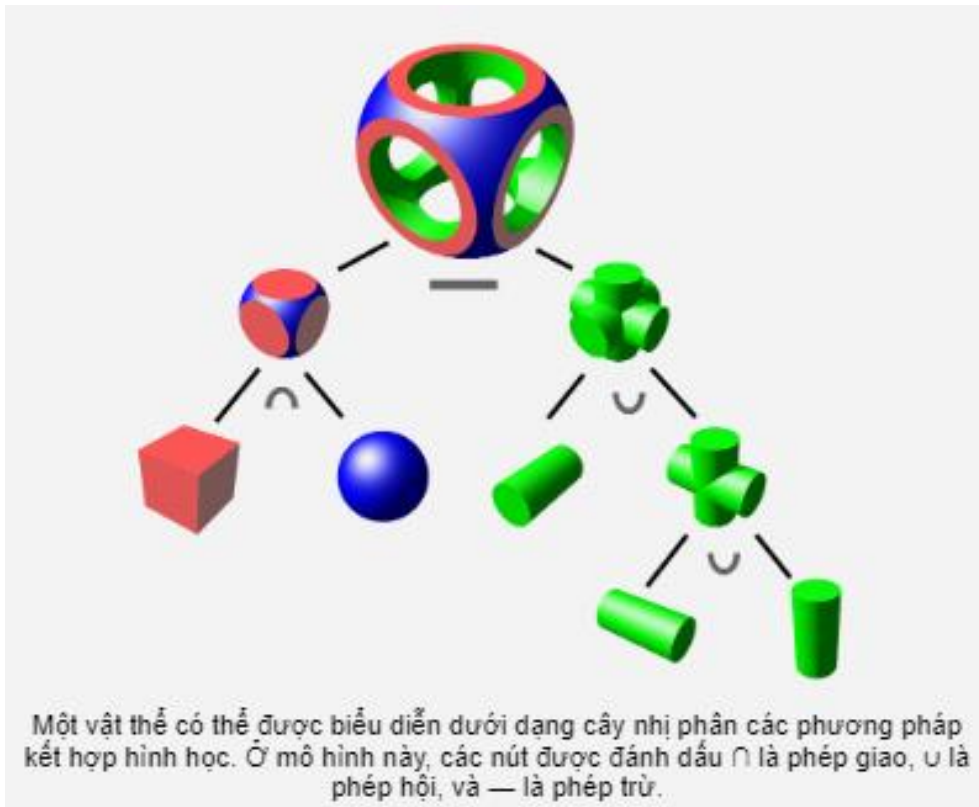
Được xây dựng bằng phép toán boolean, có thể biểu diễn dưới dạng cây nhị phân.

Có 3 kỹ thuật kết hợp chính

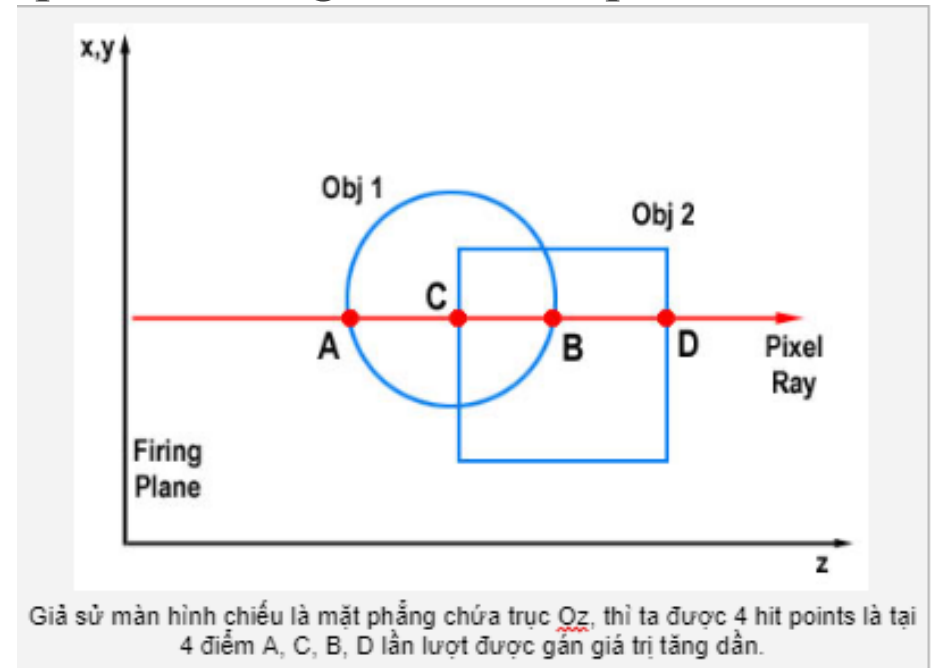


7. Constructive Solid Geometry

Ví dụ của ba loại kỹ thuật kết hợp trên



Dựa vào thuật toán Ray casting, bắn ra chùm tia tiếp xúc với vật thể (thông qua các cạnh hoặc điểm), đồng thời lưu lại các hit points và tính giá trị hit points theo giá trị lần tiếp xúc với vật thể.

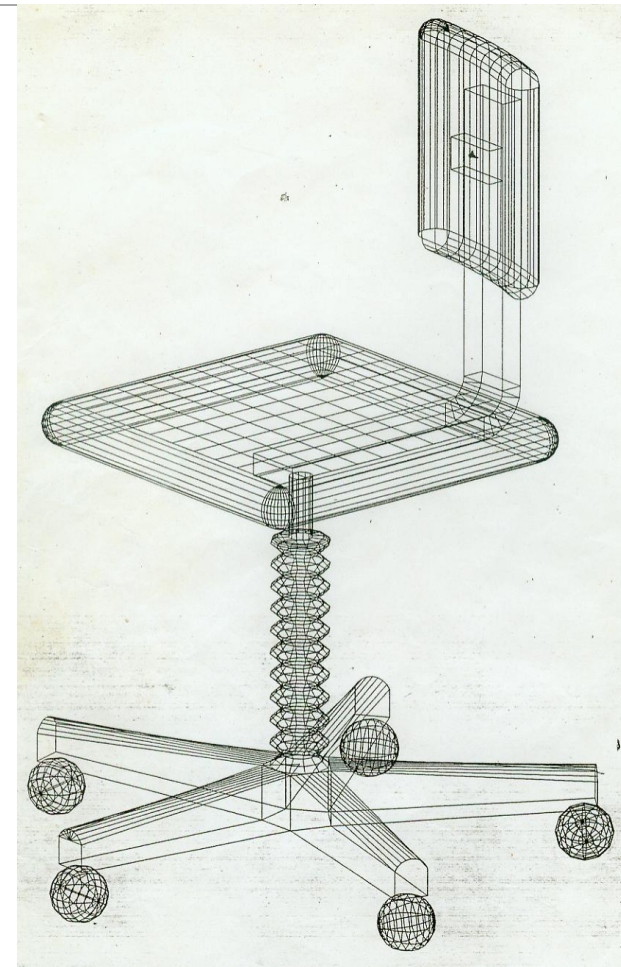


8. Minh họa xây dựng vật thể

Mô hình chiếc ghế như hình bên phải, ta có thể xây dựng từ các vật thể cơ bản và sử dụng một trong các ứng dụng tạo dựng hình học vật thể ba chiều.

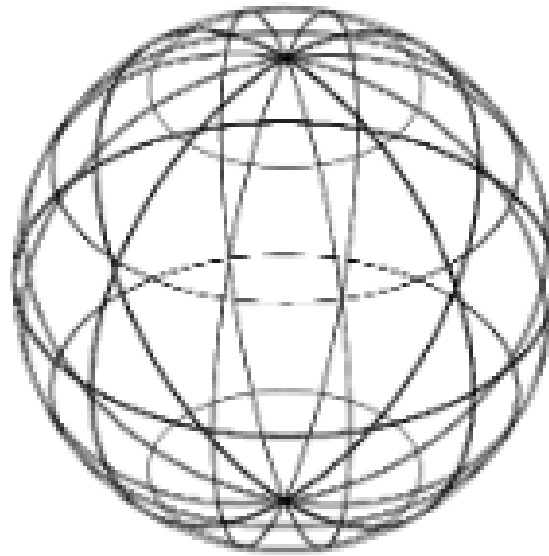
Tách chiếc ghế thành từng phần nhỏ:

- Bánh xe
- Chân xe
- Trục
- Chỗ ngồi
- Chỗ dựa
- Đồ hỗ trợ giữa chỗ ngồi và chỗ dựa



8. Minh họa xây dựng vật thể

Bánh xe



Khối cầu được sử dụng cho bánh xe

8. Minh họa xây dựng vật thể

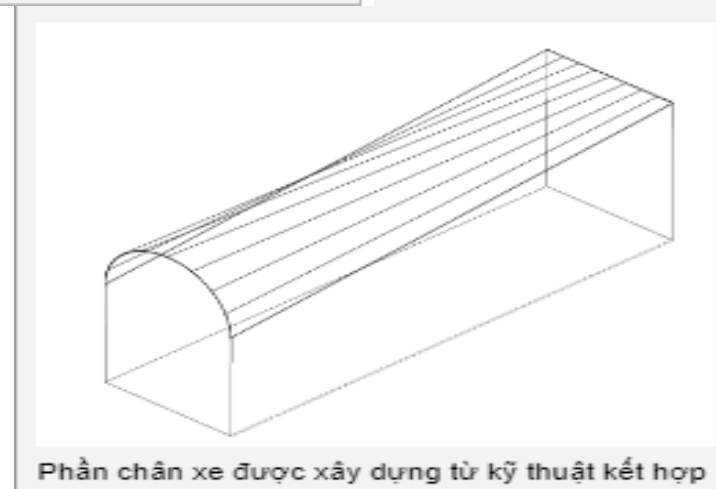
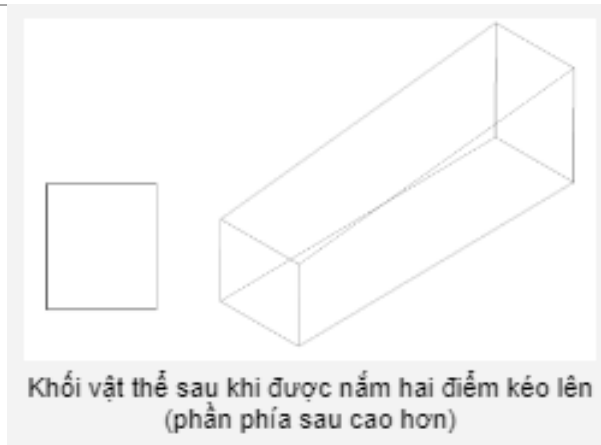
Chân xe

Phần chân xe ta xây dựng một hình hộp chữ nhật trước, sau đó ta nắm và kéo hai điểm ở trên lên một khoảng.

Ở bề mặt trên ta áp dụng kỹ thuật bề mặt hợp viền ruled surface từ hai đường cong: nửa hình tròn đến đoạn thẳng nằm ngang.

Sau đó, ta tiếp tục áp dụng kỹ thuật kết hợp hai vật thể lại.

Sử dụng phép quay 360/5 độ để tạo ra chân xe



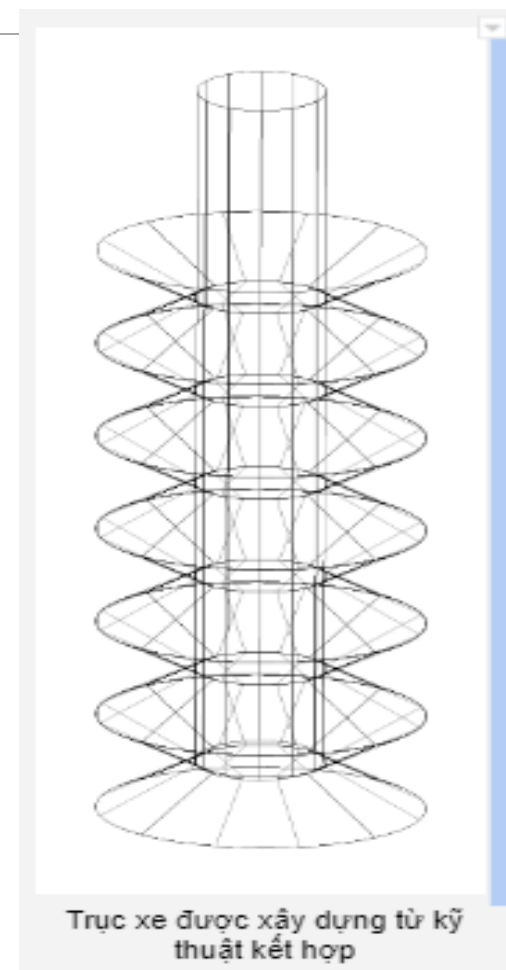
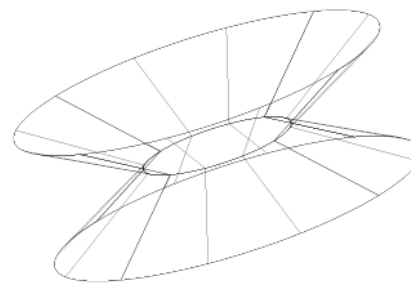
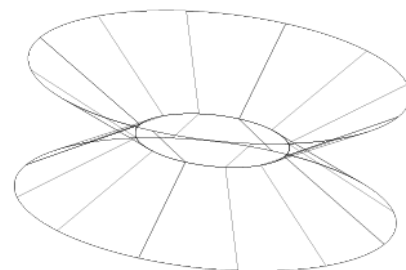
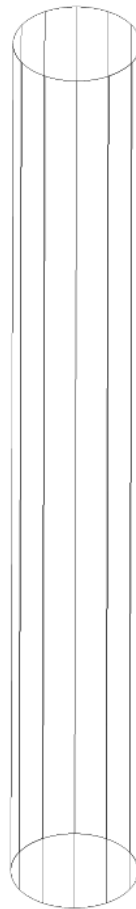
8. Minh họa xây dựng vật thể

Trục

Đầu tiên ta có thể dễ dàng nhìn thấy trục chiếc ghế được nâng bởi hình trụ cơ bản, do đó ta sẽ xây dựng hình trụ đầu tiên.

Tiếp theo ta vẽ một đa giác như sau, sau đó sử dụng kỹ thuật bề mặt quay 360 độ. Nhân bản nhiều khối vừa tạo ra dọc theo trục khối trụ.

Cuối cùng, sử dụng kỹ thuật kết hợp, ta được trục ghế xe.



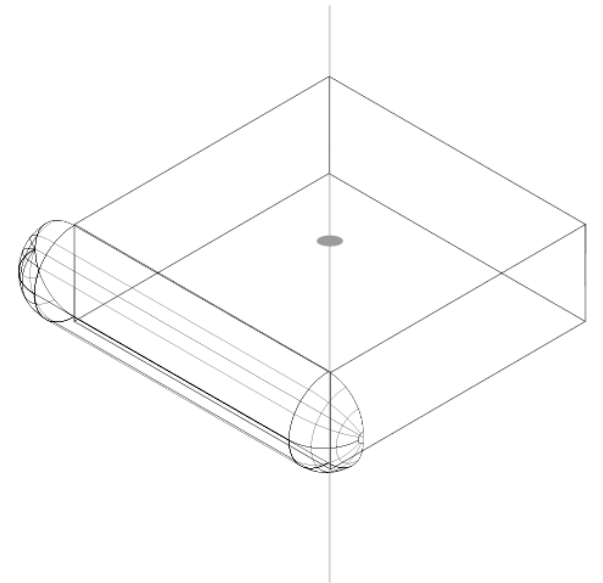
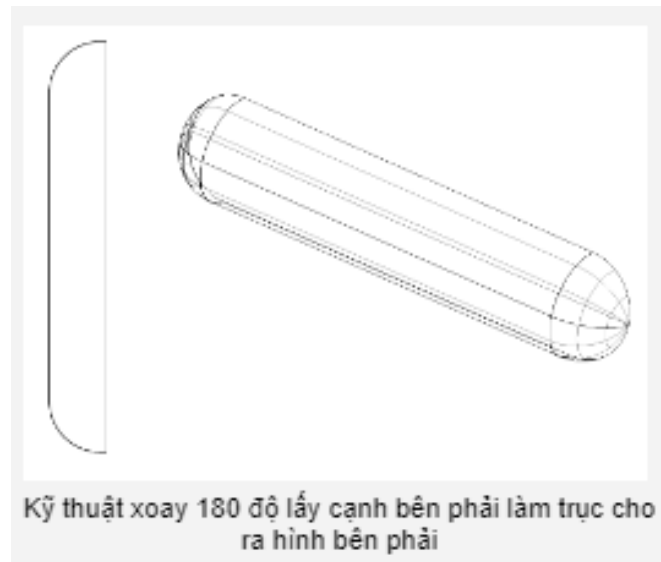
Trục xe được xây dựng từ kỹ thuật kết hợp

8. Minh họa xây dựng vật thể

Chỗ ngồi

Đầu tiên ta vẽ hình chữ nhật, sau đó ta bo tròn hai góc của nó để trở thành một hình như sau. Sau đó ta sử dụng kỹ thuật bề mặt xoay 360/2 độ.

Tiếp theo ta sử dụng phép quay 90 độ cho vật thể vừa được tạo quanh trục chính giữa của hình hộp chữ nhật, ta được phần ngồi của chiếc ghế.



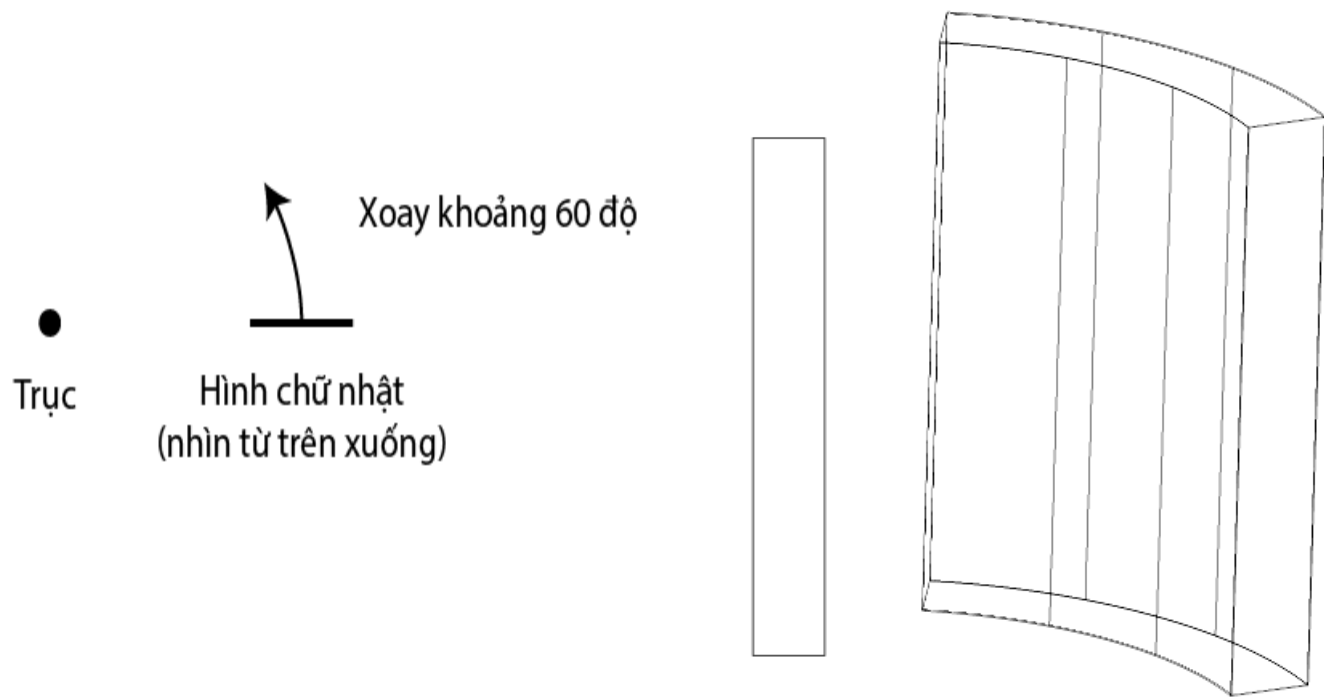
8. Minh họa xây dựng vật thể

Chỗ dựa

Đối với chỗ dựa từ sử dụng lại vật thể đã xây dựng ở thành phần trước (vật thể từ phép xoay hình chữ nhật đã bo tròn).

Tiếp theo ta vẽ hình chữ nhật, rồi sử dụng kỹ thuật bề mặt xoay cho trục cách xa hình chữ nhật một đoạn khá xa.

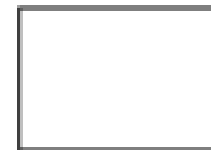
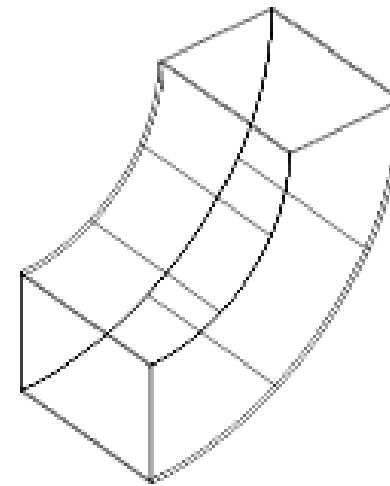
Cuối cùng ta ghép hai vật thể ở hai đầu vật thể vừa tạo ta được phần tựa của ghế ngồi.



8. Minh họa xây dựng vật thể

Chi tiết hỗ trợ

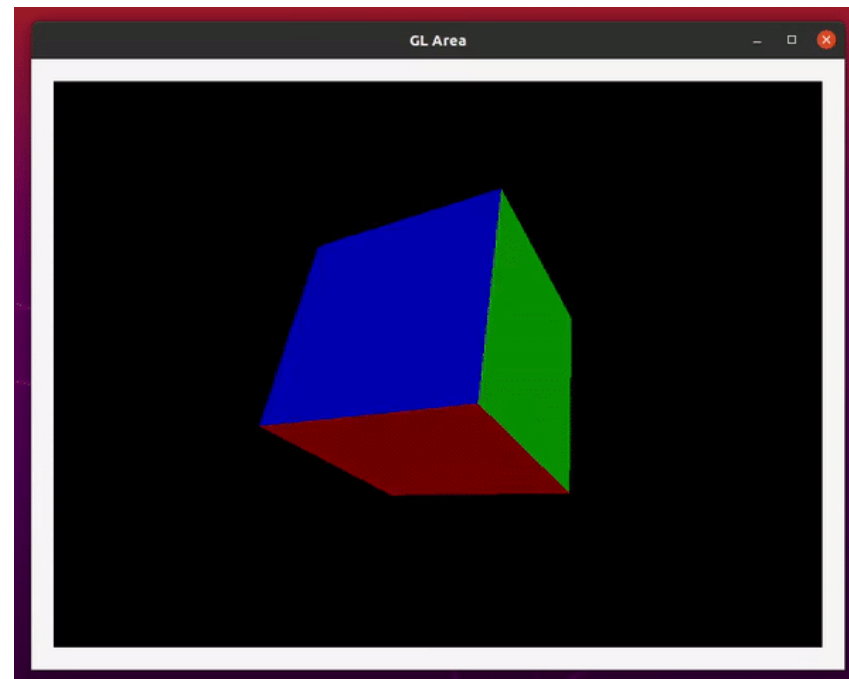
Ở thành phần cuối cùng, ta có thể sử dụng lại các kỹ thuật vừa nêu. Sau đó ghép vào hai khối hình hộp chữ nhật.



9. Tạo Animation

Các vật thể 3D hiện nay được các ứng dụng cho phép tạo hoạt ảnh animation thông qua việc sử dụng các phép biến hình và liên kết với các khoảng thời gian cố định.

Animation trong 3D đóng nhiều vai trò quan trọng trong ứng dụng công nghệ hiện đại bây giờ, ví dụ như phát triển game, dựng hình ảnh phim CGI, mô phỏng khoa học...



Minh họa hoạt ảnh animation của một khối cầu xoay quay trục $z=x$.