

XÂY DỰNG MẶT XOẮN BẰNG MÁY TÍNH ĐIỆN TỬ ĐỂ TIỆN ÁP DỤNG TRONG THIẾT KẾ VÀ DẠY HỌC MÔN HÌNH HỌC HOẠ HÌNH

THS PHÙNG QUANG MINH (CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI), THS NGÔ THU HẰNG | TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG HÀ NỘI

Tóm tắt

Do có sự trợ giúp của máy tính điện tử (MTĐT), việc sử dụng các mặt phức tạp như mặt xoắn trở nên phổ biến và chính xác hơn trong thiết kế và chế tạo. Tuy nhiên việc xây dựng mô hình hay biểu diễn các mặt xoắn là phức tạp và khó khăn, có thể không biểu diễn được. Bài báo đưa ra một phương pháp tạo mặt xoắn mới, đó là sự kết hợp của hình họa, hình học giải tích và phần mềm lập trình nhằm đi xây dựng thuật toán thiết lập mô hình mặt xoắn trong MTĐT. Phương pháp này giải quyết nhanh và đơn giản vấn đề tạo mặt xoắn, vì thế việc sử dụng mặt xoắn trở nên đơn giản hơn, và tốn ít thời gian cũng như công sức của người làm thiết kế.

Abstract

With the help of computers, the use of complex surfaces items as torsion surfaces has become more common and exactly in design and manufacturing. Else, model building or representation torsion faces is complicated and difficult, and cannot be represented. The article presents a new method of creating a torsion surface, which is a combination of graphics, analytic geometry and programming software to build an algorithm to set up torsion surfaces in an computer. This method quickly and simply solves the problem of creating torsion faces, so the use of helix faces becomes simpler, and takes less time and effort of the designer.

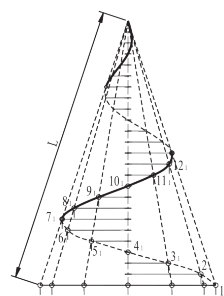
ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh công nghệ thông tin phát triển, việc sử dụng máy tính điện tử (MTĐT) trở nên phổ biến. MTĐT là công cụ lao động trong mọi ngành nghề như nghiên cứu, giảng dạy, thiết kế, chế tạo... MTĐT cũng được sử dụng như là các phương tiện của cuộc sống mỗi người, MTĐT được dùng làm phương tiện giao tiếp, trao đổi thông tin, phương tiện giải trí...

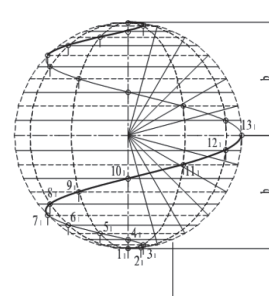
Sử dụng MTĐT để biểu diễn các mặt sẽ giúp người nghiên cứu biểu diễn các mặt nhanh chóng, có thể biểu diễn được các mặt phức tạp mà biểu diễn bằng tay sẽ gặp nhiều khó khăn hay có thể không biểu diễn được. Vì vậy việc tạo ra các mô hình các mặt xoắn theo yêu cầu người sử dụng trên MTĐT là một vấn đề rất cần được quan tâm.

Đối với các mặt xoắn trong hình học họa hình, việc biểu diễn đã phức tạp, về giao của các mặt này với mặt phẳng, mặt cong thì còn tốn nhiều công sức và nhiều khi trở nên khó khăn.

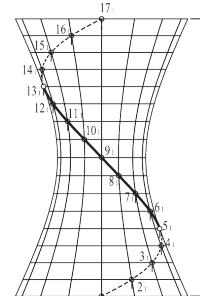
Như vậy việc nghiên cứu xây dựng mặt xoắn bằng MTĐT, biểu diễn các mặt xoắn và một số ứng dụng là cần thiết cho công tác giảng dạy, cho việc thiết lập các hình dáng kiến trúc trong ngành xây dựng, cho việc gia công các chi tiết có hình dáng phức tạp trong ngành cơ khí...



Hình 1



Hình 2



Hình 3

NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Khái niệm về mặt xoắn trong hình học họa hình

Trong phần này bài viết sẽ đưa ra một số định nghĩa và khái niệm mới về đường xoắn và mặt xoắn.

Khái niệm về đường xoắn

Đường xoắn là quỹ tích các vị trí của một điểm chuyển động đều trên một đường, trong khi đường này chuyển động đều tạo nên một mặt cong (mặt cong này gọi là mặt giá mang đường xoắn).

Mặt xoắn ốc trụ: Quỹ tích những vị trí của một điểm chuyển động đều trên một đường thẳng l trong khi l chuyển động quay đều để tạo thành một mặt trụ. Đường xoắn ốc trụ là đường cong ghềnh nằm trên một mặt trụ tổng quát.

Đường xoắn ốc nón là quỹ tích của một điểm chuyển động trên một đường thẳng l , đồng thời đường thẳng này tham gia chuyển động và đi qua một điểm cố định (Hình 1).

Đường xoắn ốc cầu: Quỹ tích của một điểm M chuyển động đều trên một nửa đường tròn, trong khi cung tròn này chuyển động quay đều quanh đường kính của nó. Đường xoắn ốc cầu là đường cong ghềnh nằm trên mặt cầu (mặt giá mang) (Hình 2).

Đường xoắn ốc Hyperbol: Quỹ tích của một điểm M chuyển động đều trên một cung hyperbol, trong khi cung hyperbol này chuyển động quay quanh trục t của hyperbol. Đường xoắn ốc hyperbolloit là đường cong ghềnh nằm trên mặt hyperbolloit (mặt giá mang). Tùy theo sự chuyển động của cung hyperbol để tạo ra mặt giá mang hyperbolloit một tầng hay hyperbolloit hai tầng (Hình 3).

Khái niệm về mặt xoắn

Trong phần này bài báo đưa ra định nghĩa về mặt xoắn nói chung và một số mặt xoắn thường gặp trong hình học.

Mặt xoắn là quỹ tích các vị trí một đường (đường sinh) chuyển động luôn tựa trên một đường xoắn (đường chuẩn).

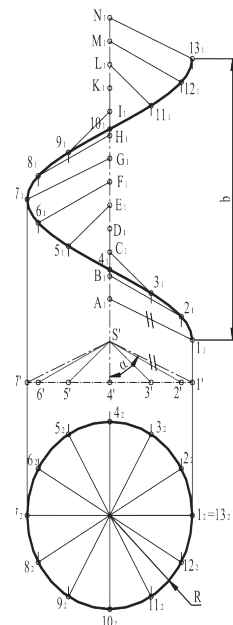
- Như vậy mặt xoắn có thể là các mặt hình học đơn giản hoặc là các mặt cong phức tạp trong tự nhiên.

- Các trường hợp cụ thể cần có thêm một số điều kiện nữa để có được mặt xoắn cụ thể.

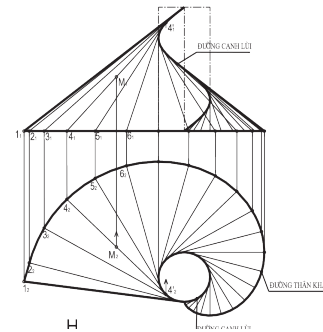
- Đường sinh có thể là đường thẳng cũng có thể là một đường cong và bán kính cong của đường cong này cũng có thể thay đổi trong khi chuyển động theo một đường xoắn, (độ cong $\rho = 1/R$, R là bán kính cong).

Một số ví dụ về các xoắn thường gặp nhưng cách xây dựng theo định nghĩa của mặt xoắn:

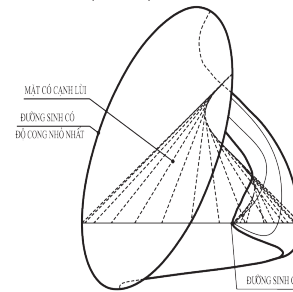
- **Mặt Elicoit** là quỹ tích các vị trí của một đường thẳng chuyển động luôn tựa trên một đường xoắn ốc trụ và trục của đường xoắn ốc trụ, tạo với trục của đường xoắn ốc trụ một góc α . Khi góc α



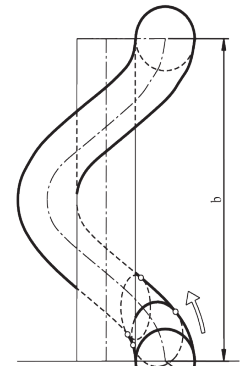
Hình 4



Hình 5



Hình 7



Hình 6

bằng 90 độ thì có mặt Elicoit thẳng, còn lại là Elicoit xiên. Mặt Elicoit là dạng mặt ké không khả triển (Hình 4).

- **Mặt có cạnh lồi** là quỹ tích các vị trí của một đường thẳng chuyển động luôn tựa trên một đường xoắn ốc trụ (đường chuẩn), luôn là tiếp tuyến của đường chuẩn và luôn hợp với mặt phẳng vuông góc với trục của đường chuẩn một góc cố định (Hình 5).

- **Mặt xoắn ốc trụ** là quỹ tích các vị trí của một cung tròn (elip) hay toàn bộ vòng tròn (elip) chuyển động luôn tựa trên một đường xoắn ốc trụ (đường chuẩn), và mặt phẳng chứa đường sinh luôn qua trục của đường chuẩn. Mặt xoắn ốc trụ là mặt cong không kè và không khả triển (Hình 6).

- **Mặt vỏ ốc** là quỹ tích các vị trí đường cong có độ cong thay đổi đều chuyển động đều sao cho luôn đi qua hai đầu của đường sinh của một mặt có cạnh lồi. Là mặt không kè, không khả triển (Hình 7).

Nghiên cứu mặt xoắn trong hình học giải tích

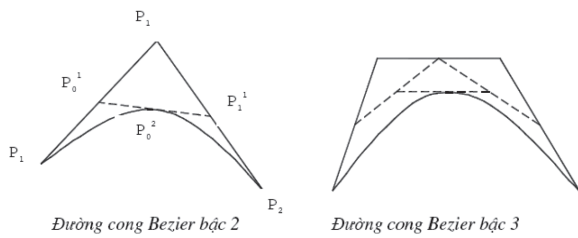
Khác với các phương pháp biểu diễn mặt cong và đường cong bởi các công thức toán học tường minh, ở đây bài báo sẽ đề

cập đến các công cụ cho phép chỉ ra các đường và mặt khác nhau dựa trên các dữ liệu, các điểm quản lý fitpoint của đường hoặc mặt. Hơn nữa các công cụ này có thể mô tả được đường hay mặt bất kỳ, và có khả năng tự thay đổi hình dạng khi có 1 điểm của đường hoặc mặt thay đổi vị trí.

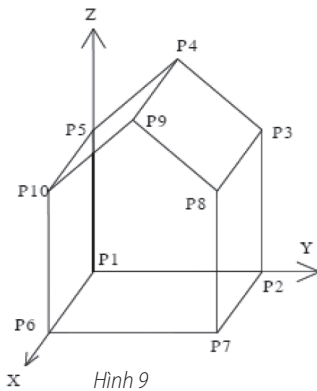
Nghiên cứu đường cong Bezier để xây dựng đường xoắn trong MTĐT

Với một đường cong bất kỳ cho trước mà ta chưa xác định được công thức toán học tường minh của nó, làm thế nào để có thể nắm bắt được dạng của đường cong đó một cách tương đối chính xác, qua việc sử dụng một tập hợp nhỏ các điểm P_0, P_1 cùng với một phương pháp nội suy nào đó từ tập hợp điểm này để tạo ra đường cong mong muốn với độ chính xác theo yêu cầu, thì các thuật toán sau sẽ giải quyết được vấn đề này.

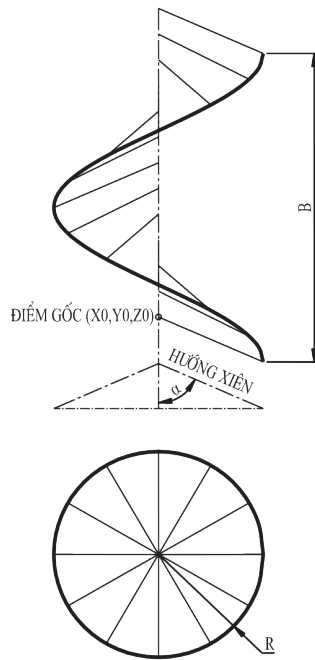
- **Thuật toán Casteljau:** Để xây dựng đường cong $p(t)$, ta dựa trên một dãy các điểm cho trước rồi tạo ra giá trị $p(t)$ ứng với mỗi giá trị t nào đó. Việc thay đổi các điểm này sẽ thay đổi dạng của đường cong. Phương pháp này tạo ra đường cong dựa trên một dãy các bước nội suy tuyến tính hay nội suy khoảng giữa.



Hình 8



Hình 9



Hình 10

Biến i	q1(i)	q2(i)
0	$\begin{cases} x = R + x_0 \\ y = y_0 \\ z = z_0 - R \sin(\alpha) \end{cases}$	$\begin{cases} x = x_0 \\ y = y_0 \\ z = z_0 \end{cases}$
1	$\begin{cases} x = R \cos(2\pi/n) + x_0 \\ y = R \sin(2\pi/n) + y_0 \\ z = b/n + z_0 - R \sin(\alpha) \end{cases}$	$\begin{cases} x = x_0 \\ y = y_0 \\ z = b/n + z_0 \end{cases}$
2	$\begin{cases} x = R \cos(4\pi/n) + x_0 \\ y = R \sin(4\pi/n) + y_0 \\ z = 2b/n + z_0 - R \sin(\alpha) \end{cases}$	$\begin{cases} x = x_0 \\ y = y_0 \\ z = 2b/n + z_0 \end{cases}$
...	...	...
i	$\begin{cases} x = R \cos(i * 2\pi/n) + x_0 \\ y = R \sin(i * 2\pi/n) + y_0 \\ z = i * b/n + z_0 - R \sin(\alpha) \end{cases}$	$\begin{cases} x = x_0 \\ y = y_0 \\ z = i * b/n + z_0 \end{cases}$

Bảng 2.1: Danh sách các đỉnh q1, q2

Dạng Bernstein của các đường cong Bezier.

- Đường cong Bezier dựa trên (L+1) điểm kiểm soát $P_i, i=0;L$ được cho bởi công thức:

$$P(t) = \sum_{k=0}^L P_k B_k^L(t)$$

Trong đó, $P(t)$ là một điểm trong mặt phẳng hay trong không gian. $B_k^L(t)$ được gọi là đa thức Bernstein, được cho bởi công thức:

$$B_k^L(t) = \frac{L!}{k!(L-k)!} (1-t)^{L-k} t^k \quad \text{với } L \geq k$$

Mỗi đa thức Bernstein có bậc là L, thông thường ta còn gọi các $B_k^L(t)$ là các hàm trộn. Tương tự, đối với mặt Bezier ta có phương trình sau:

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^L P_{ik} B_i^M(u) B_k^L(v)$$

Trong trường hợp này khối đa diện kiểm soát sẽ có (M+1).(L+1) đỉnh. Ví dụ đường cong Bezier bậc 2 và đường cong Bezier bậc 3 (Hình 8).

Bài viết sẽ sử dụng dạng đường cong Bezier để lập mô hình đường xoắn trong MTĐT, một đường xoắn là ghép nối nhiều đoạn đường cong Bezier lại với điểm ghép nối có chung nhau 1 tiếp tuyến cho 2 đoạn đường cong, điều này đảm bảo tính cong trơn của đường xoắn tổng thể.

Để đơn giản hóa các phương trình giải tích bài viết sử dụng dạng biểu diễn ma trận của đường Bezier như sau:

- Để thích hợp cho việc xử lý trên máy tính, ta biểu diễn hai mảng $BL(t)$ và P như sau:

$$B^L(t) = (B_0^L(t), B_1^L(t), \dots, B_L^L(t))$$

$$P = (P_0, P_1, \dots, P_L)$$

Do đó $P(t) = B^L(t)P$ (tích vô hướng)

- Hay $P(t) = B^L(t)P^T$ (P^T là dạng chuyển vị của P)

Dưới dạng đa thức có thể biểu diễn $B_k^L(t)$ như sau:

$$B_k^L(t) = a_0 + a_1.t + \dots + a_{L-k}.t^{L-k} = (t_0, t_1, \dots, t_L)(a_0, a_1, \dots, a_L)$$

Do đó $P(t)$ có thể biểu diễn lại như sau:

$$P(t) = \text{PowL}(t) \cdot \text{BerLPT} \quad \text{với } \text{PowL}(t) = (t_0, t_1, \dots, t_L)$$

- BezL là ma trận biểu diễn mảng $BL(t)$ trong đó mỗi hàng i của ma trận ứng với các hệ số tương ứng ($a_1, a_2, \dots, a_L$) của đa thức $B_i^L(t)$ và tại vị trí (i, j) trong ma trận BezL có giá trị $\text{BezL}(i, j) = (-1)^{j-i} \cdot \text{Cni.Cij}$.

Phương pháp số hóa mặt xoắn

Trong phần này bài viết thiết lập phương pháp số hóa mặt xoắn nhằm xây dựng mặt xoắn trong MTĐT.

Mô hình WireFrame

Mô hình WireFrame thể hiện hình dáng của đối tượng 3 chiều bằng hai danh sách:

- Danh sách các đỉnh: lưu tọa độ của các đỉnh;

- Danh sách các cạnh: Lưu các cặp điểm đầu và cuối của từng cạnh.

Các đỉnh và các cạnh được đánh số thứ tự thích hợp (Hình 9).

Có nhiều cách để lưu giữ mô hình, có thể dùng cấu trúc bản ghi, hay cấu trúc mảng...

Xây dựng mặt xoắn trong MTĐT

Theo nội dung đã đề cập ở trên, trong phần này bài viết đưa ra phương pháp xây dựng mặt xoắn trong MTĐT.

- Để xây dựng các mặt xoắn trong MTĐT thì bài viết đưa ra phương pháp xây dựng như sau:

Bước 1: Thiết lập phương trình tham số của mặt theo định nghĩa của từng mặt cụ thể. Phương trình tham số của mặt xoắn cụ thể dựa vào các đặc tính của mặt đó là đường chuyển động, quy luật chuyển động của đường sinh...

Bước 2: Tính toán các điểm thuộc mặt bằng cách chia mặt thành các mảnh mặt nhỏ, độ chính xác của mặt phụ thuộc vào độ mịn khi chia mặt. Việc tính toán độ chính xác dựa vào nhu cầu thực tế để có được số lượng các mảnh mặt trên một mặt cần xây dựng.

Bước 3: Phủ các mảnh mặt từ các điểm thuộc mặt đã được tính toán phía trên.

Bước 4: Sau khi tính toán thì phải lập sơ đồ thuật toán xây dựng mặt. Sau khi có sơ đồ thuật toán của các mặt xoắn thì người dùng có thể sử dụng sơ đồ thuật toán này để vẽ mô hình mặt xoắn trong MTĐT bằng bất kỳ ngôn ngữ lập trình nào.

$$\begin{cases} z = p_z * R * t + Z_0 \\ x = x_0 \\ y = y_0 \end{cases} \quad (2.3) \quad \begin{cases} z = c_z * t + Z_M \\ x = a_x * t + X_M \\ y = b_y + y_M \end{cases} \quad (2.4) \quad \begin{cases} a_x = X_N - X_M \\ b_y = Y_N - Y_M \\ c_z = Z_N - Z_M \end{cases} \quad (2.5)$$

Bước 5: Vẽ mặt xoắn trong MTĐT bằng ngôn ngữ lập trình cụ thể.

- Sau khi có mô hình các mặt xoắn trong MTĐT thì việc sử dụng các mặt xoắn này trong thiết kế là sử dụng được luôn như các mô hình kiến trúc hay mô hình tính toán kết cấu... hoặc dùng các mô hình này trong việc đưa ra các mặt một cách trực quan tương đương với thực tế ảo để dạy sinh viên về các mặt nói chung.

- Phần tiếp theo sẽ đưa ra ví dụ xây dựng mặt elicoit, các mặt khác sẽ được xây dựng tương tự.

Các thông số xác định

Mặt Elicoit xiên được xây dựng trên đường xoắn ốc (đường chuẩn Dxoastru) và góc α (là loại mặt kẻ). Trong phần này xây dựng Elicoit xiên có trục thẳng đứng (song song với trục z).

Mặt Elicoit thẳng là mặt Elicoit xiên với $\alpha = 90^\circ$.

Như vậy các thông số xác định là:

- Điểm gốc: Điểm xác định trục của mặt
- Bán kính r: là bán kính mặt trụ tròn xoay (mặt giá mang) chứa đường chuẩn
- Bước b: Bước của đường chuẩn
- Hướng xiên: Xác định góc α .

Số điểm chia trên bước n (n=24) (Hình 10)

Phương trình tham số

Phương trình đường xoắn ốc trụ:

$$\begin{cases} z = b * t / 2 / \pi + z_0 - a \\ x = R * \cos(t) + x_0 \\ y = R * \sin(t) + y_0 \end{cases} \quad (2.1) \quad \begin{cases} z = t \\ x = x_0 \\ y = y_0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} z = p_z * u + Z_0 \\ x = m_x * u + X_0 \\ y = n_y * u + Y_0 \end{cases} \quad (\text{với } a = \lg(\alpha) * r)$$

Phương trình trục:

Các đường sinh thuộc mặt là các đoạn thẳng đi qua đường xoắn ốc trụ và trục của đường xoắn ốc trụ. Với hệ số góc là hướng xiên của mặt, do trục của mặt là song song với trục z nên nếu phương trình của hướng xiên là:

Thì phương trình của đường sinh thuộc mặt là phương trình đi qua điểm thuộc đường xoắn ốc trụ (thỏa mãn phương trình 2.1) và đi qua điểm thuộc trục (thỏa mãn phương trình (2.2))

Vậy ứng với mỗi giá trị của t sẽ có điểm M (thuộc đường xoắn ốc trụ, phương trình 2.1) và điểm N (thuộc trục của đường xoắn ốc trụ, phương trình 2.3), MN là một đoạn đường sinh thuộc mặt Elicoit xiên có phương trình:

Sơ đồ thuật toán xây dựng

Khi có sơ đồ thuật toán chúng ta có thể dùng một ngôn ngữ lập trình bất kỳ để viết các chương trình con tạo mặt trong các phần mềm đồ họa, sơ đồ 2.1, 2.2.

- Sơ đồ 2.1; 2.2; 2.3.

- Bắt đầu

+ Nhập vào các thông số:

• r: bán kính mặt trụ chứa đường xoắn ốc trụ

• b: bước của đường xoắn ốc trụ

• sovrong: tổng số vòng xoắn

• n: Số điểm chia trên một vòng xoắn

+ Gán sodiem=sovrong*n+1, là tổng số điểm chia trên đường xoắn ốc trụ là đường sinh thuộc mặt.

+ Tính toán tọa độ các điểm trên đường xoắn ốc (các điểm quản lý này chính là các điểm chia trên đường xoắn ốc cần vẽ), gán tọa độ các điểm này cho một mảng quản lý điểm q(i).

+ Gán các tọa độ x,y,z của mảng điểm q1(i) sang mảng fitpoint(k), mảng fitpoint(k) này sẽ lưu các giá trị về tọa độ của đường xoắn ốc trụ và mảng này sử dụng được để vẽ đường spline có các điểm quản lý là các điểm thuộc mảng điểm (q1).

+ Tính toán điểm trên của trục đường xoắn ốc trụ điểm p5.

+ Vẽ đường xoắn ốc trụ bằng đường spline, dxoastru.

+ Vẽ đoạn thẳng là trục của đường xoắn ốc trụ, đoạn thẳng này có điểm đầu là diemgoc và điểm cuối là p5.

+ Vẽ các đường sinh thẳng thuộc mặt (các điểm đầu là các điểm thuộc đường chuẩn $q1(i)$, và các điểm cuối là các điểm thuộc trục ($q2(i)$) (bảng 2.1).

+ Tạo lưới điểm thuộc mặt, lưới này có các ô lưới phần tử dạng 4 nút, và các nút này lưu dưới dạng hai dãy điểm $q1, q2$.

+ Gán các tọa độ x,y,z của hai dãy điểm $q1, q2$ sang mảng point của Mesh (lưới mảnh mặt).

+ Vẽ lưới mảnh mặt trên mảng dữ liệu point.

+ Kết thúc.

KẾT LUẬN

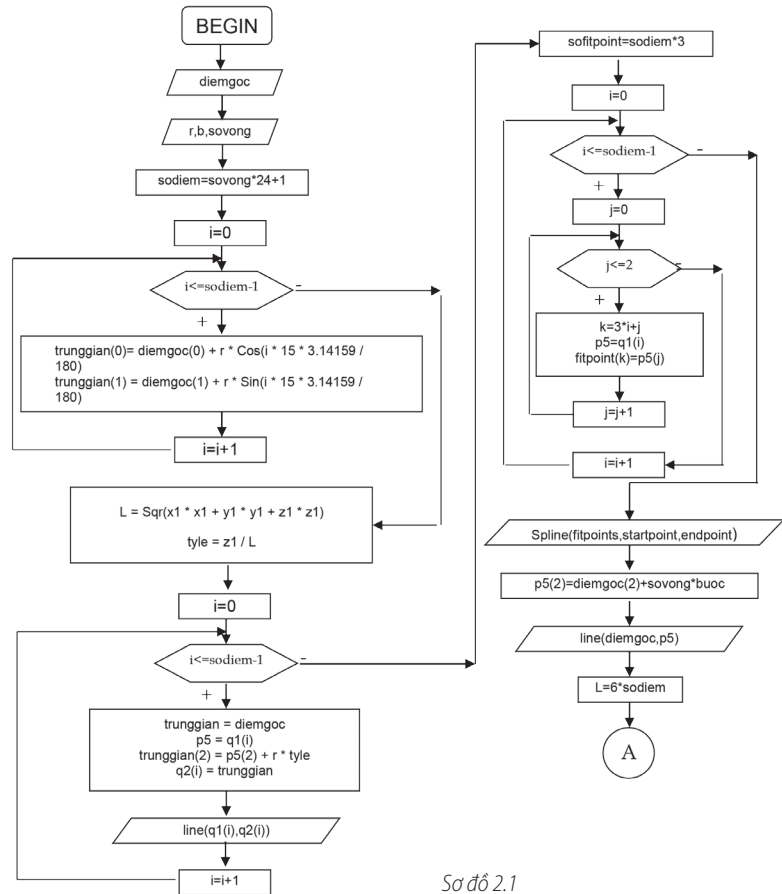
Trên đây đã trình bày nội dung là nghiên cứu xây dựng mặt xoắn trong MTĐT. Phương pháp này có thể áp dụng trong việc dạy học hình học họa hình trong Trường Đại học Xây Dựng. Việc xây dựng mô hình các mặt xoắn trong MTĐT là dùng phương pháp ghép các mảnh mặt phần tử lên lưới điểm thuộc mặt cần dựng. Độ chính xác của mặt có thể tùy chọn vào số điểm chia trên mặt.

Việc xây dựng mô hình các mặt xoắn trong các phần mềm đồ họa là dùng các sơ đồ thuật toán này và kết hợp với các ngôn ngữ lập trình để tạo thành các chương trình con tạo mặt hoặc các ứng dụng tạo mặt được nhúng vào phần mềm đồ họa nói trên. Như vậy có thể sử dụng các thuật toán trong bài báo và dùng Visual Basic trong Autocad (VBA) để tạo các chương trình con tạo các mặt xoắn trong Autocad. Hơn nữa phương pháp này giải quyết nhanh và đơn giản vấn đề chuyển đổi cơ sở dữ liệu giữa các phần mềm thiết kế khác nhau như từ Autocad sang phần mềm tính toán kết cấu Sap 2000...

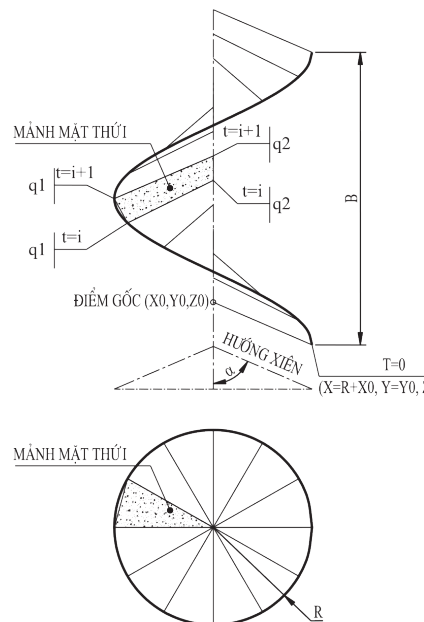
Phương pháp tạo mặt này giúp đơn giản các khó khăn gặp phải khi sử dụng các mặt phức tạp trong thiết kế hình dáng kiến trúc và chế tạo các công trình, vật dụng thông thường. Vì vậy việc sử dụng các mặt phức tạp như mặt xoắn trở nên phổ biến và chính xác hơn trong thiết kế. Việc sử dụng các chương trình con trong các phần mềm thiết kế sẽ tiết kiệm thời gian cũng như công sức của người làm thiết kế/.

Tài liệu tham khảo

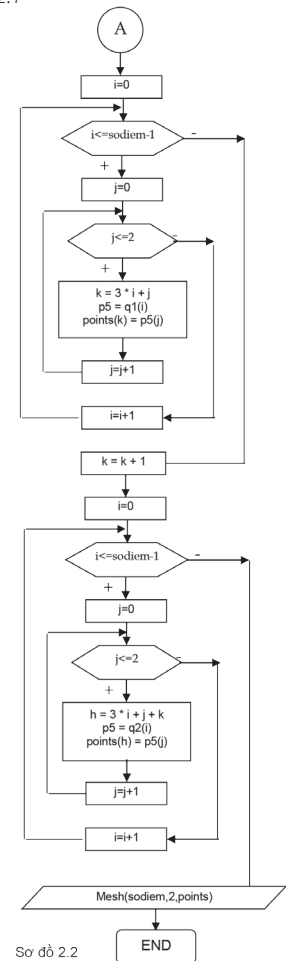
1. PGS. TS. Đặng Văn Cự (chủ biên), GVC. Nguyễn Quang Cự, PGS. TS. Đoàn Như Kim, PGS. Dương Tiến Thọ, Giáo tiếp đồ họa kỹ thuật Xây dựng, nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2006.
2. Hoàng Văn Thân (chủ biên), Đoàn Như Kim, Dương Tiến Thọ, Hình học họa hình, nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
3. В.О.Гордон, М.А.Семенов-Огиевский КУРС НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ, ГЕОМЕТРИИ, НЕГ Бпфntkmcndj Dscifz irjkl 2000. (V.O. Gordon, M. A. Sementsov-Ogievskiy ÔN TẬP HÌNH HỌC HỌA HÌNH, Nhà xuất bản Đại học URE, năm 2000)
4. Hoàng Văn Thân (chủ biên), Đoàn Như Kim, Dương Tiến Thọ, Hình học họa hình, nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
5. Nguyễn Tiến, Ngô Quốc Việt, Phạm Nguyễn Tuấn Kỳ, Kỹ thuật lập trình Visual Basic tự học trong 21 ngày, nhà xuất bản Giáo dục, 1997.



Sơ đồ 2.1



Sơ đồ 2.3



Sơ đồ 2.2

Sơ đồ 2.2