



Mặt cầu

Ứng dụng trong kiến trúc

THS.KS NGUYỄN THỊ CHUNG HIẾU | TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG HÀ NỘI

Tóm tắt

Bài viết trình bày quá trình nghiên cứu về mặt cong - mặt tròn xoay và khả năng ứng dụng trong kiến trúc. Mục đích nghiên cứu nhằm cung cấp khái niệm, phân loại một số mặt tròn xoay và từ đó đưa ra phương pháp để đơn giản hóa mặt tròn xoay - mặt cầu. Kết quả nghiên cứu cho thấy các loại mặt tròn xoay có tính ứng dụng cao trong kiến trúc. Hơn nữa, khi tiến hành đơn giản hóa mặt tròn xoay thì vừa giữ lại được hiệu quả cao về mặt thẩm mỹ do có thể tạo nên những đường cong mềm mại, còn có thể giúp cho công trình được xây dựng nhanh hơn khi sử dụng các loại mặt cong phức tạp khác, hướng đến các công trình có kết cấu nhẹ nhưng vẫn đảm bảo độ vững bền.

Abstract

This article presents the research process on curved surface - rotated surface and applicability in architecture. The purpose of the study is to provide the concept and classification of a number of rotating circles and from that to provide a method to simplify the rotation surface - the sphere. The research results show that the rotating round faces have high applicability in architecture. Moreover, when simplifying the round face, it can both retain high aesthetic efficiency because it can create soft curves, and can also help the construction to be built faster when in use. Other types of complex curved surfaces, aiming for works with light structure but still ensuring durability.

KHÁI NIỆM VỀ MẶT CONG

Mặt cong có thể định nghĩa bằng nhiều cách, nhưng trong hình học ứng dụng mặt cong thường được xem như là tập hợp các đường chuyển động theo một quy luật nào đó.

Nói cách khác, mặt cong là tập thông số các đường cong. Theo định nghĩa này, đường cong di chuyển gọi là đường sinh.

Trong quá trình di chuyển đường sinh phải dựa vào một đường cong cố định khác. Đường cong này gọi là đường chuẩn.

Cần chú ý rằng trong quá trình di chuyển đường sinh cũng như đường chuẩn còn có thể có đủ hình thức, cố định hoặc biến đổi, do đó việc tạo mặt vô cùng phong phú và cho đến nay vẫn chưa có một cách phân loại các loại mặt cong hoàn hảo và đầy đủ.

Thông thường ta hay gặp mặt cong là các mặt kẻ (đường sinh là đường thẳng) như mặt nón, mặt trụ, mặt hyperboloid một tầng và các mặt tròn xoay như mặt cầu, mặt elipxôit tròn xoay... Trong thực tiễn xây dựng và kiến trúc, một mặt cong phức tạp hơn thường được thay thế bằng một mặt gần đúng gồm nhiều mảnh của các mặt đơn giản hơn.

MỘT SỐ MẶT CONG - MẶT TRÒN XOAY THƯỜNG GẶP VÀ ỨNG DỤNG TRONG KIẾN TRÚC

Mặt trụ và nón tròn xoay

Mặt trụ và mặt nón là các mặt kẻ bậc hai đơn giản nhất, được ứng dụng rộng rãi trong kiến trúc. Ban đầu chỉ xuất hiện các dạng cột trụ chịu lực hay mái nhà. Sau này thì xuất hiện thêm các tòa nhà có hình dáng như mặt trụ và mặt nón.

Mặt trụ có thể có đường chuẩn là một đường cong bất kỳ. Nhưng mặt trụ tròn xoay có đường chuẩn là đường tròn và đường sinh vuông góc với mặt phẳng chứa đường chuẩn.

Mặt trụ tròn xoay cũng có thể được tạo ra do quay một đường thẳng quanh một trục song song với đường thẳng trên.

Mặt nón tròn xoay được tạo ra do quay một đường thẳng quanh một trục và luôn cắt trục tại một điểm cho trước.

Mặt cầu

Mặt cầu là quỹ tích các điểm cách đều một điểm trong không gian. Đó là mặt có hiệu quả diện tích cao nhất (để bao một thể tích, hình cầu là hình có diện tích nhỏ nhất).

Hình cầu ít được dùng trong kiến trúc để làm nhà ở, vì tường bên luôn có độ dốc



Nhà thờ Santa Maria del Fiore, Florence



Nhà thờ Saint Peter tại Vatican, Roma



Cung Thế kỷ (Hala Stulecia), Wrocław, Ba Lan

thay đổi, mặt khác khối cầu gây cho ta một cảm giác bất ổn định. Trong kiến trúc hay dùng mặt cầu - bán cầu để làm các vòm (coupole) để làm nhà thờ, nhà triển lãm...

Mái hình bán cầu cho phép vượt các khẩu độ khá lớn và khi vào bên trong các coupole, con người cảm thấy không gian vĩ đại và trang nghiêm. Nó gợi cho ta hình ảnh của vòm trời. Chính vì vậy các công trình tôn giáo thường hay dùng các coupole.

Đền Pantheon được xây dựng từ thời các hoàng đế La Mã (khoảng 100 năm trước Công nguyên) là một trong các công trình kiến trúc cổ còn giữ được nguyên vẹn cho đến ngày nay.

Vòm nổi tiếng khác là vòm nhà thờ Sainte Sophie (Hagia Sophia) ở Istanbul, Thổ Nhĩ Kỳ do Isidore và Anthemis thiết kế năm năm 532. Cho đến hiện nay, nhà thờ này vẫn được xem như là một trong những nhà thờ lớn nhất thế giới.

400 năm sau tại Florence, Brunelleschi thiết kế và chỉ đạo xây một vòm cho nhà

thờ Santa Maria del Fiore. Brunelleschi đã nghiên cứu cách xây vòm của người La Mã và cải tiến dùng các gờ cứng chia vòm thành các múi. Vòm trông rất thanh thoát.

Sau đó, tất nhiên phải kể đến vòm của nhà thờ Saint Peter tại Vatican (Roma) xây trong khoảng 1547-1589, đỉnh vòm cao cách mặt đất 123m, bên trong được trang trí cực kỳ lộng lẫy.

Với sự phát triển của kỹ thuật bê tông cốt thép, người ta có thể làm được các vòm rất lớn. Max Berg năm 1911- 1912 đã làm nhà kỷ niệm 100 năm thành phố Breslau (bây giờ là Wrocław, Ba Lan) có dạng hình cầu, có đường kính 64m, cao 41m.

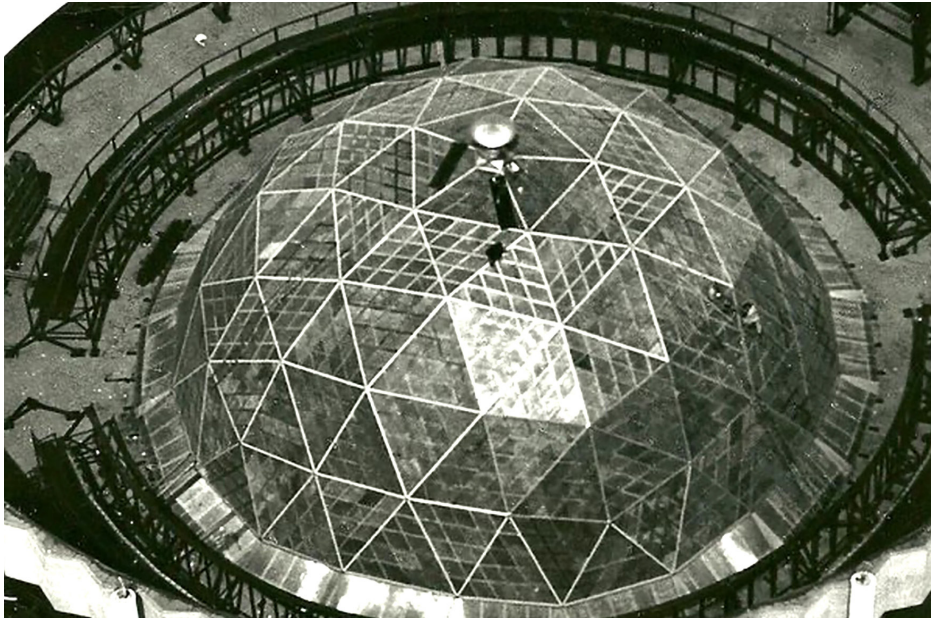
ĐƠN GIẢN HÓA MẶT TRÒN XOAY

Kỹ sư, nhà toán học Richard Buckminster Fuller đã từng nói "Người ta làm sao nhìn thấy các vectơ cân bằng được, vì chúng trong suốt như Trời vậy". Năm 1953, ông đã thiết kế vòm Rotunda có đường kính 30m được cấu tạo từ các tứ diện làm bằng các ống nhôm. Vỏ bọc bằng vật

liệu tổng hợp. Toàn bộ vòm nặng 8,5 tấn trong khi bình thường phải nặng tới 160 tấn. Công trình đã được hoàn thành trong 30 ngày. Phát kiến của ông đã đẩy mạnh việc phát triển các kết cấu nhẹ của thế kỷ XX. Cho đến hiện nay, vấn đề đơn giản hóa mặt cong vẫn mang những giá trị quan trọng bởi yêu cầu của con người ngày càng tăng cao đối với các công trình kiến trúc xây dựng, vừa cần có tính thẩm mỹ cao lại thi công nhanh chóng, sử dụng ít nguyên vật liệu, giúp giảm chi phí xây dựng nhưng vẫn đảm bảo được sự bền vững.

Hiện nay, trong kiến trúc hiện đại nhiều vòm hình bán cầu hay cầu được làm bằng vật liệu nhẹ lơ lửng trên các dàn thép. Chúng có thể bao phủ một không gian rất lớn, có thể đặt trực tiếp trên mặt đất, do đó không cần đến các mặt chuyển tiếp.

Mặt cầu là mặt cong không khả triển, nên muốn làm một mặt cầu cần chia mặt cầu thành các đới hoặc chia thành các tam giác hay lục giác, làm sao để có thể lắp ghép các mảnh giống nhau phủ kín mặt cầu.



Mặt cầu là một dạng mặt tròn xoay. Để khai triển gần đúng một mặt tròn xoay, có thể dựa vào một số phương pháp khai triển mặt cầu.

Phương pháp mặt trụ

Chia mặt cầu (hay mặt tròn xoay) thành một số múi bằng nhau bởi những mặt phẳng kinh tuyến. Thay thế mỗi múi cầu bằng một phần mặt trụ ngoại tiếp mặt cầu. Ta khai triển hình trụ nói trên và coi hình khai triển thu được là hình khai triển gần đúng của múi cầu.

Phương pháp mặt nón

Chia nửa mặt cầu (hay nửa mặt tròn xoay) thành nhiều phần bởi các vĩ tuyến. Thay thế từng phần của nửa mặt cầu bằng những mặt nón cụt và mặt nón nội tiếp trong từng đới cầu và chòm cầu thuộc nửa mặt cầu. Khai triển mặt nón và các mặt nón cụt đó và coi các hình thu được là hình khai triển gần đúng của nửa mặt cầu.

Phương pháp các mặt nón và mặt trụ tiếp xúc

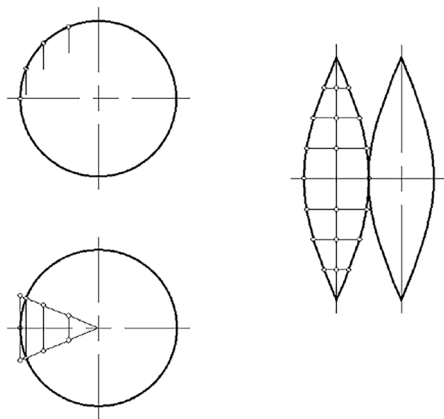
Theo phương pháp này, cũng tiến hành chia mặt cầu thành nhiều múi bằng nhau và vẽ một số cung vĩ tuyến. Dùng mặt trụ tiếp xúc với múi cầu theo cung xích đạo. Dùng mặt nón ngoại tiếp với múi cầu theo cung vĩ tuyến. Nhờ vậy sẽ vẽ được một hình phẳng là khai triển gần đúng của nửa múi cầu. Từ đó, sẽ có hình khai triển của cả múi cầu. Nếu chia mặt cầu thành n múi bằng nhau thì hình khai triển của mặt cầu sẽ gồm n hình khai triển của múi cầu.

Ngoài việc sử dụng các mặt kẻ như mặt trụ và mặt nón để biểu diễn mặt cầu, chúng ta còn có thể dùng một số phương pháp khác.

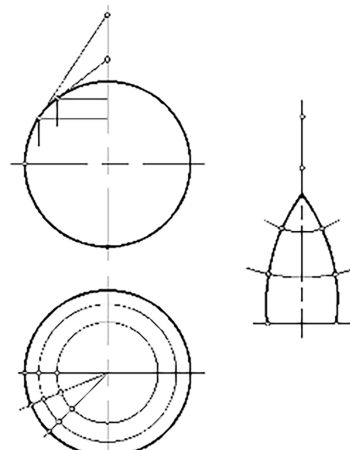
Phương pháp tam giác hóa mặt cầu

R. Buckminster Fuller là người đi tiên phong nghiên cứu dàn hình cầu. Ông đã có ý định làm một vòm hình cầu khổng lồ đường kính 2 dặm (1 dặm bằng 1.609m) để che phủ một phần thành phố New York. Mục đích để có thể chủ động điều hòa nhiệt độ ổn định trong khu vực. Dự án đó chưa thực hiện được, nhưng cũng đã gây được sự

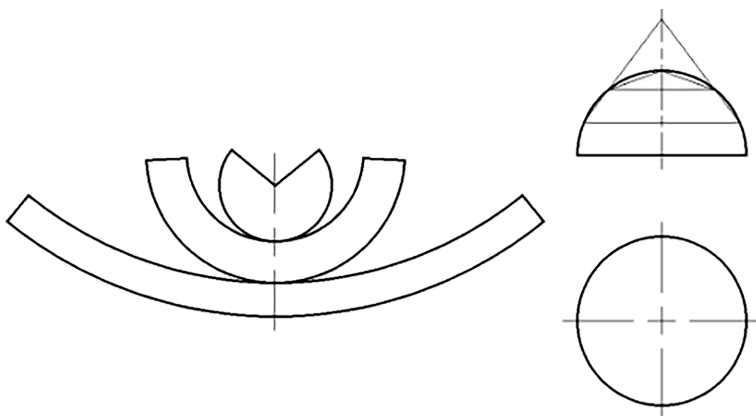
Mái vòm trắc địa Ford Rotunda



Hình khai triển của mặt cầu theo phương pháp mặt trụ (chia mặt cầu thành 8 múi bằng nhau thì hình khai triển của mặt cầu sẽ gồm 8 hình phẳng)



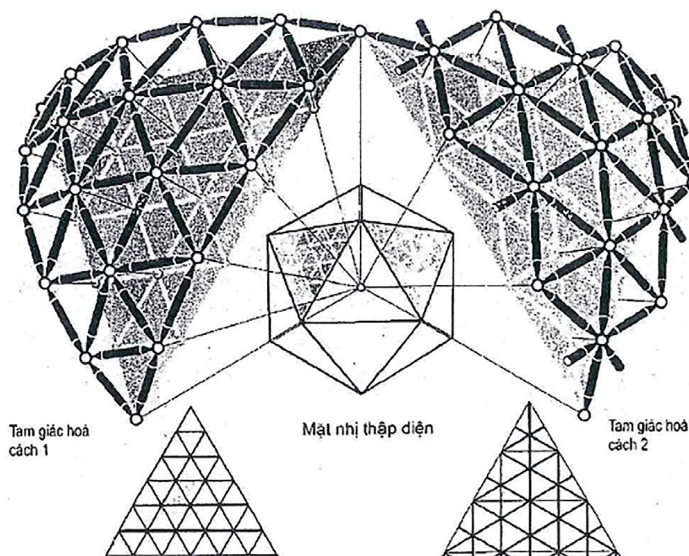
Hình khai triển của mặt cầu theo phương pháp mặt nón và mặt trụ tiếp xúc



Hình khai triển của mặt cầu theo phương pháp mặt trụ (chia mặt cầu thành 8 múi bằng nhau thì hình khai triển của mặt cầu sẽ gồm 8 hình phẳng)



Mái vòm hình cầu của nhà triển lãm của Mỹ tại Expo 67, Montréal, Canada



Tam giác hóa mặt cầu

chú ý trong việc nghiên cứu các mặt cong trong kiến trúc hiện đại. Ông đã tạo nên một dàn không gian có dạng hình cầu trong triển lãm quốc tế Expo 67 tổ chức tại Montréal (Canada).

Mục đích của việc này là tạo nên một lưới các tam giác phủ kín một mặt cầu. Lấy một đa giác đều cơ bản có các mặt bên đều là tam giác (ví dụ mặt nhị thập diện). Chia mặt bên của đa diện ra thành một số các tam giác nhỏ. Chiếu các đỉnh của tam giác vừa chia lên mặt cầu ngoại tiếp mặt nhị thập diện. Nối các điểm thu được bằng các dây cung. Như vậy mặt cầu được phủ kín bởi các tam giác. Từ các tam giác này có thể tạo ra các tứ diện tinh thể.

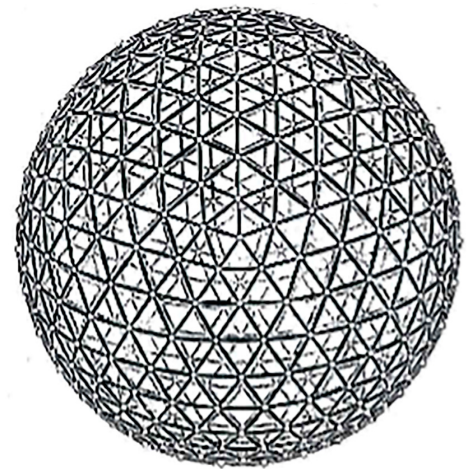
Có 02 cách chia tam giác cơ sở:

Cách 1: Tạo ra các tam giác nhỏ bằng cách kẻ các đường thẳng song song với các cạnh của tam giác cơ bản. Ở mái vòm hình cầu, R. Buckminster Fuller đã chia cạnh tam giác cơ bản ra làm 5 phần, vậy trên tam giác cơ sở sẽ có 25 tam giác nhỏ.

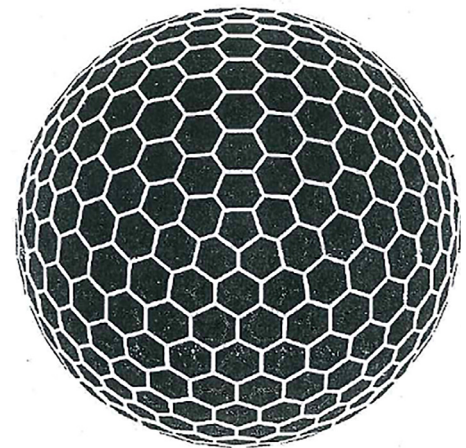
Cách 2: Tạo ra các tam giác có các cạnh song song phân giác của tam giác cơ sở.

Phương pháp lục giác hóa mặt cầu

Theo nguyên tắc đối ngẫu, mặt đa diện hệ vỏ gồm các mặt lục giác sẽ là đối ngẫu của mặt hệ thanh gồm các tam giác vừa trình bày trên dàn không gian có dạng hình cầu



Mặt cầu sau khi đã tam giác hóa bằng cách tạo ra các tam giác có cạnh song song phân giác của tam giác cơ sở, từ mặt nhị thập diện, cạnh được chia thành 7 phần theo cách 1



Mặt cầu sau khi đã được lục giác hóa, từ nhị thập diện, cũng chia cạnh tam giác cơ sở ra làm 07 phần theo cách 1

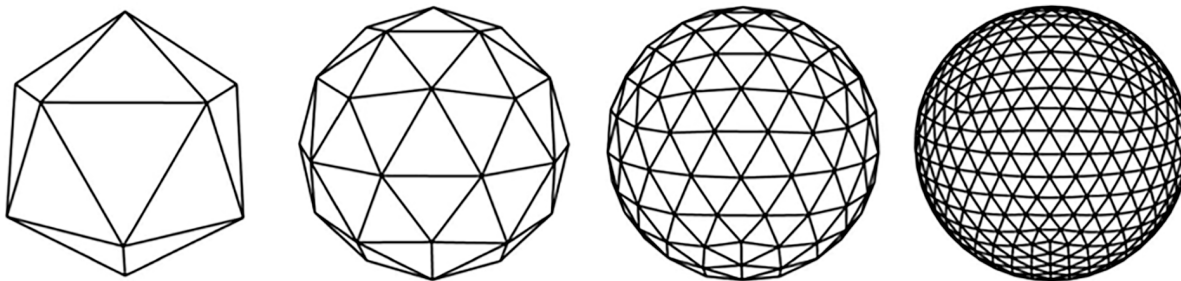
của R. Buckminster Fuller. Mỗi một tam giác cho ứng 01 điểm đối ngẫu và 01 đỉnh chẻ sáu sẽ ứng với một mặt gồm 06 cạnh.

Từ đó suy ra cách làm như sau:

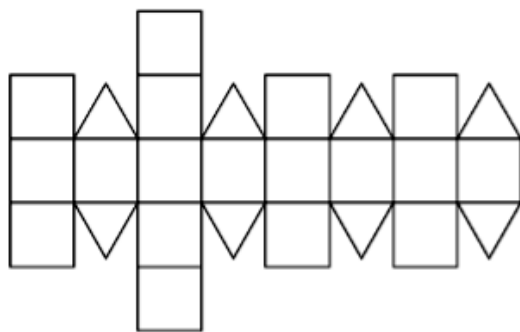
Sau khi chia tam giác cơ sở, người ta vẫn chiếu các đỉnh của tam giác con lên mặt cầu. Nhưng tại các điểm thu được, người ta dựng các mặt phẳng tiếp xúc với cầu. Các mặt phẳng tiếp xúc này đôi một cắt nhau theo các cạnh của lục giác.

Biểu diễn mặt cầu bằng các đa diện đều đặc biệt

Mặt cubocta là mặt suy ra từ hình lập phương bằng cách cắt cụt các đỉnh.



Tạo một lưới tam giác trên một bề mặt hình cầu bằng cách chia nhỏ một Icosahedron



Mặt rhombicubocta

Mặt cắt đi qua các trung điểm của các cạnh hình lập phương. Do vậy, mặt cubocta có 08 hình tam giác đều và 06 hình vuông. Hình chiếu thẳng góc của mặt cubocta gồm hình chiếu đứng và hình chiếu bằng giống nhau.

Trong hình cubocta, các góc nhị diện của các cạnh đều bằng nhau. R. Buckminster Fuller đã có sáng kiến biểu diễn mặt địa cầu lên mặt cubocta. Đường chéo của 04 hình vuông tạo thành xích đạo của bản đồ thế giới.

Mặt icosacut là mặt có được do cắt cắt các đỉnh của mặt nhị thập diện. Trên mặt icosacut chỉ gồm các lục giác và ngũ giác. Các đỉnh có góc khá bẹt nên mặt này rất gần với mặt cầu. Vỏ bóng đã được tạo nên theo mặt này. Nó gồm 12 mặt ngũ giác và 20 mặt lục giác. Các mặt này có độ lớn gần như nhau nên rất thuận cho việc khâu, ghép các mặt để tạo ra mặt hoàn chỉnh.

Ngoài các mặt kể trên còn có mặt snub dodeca là mặt do 80 mặt tam giác và 12 mặt ngũ giác với tổng là 150 cạnh tạo nên. Mặt này có diện tích rất gần mặt cầu 98,2% nhưng do gồm nhiều tam giác nhỏ bao quanh các ngũ giác nên việc ghép các mặt lại sẽ tốn sức hơn là mặt icosacut hay mặt rhombicubocta: là một đa diện đều dễ làm, hoàn toàn

nội tiếp trong một hình lập phương. Mặt này gồm 08 tam giác và 18 hình vuông. Có thể sử dụng mặt này để làm các chi tiết trang trí có dạng hình cầu không lớn như đèn lồng...

KẾT LUẬN

Mặt cong là mặt hình học được ứng dụng rất rộng rãi trong kiến trúc. Các loại mặt cong từ đơn giản đến phức tạp đã và đang được dùng làm cơ sở cho việc thiết kế các mái che và tạo hình khối trong nhiều công trình kiến trúc từ cổ điển đến hiện đại. Mặt cong với hình dáng đẹp mềm mại đặc trưng của nó khi được sử dụng một cách phù hợp đem lại nét đẹp thẩm mỹ cho công trình kiến trúc và tạo nên tính biểu tượng riêng cho công trình. Trong thực tiễn kiến trúc và xây dựng, việc lựa chọn loại mặt cong đưa vào trong thiết kế rất quan trọng, nó không những ảnh hưởng đến vẻ đẹp của công trình mà ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thi công và kinh phí xây dựng công trình. Mặt cong càng phức tạp thì càng khó thi công và chi phí xây dựng càng cao vì vậy việc đơn giản hóa mặt cong là vấn đề cần thiết.

Tuy nhiên, để có thể tiến hành đơn giản hóa mặt cong, người thiết kế cần có hiểu biết nhất định về loại mặt hình học này: cách cấu tạo mặt, các loại mặt tương đương và các phương pháp khai triển mặt./

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài “Đơn giản hóa mặt cong bằng máy tính điện tử trong kiến trúc” mã số đề tài: 08-2023/KHXD.

Nhóm tác giả nghiên cứu đề tài xin gửi lời cảm ơn tới Ban giám hiệu, phòng Khoa học Công nghệ, Ban chủ nhiệm khoa Kiến trúc và Quy hoạch trường Đại học Xây dựng Hà Nội, cùng các đồng nghiệp đã tạo điều kiện và đóng góp ý kiến để đề tài hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Richard Buckminster Fuller, E.J Applewhite. *Exploration in the Geometry of thinking* - 1975.
2. Harold Scott MacDonald Coxeter. *Introduction to Geometry* - 1961.
3. Benoit B. Mandelbrot. *The Fractal Geometry of Nature* - 1982
4. Michele Emmer. *The Idea of Space, from Topology to Virtual Architecture*, GA2010 – XIII Generative Art Conference – Politecnico di Milano University, Italy - 2010
5. Đoàn Như Kim. *Một số khái niệm về hình học trong Kiến trúc*. Nhà xuất bản Xây dựng - 2005.
6. Nguyễn Đình Điện, Đỗ Mạnh Môn. *Hình học họa hình (Tập một: Phương pháp hai hình chiếu thẳng góc – Phương pháp hình chiếu trục đo)*. Nhà xuất bản giáo dục - 2002.
7. *Giáo trình thiết kế kiến trúc nhà dân dụng*. Bộ Xây dựng - 2001.
8. *Phương pháp phân tích và đánh giá qua hình vẽ những tác phẩm kiến trúc nổi tiếng của các kiến trúc sư lớn*. Tủ sách Trường đại học Kiến trúc thành phố Hồ Chí Minh - 2002.
9. Đặng Thái Hoàng. *Tư duy và tổ hợp Kiến trúc*. Nhà xuất bản Xây dựng - 2020
10. Đặng Thái Hoàng. *Những công trình kiến trúc nổi tiếng thế giới*. Nhà xuất bản Văn hóa - 1983
11. *100 Công Trình Kiến Trúc Thế Giới Của Thế Kỷ XXI - Tầm Nhìn Mới Cho Ngành Xây Dựng Tại Việt Nam*. Bộ môn KTCN, trường ĐHXDHN. Nhà xuất bản Xây dựng - 2016.