

Đặc điểm hình học của mặt Hyperbolic paraboloid và khả năng ứng dụng trong kiến trúc

Phan Thị Hoàng Yên^{1*}

¹ Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHÓA

Nghiên cứu
Mặt cong
Hình học
Kiến trúc
Ứng dụng
Hyperbolic paraboloid

KEYWORDS

Research
Curved surface
Geometry
Architecture
Application
Hyperbolic paraboloid

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu về mặt hình học Hyperbolic Paraboloid và khả năng ứng dụng của nó trong kiến trúc. Mục đích nghiên cứu nhằm cung cấp khái niệm, cách tạo mặt và phân loại các dạng mặt cắt của mặt Hyperbolic Paraboloid, từ đó đề xuất những gợi ý ứng dụng mặt Hyperbolic Paraboloid trong kiến trúc. Kết quả nghiên cứu cho thấy mặt Hyperbolic Paraboloid là một mặt cong có tính ứng dụng cao trong kiến trúc. Ngoài hình thức là những đường cong mềm mại đem lại hiệu quả về mặt thẩm mỹ thì nó còn là một cấu trúc mạnh mẽ bởi mặt Hyperbolic Paraboloid có thể được xây dựng bởi những dầm thép thẳng, thuận lợi cho quá trình thi công với chi phí thấp hơn so với các loại mặt cong khác.

ABSTRACT

This paper presents the process of studying the Hyperbolic Paraboloid and its applicability in architecture. The purpose of this study is to provide the concept, way of creating surfaces, and classifying cross-sections of Hyperbolic Paraboloid, thereby proposing suggestions for the application of Hyperbolic Paraboloid in architecture. The research result shows that the Hyperbolic Paraboloid is a curved surface with high application in architecture. In addition to the form of softly curved surfaces for aesthetic effect, it is also a strong structure because the Hyperbolic Paraboloid can be built by straight steel beams, facilitating the construction process at a lower cost than other types of curved surfaces.

1. Mở đầu

Mặt Hyperbolic Paraboloid (HP) là một mặt cong có hình dạng giống như yên ngựa. Tuy là một mặt cong nhưng mặt HP có thể được tạo ra dễ dàng từ các đường thẳng nên nó được ứng dụng nhiều trong kiến trúc và xây dựng. Người đã phổ biến việc sử dụng mặt HP trong xây dựng với kết cấu bê tông cốt thép và vỏ bê tông mỏng là kiến trúc sư, kỹ sư và nhà xây dựng người Tây Ban Nha Felix Candela (1910-1997). Ông đã thiết kế và xây dựng nhiều kết cấu mái bê tông vỏ mỏng sáng tạo. Các mái vỏ mỏng cho phép độ dày bê tông tối thiểu đồng thời có cường độ và độ cứng cao. [1]



Hình 1. Mặt HP có hình dạng giống như yên ngựa
(Nguồn: <https://hr.bebee.com>).

Trong các thiết kế nổi tiếng của Felix Candela, phải kể đến công trình Công viên hải dương học L'OceanoGràfic (Tây Ban Nha). Công viên hải dương học L'OceanoGràfic là một trung tâm giải trí và giáo dục. Công trình là một phần của Thành phố Nghệ thuật và Khoa học được xây dựng ở Valencia, Tây Ban Nha.



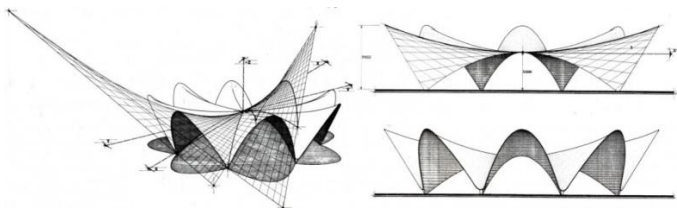
Hình 2. Công viên hải dương học L'OceanoGràfic
(Nguồn: <https://www.linkedin.com>).

*Liên hệ tác giả: yenpth@huce.edu.vn

Nhận ngày 20/05/2023, sửa xong ngày 12/07/2023, chấp nhận đăng 31/07/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2023.495>

Công viên có diện tích khoảng 80.000 m². L'OceanoGràfic được tạo thành từ một tập hợp các tòa nhà và khu vườn cảnh phân bố xung quanh một hồ nước lớn. Đặc điểm tiêu biểu của Công viên là hai cấu trúc mái ấn tượng được tạo ra từ các mặt HP: "JChypar" và "AChypar" do KTS Felix Candela thiết kế. Hình dạng của JChypar là một hệ vòm có rãnh được tạo thành từ bốn phần mặt HP cùng kích thước ghép vào nhau thành tám vòm còn AChypar thì được tạo thành từ 3 phần mặt HP. Mái JChypar có hình dạng tương tự như mái của nhà hàng Los Manantiales ở Mexico (KTS Felix Candela) xây dựng vào năm 1957. Phần chịu lực lớn nhất là các rãnh lõm xuống, được gia cố bằng cách sử dụng các dầm hình chữ "V". Phần mái hình parabol được vươn ra hết cỡ để tăng thêm diện tích bóng đổ, làm giảm nhiệt độ bên trong công trình. [2]

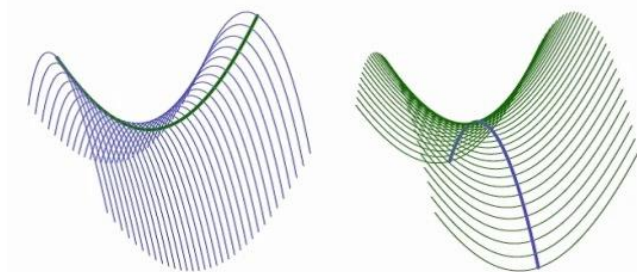


Hình 3. Mái JChypar được tạo thành từ bốn phần mặt HP cùng kích thước ghép vào nhau thành hệ vòm gồm tám vòm (Nguồn: <https://hr.bebee.com>).

Ngoài ra, mặt HP đã được ứng dụng trong rất nhiều công trình nổi tiếng như: Gian hàng Philips (Bi), Nhà ga Warszawa Ochota (Ba Lan), Nhà thờ St. Mary (Tokyo), Nhà thờ Saint Mary of the Assumption (San Francisco), Đấu trường Scotiabank Saddledome (Canada), Trạm xăng Markham Moor (Anh), Đấu trường Scandinavium (Thụy Điển), Trung tâm đạp xe Lee Valley VeloPark (Anh), Đấu trường Dorton (Carolina), Nhà nguyện Church Army (Anh), Nhà nguyện Palmira (Mexico)...

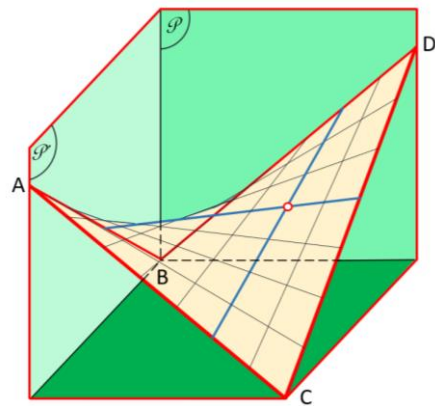
2. Khái niệm về mặt Hyperbolic Paraboloid

Mặt HP là một mặt cong hình học được tạo thành bằng cách tịnh tiến một parabol cong hướng xuống dọc theo một parabol cong hướng lên hoặc ngược lại, tạo ra một bề mặt giống như yên ngựa. [3] [4]



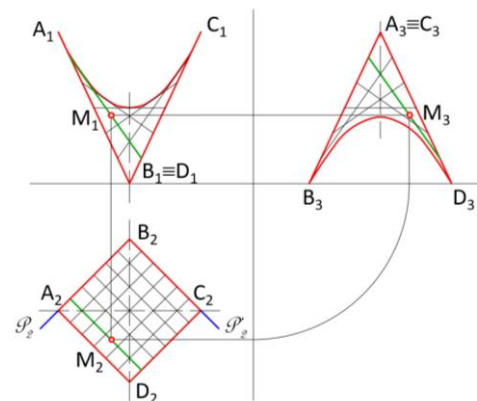
Hình 4. Mặt HP được tạo ra bằng cách tịnh tiến một parabol dọc theo một parabol khác có hướng ngược lại (Nguồn: <https://hr.bebee.com>).

Mặt HP là một mặt cong và cũng là một mặt kẻ được tạo ra bởi một đường sinh là đường thẳng chuyển động luôn cắt hai đường chuẩn là hai đường thẳng chéo nhau và song song với một mặt phẳng định hướng (mặt phẳng chuẩn). Hình 5 biểu diễn mặt HP với hai họ đường sinh: họ thứ nhất có các đường chuẩn là AB, CD và mặt phẳng định hướng \mathcal{P} ; họ thứ hai có các đường chuẩn là AC, BD và mặt phẳng định hướng \mathcal{P}' . Mặt HP hoàn toàn được xác định bởi 4 điểm phân biệt không cùng nằm trong một mặt phẳng. Nếu xem các cạnh AB và CD là đường chuẩn thì đường sinh luôn song song với mặt phẳng xác định bởi 2 cạnh kia là AC và BD (hai đường thẳng chéo nhau thì tồn tại một mặt phẳng chứa đường thẳng này và song song với đường thẳng kia). Nếu xem AC và BD là đường chuẩn thì đường sinh luôn song song với mặt phẳng xác định bởi AB và CD. [5] [6]



Hình 5. Mặt HP được tạo ra từ những đường sinh thẳng.

Hình 6 biểu diễn ba hình chiếu thẳng góc của một mặt HP che phủ một diện tích hình vuông xác định bởi 4 điểm A, B, C, D có các cặp đường chuẩn là AD, BC và AB, CD lần lượt tương ứng với các mặt phẳng định hướng là các mặt phẳng chiếu bằng \mathcal{P} , \mathcal{P}' . Đường bao của mặt HP trên các hình chiếu xác định bởi hình chiếu của các cặp đường chuẩn và đường cong đi qua các điểm ngoài cùng của lưới đường sinh. Để xác định hình chiếu của một điểm M thuộc mặt HP, ta gắn điểm M vào một đường sinh của mặt. [3] [6]



Hình 6. Biểu diễn mặt HP bằng ba hình chiếu thẳng góc.

3. Các tính chất của mặt Hyperbolic Paraboloid

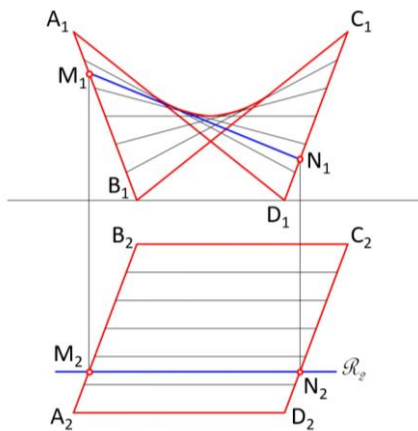
- Mặt HP có độ cong Gauss âm nên có độ ổn định cao hơn đối với các lực từ bên ngoài so với các cấu trúc thẳng. Mặt HP có hình dạng cong kép tạo ra sự cân bằng giữa lực căng và lực nén cho phép các cấu trúc HP có khả năng chống uốn rất tốt, cấu trúc mỏng nhưng mạnh mẽ. [1] [7]

- Mặt HP là một mặt kẻ kép - qua mỗi điểm của nó có hai đường thẳng thuộc mặt đi qua, nên chúng có thể được tạo ra với một mạng lưới các đường thẳng, do đó dễ xây dựng hơn các mặt cong không phải mặt kẻ - phải được xây dựng bằng các dầm cong. [3] [7]

4. Các dạng thiết diện của mặt Hyperbolic Paraboloid

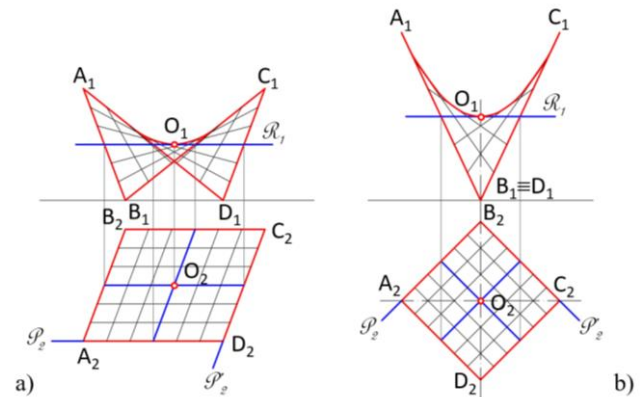
Để vẽ giao của một mặt phẳng với một mặt kẻ người ta thường tìm các giao điểm của các đường sinh thẳng của mặt kẻ với mặt phẳng đã cho. Vấn đề quy về cách vẽ giao điểm của một đường thẳng với một mặt phẳng [3]. Giao của mặt phẳng với mặt HP bao gồm các trường hợp như sau:

- Mặt phẳng song song với một mặt phẳng định hướng của mặt HP thì cắt mặt HP theo giao tuyến là một đường sinh. Hình 7 biểu diễn giao của mặt phẳng mặt \mathcal{R} với mặt HP cho như hình vẽ (các đường sinh là đường mặt tựa lên hai đường thẳng AB và CD chéo nhau, mặt phẳng định hướng là mặt phẳng hình chiếu đứng \mathcal{P}^1), giao tuyến là đường sinh MN.



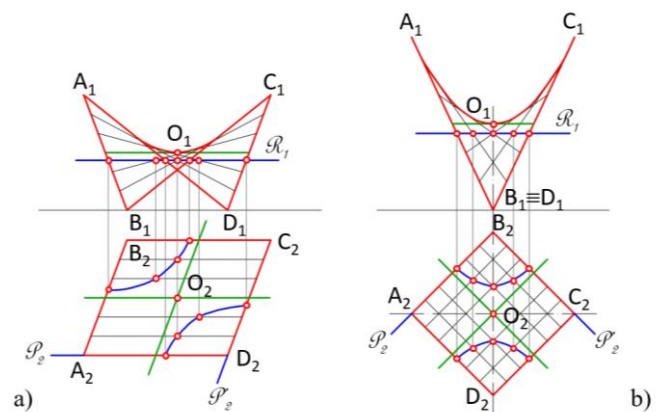
Hình 7. Mặt phẳng song song với một mặt phẳng định hướng của mặt HP thì cắt mặt HP theo giao tuyến là một đường sinh.

- Mặt phẳng tiếp xúc với mặt HP (chứa hai đường sinh của mặt HP) thì cắt mặt HP theo giao tuyến là hai đường sinh (Theo tính chất của mặt tiếp xúc: Mặt phẳng tiếp xúc với mặt kẻ tại một điểm chứa mọi đường sinh của mặt qua điểm đó). Hình 8a và Hình 8b biểu diễn hai trường hợp giao của mặt HP và mặt phẳng \mathcal{R} là mặt phẳng tiếp xúc với mặt HP tại điểm O, giao tuyến là hai đường sinh như trên hình vẽ.



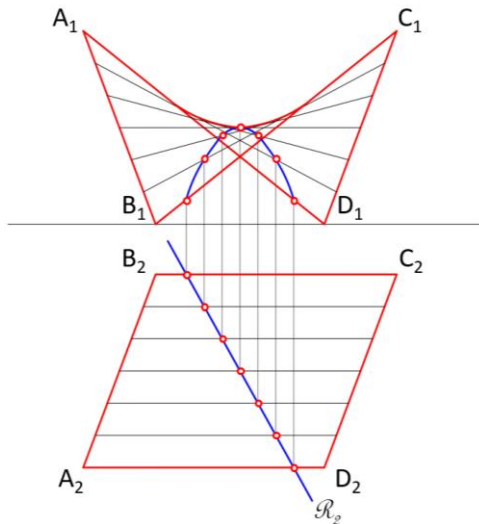
Hình 8. Mặt phẳng tiếp xúc với mặt HP thì cắt mặt HP theo giao tuyến là hai đường sinh.

- Mặt phẳng nằm ngang cắt mặt HP theo giao tuyến là hyperbol. Hình 9a và Hình 9b biểu diễn giao của mặt phẳng bằng \mathcal{R} với mặt HP trong hai trường hợp cho như hình vẽ, mặt phẳng \mathcal{R} song song với hai đường sinh của mặt HP và giao tuyến là hyperbol. Để có những giao điểm thuộc hyperbol này ta vẽ các giao điểm của các đường sinh thẳng của mặt HP với mặt phẳng \mathcal{R} . Hình chiếu đứng của giao trùng với \mathcal{R}_1 , hình chiếu bằng của giao cũng là hyperbol. Các đường tiệm cận của hyperbol trên hình chiếu bằng được xác định như trên hình vẽ.



Hình 9. Mặt phẳng nằm ngang cắt mặt HP theo giao tuyến là hyperbol.

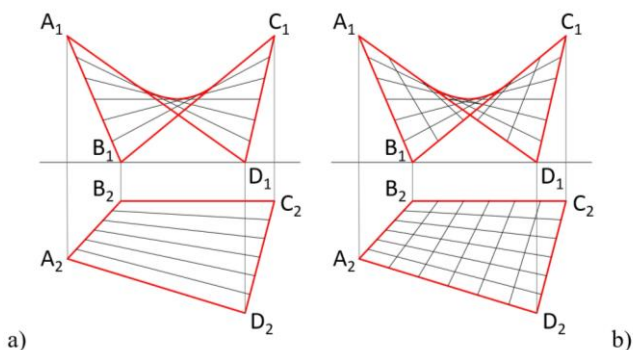
- Mặt phẳng thẳng đứng cắt mặt HP theo giao tuyến là parabol. Hình 10 biểu diễn giao của mặt phẳng chiếu bằng \mathcal{R} với mặt HP cho như hình vẽ (các đường sinh là đường mặt tựa lên hai đường thẳng AB và CD chéo nhau, mặt phẳng định hướng là mặt phẳng hình chiếu đứng \mathcal{P}^1), giao tuyến là parabol. Để có những điểm của parabol này ta vẽ các giao điểm của các đường sinh thẳng của mặt HP với mặt phẳng \mathcal{R} . Hình chiếu bằng của giao trùng với \mathcal{R}_2 , hình chiếu đứng của giao cũng là parabol.



Hình 10. Mặt phẳng thẳng đứng cắt mặt HP theo giao tuyến là parabol.

5. Ứng dụng mặt Hyperbolic Paraboloid trong thiết kế kiến trúc

Khi nói đến việc áp dụng mặt HP trong thiết kế kiến trúc, thường sẽ nghĩ ngay đến hình dạng mái năng động và đẹp mắt về mặt thẩm mỹ. Trong thực tế thường có những diện tích xây dựng không vuông vắn, chỉ là một tứ giác bất kì, việc dùng mái có dạng mặt HP là thuận lợi hơn so với các loại mặt cong khác.

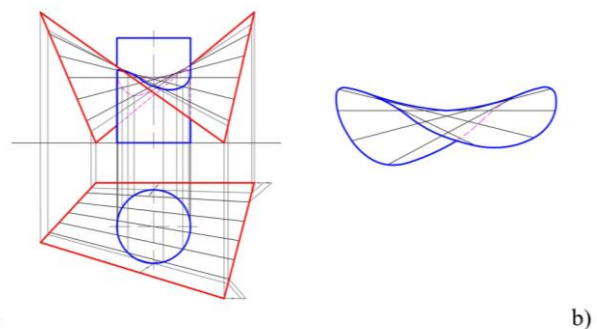


Hình 11. Một mặt HP che phủ một diện tích hình tứ giác.

Hình 11a biểu diễn một mặt HP che phủ một diện tích hình tứ giác: từ mặt bằng $A_2B_2C_2D_2$ tạo đa giác gheñh ABCD, chia cặp cạnh AB và CD thành số phần bằng nhau rồi nối các điểm tương ứng lại tạo thành mặt HP. Tiếp tục chia cặp cạnh AD và BC thành số phần bằng nhau rồi nối các điểm tương ứng lại ta có mặt HP với lưới đường sinh như Hình 11b.

Mặt HP cũng có thể dùng để che một diện tích có dạng không phải một tứ giác mà là một đường bao bất kỳ. Khi đó phải giải quyết bài toán tìm giao của mặt HP và mặt trụ/ lăng trụ thẳng đứng chứa đường bao cần che phủ. Khi tìm giao của mặt HP với mặt trụ/ lăng trụ thẳng đứng, hình chiếu bằng của giao trùng với hình chiếu bằng suy

biến của mặt trụ/ lăng trụ, suy ra hình chiếu đứng của giao bằng bài toán liên thuộc trong hình học. Do mặt HP là mặt kẻ nên việc tìm các giao điểm rất dễ dàng bằng cách gắn chúng vào các đường sinh. Hình 12 biểu diễn cách lấy một phần mặt HP che phủ cho một mặt bằng hình tròn: Lập mặt trụ tròn xoay thẳng đứng từ mặt bằng cần che phủ, thiết lập mặt HP với hình dáng mong muốn, vẽ giao của hai mặt. Hình chiếu bằng của giao suy biến thành đường tròn, suy ra hình chiếu đứng của giao như Hình 12a. Hình 12b biểu diễn phần mặt HP thu được che phủ mặt bằng hình tròn. Ngoài ra, có thể cắt và ghép các mảnh mặt HP để tạo thành các hình thức kiến trúc đa dạng hơn.



Hình 12. Một phần mặt HP che phủ một mặt bằng hình tròn.

6. Kết luận

Trong thiết kế kiến trúc và xây dựng, người thiết kế luôn ứng dụng các mặt hình học vào để hiện thực hóa các ý tưởng thiết kế của mình. Kiến trúc có thể nói là bắt đầu với hình học. Người kiến trúc sư sử dụng hình học vì nó xác định dạng không gian của một công trình, sử dụng hình học để thiết kế các hình thức kiến trúc và trang trí. Hình học với các phương pháp biểu diễn của nó còn giúp kiến trúc sư tạo nên các bản vẽ cho bộ hồ sơ thiết kế công trình của mình. Lịch sử kiến trúc trải qua nhiều giai đoạn với các phong cách kiến trúc khác nhau. Dù ở giai đoạn nào và với phong cách kiến trúc nào thì hình học và kiến trúc luôn có mối liên hệ mật thiết, người thiết kế luôn cần có vốn kiến thức hình học nhất định để có thể thể hiện được ý đồ thiết kế của mình.

Mặt HP là một mặt cong mềm mại và ấn tượng, không chỉ mang lại vẻ đẹp về mặt thẩm mỹ mà còn có hiệu quả cao về mặt kết cấu bởi có khả năng chịu lực tốt đồng thời lại dễ dàng xây dựng bằng các dầm thẳng. Việc đưa ra một số ý tưởng minh họa giúp người đọc tham khảo và thấy được khả năng ứng dụng đa dạng của mặt. Hiệu quả sử dụng các mặt hình học nói chung hay mặt HP nói riêng hoàn toàn phụ thuộc vào khả năng tư duy sáng tạo của người làm thiết kế.

Ngoài ra, việc tạo nguồn tài liệu tham khảo phong phú về các mặt hình học là hết sức cần thiết. Tại Việt Nam hiện nay, nguồn tài liệu về ứng dụng các mặt hình học trong thiết kế kiến trúc còn hạn chế, cần có thêm nhiều những nghiên cứu, bài giảng chuyên đề về chủ đề này để sinh viên kiến trúc hay những người làm thiết kế không bị giới hạn về mặt thể hiện ý tưởng trong quá trình thực hiện đồ án của mình.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Joshua A. Schultz, Viktoria Henriksson (2021): Structural assessment of St. Charles hyperbolic paraboloid roof. *Curved and Layered Structures*. <https://doi.org/10.1515/cls-2021-0015>
- [2]. A. Domingo, C. Lázaro, P. Serna (2004): Construction of Jchypar, a steel fiber reinforced concrete thin shell structure. 6th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC), Italy.
- [3]. Nguyễn Đình Điện, Đỗ Mạnh Môn (2008): Hình học họa hình Tập 1. NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [4]. Vũ Tiến Đạt (2021): Mô phỏng hình học kiến trúc và CAD. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [5]. Đoàn Như Kim (2005): Một số khái niệm về hình học trong kiến trúc. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Thị Minh Thùy, Nguyễn Xuân Hoan, Nguyễn Thị Chính, Phan Thị Hoàng Yến, Phạm Thị Thanh Vân, Nguyễn Thị Chung Hiếu, Nguyễn Văn Tuấn (2020): Bài giảng Hình học họa hình. NXB Dân trí, Hà Nội.
- [7]. Nguồn internet:
<https://bamboou.com>
<https://en.wikipedia.org>
<https://www.archdaily.com>
<https://elhype.com>
<https://www.designingbuildings.co.uk>
<https://kienviet.net>
<https://warszawskisocmodernizm.tumblr.com>
<https://www.cpci.ca>
<https://en.etudes.ru>
<https://hr.bebee.com>