

# PHƯƠNG HƯỚNG ỨNG DỤNG HÌNH HỌC FRACTAL TRONG SÁNG TÁC KIẾN TRÚC TRƯỜNG HỌC

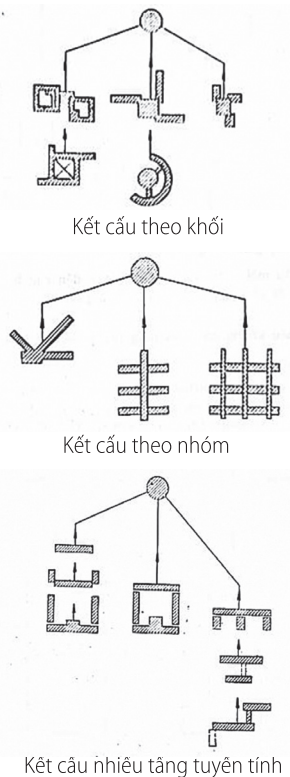
LÊ THỊ PHƯƠNG CHI, DOÃN MINH KHÔI | KHOA KIẾN TRÚC VÀ QUY HOẠCH, TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG HÀ NỘI

## Tóm tắt

Trong bối cảnh giáo dục nước nhà có nhiều thay đổi, thiết kế trường học cũng đòi hỏi có những sự cải tiến nhất định không chỉ về công năng mà cả hình thức để đáp ứng nhu cầu giáo dục kỷ nguyên cách mạng công nghệ số. Ở một khía cạnh khác, hình học là nền tảng tạo hình của kiến trúc. Fractal là dạng hình học mới nhất, được khai phá bởi nhà toán học thiên tài Mandelbrot vào thập niên 1970, đã, đang và tiếp tục là xu thế của hình học hiện đại trong thời đại 4.0. Giữa các tổ hợp hình học Fractal và các tổ hợp kiến trúc, trong đó có kiến trúc trường học có những mối liên hệ nhất định. Đó có thể được xem là cơ sở để các nhà thiết kế áp dụng các nguyên lý hình học mới nhất này cho công trình của mình, để đem lại màu sắc mới mẻ, hiện đại trong kiến trúc, theo kịp xu thế chung của thế giới.

## Abstract

In the context of national education with many changes, school design also requires improvements not only in function but also in form to meet the educational needs of the digital revolution era. In another aspect, geometry is the shaping foundation of architecture. Fractal is the latest geometry, discovered by genius mathematician Mandelbrot in 1970s, has been and continues to be the trend of modern geometry in the 4.0 era. There are certain relationships between fractal geometric combination and architectural combination, including school design. That can be seen as the basis for designers to apply these latest geometric principles to their works, to bring new and modern image in architecture, keeping up with the general trend of the world.



## GIỚI THIỆU

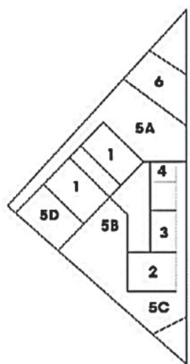
Trường học là một trong những loại hình kiến trúc công cộng phổ biến và căn bản nhất tại mỗi quốc gia. Khái niệm trường học có thể bao gồm từ cấp mầm non đến hết trung học. Thời gian qua, cùng với sự phát triển của nền kinh tế, đầu tư phát triển giáo dục là một trong những mục tiêu trọng tâm, là quốc sách hàng đầu của Việt Nam, thể hiện thông qua đề án “Đổi mới căn bản và toàn diện giáo dục và đào tạo” năm 2013. Trong đó có khung giải pháp về điều kiện thực hiện - giải pháp tăng cường cơ sở vật chất kỹ thuật giáo dục, cụ thể là trường học. “Cơ sở vật chất kỹ thuật trường học bao gồm tất cả những yếu tố liên quan đến những điều kiện vật chất để đảm bảo cho hoạt động dạy và học theo nghĩa rộng trong không gian và thời gian. Trong đó, bao trùm lên tất cả là vỏ kiến trúc - không gian học đường, thực hiện sứ mệnh căn bản của cơ sở vật chất trường học tác động đến chất lượng giáo dục như một điều kiện đảm bảo cho hoạt động dạy và học.” Giáo dục gắn liền với khoa học. Chính vì thế, kiến trúc trường học gắn liền và phản ánh sự phát triển của công nghệ giáo dục cũng như khoa học kỹ thuật.

Ở một khía cạnh khác, hình học Fractal là một loại hình học mới nhất của nhân loại, gắn liền với sự phát triển của khoa học máy tính, được nhà toán học Mandelbrot phát hiện vào cuối thập niên 1970. Từ đó đến nay, hình học Fractal đã có ảnh hưởng sâu rộng đến nhiều lĩnh vực, trong đó có kiến trúc. Ở Việt Nam, kiến trúc trường học trong nhiều năm bị đánh giá là “đơn giản” và “trùng lặp”. Việc ứng dụng hình học Fractal vào thiết kế kiến trúc trường học có thể xem là một hướng đi hợp thời, mang đến màu sắc công nghệ mới mẻ cho kiến trúc nói chung, kiến trúc trường học nói riêng.

## SƠ LƯỢC VỀ KIẾN TRÚC TRƯỜNG HỌC

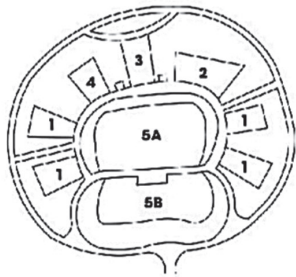
“Trường học” hiểu theo nghĩa chung là nơi giáo dục, đào tạo tập trung cho trẻ em thuộc nhiều lứa tuổi. Hoạt động chính của trẻ em ở trường học là học tập kiến thức kết hợp vui chơi, giao lưu. Nội dung chính của kiến trúc trường học là công trình một hoặc nhiều tầng, tổ hợp của các lớp học kết hợp với không gian sân chơi, giao thông. Tuy vậy, cùng với sự phát triển của xã hội, khái niệm học và đào tạo ở trường học cũng thay đổi theo hướng mở rộng hơn. Trường học không còn chỉ là nơi học tập kiến thức khoa học thuần túy mà còn có thể giống như một xã

(1) Một số hình thức bố cục tổng mặt bằng trường học phổ biến trên thế giới



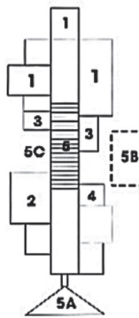
-Đổi hình tam giác  
-Giả phép hợp khối  
-Tiết kiệm đất dành cho

Khu vực Đồng Bằng,  
đất chật hẹp, phi hình học



-Đổi hình tam tròn, mềm mại  
-Giả phép phân tán  
-Đất đai rộng rãi, dành cho

Khu vực vùng trung cu miền  
núi, có thể trên vùng đồi



-Đổi hẹp phát triển theo chiều  
sâu  
-Hợp khối liên hoàn

Khu vực vùng biển ngập  
nước

Khối học tập (1), Khối hành chính (2), Khối phục vụ học tập (3), Khối phục vụ sinh hoạt (4), Khu vực sân vườn (5), Khu vực giao thông, bãi đỗ xe, và Khu vực bảo vệ (cổng hàng rào) (6)  
(2) Sơ đồ tổ chức tổng mặt bằng theo vùng miền ở Việt Nam



Phối cảnh nhà lớp học, quy mô 6 lớp, trường THCS vùng ĐB sông Cửu Long



Phối cảnh nhà lớp học, quy mô 5 lớp, trường tiểu học vùng ĐB sông Cửu Long

(3) Hình ảnh phối cảnh một số thiết kế mẫu trường học tại Việt Nam

hội thu nhỏ - nơi trẻ em gặp gỡ, giao lưu với thầy cô, bạn bè, vui chơi, hoạt động thể thao, văn hóa nghệ thuật kết hợp với sinh hoạt căn bản như ăn ngủ dưới sự quản lý hành chính của nhà trường. Điều này đặt ra những vấn đề mới trong tổ hợp kiến trúc trường học theo hướng linh hoạt, đa năng hơn.

Ở Việt Nam, không gian kiến trúc trường học phổ thông hiện nay, về nguyên tắc được xây dựng dựa theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8793:2011 đối với trường tiểu học và TCVN 8794:2011 đối với trường trung học, bao gồm 6 khối chức năng cơ bản và chia ra: không gian trong nhà và không gian ngoài trời. Không gian trong nhà bao gồm: không gian học tập, khối phục vụ học tập, khối phòng hành chính quản trị, khối phục vụ sinh hoạt và các không gian mở cho học sinh hoạt động cộng đồng. Khu vực ngoài trời bao gồm: khu vực bao quanh khối học tập, khu sân chơi, bãi tập thể dục, vườn thực vật, khu vệ sinh và bãi để xe.

Nhìn chung, các khối nhà trong trường học thường có kết cấu mặt bằng dạng hành lang. Việc tổ chức sơ đồ tổng mặt bằng đảm bảo việc kết nối các khối nhà trong trường học có thể có nhiều cách, tùy theo đặc điểm văn hóa, quy mô, địa lý và phương pháp quản lý giáo dục sử tại (Hình 1).

Ở Việt Nam, việc tổ chức sơ đồ tổng mặt bằng có thể cân nhắc theo địa hình của từng vùng miền (Hình 2).

Về hình thức, khối nhà trong trường học có thể có từ 1-5 tầng, tùy thuộc nhu cầu quy mô từng nơi (Hình 3). Do kích thước của phòng học được thiết kế theo tiêu chuẩn do đó mỗi khối nhà thường có hệ thống cột chịu lực phân chia đều đặn phân vị đứng của công trình. Hình thức kiến trúc trường học Việt Nam hiện nay được đánh giá “khá đơn giản và trùng lặp”.

### KHÁI QUÁT VỀ HÌNH HỌC FRACTAL, CÁCH TẠO HÌNH VÀ ĐẶC ĐIỂM TƯƠNG ĐỒNG VỚI TỔ HỢP KIẾN TRÚC

#### Khái niệm và tính chất tổ hợp Fractal

Nguyên lý hình học Fractal được nhà toán học Mandelbrot phát hiện ra trong quá trình nghiên cứu, tạo ảnh trên máy tính. Trong toán học, Fractal là khái niệm trừu tượng dùng để mô tả các sự vật hình thành một cách tự nhiên, có hình dạng gấp khúc trên mọi tỷ lệ phóng đại, và tổ hợp từ nhiều phần nhỏ. Trong đó, mỗi phần nhỏ hơn lại tương tự hoặc giống như tổng thể hoặc phân đoạn lớn hơn chứa nó. Như vậy mỗi tổ hợp hình học Fractal có thể có vô số các chi tiết, các chi tiết này có thể có cấu trúc tự đồng dạng ở các tỷ lệ phóng đại khác nhau. Nhiều trường hợp, có thể tạo ra tổ hợp Fractal bằng việc lặp lại một mẫu hay quy luật toán học nào đó (Hình 4).

Sự khác biệt nổi bật của hình học Fractal so với các loại hình học khác đó là hình học Fractal không phải là một hình thể đơn lẻ mà bắt buộc là một tổ hợp cấu trúc - một cấu trúc bất thường

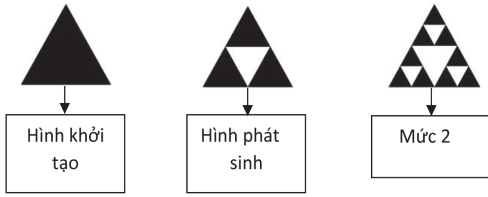


a. Ví dụ Fractal tự nhiên - cành cây nhiều nhánh

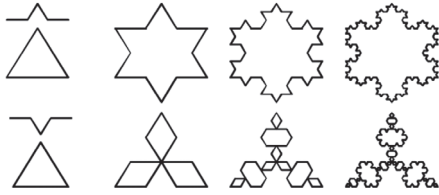


b. Sơ đồ của Ed Mortimer về quá trình phân nhánh phát triển của cây cối bằng quá trình tự đồng dạng trong tự nhiên

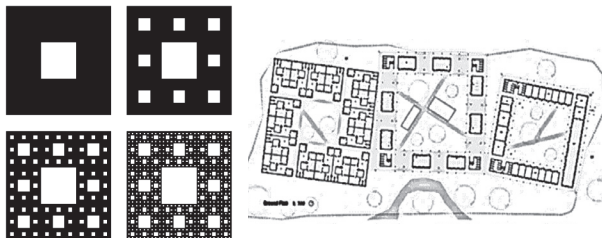
(4) Ví dụ về tổ hợp hình học fractal tự nhiên và quy luật tự đồng dạng



(5) Ví dụ về hình khởi tạo, hình phát sinh, mức trong tam giác Sierpinski



(6) Các biến thể từ tổ hợp "hoa tuyết Koch" khi thay đổi vị trí và phương hướng của yếu tố phát sinh



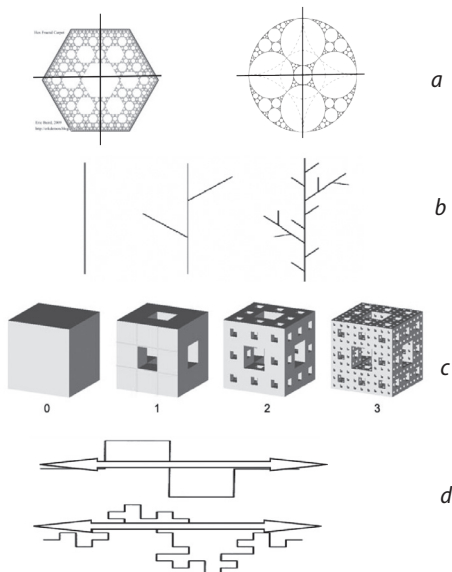
Quá trình phát triển

Quá trình phát triển

tổ hợp hình học Sierpinski

tổ hợp kiến trúc trường học

(7) Ví dụ về quá trình phát triển tổ hợp trong hình học Fractal và tổ hợp kiến trúc



a. Tổ hợp dạng diện    b. Tổ hợp dạng tuyến    c. Tổ hợp dạng khối  
 Bố cục hướng tâm    Bố cục dạng tia    Bố cục dạng lưới  
 Tính đối xứng    Tính trục    Phân cấp và tính nhịp điệu  
 d. Datum - Liên kết bằng Đường bao và trục trong tổ hợp Fractal.

(8) Ví dụ minh họa phân tích một số tổ hợp hình học Fractal dưới góc độ nguyên tắc thẩm mỹ tạo hình tổ hợp kiến trúc

không thể mô tả được bằng hình học Euclid và kích thước của chúng có thể là vô tận. Để nhận dạng một Fractal, các học giả, các nhà nghiên cứu đều có chung quan điểm:

- Mỗi tổ hợp Fractal là một hình thể có hình dạng bất thường, nhấp nhô hoặc gãy khúc, khó có thể mô tả bằng hình học Euclid.
- Có tính tự đồng dạng trên nhiều tỷ lệ - Self-similarity.
- Là hình thể siêu kích thước với số chiều lẻ.

Trong đó tính tự đồng dạng trên nhiều tỷ lệ là thuộc tính tiêu biểu, được ứng dụng nhiều nhất trong tạo hình và thiết kế. Ví dụ đơn giản của một phân dạng Fractal có trong tự nhiên là cành cây nhiều nhánh và mỗi nhánh lại có nhiều cành khác nhỏ hơn với hình dạng tương tự (Hình 4b).

Cách tạo hình

Có nhiều cách thức để tạo hình Fractal trong đồ họa. Về cơ bản, chúng đều phải áp dụng tính chất tự đồng dạng theo kiểu đệ quy: lặp đi lặp lại một quá trình với mức độ nhỏ dần đều. Trong đó, phương pháp tư duy đơn giản nhất đó là tư duy Hình khởi tạo - Hình phát sinh

Initiator - Hình khởi tạo: là đối tượng ban đầu để tạo hình Fractal - có thể là một đoạn thẳng, một đa giác hay một đường cong (hình tròn, ellip hay bezier). Trong tự nhiên, một Initiator có thể là một đối tượng bất kỳ.

- Generator - Hình phát sinh là một tập hợp được sắp hết từ những hình đồng dạng của yếu tố khởi tạo (đoạn thẳng, đa giác...) được sử dụng để thay thế Initiator nhằm tạo nên hình Fractal mong muốn.

- Level - Mức: Khi Initiator được thay thế bởi Generator, ta có "hình Fractal

mức 1". "Hình Fractal mức 1" này trở thành tập hợp Initiator với tỷ lệ nhỏ hơn và lại được thay thế bởi các Generator, ta được "hình Fractal mức 2". Quá trình sinh hình Fractal lại được tiếp tục... Như vậy, có thể hiểu Mức (hay Level) của hình Fractal là số lần lặp lại việc thay thế Initiator bởi các Generator (Hình 5).

Hình học Fractal được gọi là hình học của tự nhiên do khả năng biến thể linh hoạt, gần giống các cấu trúc phức tạp trong thiên nhiên mà hình học truyền thống Euclid không phản ánh được. Chỉ cần ta thay đổi một trong các yếu tố tạo hình hoặc chuyển từ biến đổi chính xác sang tương đối thì vô số biến thể từ tổ hợp gốc có thể được tạo ra (Hình 6).

Đặc điểm tương đồng giữa hình học Fractal và tổ hợp kiến trúc

Các tổ hợp hình học Fractal vô cùng đa dạng, có thể được tạo nên từ các yếu tố hình học căn bản: điểm, tuyến, diện, khối. Quá trình phát triển một tổ hợp Fractal đi từ hình khởi tạo đơn giản ban đầu đến các tổ hợp ngày càng chi tiết qua từng mức đồng dạng - tương đồng với quá trình sáng tác tổ hợp kiến trúc.

Khi thiết kế công trình, các KTS thường bắt đầu từ những nét sơ khai bố cục tổ hợp tổng mặt bằng. Sau đó, bằng các kinh nghiệm và kiến thức về thẩm mỹ tổ hợp, công năng và diện tích, công trình sẽ được chi tiết hóa dần từ lớn đến nhỏ (Hình 7).

Các tổ hợp hình học Fractal đáp ứng đầy đủ các nguyên tắc thẩm mỹ trong tạo hình tổ hợp của lý thuyết kiến trúc về bố cục, nguyên lý liên kết và tổ chức trật tự (Hình 8).

Trên góc độ kiến trúc trường học nói riêng, tổ hợp hình học Fractal và tổ hợp kiến trúc trường học tương đồng ở tính lặp và nhịp điệu. Kiến trúc trường học trên thế giới vốn phong phú, đa dạng

do phụ thuộc vào quan điểm giáo dục, mô hình đào tạo, quy mô và các yếu tố địa phương. Tuy vậy, đặc điểm chung của tất cả các loại hình trường học đó là sự lặp lại của các module lớp học và hệ lưới chịu lực giống nhau trên các tầng. Chính sự lặp lại của các module lớp học đã tạo ra tính nhịp điệu cho kiến trúc trường học nói chung. Trong hình học Fractal, như đã giới thiệu ở phần khái niệm, tính lặp là một thuộc tính quan trọng, tiêu biểu - có điều khác biệt, đó là sự lặp lại trên nhiều tỷ lệ, còn gọi là tính chất tự đồng dạng (Hình 9). Bên cạnh đó, các tổ hợp hình học Fractal có khả năng tạo ra các không gian đặc rộng, to nhỏ xen kẽ nhau, khả năng đồng với tổ chức xen kẽ giữa không gian trong nhà, ngoài nhà, không gian kiến trúc, không gian cảnh quan, vui chơi trong kiến trúc trường học (Hình 7).

Ngoài điểm tương đồng, hình học Fractal và tổ hợp kiến trúc nói chung cũng có sự khác biệt về kích thước, tỷ xích phù hợp con người và đặc biệt là yếu tố công năng, giá trị sử dụng kiến trúc. Ví dụ về mặt quy mô, kích thước và số lượng chi tiết của 1 tổ hợp Fractal có thể vô tận còn các công trình kiến trúc thì không.

Diện tích xây dựng, số lượng các chi tiết trên trong một tổ hợp kiến trúc luôn phải được kiểm soát bởi người thiết kế và người xây dựng. Vì thế khi ứng dụng một tổ hợp hình học Fractal nào vào công trình, dù là áp dụng nguyên bản thì nhà thiết kế cũng phải cân nhắc độ lớn hình học, mức lặp để đem lại thẩm mỹ và tính khả thi trong xây dựng. Ngoài ra, cũng không phải tổ hợp nào cũng có thể ứng dụng vào kiến trúc. Việc lựa chọn tạo hình tổ hợp và biến thể đòi hỏi người thiết kế phải nắm chắc mối quan hệ giữa công năng và hình thể của công trình mà mình thiết kế để vận dụng.

### ĐỀ XUẤT MỘT SỐ PHƯƠNG HƯỚNG ỨNG DỤNG HÌNH HỌC FRACTAL TRONG SÁNG TÁC KIẾN TRÚC TRƯỜNG HỌC

Sự phát triển về kinh tế và công nghệ giáo dục khiến các trường học tại Việt Nam và thế giới ngày càng hiện đại và đa năng hơn. Mỗi một trường học ngoài không gian chức năng căn bản là lớp học còn có nhiều tiện ích khác như ăn, nghỉ bán trú, hoạt động thể thao, nghệ thuật, biểu diễn, sinh hoạt trong

nhà, ngoài trời. Kiến trúc trường học cũng theo hướng vị nhân sinh, tạo nên tính linh hoạt, sinh động, khơi gợi trí sáng tạo, phát triển của thế hệ trẻ. Đây có thể xem là điều kiện hết sức phù hợp để ứng dụng tạo hình Fractal trong sáng tác kiến trúc trường học vì tự thân các tổ hợp có tính Fractal đã hàm chứa tính công nghệ, tính năng động, phát triển và biến hóa.

Tuy vậy, hình thức, diện tích các không gian học tập, sinh hoạt cũng như dây chuyền công năng trong trường học phải tuân theo những tiêu chuẩn, nguyên tắc nhất định. Chính vì vậy, việc áp dụng hình học Fractal vào sáng tác kiến trúc trường học cũng có những giới hạn nhất định. Các tác giả đề xuất một số hướng ứng dụng hình học Fractal trong sáng tác kiến trúc trường học có tính khả thi như sau:

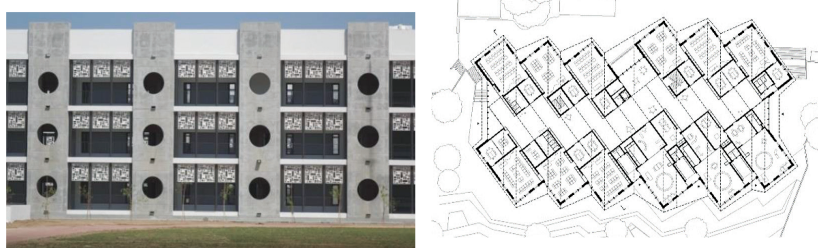
#### *Phương hướng ứng dụng hình học Fractal để sáng tác mặt đứng trường học*

Đây là một hướng ứng dụng có tính thực tiễn cao. Hình học Fractal với tính chất đồng dạng trên nhiều tỷ lệ tạo ra nhịp điệu và nhiều loại tổ hợp phong phú, có khả năng biến hóa rất thích hợp trong việc phân chia các bình diện.

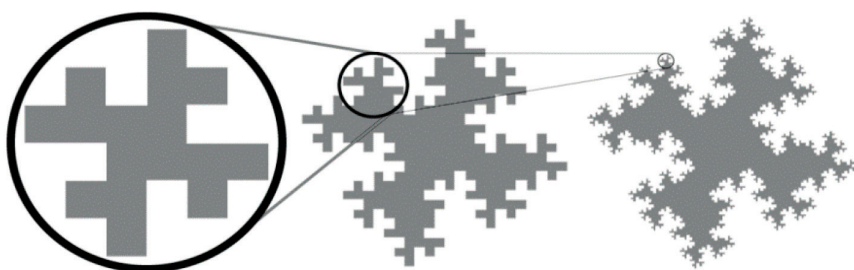
Trong kiến trúc trường học nhiều tầng, các phân vị đứng, ngang được phân chia một cách đều đặn trên mặt tiền. Chính sự lặp lại giống hệt, hoàn toàn khiến kiến trúc trường học, nhất là tại Việt Nam bị đánh giá là "đơn giản". Hình học Fractal cho phép tạo ra những biến đổi phá cách nhưng vẫn mang những quy luật nhất định. Hình 10 b, c, d là một số những biến đổi của phân vị đứng trên mặt tiền một công trình trường học dựa theo thông số Fibonacci (1,1,2,3,5,8...) đặc trưng cho nhịp điệu Fractal, thay cho phân vị đều đặn ở hình 10a.

Ngoài việc thay đổi theo nhịp điệu Fractal, các tổ hợp hình học Fractal và biến thể của chúng có thể dễ dàng được ứng dụng để tạo ra các mảng tường chắn nắng/gió cho kiến trúc trường học tại các hướng Tây và hướng Bắc (Hình 11), đem lại tạo hình hiện đại, mang tính công nghệ.

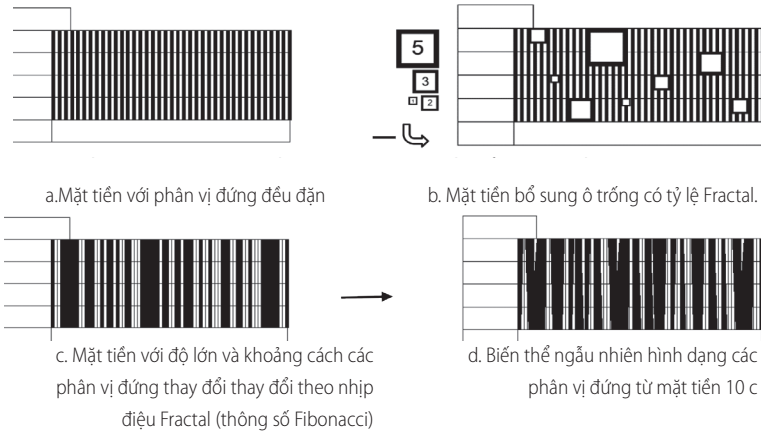
a. Tính lặp và nhịp điệu trong kiến trúc trường học trên mặt đứng và mặt bằng



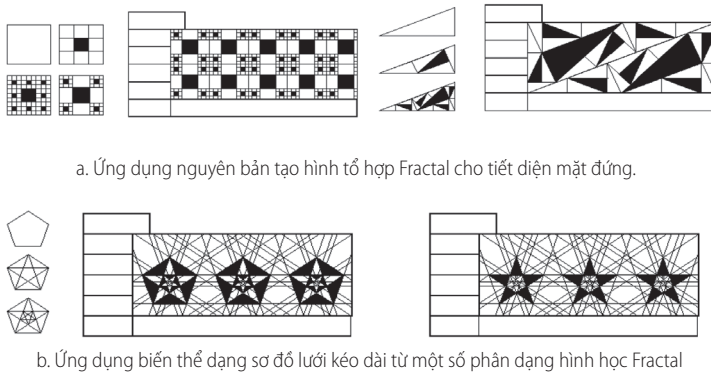
b. Tính lặp - tự đồng dạng và nhịp điệu trong tổ hợp hình học Fractal



(9) Ví dụ về sự giống và khác nhau về tính lặp và đồng dạng trong kiến trúc trường học và tổ hợp hình học Fractal



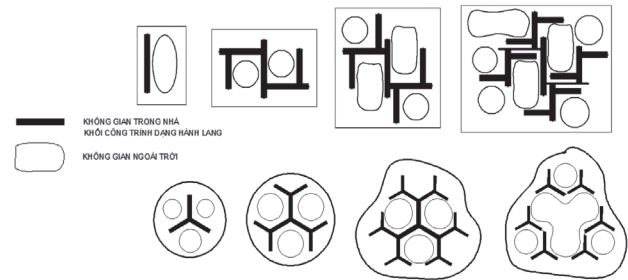
(10) Ví dụ về ứng dụng nhịp điệu Fractal và biến thể cho phân vị đứng mặt tiến công trình



(11) Ví dụ ứng dụng hình học Fractal để tạo hình diện mặt đứng trường học

Ví dụ tổ hợp	Tổ hợp Fractal	Tổ hợp mặt bằng trường học
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bố cục đối xứng-hướng tâm</li> <li>Hình thể lục giác đều</li> </ul>		Lanka Learning Center / feat.collective (Nguồn : [14]) 
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bố cục dạng lưới</li> <li>Hình thể vuông</li> </ul>		Children Village / (Nguồn : [14]) 

(12) Sự tương đồng về tạo hình giữa mặt bằng kiến trúc trường học và tổ hợp Fractal.



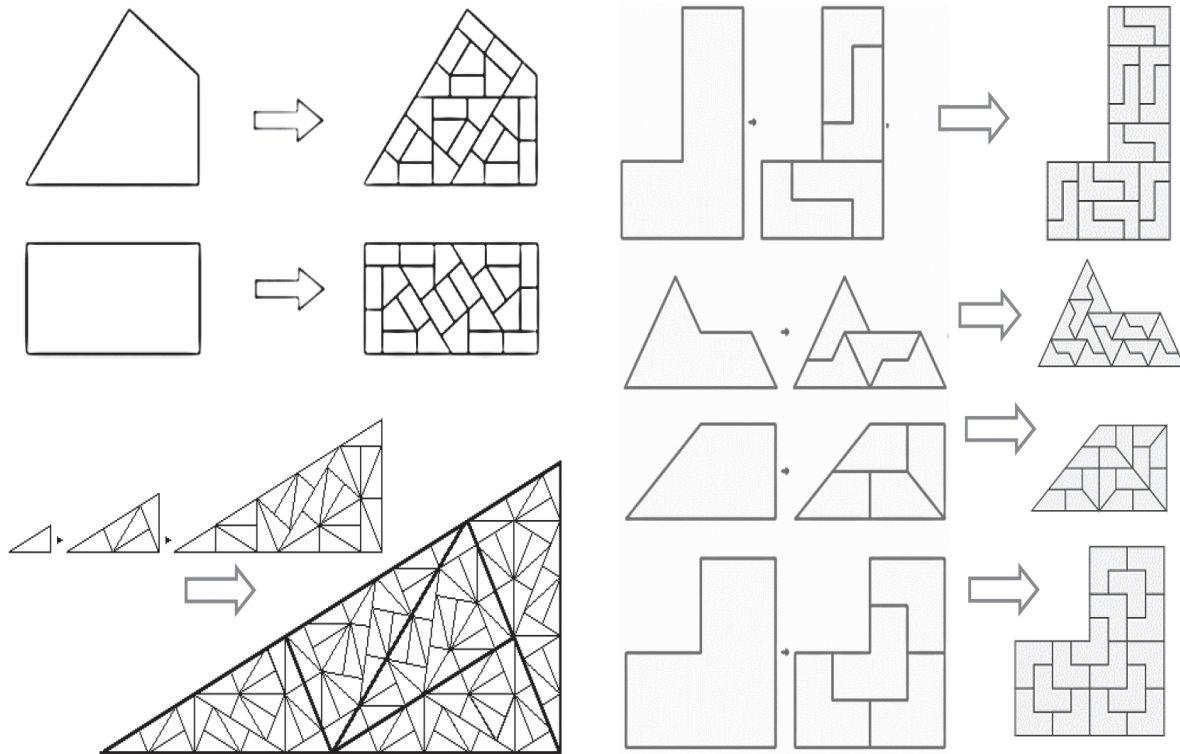
(13) Ví dụ minh họa ứng dụng một số dạng tổ hợp phân nhánh dạng tia (2 nhánh và 2 nhánh) theo góc 90° và 120° cho tổ hợp tổng mặt bằng trường học trên nhiều quy mô và hình dạng

*Phương hướng dụng hình học Fractal để sáng tác tổ hợp không gian kiến trúc trường học - Mặt bằng và Tổng mặt bằng*

Như đã phân tích ở trên, tạo hình tổ hợp hình học Fractal có nhiều điểm tương đồng với tạo hình kiến trúc. Các tạo hình dạng dạng lưới với bố cục hướng tâm, đối xứng phát triển từ trong ra ngoài rất phù hợp để nghiên cứu tạo hình các công trình trường học dạng nhóm hay block với không gian bên ngoài là các sân trong chính giữa (Hình 12).

Điểm nổi bật của các tổ hợp hình học Fractal là cho phép tạo ra các không gian to nhỏ, đặc rộng, có tính cấp bậc xen kẽ nhau. Mỗi một mức lặp lại tạo ra các tổ hợp phân bố trên diện tích lớn hoặc nhỏ hơn. Các tổ hợp Fractal phát triển dạng nhánh rất thích hợp để nghiên cứu bố cục, tổ chức tổng mặt bằng trên nhiều quy mô của các công trình trường học với kiến trúc công trình dạng hành lang - tuyến (Hình 13).

Các thiết kế truyền thống hay được tìm ý trên các sơ đồ lưới dạng kẻ ô vuông. Tuy vậy, các công trình kiến trúc nói riêng, kiến trúc trường học nói chung trong thực tế được xây dựng trên các khu đất có quy mô, diện tích khác nhau và hình dạng đôi khi phức tạp, nhất là các công trình nằm trong đô thị (Hình 2). Lưới ô vuông đều đặn trong các hoàn cảnh đó có thể khiến KTS gặp khó khăn trong việc tìm ý, tổ chức tổng mặt bằng. Các tổ hợp Fractal dạng “gạch chong chóng” với khả năng phân chia, lấp đầy nhiều tiết diện có hình dạng phức tạp, có thể là những phương án sơ đồ lưới hữu ích, đa dạng cho nhà thiết kế. Hình 14 là một số ví dụ phân chia theo quy luật Fractal từ những tiết diện hình phát sinh phức tạp. Đó là những gợi ý rất tốt cho các nhà KTS tiến hành khoanh vùng, tổ chức tổng mặt bằng và quy hoạch cảnh quan trên khu đất xây dựng.



(14) Ví dụ một số cách phân chia - tạo sơ đồ lưới theo quy luật Fractal cho những tiết diện hình khối tạo phức tạp

## KẾT LUẬN

Kiến trúc trường học là một loại hình kiến trúc công cộng vô cùng quan trọng và phổ biến trong xã hội. Trong bối cảnh nền giáo dục Việt Nam đang phát triển theo hướng tiếp cận với khoa học công nghệ trên thế giới, kiến trúc trường học cũng cần tiếp cận với những tư duy tạo hình hiện đại. Hình học Fractal là dạng hình học mới nhất, ra đời trong bối cảnh cách mạng công nghệ 4.0 với nguyên lý tạo hình tổ hợp và biến thể rất phong phú và đa dạng, đã và đang được nhiều kiến trúc sư trên thế giới áp dụng. Bài báo đã đề xuất một số phương hướng khả thi ứng dụng vào sáng tác kiến trúc trường học với hi vọng có thể giúp tạo ra tổ hợp kiến trúc hiện đại, tươi mới, đưa kiến trúc trường học nói riêng, kiến trúc Việt Nam nói chung hòa nhập xu thế phát triển kiến trúc và công nghệ trên thế giới.

Tuy có nhiều điểm tương đồng, các tổ hợp Fractal tự thân nó vẫn thuần túy là các cấu trúc hình học, chưa thể đáp ứng yêu cầu đầy đủ của một tổ hợp kiến trúc nên trong quá trình vận dụng, các nhà thiết kế vẫn cần lưu ý vận dụng các kỹ năng, kiến thức về công năng, thẩm mỹ và phát triển tổ hợp để lựa chọn và ứng dụng tạo hình Fractal vào sáng tác của mình sao cho phù hợp./.

### Tài liệu tham khảo

1. Trần Thanh Bình, (2020), *Đổi mới giáo dục và không gian kiến trúc trường học*, tạp chí kiến trúc số 05-2020
2. Viện Kiến trúc Quốc gia, (2017), *Nghiên cứu thiết kế hệ thống công trình các bậc học giáo dục phổ thông và trường mầm non phù hợp với các quy định của pháp luật và nhu cầu phát triển xã hội*, Báo cáo tổng hợp để tài bộ xây dựng 2017.
3. Doãn Minh Khôi, Doãn Thanh Bình, (2020), *Đổi mới thiết kế kiến trúc trường học đáp ứng đổi mới giáo dục phổ thông*, Tạp chí Kiến trúc số 03-2020
4. Nguyễn Việt Châu, Nguyễn Hồng Thực, (1999), *Kiến trúc công trình công cộng (tập 1)*, Nhà xuất bản Xây dựng.
5. Alik Belma, Ayyildiz Sonay, (2016), *Fractals and Fractal Design in Architecture*, Recent, vol 17(3), pp. 282-291
6. Benoit B. Mandelbrot (1983), *Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Company, New York.
7. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/fractal-patterns-nature-and-art-are-aesthetically-pleasing-and-stress-reducing-180962738/>
8. <https://edmortimer.wordpress.com/2011/07/24/nature-s-geometry/>
9. Nguyễn Huyền Trang (2015), *Báo cáo: Nghiên cứu về đường và mặt trong hình học fractal - Ứng dụng cài đặt chương trình tạo ảnh trên máy tính*, Đại học Thái Nguyên.
10. <https://courses.lumenlearning.com/wmopen-mathforliberalarts/chapter/introduction-fractal-basics/>
11. Magdy M. Ibrahim and Robert J. Krawczyk, (2004), *Generating Fractals Based on Spatial Organization*, Illinois Institute of Technology, College of Architecture, Chicago, IL USA
12. <https://www.archstorming.com/info-asp.html>
13. <http://fractal.foundation.org/>
14. María Francisca González , 2020, *School Architecture: Examples in Plan and Section*, 2020, *archdaily.com* - <https://www.archdaily.com/897774/school-architecture-70-examples-in-plan-and-section#>
15. Dan Greening, (2009), *Scrum Self-Similarity: Creating Organizational Fractals*, Portfolio Management, Scrum - <https://senexre.com/scrum-fractals/>
16. <https://www.wolfram.com/language/12/math-entities/explore-nonperiodic-tilings.html?product=mathematica>
17. <http://cgfromspace.blogspot.com/2013/12/non-periodic-tiling-in-blender-chapter-2.html>