

# VERNOMIMICRY: THIẾT KẾ BẢN ĐỊA DƯỚI LĂNG KÍNH PHÒNG SINH HỌC TRONG KIẾN TRÚC TẠI VIỆT NAM

THS LÝ CÔNG MINH | KHOA KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH, TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÔN ĐỨC THẮNG

## TÓM TẮT

Trong bối cảnh khủng hoảng khí hậu, ngành xây dựng hiện đóng góp gần 40% lượng phát thải CO2 toàn cầu liên quan đến năng lượng [1]. Tại Việt Nam, sự gia tăng các hệ thống kỹ thuật nhân tạo trong đô thị đang gây ra sự đứt gãy với tri thức thích ứng khí hậu bản địa, vốn là hệ thống kinh nghiệm được tích lũy qua nhiều thế kỷ. Sự lệ thuộc vào điều hòa không khí không chỉ tiêu tốn năng lượng mà còn xóa nhòa bản sắc không gian truyền thống. Dù kiến trúc dân gian sở hữu kho tàng giải pháp thụ động hiệu quả [2], việc sao chép nguyên mẫu hiện không còn đáp ứng được các yêu cầu thực tiễn của đô thị hiện đại. Để giải quyết vấn đề này, khái niệm Phòng sinh học bản địa (Vernomimicry) được đề xuất nhằm tích hợp giá trị văn hóa - xã hội bản địa với các nguyên lý thiết kế bền vững từ tự nhiên [6]. Khung thiết kế này phân biệt rõ giữa Hình thái học sinh học (Biomorphism), vốn chỉ mô phỏng thẩm mỹ bên ngoài [3] và Phòng sinh học (Biomimicry), vốn tập trung giải mã các cơ chế chức năng và hệ sinh thái đã được tối ưu hóa qua hàng tỷ năm [1, 4]. Thông qua Vernomimicry, các kinh nghiệm bản địa được khoa học hóa thành các thuật toán thiết kế hiện đại, giúp công trình vừa duy trì bản sắc vừa tối ưu hóa hiệu suất vận hành [2, 9].

Từ khóa: kiến trúc mô phỏng động vật, kiến trúc mô phỏng sinh học, kiến trúc dân gian, kiến trúc bền vững

## ABSTRACT

In the context of the climate crisis, the construction industry currently contributes nearly 40% of global energy-related CO2 emissions [1]. In Vietnam, the proliferation of artificial technical systems in urban areas is causing a rupture with indigenous climate adaptation knowledge, a system of experience accumulated over centuries. Dependence on air conditioning not only consumes excessive energy but also erodes traditional spatial identity. Although vernacular architecture offers a wealth of effective passive solutions [2], direct replication of these archetypes no longer meets the practical demands of modern urban settings. To address this, the concept of 'Vernomimicry' is proposed to integrate indigenous socio-cultural values with sustainable design principles from nature [6]. This design framework distinguishes clearly between Biomorphism, which only simulates external aesthetics [3], and Biomimicry, which focuses on decoding functional mechanisms and ecosystems optimized over billions of years [1, 4]. Through Vernomimicry, indigenous experiences are scientifically translated into modern design algorithms, helping buildings maintain their identity while optimizing operational performance [2, 9].

Keywords: vernomimicry, biomimicry, vernacular architecture, biomimetic, sustainable architecture

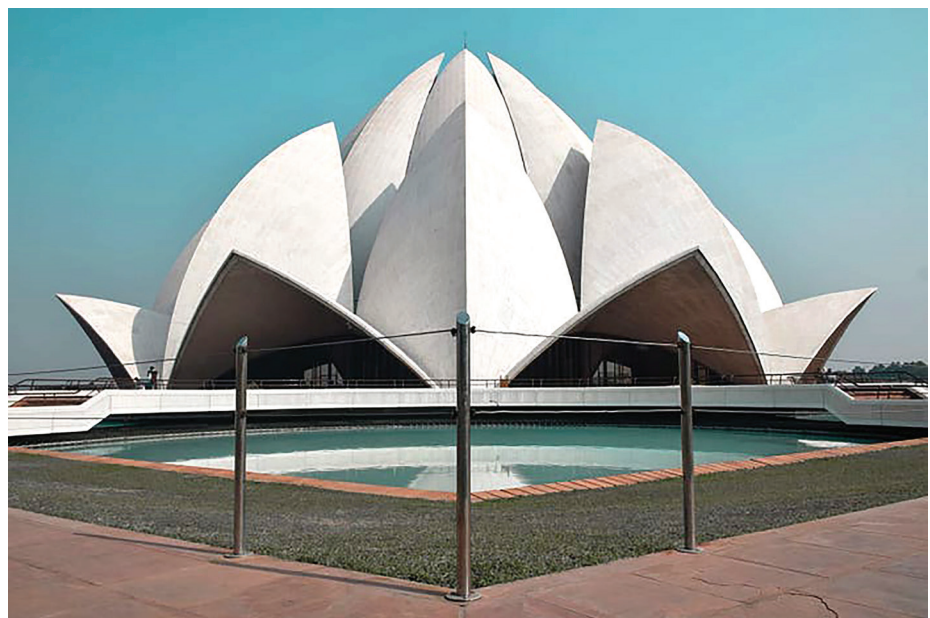
## CƠ SỞ LÝ THUYẾT: PHÒNG SINH HỌC VÀ KIẾN TRÚC BẢN ĐỊA

### Phòng sinh học

Trong lịch sử kiến trúc, việc học tập từ tự nhiên thường bị nhầm lẫn giữa mô phỏng hình thức và mô phỏng cơ chế vận hành. Để hiểu rõ khung thiết kế Vernomimicry, cần phân định hai khái niệm chủ đạo: Biomorphism và Biomimicry.

Biomorphism tập trung vào việc sao chép các yếu tố thẩm mỹ và hình dạng hữu cơ (như cấu trúc xương, vỏ sò) nhằm đạt hiệu quả thị giác và tính biểu tượng [1, 3]. Tuy nhiên, hướng tiếp cận này thường bị phê bình là thiếu tính thực dụng và chưa tối ưu hóa được hiệu suất năng lượng.

Ngược lại, Biomimicry là môn khoa học nghiên cứu và giải mã các mô hình tự nhiên để giải quyết những thách thức thực tiễn của con người [5]. Thay vì mô phỏng vẻ ngoài, Biomimicry tập trung vào câu hỏi "Tự nhiên vận hành như thế nào?", từ đó thiết kế các hệ thống vỏ bao che có chức năng tự điều tiết



Hình 1. Đền Hoa Sen tại Delhi, Ấn Độ. Nguồn: arkayv.medium.com (2022)

hiệt độ hoặc làm sạch như một thực thể sống [4]. Trong kiến trúc, Biomimicry vận hành qua ba cấp độ: sinh vật (organism), hành vi (behavioral) và hệ sinh thái (ecosystem), đóng vai trò là công cụ kỹ thuật giúp tối ưu hóa hiệu suất vận hành vượt xa ranh giới thẩm mỹ thuần túy. Sự phân định này cho thấy Biomimicry là một công cụ mang tính

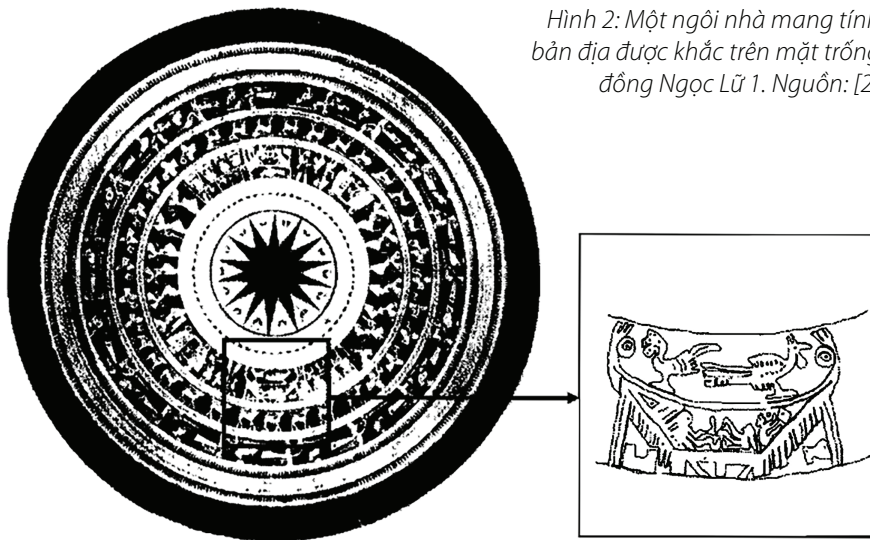
kỹ thuật và chức năng, vượt xa những giới hạn về mặt thẩm mỹ của Biomorphism (Bảng 1).

### Kiến trúc bản địa (Vernacular Architecture)

Kiến trúc bản địa là kết quả của một quá trình chọn lọc tự nhiên. Qua nhiều thế kỷ, các cộng đồng dân cư đã thử

		Khía cạnh thiết kế				
		Hình thái	Vật liệu	Xây dựng / cấu trúc	Quy trình	Chức năng
Cấp độ phòng sinh học	Hệ sinh thái	Tương đồng với một hệ sinh thái	Sử dụng các loại vật liệu tương tự như một hệ sinh thái	Được xây dựng như một hệ sinh thái, độ phức tạp tăng dần theo thời gian	Tương tự như một hệ sinh thái	Tương tự như một hệ sinh thái
	Hành vi	Trông giống như được tạo ra bởi sinh vật	Được làm từ cùng loại vật liệu mà sinh vật sử dụng	Được xây dựng theo cùng cách thức như một sinh vật thực hiện	Cùng cách thức như nơi ở của một sinh vật	Có chức năng như thể một sinh vật đã xây nó
	Sinh vật	Trông giống như một sinh vật	Được làm từ cùng loại vật liệu cấu tạo nên sinh vật	Được xây dựng cùng cách thức như một sinh vật	Vận hành theo cùng cách thức như một sinh vật	Có chức năng như của một sinh vật

Bảng 1. Phân loại thiết kế phòng sinh học. Nguồn: [1]



Hình 2: Một ngôi nhà mang tính bản địa được khắc trên mặt trống đồng Ngọc Lũ 1. Nguồn: [2]

nghiệm, thất bại và tinh lọc các giải pháp xây dựng để thích nghi với điều kiện khí hậu và địa lý khắc nghiệt. Như trong Hình 2, mái nhà cao hình yên ngựa thể hiện sự phù hợp với môi trường vì nó có đặc tính cách nhiệt, gia tăng tính thông gió và giảm độ ẩm. Qua nhiều thế kỷ định cư, người dân Việt Nam đã phát triển một hệ thống có khả năng thích ứng cao với các điều kiện khí hậu và địa hình đặc thù. Sự kết hợp tối ưu hóa địa điểm, hướng công trình,

sử dụng vật liệu tự nhiên và cấu trúc phù hợp đã tạo nên một trạng thái cân bằng giữa con người và môi trường.[2]

Hơn nữa, kiến trúc bản địa có sự tương đồng đáng kinh ngạc với sự tiến hóa sinh học. Nếu một loài sinh vật không thích nghi được với môi trường, nó sẽ bị đào thải. Tương tự, một kiểu nhà không chịu được gió bão hoặc quá nóng bức trong mùa hè sẽ không được người dân bản địa lựa chọn xây dựng. [6] Do

đó, các giải pháp bản địa như nhà sàn ở vùng nhiệt đới hay nhà trình tường ở vùng cao không chỉ là lựa chọn văn hóa, mà còn là những chiến lược thiết kế bền vững và hiệu quả.

Do đó, kiến trúc bản địa có thể xem là một hình thái kiến trúc phỏng sinh học. Đầu tiên là ở đặc trưng vật liệu, các công trình bản địa sử dụng hệ thống vật liệu và phương pháp xây dựng tương tự như cách các sinh vật xây dựng tổ của chúng. Ngoài ra, các công trình bản địa cũng tận dụng được những nguồn năng lượng tự nhiên mà không cần đến các hệ thống cơ khí phức tạp. Hơn nữa, kiến trúc bản địa không cố gắng thống trị thiên nhiên mà nó đang tìm cách dung hòa với các đặc điểm địa hình và vi khí hậu của địa phương.

Tại Việt Nam, các ngôi nhà truyền thống là một hệ thống nhiệt động lực học hoàn chỉnh. Việc sử dụng mái lá dày, hàng hiên rộng và hệ thống cửa không chỉ là nét thẩm mỹ mà là một bộ lọc khí hậu thông minh, tương tự như cách các loài thực vật điều tiết sự thoát hơi nước và bóng đổ để bảo vệ thân cây. Tuy nhiên, có một nghịch lý đáng quan ngại khi các đặc tính này đang dần bị thay thế trong kiến trúc hiện đại bởi những vật liệu và hình thái xây dựng xa lạ với khí hậu nhiệt đới. Do đó, liên kết được kiến trúc bản địa và phỏng sinh học là một bước đi cần thiết để hướng tới các giải pháp thiết kế mang đậm bản sắc văn hóa mà vẫn giữ vững được tính bền vững, hiện đại.

**Vernomimicry: sự hợp nhất giữa tri thức bản địa và khoa học hiện đại**

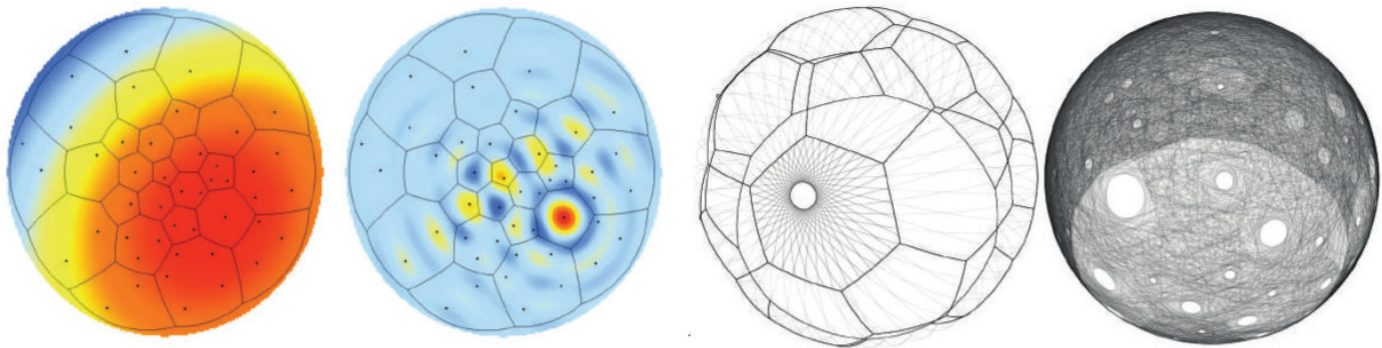
Vernomimicry là một thuật ngữ tương đối mới, được ghép từ Vernacular (Bản địa) và Biomimicry (Phỏng sinh học). Khái niệm này được đề xuất nhằm lấp đầy khoảng trống giữa các giải pháp truyền thống vốn hay bị coi là lạc hậu và các công nghệ phỏng sinh học hiện đại nhưng lại thường phức tạp và đắt đỏ. Mặc dù phỏng sinh học cung cấp các giải pháp kỹ thuật ưu việt từ tự nhiên, nhưng nó lại thiếu đi sự gắn kết với bối cảnh văn hóa và xã hội địa phương. Ngược lại, kiến trúc bản địa dù mang đậm tính bản sắc và tính thích nghi, nhưng lại bị giới hạn bởi các kỹ thuật truyền thống chưa được tối ưu hóa bằng khoa học hiện đại.



Hình 3: Nhà trình tường ở thôn Thèn Pả, xã Lũng Cú.  
Nguồn: VnExpress (2026)



Hình 4: Nhà mái rạ có độ dày gần 1m ở Hải Hậu, Nam Định.  
Nguồn: VnExpress (2016)



Hình 5: Dự án Silk Pavilion sử dụng thuật toán để tối ưu hóa độ đặc rỗng của lớp vỏ bao che. Nguồn: [8]

Điểm tương đồng quan trọng nhất giữa Phỏng sinh học và Kiến trúc bản địa chính là logic của sự tiến hóa. Trong tự nhiên, các thực thể sinh học trải qua hàng tỷ năm chọn lọc tự nhiên để tinh lọc các cơ chế chức năng tối ưu cho sự sinh tồn. Tương tự, kiến trúc bản địa là kết quả của một cuộc "chọn lọc văn hóa" kéo dài hàng thế kỷ. [6] Những giải pháp không phù hợp với khí hậu đặc thù hoặc thâm dụng tài nguyên quá mức sẽ bị đào thải, để lại những cấu trúc tối ưu nhất về mặt nhiệt điện động học. Nghiên cứu của Ly và cộng sự (2009) củng cố luận điểm này khi khẳng định rằng ngôi nhà truyền thống Việt Nam thực chất là một hệ thống tự nhiên đã đạt đến trạng thái cân bằng với môi trường thông qua quá trình thử nghiệm liên tục của nhiều thế hệ.

Vì vậy, Vernomimicry không hướng tới việc phục dựng quá khứ một cách hình thức, mà nó sử dụng kiến trúc bản địa như một bộ lọc để đưa các nguyên lý thông minh của tự nhiên vào đời sống

thực tế. Đây chính là chìa khóa để kiến trúc hiện đại Việt Nam có thể tái diễn dịch các giá trị truyền thống thành những giải pháp bền vững, có khả năng điều tiết năng lượng một cách tối ưu.

### BẢN ĐỊA QUA LĂNG KÍNH PHỎNG SINH HỌC

Việc hợp nhất các đặc trưng bản địa và nguyên lý phỏng sinh học không chỉ đơn thuần là sự mô phỏng hình thức, mà là quá trình giải mã các phương án thiết kế đã được tinh lọc qua hàng thế kỷ. Thông qua Vernomimicry, các giải pháp kiến trúc truyền thống Việt Nam được tái diễn dịch thành những cơ chế chức năng tương đồng với các cơ chế sinh học, từ kinh nghiệm dân gian thành khoa học.

### Hệ thống mái và vật liệu: Từ "Vỏ bao che" đến "Biểu bì sinh học"

Trong kiến trúc bản địa, hệ thống mái rạ dày hoặc ngói vờn xa không chỉ đơn thuần là bộ phận che chắn, mà

cấu tạo đa lớp và độ rỗng của chúng tạo ra một vùng đệm nhiệt rất hiệu quả.[2] Qua góc nhìn phỏng sinh học, lớp vỏ này tương đồng với cấp độ sinh vật (Organism level) đã được nêu trước đó, nó mô phỏng cơ chế điều nhiệt của các loài sinh vật nhiệt đới.

Cấu trúc xốp của mái rạ tương tự lớp lông của động vật hoặc biểu bì thực vật, nơi các túi khí siêu nhỏ đóng vai trò là vật liệu cách nhiệt tự nhiên. Đồng thời, tính thấm thấu của vật liệu này cho phép quá trình trao đổi khí nhẹ nhàng diễn ra, tương tự như cơ chế đóng mở trên lá cây. Sự đổi mới trong Vernomimicry nằm ở việc loại mái này có thể mô phỏng cơ chế tự điều chỉnh của biểu bì thực vật để quản lý đồng thời nhiệt độ, ánh sáng và sự lưu thông không khí.[7] Tương tự như trong dự án Silk Pavilion, khi lớp vỏ bao che mô phỏng cách tầm nhả tơ để tạo ra các cấu trúc có mật độ thay đổi tùy theo hướng nắng. [8] Từ đó mái lá rạ truyền thống có thể được nâng cấp, tối ưu hóa độ rỗng để vừa cách nhiệt, vừa



Hình 6: Dự án Mobius bởi Yaniv Peer được phát triển năm 2012.  
 Nguồn: iguana-architects.com (2026)

đảm bảo ánh sáng tán xạ, đồng thời giảm thiểu lượng vật liệu tiêu hao.

**Thông gió tự nhiên: Cơ chế "Hệ tuần hoàn khí"**

Thông gió xuyên phòng và mô hình nhà sàn đại diện cho phỏng sinh học cấp độ hành vi, tận dụng dòng lưu chất để cải thiện không gian sống. Vernomimicry đổi mới hệ khung tre truyền thống bằng thuật toán tối ưu hóa cấu trúc [12], biến các cột tre từ thành phần chịu lực tĩnh thành "hệ thống hô hấp sinh học" mô phỏng mạng lưới ống khí tổ mối [4].

Bằng cách kết nối các khoang rỗng tự nhiên của tre qua các nút giao chế tác kỹ thuật số, công trình thiết lập mạng lưới vi mạch dẫn khí xuyên suốt. Thuật toán giúp xác định vị trí loại bỏ vật liệu để giảm nhẹ cấu trúc đồng thời tối ưu hóa đường dẫn khí, tận dụng sự chênh lệch áp suất và hiệu ứng ống khói [9].

Ý tưởng này chuyển hóa vật liệu tre thô sơ thành chiến lược kiểm soát vi khí hậu chủ động, đạt được tiện nghi nhiệt mà không cần các hệ thống cơ khí thâm dụng năng lượng.

**Mô hình Nhà - Vườn - Ao: Sự cộng sinh hệ sinh thái**

Cấp độ cao nhất của phỏng sinh học cấp độ hệ sinh thái, khi công trình được định nghĩa như một thực thể trong chu trình tuần hoàn tài nguyên. Mô hình

Vườn - Ao - Chuồng đặc trưng của Việt Nam thực chất là một hệ sinh thái cộng sinh, nơi rác thải của thành phần này là đầu vào của thành phần kia.

Mô hình này có thể được nâng cấp thành một hệ sinh thái đô thị tái tạo. Công trình hiện đại không chỉ mô phỏng hệ sinh thái mà còn có thể cộng sinh thông qua các hệ thống lọc sinh học. Nước thải sinh hoạt được xử lý qua các màng lọc thực vật trong ao; vườn cây không chỉ tạo bóng mát mà còn vận hành như một nhà máy hấp thụ CO2. [10] Thông qua ý tưởng trên, Vernomimicry không tồn tại như một thực thể biệt lập mà là một mắt xích trong chu trình chuyển hóa năng lượng ở nhiều cấp độ. Việc tái cấu trúc mô hình này bằng các thuật toán tối ưu hóa có thể mở ra cơ hội cho chúng ta thiết kế những khu dân cư hiện đại có khả năng tự cung cấp nguồn lực và xử lý chất thải tại chỗ, mô phỏng hoàn hảo tính bền vững vĩnh cửu của các hệ sinh thái tự nhiên. [6]

Thông qua việc giải mã các đặc trưng bản địa dưới ngôn ngữ của sinh học chức năng, Vernomimicry mở ra một hướng đi mới cho kiến trúc Việt Nam: không phải là sự phục cổ cực đoan, mà là sự kế thừa thông minh để tạo ra những "cấu trúc sống" thực thụ trong lòng đô thị hiện đại.

**Từ lý thuyết đến thực tiễn xây dựng**

Việc thiết lập khung thiết kế Vernomim-

icry không chỉ dừng lại ở các thử nghiệm mô phỏng mà còn đặt ra yêu cầu về một sự chuyển dịch trong quy trình thiết kế kiến trúc tại Việt Nam. Kết quả phân tích từ các cấp độ phỏng sinh cho thấy tiềm năng trong việc giải quyết khủng hoảng năng lượng, tuy nhiên cũng sản sinh những vấn đề cần thảo luận về tính khả thi và định hướng tương lai.

**Độ phức tạp kỹ thuật**

Mô hình Vernomimicry hướng tới việc nâng cấp mái rạ hay tường trình đất thành các hệ thống vỏ bao che phỏng sinh học có khả năng đa điều tiết. Tuy nhiên, thách thức lớn nảy sinh từ khoảng cách giữa tri thức bản địa đơn giản và công nghệ hiện đại phức tạp. Nghiên cứu của Cruz và cộng sự (2021) chỉ ra rằng vỏ bao che hiện nay thường chỉ mô phỏng được một chức năng đơn lẻ, trong khi các mô hình tự nhiên vốn sở hữu đặc tính đa chức năng (như vừa hô hấp, điều nhiệt và bảo vệ) [7].

Việc số hóa các cấu trúc này qua thuật toán hay chế tác kỹ thuật số như dự án Silk Pavilion [8] làm tăng đáng kể yêu cầu về cảm biến và độ chính xác trong thi công. Đặc biệt, trong môi trường nhiệt đới ẩm, yêu cầu về độ bền và quy trình bảo trì chuyên sâu tạo ra nghịch lý so với mục tiêu tiết kiệm năng lượng ban đầu [1]. Trái với giải pháp bản địa có thể tự sửa chữa bởi cộng đồng [2], các hệ thống phức tạp này đòi hỏi chi phí vận hành cao.

Do đó, bài toán cốt lõi là đơn giản hóa công nghệ để giải pháp Vernomimicry vận hành ổn định mà vẫn duy trì được tính nhạy bén bối cảnh của tri thức bản địa.

### **Chuyển dịch từ Kiến trúc bền vững sang Kiến trúc tái tạo**

Ngoài ra, khung thiết kế Vernomimicry còn thúc đẩy sự chuyển dịch từ kiến trúc bền vững sang kiến trúc tái tạo [1]. Thay vì chỉ dừng lại ở việc giảm thiểu tác động tiêu cực, kiến trúc tái tạo hướng tới việc biến công trình thành một thực thể đóng góp tích cực cho hệ sinh thái thông qua việc phục hồi nguồn lực và tài nguyên tự nhiên.

Mô hình Vườn-Ao-Chuồng truyền thống chính là tiền đề lý tưởng cho tư duy này. Ở cấp độ hệ sinh thái, việc tích hợp kỹ thuật sinh học như đề xuất của Cogdell (2018) cho phép các thành phần bản địa không chỉ làm mát thụ động mà còn vận hành như một hệ thống lọc sinh học chủ động, xử lý nước thải và hấp thụ carbon tại chỗ. Sự cộng sinh này giúp hàn gắn khoảng cách giữa môi trường xây dựng và tự nhiên, tạo ra các ngách sinh thái đô thị bền vững [6].

Tuy nhiên, để đạt được hiệu suất tái tạo tối ưu, kiến trúc cần tiến tới sự thích ứng động thông qua dữ liệu môi trường và trí tuệ nhân tạo. Các giải pháp bản địa vốn dựa trên kinh nghiệm khí hậu cổ định [2] giờ đây được nâng cấp thành những hệ thống nhạy biến (responsive systems). Nhờ cảm biến thời gian thực, lớp vỏ bao che có thể tự động thay đổi độ rỗng hoặc hướng đón gió để phản hồi chính xác với các kịch bản thời tiết cực đoan. Điều này giúp giải quyết thách thức về tính đa chức năng mà Verbrugge (2023) đã nhấn mạnh: biến tòa nhà thành một thực thể sống thực thụ. Dù vậy, lộ trình này yêu cầu việc xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật mới cho những giải pháp lai giữa tri thức bản địa và công nghệ. Vernomimicry không chỉ bảo tồn bản sắc mà còn nâng tầm kiến trúc Việt Nam thành một hệ thống nhạy bén, có khả năng tự tiến hóa và thích ứng bền vững trước biến đổi khí hậu toàn cầu.

Khung quy trình Vernomimicry được tác giả đề xuất dựa trên sự tích hợp giữa phương pháp tiếp cận thiết kế - sinh học và tư duy kiến trúc bản địa.

Quy trình này bắt đầu bằng việc nhận diện yếu tố bản địa, nơi các giải pháp thụ động của kiến trúc truyền thống Việt Nam như vùng đệm hiên nhà hay hệ mái dốc được phân tích dưới góc độ các hệ thống tự nhiên đã qua chọn lọc. Tiếp theo là bước chuyển đổi thuật toán, những quy tắc kinh nghiệm sẽ được biến thành các tham số hình học thông qua các công cụ thiết kế tham số và tối ưu hóa cấu trúc như grasshopper hay dynamo. Cuối cùng là giai đoạn đánh giá đa mục tiêu, nhằm kiểm chứng khả năng thích ứng của thiết kế đối với các kịch bản biến đổi khí hậu cụ thể, đảm bảo sự cân bằng giữa hiệu suất năng lượng và tính bản địa.

### **KẾT LUẬN**

Nhìn chung, Vernomimicry có tiềm năng trở thành hướng đi đột phá trong kiến trúc bền vững tại Việt Nam. Bằng cách thiết lập một cầu nối lý thuyết và thực hành, Vernomimicry giúp kết nối sự khôn ngoan của quá khứ thông qua những kinh nghiệm thích nghi khí hậu tinh vi của kiến trúc bản địa, với những thành tựu khoa học tiên tiến của tương lai trong lĩnh vực phỏng sinh học.

Việc hiện thực hóa tầm nhìn này đòi hỏi sự phối hợp liên ngành chặt chẽ ngay từ giai đoạn ý tưởng để tập trung vào hiệu suất chức năng thay vì mô phỏng hình thức đơn thuần. Đồng thời, các nghiên cứu sâu về hệ động thực vật bản địa sẽ cung cấp những mô hình sinh học tối ưu cho bối cảnh nhiệt đới gió mùa, giúp công trình chống chịu tốt với độ ẩm và bức xạ nhiệt cao. Sức mạnh của thiết kế tham số và tối ưu hóa cấu trúc cũng cần được tận dụng để nâng cấp các vật liệu tự nhiên như tre hay gỗ thành những kết cấu phân cấp phức tạp, đạt hiệu quả chịu lực và thông thoáng tối đa với lượng vật liệu tiêu hao tối thiểu.

Hướng tiếp cận này gợi mở triển vọng về một hình thái kiến trúc giảm thiểu sự lệ thuộc vào năng lượng hóa thạch, hướng tới sự hòa giải giữa không gian xây dựng và quy luật vận hành của tự nhiên. Vernomimicry cung cấp một lộ trình khả thi để kiến trúc hiện đại tìm lại bản sắc sinh thái thông qua việc tích hợp trí tuệ truyền thống với các thành tựu khoa học hiện đại, hướng đến mục tiêu phát triển bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu./

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Verbrugge, N.; Rubinacci, E.; Khan, A.Z. *Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods*. *Biomimetics* 2023, 8, 107. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010107>
2. Ly, P., Birkeland, J., & Demirbilek, N. (2009). *Applying environmentally responsive characteristics of vernacular architecture to sustainable housing in Vietnam*. In *Sustainable Architecture and Urban Development* (pp. 287–302)
3. Bajaj, G. (2020). *Comprehensive analysis of application of biomimicry in architecture to enhance functionality* [Bachelor's dissertation, School of Architecture, Rajiv Gandhi Education City].
4. Pawlyn, M. (2016). *Biomimicry in architecture* (2nd ed.). RIBA Publishing.
5. Benyus, J.M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*; Morrow: New York, NY, USA.
6. Khoja, A., & Waheeb, S. (2020). *Vernomimicry: Bridging the gap between nature and sustainable architecture*. *Journal of Sustainable Development*, 13(1), 33–47. <https://doi.org/10.5539/jsd.v13n1p33>.
7. Cruz, E., Hubert, T., Chancoco, G., Naim, O., Chayaamor-Heil, N., Cornette, R., Badarnah, L., Raskin, K., & Aujard, F. (2021). *Design processes and multi-regulation of biomimetic building skins: A comparative analysis*. *Energy and Buildings*, 248, 111160. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111160>
8. Oxman, N., Laucks, J., Kayser, M., Duro-Royo, J., & Uribe, C. G. (2017). *Silk pavilion: A case study in fibre-based digital fabrication*. Trong F. Gramazio, M. Kohler, & S. Langenberg (Biên tập), *Fabricate 2014: Negotiating design & making* (tr. 248–255). UCL Press.
9. Yıldırım, E. (2022). *Topology optimization in architecture practices*. Trong O. P. Bicer & F. Y. Gurani (Biên tập), *Research & reviews in architecture, planning and design* (Tập 1, tr. 117–139). Gece Kitaplığı.
10. Cogdell, C. (2018). *Growing living buildings: Tissue and genetic engineering in architecture and design*. Trong *Toward a living architecture? Complexity and biology in generative design* (tr. 159–192). University of Minnesota Press.