

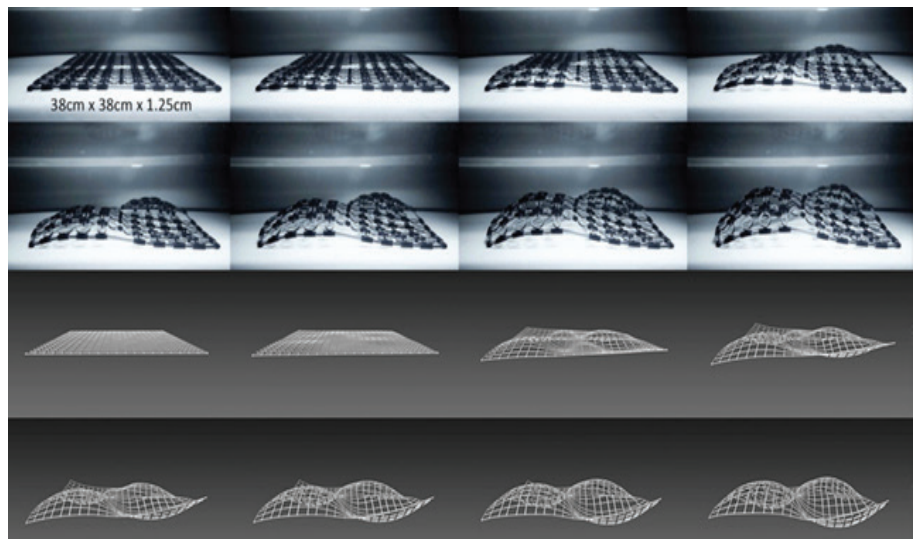
# CÔNG NGHỆ IN 4D VÀ MỘT SỐ ỨNG DỤNG

Hoàng Văn Phi, Trương Đình Dũng  
Trường Cao đẳng Kỹ thuật Thông tin

Với nhiều tính năng ưu việt, có thể tạo ra những cấu trúc có thể tự biến đổi, công nghệ in 4D đang được đẩy mạnh nghiên cứu phát triển, hứa hẹn mở ra hướng đi mới, cung cấp cho nhân loại những cải tiến công nghệ vượt bậc ở nhiều lĩnh vực như: xây dựng cơ sở hạ tầng, y tế, công nghệ sinh học, hàng không vũ trụ... Bài viết giới thiệu về nền tảng và sự phát triển của công nghệ in 4D, vật liệu in và một số ứng dụng tiêu biểu.

## Tổng quan về công nghệ in 4D

Công nghệ in 4D là “phiên bản mới” của in 3D, với chiều thứ 4 chính là khả năng tự lắp ráp, tự biến đổi theo thời gian. Quá trình thay đổi cấu trúc và tự lắp ráp này sẽ phụ thuộc vào các chuyển động hoặc các yếu tố môi trường như nước, không khí hoặc nhiệt độ. Nếu máy in 3D thực hiện in chồng từng lớp vật liệu thành khối để tạo nên vật thể 3 chiều “tĩnh”, thì in 4D cũng sở hữu kỹ thuật chồng lớp này, nhưng tạo ra những sản phẩm thông minh “động” (có thể mở rộng, uốn cong, thu nhỏ, gấp lại và thay đổi tính năng...). Công nghệ in 4D xuất hiện không có nghĩa là công nghệ in 3D đã lỗi thời, mà đó là sự “nối tiếp”, bổ sung lẫn nhau giữa 2 kỹ thuật in tiên tiến để cùng đạt đến tầm cao mới. Công nghệ in 4D mở ra rất nhiều ý tưởng táo bạo trong tương lai như phòng thí nghiệm có thể tự xây dưới đáy biển, tàu vũ trụ tự tạo hình mà không cần các phi hành gia phải lắp ráp thủ công. Thậm chí, trong tương lai công nghệ này còn có thể ứng dụng ngay trong cơ thể người bằng cách cấy ghép



Hình 1. Cấu trúc in 4D có thể biến đổi hình dạng theo thời gian.

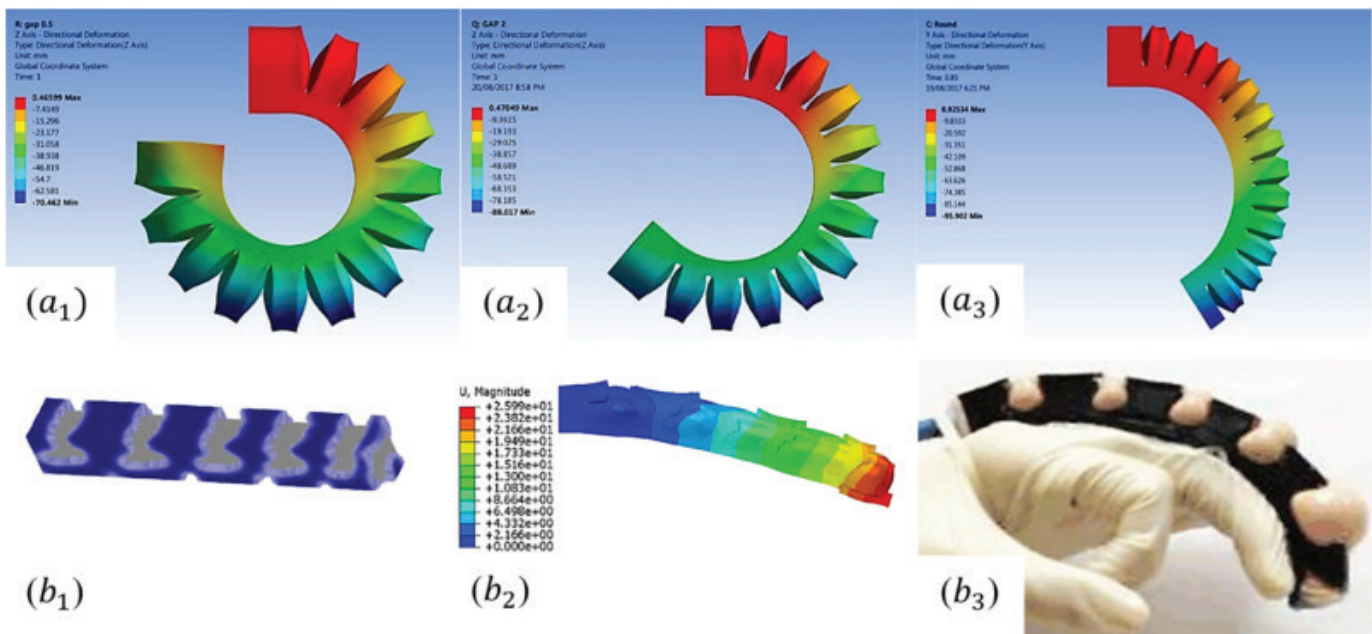
các loại vật liệu siêu nhỏ kích thước nano sau đó sẽ được định hình dưới tác dụng của sóng siêu âm.

Khái niệm in 4D xuất hiện khi TS Skylar Tibbitts cùng các đồng nghiệp tại Đại học Massachusetts (Mỹ) và Công ty Stratasys và Autodesk Inc (Mỹ) tiến hành một dự án nghiên cứu nhằm tạo ra những vật thể vượt trội hơn cả công nghệ in 3D (hình 1). Kể từ đó, in 4D đã trở thành một nhánh mới và thú vị của in 3D, thu hút được sự chú ý đáng kể từ các

nhà nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực khác nhau. In 4D liên quan đến cấu trúc hình học được thiết kế tỷ mỉ và được đo lường chính xác của nhiều loại vật liệu “thông minh”, có thể thay đổi hình dạng được in theo các kích thích bên ngoài. Đặc biệt, in 4D có thể sử dụng nhiều loại vật liệu in hơn so với in 3D, mở ra tiềm năng ứng dụng lớn trong tương lai. Với nhiều tính năng ưu việt, tiên tiến, song 2 công nghệ hiện đại này có sự khác nhau trên nhiều khía cạnh được thể hiện tại bảng 1.

Bảng 1. Một số so sánh công nghệ in 3D và in 4D.

	In 3D	In 4D
Khả năng biến dạng và thay đổi tính chất sản phẩm	Tạo ra các sản phẩm có hình dạng và tính năng ổn định	Tạo ra các sản phẩm có khả năng biến dạng và thay đổi tính chất trước tác động của điều kiện môi trường
Vật liệu in	Sử dụng các vật liệu in như nhựa nhiệt dẻo, kim loại, gốm sứ có hình dạng ổn định, khó tạo ra các biến dạng và thay đổi lớn trước tác động của môi trường	Sử dụng các vật liệu như hydrogel, polymer ghi nhớ hình dạng (SMPs), hợp kim ghi nhớ hình dạng (SMAs)...., có khả năng lập trình, tự biến dạng, tự "lắp ráp" và tự thích ứng trong điều kiện thay đổi của môi trường như: nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm và từ tính
Phương pháp thiết kế	Thiết kế in theo cấu trúc tĩnh, một hình dạng và tính năng duy nhất của sản phẩm	Thiết kế có tính dự đoán ở trạng thái động của sản phẩm, lập trình theo đặc tính để tạo ra sản phẩm theo ý định của đối tượng sử dụng



Hình 2. Ứng dụng in 4D trong chế tạo thành phần của robot.

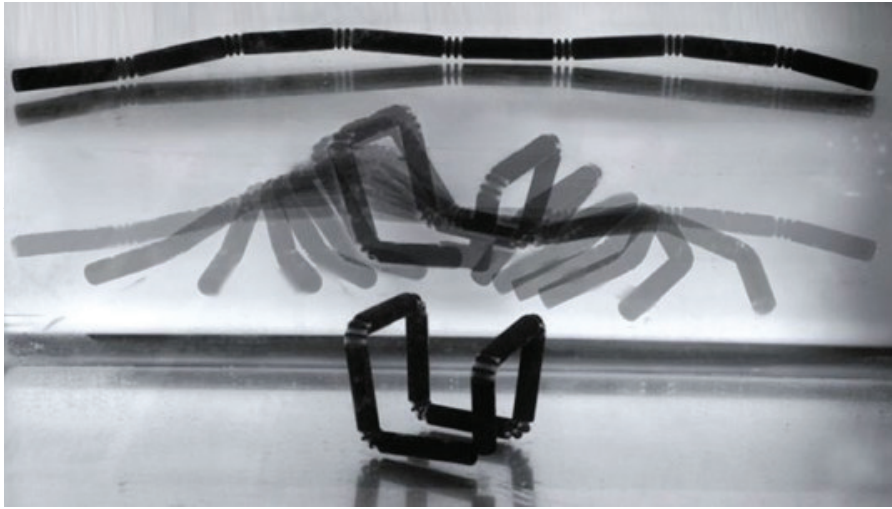
**Một số ứng dụng tiêu biểu của công nghệ in 4D**

Giới khoa học nhận định, công nghệ in 4D có khả năng trở thành cuộc cách mạng trong rất nhiều lĩnh vực: sinh học, khoa học vật liệu, người máy, giao thông vận tải, xây dựng cơ sở hạ tầng, chăm sóc sức khỏe (khi kết hợp với công nghệ in sinh học), thăm dò không gian... Một số ứng dụng tiêu biểu của công nghệ in 4D có thể kể tới như:

*Trong phát triển robot mềm:* Trong chế tạo robot truyền thống, các vật liệu như kim loại, nhựa cứng và gốm sứ được sử dụng để phát triển robot. Những robot này được thiết kế cho các ứng dụng và điều kiện môi trường cụ thể (không thể chịu được mọi điều kiện môi trường). Chúng không thể đạt được các biến dạng lớn và không thể thực hiện các nhiệm vụ đòi hỏi tính linh hoạt. Để khắc phục những hạn chế này, lĩnh vực robot mềm (soft robotics) đã được

phát triển để tạo ra những robot linh hoạt, có thể thay đổi độ cứng của chúng và điều chỉnh theo điều kiện môi trường (hình 2). Cấu trúc in 4D được xem là phù hợp nhất để phát triển lĩnh vực robot mềm vì đặc tính linh hoạt, có khả năng biến dạng và tự điều chỉnh theo những thay đổi bên ngoài.

*Trong cấu trúc tự phát triển:* In 4D có thể được sử dụng để chế tạo các cấu trúc tự phát triển, có thể đạt được hình dạng ban đầu khi tiếp xúc với môi trường cụ thể



**Hình 3. Thí nghiệm đoạn cao su thẳng sử dụng công nghệ in 4D có thể tự gấp khúc thành hình khối lập phương khi cho vào nước.**

(ví dụ như môi trường nước). Cấu trúc được in sử dụng một polymer ưa nước trên chất nền nhựa, polymer sẽ tăng thể tích khi tiếp xúc với nước. Cấu trúc này giúp việc lắp ráp trở nên dễ dàng trong những môi trường có điều kiện thực hiện khó khăn. Điều này sẽ thực sự hữu ích khi sửa chữa các bộ phận của tàu, thuyền... ở vùng nước sâu.

*Trong cảm biến và các thiết bị điện tử linh hoạt:* In 4D có thể hữu ích trong việc phát triển các cảm biến. Các cấu trúc in 4D có khả năng phản ứng với độ ẩm, nhiệt độ, độ pH... Do đó, chúng có thể đóng vai trò là cảm biến cho những tác động môi trường. Thêm vào đó, cấu trúc in 4D có độ đàn hồi cao nên sẽ làm cho các cảm biến trở nên linh hoạt và hiệu quả hơn. Chế tạo mạch in và thiết bị điện tử là một ứng dụng khác của in 4D.

*Trong lĩnh vực y tế:* Công nghệ in 4D có thể được sử dụng trong các ứng dụng tiên tiến, từ kỹ thuật mô và thiết bị y sinh thông minh. Thậm chí xa hơn, công nghệ này còn được ứng dụng ngay trong cơ thể người bằng cách cấy ghép các loại vật liệu siêu nhỏ có kích thước nano, sau đó, được định hình theo ý định của bác sĩ dưới tác dụng của sóng siêu âm. Vật liệu sinh học in 4D không chỉ giúp những bệnh nhân mắc bệnh về đường hô hấp với các nẹp y sinh có thể thay đổi hình dạng mà còn có thể

cứu chữa bệnh nhân mắc chứng rối loạn chức năng liên quan tới tim, xương, cơ hay ruột. Công nghệ in 4D cũng có thể được sử dụng để in da nhân tạo (có khả năng thay đổi hình dạng và hoạt động) dùng cấy ghép mà không cần sự can thiệp từ bên ngoài.

*Trong lĩnh vực hàng không vũ trụ:* Việc sản xuất các thiết bị trong không gian là nhiệm vụ rất quan trọng. Các thiết bị phải được sản xuất với chi phí trong khả năng cho phép, tồn tại trong thời gian dài. Sản phẩm in 4D hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu đó với chi phí sản xuất thấp và có thể chịu được các điều kiện môi trường khắc nghiệt. Hơn nữa, các cấu trúc này có thể điều chỉnh và thay đổi đối với môi trường xung quanh.

Cơ quan Hàng không Vũ trụ quốc gia của Mỹ (NASA) đã sử dụng công nghệ in 4D để tạo ra một loại “vải vũ trụ”. Loại “vải vũ trụ” này mở ra triển vọng ứng dụng trong hoạt động quân sự khi thực hiện các sứ mệnh không gian, như che chắn tàu vũ trụ khỏi “va chạm” với thiên thạch, cũng như trong thiết kế các bộ đồ của phi hành gia.

Airbus cũng đã hợp tác với MIT để phát triển một bộ phận hút gió được làm từ sợi carbon có thể lập trình, nó sẽ tự điều chỉnh để điều khiển luồng khí làm mát động cơ máy bay, giúp loại bỏ sự cần thiết

của các hệ thống điều khiển cơ học cồng kềnh cũng như giảm mức tiêu thụ nhiên liệu. Nhà sản xuất máy bay này dự đoán rằng, các thành phần được in 4D cũng có thể tạo nên những bộ phận thân máy bay nhẹ hơn, đảm bảo tốc độ nhanh hơn.

Với những tính năng đặc biệt, công nghệ in 4D có khả năng mang lại những thay đổi căn bản trong lĩnh vực xây dựng và sản xuất. Theo đó, các vật liệu thông minh có tiềm năng trong xây dựng hạ tầng cơ sở, nhất là ở những vùng thiên tai hoặc vùng đặc biệt khó khăn, nơi việc xây dựng truyền thống quá tốn kém và mất nhiều thời gian. Thậm chí, công nghệ in 4D còn mở ra nhiều ý tưởng táo bạo trong tương lai như có thể tự xây dựng phòng thí nghiệm dưới đáy biển, tàu vũ trụ tự tạo hình mà không cần các phi hành gia phải tiến hành lắp ráp; xa hơn nữa có thể vận hành công nghệ in 4D để xây dựng các thành phố trong không gian. Trong tương lai, với sự phát triển và hoàn thiện hơn nữa của công nghệ như vật liệu thông minh và thiết kế thông minh, kết hợp với trí tuệ nhân tạo..., việc ứng dụng công nghệ in 4D sẽ ngày càng phát triển sâu rộng hơn, trở thành xu hướng của tương lai và sẽ có vai trò quan trọng trong sản xuất ở thế kỷ XXI.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. <https://3dprint.com/19092/mit-self-assembly-4d-print/>.
2. <https://www.vista.gov.vn/news/cac-linh-vuc-khoa-hoc-va-cong-nghe/in-4-chieu-4d-883.html>.
3. <https://newatlas.com/4d-printing-composite-material/29536/>.