

TÌM HIỂU VỀ CÔNG NGHỆ IN 3D

A STUDY ABOUT THE 3D PRINT TECHNOLOGY

TRẦN MINH TÂM^(*)

TÓM TẮT: Bài báo này nhằm cung cấp cho độc giả những khái niệm và nội dung cơ bản của công nghệ in 3D hiện nay đang phát triển mạnh trong thời kỳ cuộc cách mạng 4.0 đang diễn ra ở nhiều nước trên thế giới. Công nghệ in 3D đã đạt được nhiều thành tựu không tưởng trong nhiều lĩnh vực các ngành công nghiệp khác nhau, đặc biệt là trong y học. Trong tương lai, công nghệ in 3D sẽ còn phát triển mạnh hơn nữa.

Từ khóa: cách mạng 4.0; in 3D; khoa học và công nghệ.

ABSTRACT: In this article, we provide readers the definition and basic concepts of the 3D printing technology. This technology is popular in a lot of countries in the world. The 3D printing technology has brought enormous achievements in many different industrial fields, and especially in medicine. In the near future, 3D Print technology will continue to grow rapidly.

Key words: 4.0 revolution; 3D print; science and technology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, khoa học công nghệ phát triển vượt bậc, đặc biệt là trong thời đại của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, đi bất cứ đâu chúng ta cũng có thể nghe nói đến TV 3D, Phim 3D, âm thanh 3D, hình 3D là những hình ảnh và âm thanh nổi [1], [5], [6]. Đó là những khái niệm chỉ những công nghệ tạo ảo giác hình khối lên thị giác và thính giác con người, với mục đích mô phỏng lại những gì ta có thể thấy và nghe được, trong khi cách đây khoảng 40 năm về trước, những điều đó là những điều không thể tưởng tượng và không thể hiểu nổi.

Công nghệ in 3D là một định nghĩa hoàn toàn khác với 3D mang tính mô phỏng mà chúng ta vừa đề cập. 3D ở đây là sản phẩm thật, vật thể thật mà chúng ta có

thể cầm trên tay, quan sát một cách chính xác, 3D ở đây là mọi thứ xung quanh ta, từ nguyên thủy đến hiện nay chúng ta vẫn tiếp xúc hằng ngày, quá quen thuộc và ta chẳng gọi nó là 3D làm gì.

Ví dụ: Chúng ta đang sử dụng điện thoại, máy tính,... đó chính là vật thể 3D mà chúng ta đang nói đến. Do đó, chúng ta cần phân biệt một cách rõ ràng in 3D ở đây là in ra một vật thể 3D có thể quan sát và cầm nắm được chứ không phải là in ra một hình ảnh mà khi nhìn vào nó nổi khối 3 chiều gần giống như vật thật và khi xem hình ảnh đó phải đeo một cái kính chuyên dụng có chức năng tạo ra hình ảnh nổi lập thể.

^(*) PGS.TS. Trường Đại học Văn Lang, tranminhtam@vanlanguni.edu.vn, Mã số: TCKH09-13-2018

Như vậy, chúng ta đã hiểu được khái quát sản phẩm từ công nghệ in 3D là in ra một vật thể 3D mà ta có thể quan sát, cầm nắm được. Nhưng để chế tạo ra một vật thể 3D thì từ xưa đến nay có biết bao nhiêu cách, từ truyền thống cho đến hiện đại, và tại sao lại là in ra?

2. NỘI DUNG

Thế nào là in 3D? Máy in 3D tạo mẫu nhanh hoạt động ra sao?

Để dễ hình dung, chúng ta hãy liên tưởng đến chụp cắt lớp CT trong y học. Máy CT có nhiệm vụ là chụp từng lớp cắt ngang từ cổ lên đến đỉnh đầu của chúng ta (nếu ta chụp cắt lớp đầu), khi ta xem tấm phim CT ta thấy rất nhiều tấm hình mặt cắt với vòng ngoài là lớp xương sọ, bên trong hình thù cắt lát của não bộ và các cơ quan.

Nếu giả sử, chúng ta đem in từng tấm hình CT lát cắt này ra giấy rồi đem xếp chồng các tờ giấy đó lên nhau, từng tờ từng tờ một theo thứ tự. Ví dụ, nếu như mực in trên tấm giấy bên trên kết dính với mực in ở tấm giấy bên dưới, ta sẽ được một chồng giấy hình hộp chữ nhật, sau đó chúng ta đem loại bỏ hết phần giấy trắng dư thừa đi, chúng ta sẽ được một khối mực in 3D có hình dạng chính là cái đầu của chúng ta, và nó có đầy đủ tất cả các bộ phận từ bên trong lẫn bên ngoài.

Điều đó có nghĩa in 3D là in ra nội dung (hình cắt CT bên trên) lên từng lớp (tờ giấy bên trên), các lớp được in lần lượt chồng liên tiếp lên nhau từng lớp, còn mực in chính là vật liệu muốn áp lên vật thể 3D, có thể là nhựa, giấy, bột, polymer, hay kim loại,... Đặc điểm các vật liệu này là có sự kết dính với nhau để vật liệu lớp bên trên kết dính với lớp bên dưới.

Khái niệm này hiện nay người ta gọi là in 3D do độ phổ biến và dễ để hình dung thực chất trong công nghiệp và với tên gọi in 3D là tạo mẫu nhanh. Gọi là tạo mẫu nhanh vì so với các phương pháp gia công chế tạo vật thể 3D (mẫu) khác như cắt, gọt, tiện, phay, bào, nắn,... thì phương pháp này cho phép tạo ra mẫu nhanh hơn.

Nói như vậy, công nghệ in 3D hay công nghệ tạo mẫu nhanh là cách thức để thực hiện việc in 3D, hay cách thức để máy in 3D hoạt động. Ngày nay, công nghệ in 3D phát triển rất đa dạng, với mỗi sản phẩm 3D có thể được in ra với nhiều loại vật liệu khác nhau, vật liệu dạng khối, dạng lỏng, dạng bột bụi, dạng nano và với mỗi loại vật liệu cũng có nhiều phương thức khác nhau để in như sử dụng tia laser, dụng cụ cắt, đùn ép nhựa,... Cách thức in thì có thể in từ dưới lên, in từ đỉnh xuống.

Trong tương lai công nghệ in 3D sẽ là xu hướng được nhiều nước quan tâm và sử dụng bởi những tính ưu việt dưới đây:

* Trước hết nó là một loại hình công nghệ tạo mẫu nhanh, vượt trội về thời gian so với nhiều công nghệ truyền thống trước đây phải mất từ nhiều tuần đến nhiều tháng để tạo ra một sản phẩm. Công nghệ in 3D chỉ cần từ vài giờ đến vài chục giờ, tức là nó đã nhanh hơn rất nhiều, và do đó chi phí giá thành sản phẩm sẽ thấp hơn, khả năng thương mại hóa trên thị trường sẽ tốt hơn.

* Công nghệ in 3D có thể chế tạo ra nhiều chi tiết của một sản phẩm chỉ cần trong một lần thao tác thực hiện. Ví dụ, với công nghệ in 3D như đã nói, chúng ta có thể tạo ra mô hình đầu người với đầy đủ các bộ phận cả bên trong lẫn bên ngoài một cách chi tiết chỉ trong một lần thực hiện mà

các phương pháp truyền thống không thể chế tạo được.

Công nghệ in 3D bao gồm một loạt các quá trình và công nghệ cung cấp đầy đủ khả năng để sản xuất các chi tiết và sản phẩm từ nhiều loại vật liệu khác nhau. Về cơ bản, tất cả các quy trình công nghệ đều có điểm chung là cách thức thực hiện sản xuất, nó trái ngược với quy trình sản xuất truyền thống như làm khuôn. Ứng dụng của công nghệ in 3D đang phát triển rộng rãi từng ngày, thâm nhập sâu tới các lĩnh vực công nghiệp, nhà máy sản xuất, các ngành tiêu dùng [9].

Công nghệ in 3D là quá trình tạo ra các mô hình vật lý (mẫu thực) từ mô hình số hóa (file thiết kế 3D trên máy tính) một cách tự động thông qua các máy in 3D. Có nhiều cách khác nhau để in ra một đối tượng bằng việc sử dụng công nghệ in 3D.

Công nghệ in 3D mang tới 2 sáng kiến cơ bản: các thao tác của các đối tượng trong định dạng mô hình số và sản xuất các mô hình mới bằng quá trình tạo mẫu nhanh.

Công nghệ in 3D được tin tưởng rằng có tiềm năng lớn để trở thành ngành công nghệ hàng đầu. In 3D phủ sóng rộng rãi trên nhiều kênh truyền hình, báo chí và các mạng xã hội trực tuyến lớn.

Về cơ bản, để phân biệt nguyên lý phía sau công nghệ in 3D đó là quá trình sản xuất chất phụ gia. Và điều này thực sự là chìa khóa vì in 3D là một phương pháp hoàn toàn khác dựa trên công nghệ tiên tiến là xây đắp xếp chồng các lớp vật liệu để tạo ra mô hình sản phẩm. Điều này là khác với bất kỳ kỹ thuật sản xuất truyền thống nào trước đây.

Đối với nhiều ứng dụng của quá trình thiết kế truyền thống và quá trình sản xuất vẫn có những hạn chế chưa thể khắc phục được như chi phí đắt để mua dụng cụ cắt, máy móc thiết bị, đồ gá,... có thể dẫn tới 90% vật liệu ban đầu sử dụng bị lãng phí.

Ngược lại, công nghệ in 3D là quá trình tạo ra đối tượng một cách trực tiếp, bằng cách xếp tầng các lớp vật liệu theo các cách khác nhau tùy thuộc vào công nghệ sử dụng trong in 3D. Cách hiểu đơn giản về công nghệ in 3D cho bất cứ ai đang cố gắng hiểu khái niệm này thì công nghệ in 3D giống như việc xây dựng một số thứ với các khối Lego một cách tự động.

Trong những năm gần đây, công nghệ in 3D đã có những bước tiến xa hơn trở thành ngành công nghiệp tiêu biểu và đưa vào quá trình sản xuất bằng việc công nghệ đã dễ tiếp cận hơn với các công ty quy mô nhỏ hay từng cá nhân. Một số lĩnh vực lớn hơn, một tập đoàn đa quốc gia có quy mô và kinh tế có sở hữu máy in 3D, nhiều máy in 3D cỡ nhỏ có giá dưới 1000 USD. Điều này đã mở ra sân chơi công nghệ cho rất nhiều đối tượng tham gia, và được tăng lên theo cấp số nhân trên mọi lĩnh vực, nhiều và nhiều hơn các hệ thống, loại vật liệu, ứng dụng, dịch vụ được xuất hiện.

Sau đây, chúng tôi muốn giới thiệu một số thành tựu về công nghệ in 3D [1], [4], [7].

+ Ôtô điện đầu tiên sản xuất hoàn toàn bằng công nghệ in 3D. Xe điện LSEV chỉ gồm 57 bộ phận cấu thành, nặng 430 kg và có thể di chuyển, dừng đỗ dễ dàng nhờ thiết kế nhỏ gọn.

+ Cỗ máy chuyên in 3D các bộ phận cơ thể/Vệ tinh in 3D đầu tiên trên thế giới phóng vào không gian.

+ Cỗ máy Mặt Trời nung chảy cát sa mạc trong chớp mắt. Máy in 3D Solar Sinter có thể biến cát trên sa mạc thành thủy tinh gần như ngay lập tức chỉ bằng ánh nắng Mặt Trời.

+ Gạch thủy tinh cung cấp điện từ quang năng/Nấu chín thức ăn trong 20 phút bằng năng lượng Mặt Trời.

+ Mỹ chế tạo tàu ngầm mini bằng công nghệ in 3D. Công nghệ in 3D sẽ giúp hải quân Mỹ tiết kiệm đáng kể chi phí và thời gian trong việc thiết kế và sản xuất tàu ngầm.

+ Tập đoàn Mỹ chế tạo linh kiện tên lửa đạn đạo bằng máy in 3D.

+ Công nghệ của nhân loại trong 100 năm tới. Sau 100 năm, tiến bộ công nghệ sẽ giúp con người có cuộc sống hiện đại và đầy đủ tiện nghi hơn.

+ 10 công nghệ xây dựng nổi bật trong tương lai. Nhà 38m² xây trong một ngày nhờ in 3D. Công ty Apis Cor ở Nga xây xong ngôi nhà 38m² với đầy đủ cửa ra vào, cửa sổ, trần, sàn nhà và đường dây điện chỉ trong vòng một ngày nhờ công nghệ in 3D tự động hóa.

+ Chụp ảnh selfie bằng công nghệ 3D.

+ 7 công nghệ siêu hiện đại sẽ thành hiện thực vào năm 2030. Một số công nghệ hiện đại sẽ xuất hiện vào năm 2030 liên quan đến robot, cảm biến, công nghệ in 3D trong y học, Internet, điện thoại cấy dưới da, xe hơi, trí tuệ nhân tạo.

+ Dạy võ bằng công nghệ 3D kiểu Trung Quốc.

+ Máy bay không người lái nhỏ nhất thế giới: Máy bay không người lái nhỏ nhất thế giới Piccolissimo chỉ lớn bằng một đồng xu, có nguồn điện và hệ thống điều khiển riêng biệt.

+ Đại bàng Australia liên tiếp tung đòn diệt 9 máy bay không người lái.

+ Xây nhà bằng công nghệ in 3D không cần dùng gạch: Những ngôi nhà đầy đủ tiện nghi được xây dựng bằng công nghệ in 3D trong vòng hai tháng ở tỉnh Sơn Đông, Trung Quốc.

+ Nội tạng in 3D mang hy vọng cấy ghép giá rẻ.

+ Xây biệt thự hai tầng bằng máy in 3D trong 45 ngày: Một công ty ở Trung Quốc giới thiệu căn biệt thự hai tầng rộng lớn xây hoàn toàn bằng máy in 3D chỉ trong 45 ngày.

+ Dubai xây tòa văn phòng in 3D đầu tiên trên thế giới.

+ Robot xây nhà cao 200m trong một ngày: Một nhóm kỹ sư Iran đang phát triển robot có thể xây tòa nhà cao tới 200m chỉ trong vòng một ngày.

+ Chuyên gia cảnh báo thiếu niên quan hệ sớm vì robot tình dục.

+ Cuộc sống ở thành phố tương lai năm 2045.

Nhà tương lai học Ian Pearson với khả năng dự đoán chính xác lên đến 85% đưa ra nhiều ý kiến thú vị về cuộc sống đô thị của loài người sau 30 năm nữa.

+ Cuộc sống tại nơi nóng nhất trên Trái Đất.

+ Robot xinh đẹp như minh tinh Hollywood. Mang vẻ ngoài giống hệt nữ diễn viên nổi tiếng Scarlett Johansson, robot này được lập trình để nháy mắt mỗi khi nhận được lời khen xinh đẹp.

+ Nhà văn robot Nhật sáng tác truyện dự thi toàn quốc.

+ Công nghệ in 3D hỗ trợ bán trang sức trực tuyến. Khách hàng chỉ cần đưa hình ảnh đồ trang sức và chờ vài ngày để

máy in công nghệ 3D tái tạo ra phiên bản giống hệt.

+ Biểu diễn trên cây vĩ cầm in 3D đầu tiên: Nghệ sĩ Laurent Bernadac biểu diễn với cây vĩ cầm điện tử chế tạo bằng công nghệ in 3D tiên tiến nhất và thiết kế dựa theo chiếc đàn huyền thoại Stradivarius.

+ Robot in 3D biết biến hình và nhảy cao.

+ Tái tạo vĩ cầm huyền thoại bằng máy in 3D: Một công ty ở Pháp chế tạo thành công cây vĩ cầm điện tử bằng công nghệ in 3D dựa theo thiết kế của chiếc đàn huyền thoại Stradivarius.

+ Anh thiết kế chiến hạm trong suốt điều khiển từ xa: Hải quân Anh đang lên kế hoạch chế tạo một chiến hạm tương lai sở hữu mọi trang thiết bị tối tân nhất hiện nay.

+ Tàu ngầm “tàng hình” hoạt động bằng pin.

+ Bà mẹ xúc động khi được chạm vào mô hình thai nhi: Nhờ công nghệ in 3D và các tiến bộ y khoa mà bà mẹ trong video đã có thể “chạm” và cảm nhận hình dáng thai nhi đang ở trong bụng.

+ Xây cầu qua kênh Amsterdam bằng công nghệ in 3D: Các kỹ sư Hà Lan sẽ sử dụng robot in 3D để xây cầu bắc qua kênh đào Amsterdam năm 2017.

+ Dùng công nghệ 3D tái tạo bộ phận cơ thể người/Tách thành công cặp song sinh dính liền nhờ công nghệ in 3D.

+ Phát huy năng lực cạnh tranh với công nghệ in 3D. Đây là bước phát triển mới, đột phá trong công nghệ chế tạo các vật mẫu, hiện thực hóa những ý tưởng thiết kế tưởng chừng chỉ tồn tại trong suy nghĩ hay bản vẽ thiết kế trên giấy hoặc trên máy tính.

+ Công nghệ in 3D tại Việt Nam: Áp dụng từ ý tưởng nghiên cứu và sản xuất ra những

chiếc máy in 3D mang thương hiệu Việt, Công ty cổ phần 3DMaker đã cho ra đời hai dòng máy 3DMaker Starter và 3DMaker Pro230.

+ Bàn tay giả in 3D, giá 600.000 đồng. Cậu bé 8 tuổi ở Malaysia giờ đây có thể chơi đùa cùng bạn bè đồng trang lứa nhờ bàn tay giả được làm từ công nghệ in 3D.

+ Da nhân tạo cho cảm giác thật/ Ngón tay giả cho bé gái từ công nghệ in 3D.

+ Xây nhà nhờ máy in 3D. 10 ngôi nhà dựng bằng hệ thống in 3D được đưa vào sử dụng ở Thượng Hải, với vật liệu xây dựng có thể tái chế, chi phí thấp và thân thiện với môi trường.

+ Dựng 10 ngôi nhà trong một ngày bằng máy in 3D.

+ Ngón tay giả cho bé gái từ công nghệ in 3D: Một bé gái ở Mỹ, sinh ra đã không có ngón tay trên bàn tay trái, giờ đây có thể cầm nắm mọi vật bình thường nhờ các ngón tay giả làm từ công nghệ in 3D.

+ Dựng 10 ngôi nhà trong một ngày bằng máy in 3D/ Bàn chải đánh răng công nghệ 3D.

+ Chế tạo xe hơi bằng in 3D. EDAG Genesis không phải một chiếc xe thật sự, nhưng cho thấy công nghệ in 3D có thể làm được gì cho ngành công nghiệp ô tô.

+ Pin lithium-ion nhỏ bằng hạt cát tạo từ máy in 3D.

Các nhà khoa học đã chế tạo thành công pin siêu nhỏ bằng kỹ thuật 3D để ứng dụng trong các thiết bị điện tử nhỏ gọn, robot tí hon hay chip cấy vào cơ thể.

- Từ những năm 80 đến 1994, bắt đầu với bằng sáng chế về thiết bị tạo hình lập thể (Stereolithography Apparatus-SLA),

được thương mại hóa bởi Công ty 3D systems (Hoa Kỳ).

- Từ 1994-1997, thiết bị kỹ thuật và công nghệ RPM phát triển theo hướng ngày càng hoàn thiện cấu tạo, kỹ thuật, phương pháp của công nghệ này.

- Từ 1997 đến nay, công nghệ in 3D phát triển mạnh mẽ và được triển khai ở rất nhiều nước trên thế giới.

Với những thông tin trên, chắc chắn chúng ta sẽ được hưởng nhiều thành quả trong tương lai từ công nghệ in 3D.

Hiện nay, đã có 9 loại công nghệ in 3D cơ bản, gọi là in 3D công nghiệp [7].

Công nghệ FDM (Fused Deposition Modeling): Máy in 3D dùng công nghệ FDM xây dựng mẫu bằng cách đun nhựa nóng chảy rồi hóa rắn từng lớp tạo nên cấu trúc chi tiết dạng khối. Công nghệ này được sản xuất để thương mại hóa từ năm 1991. Với giá thành máy, vật liệu 3D rẻ nên công nghệ này đang là công nghệ in 3D phát triển mạnh nhất và số lượng thiết bị chiếm nhiều nhất ở Việt nam.

Công nghệ SLA (Stereolithography): Được phát triển bởi Chuck Hull đầu tiên năm 1983, công nghệ SLA thực tế là kỹ thuật dùng tia UV làm cứng từng lớp vật liệu in 3D là nhựa dạng lỏng, nhiều rất nhiều lớp như vậy sẽ tạo nên vật thể in 3D SLA. Lớp in SLA có thể đạt từ 0.06, 0.08, 0.1mm,...

Công nghệ DLP (Digital Light Processing): Công nghệ DLP được phát minh vào năm 1987 bởi Larry Hornbeck và trở nên phổ biến trong máy chiếu. DLP sử dụng một mạng lưới máy tính điều khiển, vi-gương, đặt ra trên một chip bán dẫn. Những gương nhỏ nghiêng qua lại. Khi một gương nghiêng, nó phản xạ ánh sáng, tạo ra

một pixel sáng. Khi gương nghiêng theo cách khác, các điểm ảnh tối. Công nghệ này được sử dụng trong máy chiếu phim, điện thoại di động, và cũng cho in ấn 3D.

Công nghệ SLS (Selective Laser Sintering): Công nghệ SLS vận hành tương tự SLA nhưng vật liệu ở dạng bột, thủy tinh,... có thể tạo lớp bằng vật liệu phụ trợ là keo chuyên dụng (có khi kèm màu sắc CMYK, RGB nếu in 3D đa sắc màu, hoặc tia laser, tia UV,...

Công nghệ SLM (Selective Laser Melting): Đây là công nghệ in 3D kim loại, sử dụng vật liệu dạng bột titan, bột nhôm, bột đồng, bột thép để làm vật liệu in 3D. Công nghệ SLM vận hành tương tự SLA, SLS nhưng sử dụng tia UV, tia laser cường độ lớn.

Công nghệ EBM (Electron Beam Melting): Ngược lại với SLM, kỹ thuật EBM sử dụng một chùm tia điện tử máy tính điều khiển dưới chân không để làm tan chảy hoàn toàn bột kim loại ở nhiệt độ cao lên đến 1000°C.

Công nghệ LOM (Laminated Object Manufacturing): LOM sử dụng lớp giấy, nhựa hoặc kim loại mỏng dính bọc, được hợp nhất dưới nhiệt và áp suất và định hình bằng cách cắt bằng tia laser máy tính kiểm soát hoặc dao.

Công nghệ BJ (Binder Jetting): Đây là công nghệ 3D được phát minh tại MIT. Nó được gọi là “in 3D in phun: Binder phun là một quá trình sản xuất chất phụ gia. Đây là loại máy in 3D sử dụng hai vật liệu: một loại bột (thường là thạch cao) và một chất kết dính giữa các lớp bột. Các chất kết dính được ép đùn ở dạng lỏng từ một đầu in.

Công nghệ MJ (Material Jetting/Wax Casting): Công nghệ phun chất liệu được tốt hơn được gọi là “đúc sáp”. Đó là một kỹ thuật được sử dụng bởi kim hoàn từ nhiều thế kỷ. Đúc sáp (hoặc đúc đầu tư) là một quá trình sản xuất mà chủ yếu là cho phép người ta tạo ra đồ trang sức tùy biến có chất lượng rất cao trong kim loại khác nhau.

3. KẾT LUẬN

Với công nghệ in 3D, có thể hiểu thời đại kỹ thuật số đã mang lại cho các công ty ở mọi quy mô cũng như các cá nhân, những phương tiện để thiết kế và sản xuất hàng hóa, sản phẩm với giá thành không quá đắt đỏ. Những công cụ này đang thay đổi vai trò của các nhà máy truyền thống.

Trong tương lai gần, công nghệ in 3D sẽ có thể in ra những sản phẩm dùng trong

gia đình, từ các loại đồ điện gia dụng đến giày dép. Con người sẽ có thể tự sản xuất ra một chiếc máy rửa bát được tùy biến dành riêng cho bạn.

Các chuyên gia trong ngành y tế đã đoán trước rằng công nghệ in 3D sẽ được ứng dụng mạnh mẽ sản xuất ra các cơ quan, bộ phận thay thế như là răng giả hay chân giả, hoặc sản xuất ra các loại thuốc. Theo Terry Wohlers, chủ tịch hãng Wohlers Associates một công ty chuyên tư vấn về công nghệ in 3D, công nghệ này rất hiệu quả khi sử dụng để sản xuất các loại hàng hóa có số lượng ít nhưng công dụng cao, như linh kiện máy bay hoặc các bộ phận giả để thay thế cho các bộ phận trên cơ thể con người [1], [2].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TTO-23/10/2017, *Trong lĩnh vực y khoa, công nghệ in 3D mang đến một "cuộc cách mạng" trong việc tạo ra các cơ quan, bào chế thuốc, sản xuất thiết bị y khoa...*
- [2] tamnhincongnghe.com
- [3] BMBF-Internetredaktion (2016), *Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – BMBF*, Bmbf.de. Truy cập ngày 30 tháng 11 năm 2016.
- [4] *Công nghệ in 3D làm nên nhiều điều "không tưởng"*, Clip: Marshable/YouTube
- [5] *Die Evolution zur Industrie 4.0 in der Produktion*, Last download on 14. April 2013
- [6] Heiner Lasi, Hans-Georg Kemper, Peter Fettke, Thomas Feld, Michael Hoffmann, *Industry 4.0. In: Business & Information Systems Engineering 4 (6)*, pp. 239-242
- [7] <http://in3dconghiep.com/tim-hieu-cong-nghe-in-3d.html>
- [8] Kagermann, H., W. Wahlster and J. Helbig, eds., (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*
- [9] Sangtao3d.com
- [10] Rose, Arnold M (1956), *Automation and the Future Society*, Commentary 21.

Ngày nhận bài: 15-4-2018. Ngày biên tập xong: 20-4-2018. Duyệt đăng: 19-5-2018.