

# NGHIÊN CỨU CÁC THÔNG SỐ LÀM VIỆC ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC SẢN PHẨM CỦA MÁY IN 3D HAI ĐẦU PHUN THEO CÔNG NGHỆ FDM

Đoàn Yên Thế<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Trong bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo máy in 3D hai đầu phun và nghiên cứu về sự ảnh hưởng của các thông số làm việc như: độ dày lớp in, tốc độ in và độ điền đầy ảnh hưởng đến độ chính xác cũng như chất lượng bề mặt của chi tiết in 3D. Phương pháp thực nghiệm Taguchi được sử dụng để thiết kế thí nghiệm và đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng thông số đó đến độ chính xác chi tiết mẫu in 3D.

**Từ khoá:** Máy in 3D, FDM, Taguchi, độ dày lớp in, tốc độ in.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều công nghệ in 3D khác nhau ứng dụng trong các ngành công nghiệp. Các loại máy in 3D sẽ tạo ra các sản phẩm in 3D với vật liệu khác nhau như: nhựa, kim loại, composite. Các loại máy in 3D chủ yếu sử dụng trong ngành công nghiệp thiết kế các sản phẩm mẫu và phục vụ công tác đào tạo nghiên cứu của các trường học. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế máy in 3D hai đầu phun công nghệ FDM sử dụng mã nguồn mở, dễ tiếp cận phù hợp để nghiên cứu phát triển sản phẩm với linh kiện dễ tìm kiếm và giá thành hợp lý.

Hiện nay những loại máy in 3D được chế tạo ở Việt Nam còn một số hạn chế như bị giới hạn kích thước sản phẩm in, độ chính xác và chất lượng bề mặt còn thấp, và độ tin cậy của máy chưa cao. Trong báo cáo này tác giả trình bày nghiên cứu thiết kế chế tạo máy in 3D hai đầu phun có thể in vật thể 3D đạt được kích thước 280 x 280 x 300 (mm) với yêu cầu máy in 3D làm việc có độ tin cậy cao. Mặt khác, chất lượng sản phẩm in 3D được cải thiện như nâng cao độ chính xác kích thước và chất lượng bề mặt.

Để nâng cao độ chính xác sản phẩm của máy in 3D hai đầu phun công nghệ FDM sau khi đã thiết kế chế tạo thì cần phải đánh giá độ chính xác của sản

phẩm in. Trong bài báo này tác giả đã ứng dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi để đánh giá các thông số làm việc ảnh hưởng đến độ chính xác kích thước sản phẩm in 3D. Sự phụ thuộc của các thông số làm việc như: độ dày lớp in, tốc độ in và độ điền đầy ảnh hưởng đến độ chính xác cũng như chất lượng bề mặt của chi tiết được nghiên cứu. Từ kết quả nghiên cứu này cung cấp những cơ sở cho việc lựa chọn các thông số phù hợp trong quá trình in sản phẩm để đạt được độ chính xác theo yêu cầu.

## 2. MÔ HÌNH THIẾT KẾ MÁY IN 3D HAI ĐẦU PHUN THEO CÔNG NGHỆ FDM

### 2.1. Thiết kế mô hình máy in 3D

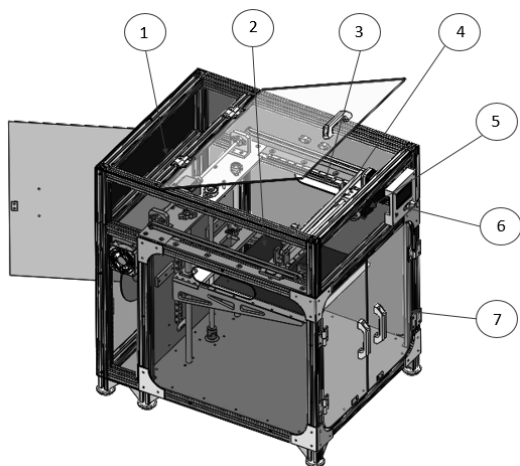
Dựa theo yêu cầu làm việc và không gian làm việc của máy in 3D hai đầu phun công nghệ FDM, phương án thiết kế kết cấu máy in 3D được mô tả như **Hình 1**. Các bộ phận chính của máy gồm: (1) tủ điện, (2) cụm trục Z và bàn máy, (3) cụm trục Y, (4) cụm trục X, (5) cụm đầu phun, (6) màn hình điều khiển, (7) khung máy.

#### 2.1.1. Cụm trục X

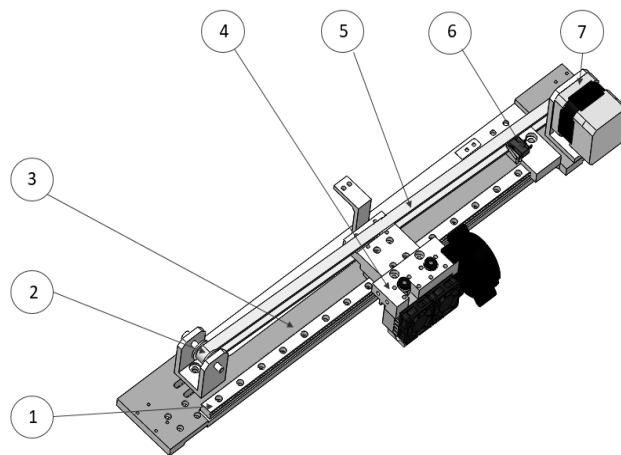
Cụm trục X có nhiệm vụ là điều khiển máy tịnh tiến theo phương X và đỡ đầu phun. Phương án thiết kế cụm trục X được đưa ra như **Hình 2**. Kết cấu chính cụm trục X gồm: (1) ray trượt, (2) puli căng đai GT2, (3) Tầm đỡ cơ cấu trục X, (4) cụm đầu phun, (5) dây đai GT2 bản 10mm, (6) cảm biến hành trình, (7) motor step dẫn động.

---

<sup>1</sup> Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi



Hình 1. Mô hình tổng thể của máy



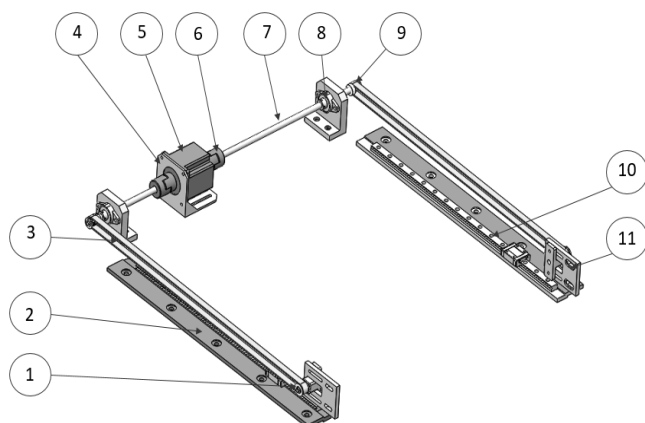
Hình 2. Cụm trục X

### 2.1.2. Cụm trục Y

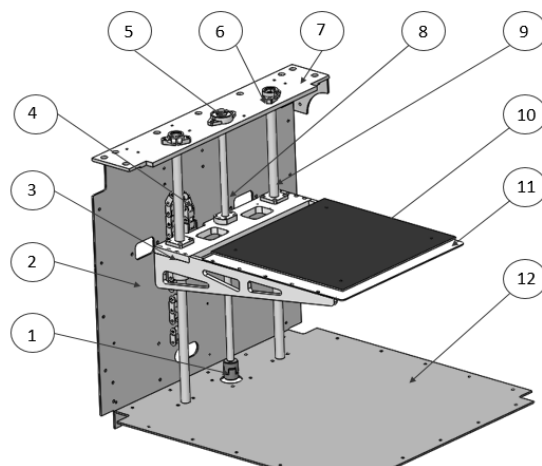
Cụm trục Y là điều khiển máy tịnh tiến theo phương Y và đỡ cụm trục X, cụm trục Z. Phương án thiết kế cụm trục Y được đưa ra như **Hình 3**. Kết cấu chính của cụm trục Y gồm: (1) puly GT2 20 răng, (2) gá đỡ ray

trượt, (3) dây đai GT2 bán 10mm, (4) gá động cơ, (5) động cơ step motor 57 dẫn động trục y, (6) Khớp nối, (7) trục dẫn động, (8) gối đỡ ổ, (9) Puly dẫn động GT2 20 răng, (10) Ray trượt vuông 12, (11) Cơ cấu căng đai

### 2.1.3. Cụm trục Z



Hình 3. Cụm trục Y



Hình 4. Cụm trục Z

Cụm trục Z là điều khiển máy tịnh tiến theo phương Z và đỡ bàn máy. Phương án thiết kế cụm trục Z được đưa ra như **Hình 4**. Kết cấu chính của cụm trục Z gồm: (1) Khớp nối mềm và động cơ, (2) tấm sau, (3) tấm đỡ bàn công xôn, (4) xích nhựa đi dây điện, (5) Gối đỡ trục, (6) kẹp trục, (7) tấm đỡ

trên, (8) vít me đai ốc bi 12mm, (9) thanh trượt con trượt bi 16mm, (10) bàn gia nhiệt, (11) đỡ bàn gia nhiệt, (12) tấm đỡ dưới.

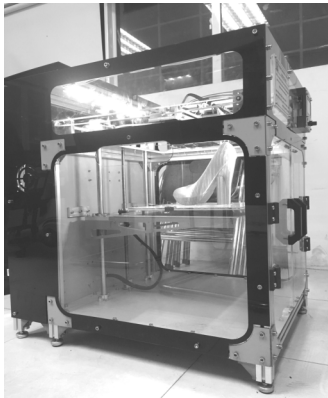
Các thông số kỹ thuật chính của máy in 3D như được mô tả trong **Bảng 1**.

**Bảng 1. Các thông số kỹ thuật máy in 3D**

Đặc tính kỹ thuật	Thông số
Kích thước máy (mm)	540 x 700 x 730
Hành trình máy (mm)	280x280x300

Đặc tính kỹ thuật	Thông số
Động cơ bước trục X và bộ tời nhựa	NEMA 17(42) 34mm 1.2A
Đầu phun nhựa	Công suất 40 W
Khả năng gia công	In 3D các chi tiết phức tạp và in 2 màu
Vật liệu in	Nhựa ABS hoặc PLA
Đường kính đùn tối đa	0.4 mm
Động cơ bước trục Y và trục Z	NEMA 57 3A

## 2.2. Máy in 3D được chế tạo và chạy thử nghiệm



Hình 5. Máy in 3D hai đầu phun được chế tạo và chạy thử nghiệm



Hình 6. Một số sản phẩm in 3D của máy in 3D hai đầu phun

## 3. ĐÁNH GIÁ THÔNG SỐ LÀM VIỆC ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA SẢN PHẨM IN 3D

### 3.1. Xác định các thông số thực nghiệm

Độ chính xác của các sản phẩm in 3D phụ thuộc rất nhiều vào các thông số như kết cấu của máy và các thông số điều khiển trong quá trình làm việc. Để nâng cao chất lượng sản phẩm in 3D cần nghiên cứu các thông số làm việc ảnh hưởng đến độ chính xác của sản phẩm. Theo kết quả nghiên cứu (Omar A. Mohamed, et al 2014) cho thấy sai lệch về kích thước của sản phẩm in 3D phụ thuộc vào chiều dày lớp in, khoảng cách giữa các khoảng hở, chiều cao mỗi lớp. Theo (Nancharaiyah T, 2011) chỉ ra rằng bề

dày lớp và bề rộng đường đùn ảnh hưởng nhiều đến chất lượng sản phẩm về độ chính xác kích thước và độ nhám bề mặt. Phương pháp thực nghiệm Taguchi được sử dụng để thiết kế thí nghiệm và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số làm việc (Sood AK, Ohdar R, Mahapatra S, 2009), cho thấy bề dày lớp, tốc độ in và độ điện đầy ảnh hưởng đến độ chính xác cũng như chất lượng bề mặt của chi tiết.

Từ những kết quả nghiên cứu trên và kinh nghiệm trong quá trình chạy thử nghiệm máy in 3D và khả năng làm việc của máy, trong nghiên cứu này sẽ tập trung phân tích, đánh giá ba thông số làm việc: tốc độ in (V), chiều cao mỗi lớp in (H), bề rộng đường đùn (W) thay đổi với ba mức như Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số thực nghiệm đánh giá độ chính xác sản phẩm in 3D

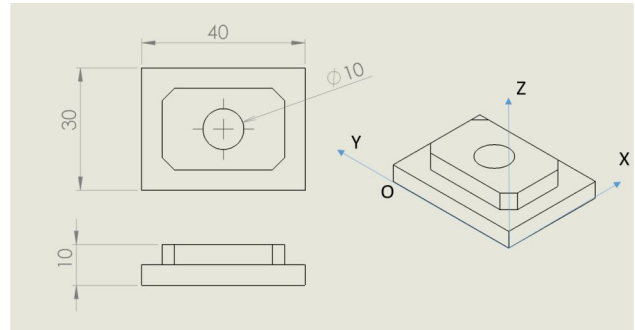
Thông số làm việc	Ký hiệu	Giá trị thí nghiệm			Đơn vị
		Mức 1	Mức 2	Mức 3	
Tốc độ in	V	40	50	60	mm/s
Chiều cao mỗi lớp in	H	0.15	0.2	0.25	mm
Bề rộng đường đùn	W	0.3	0.4	0.5	mm

### 3.2. Thiết kế mẫu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, thiết kế thí nghiệm L9 (Bảng 3) với ba thông số và ba cấp độ thay đổi được lựa chọn để tiến hành thí nghiệm. Mẫu thí nghiệm Hình 7 được thiết kế với các kích thước cơ bản của sản phẩm in 3D gồm: chiều dài, chiều rộng, chiều cao và kích thước lỗ tròn. Các kích thước này được đo và đánh giá trên mỗi mẫu. Mẫu in được thiết kế bằng phần mềm Solidwork 2016 và lưu file ở định dạng \*.STL sau đó được đưa vào phần mềm cắt lớp Repitier Host để cài đặt thông số. Cuối cùng xuất file sang định dạng Gcode và nạp trực tiếp vào máy in FDM. Mẫu in 3D được in bằng vật liệu nhựa PLA.

Để kiểm tra kích thước ta dùng Panme điện tử có độ chia nhỏ nhất là 0.001 và để đo kích thước dài và thước cặp để đo đường kính lỗ. Giá trị sai lệch của các kích thước được ghi vào Bảng 3. Để xây dựng

mô hình thực nghiệm đánh giá các thông số làm việc ảnh hưởng đến độ chính xác của sản phẩm in 3D, thí nghiệm được tiến hành dựa trên phương pháp Taguchi. Và được xử lý tính toán bằng phần mềm Minitab 2016.



Hình 7. Mẫu thiết kế thí nghiệm

Bảng 3. Thiết kế trực giao L9 theo phương pháp Taguchi

STT	Mức			X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	D (mm)
	V	H	W				
1	1	1	1	29.976	39.891	9.969	9.8
2	1	2	2	29.891	39.849	9.974	9.88
3	1	3	3	29.96	39.92	9.919	9.9
4	2	1	2	29.929	39.82	10.028	9.86
5	2	2	3	29.957	39.848	9.957	9.88
6	2	3	1	29.911	39.923	9.924	9.78
7	3	1	3	29.982	39.87	10.138	9.78
8	3	2	1	29.926	39.808	10.026	9.76
9	3	3	2	29.959	40.02	9.864	9.78

### 3.3. Kết quả và thảo luận

Bảng 4, 5, 6, 7 thể hiện giá trị độ nhiễu trung bình cho từng thông số và mức độ đánh giá tương ứng với mức độ ảnh hưởng của các thông số đối với kích thước theo trục X, Y, Z, kích thước lỗ D. Từ đó tính được phạm vi Delta = Cao SN – Thấp SN của mỗi thông số. Đối với một thông số giá trị Delta càng lớn thì mức độ ảnh hưởng của nó càng nhiều. Từ đó ta xếp hạng được mức độ ảnh hưởng của từng

thông số. Kết quả của các bảng trên được đưa ra bằng phần mềm Minitab 2016.

Hình 8, 9, 10, 11 cho thấy mức độ ảnh hưởng của các thông số qua độ dốc của đồ thị tương ứng với ảnh hưởng của các thông số đến kích thước theo trục X, Y, Z, kích thước lỗ D. Kết quả của hình trên được đưa ra từ phân tích tín hiệu nhiễu S/N bằng phần mềm Minitab 2016.

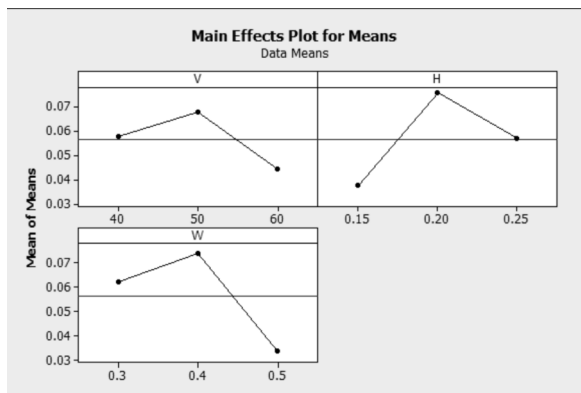
Bảng 4. Mức độ ảnh hưởng của các thông số đối với kích thước theo trục X

Level	V	H	W
1	26.54	30.09	25.34

Bảng 5. Mức độ ảnh hưởng của các thông số đối với kích thước theo trục Y

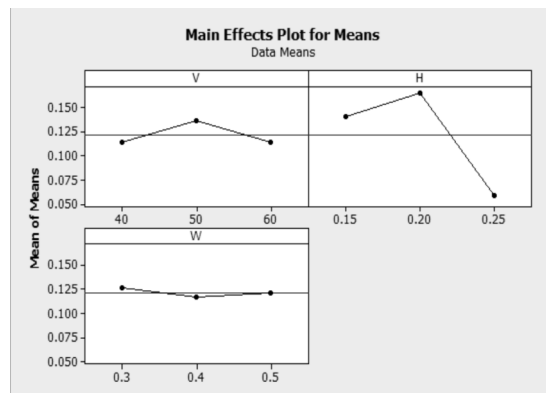
Level	V	H	W
1	19.02	17.29	18.62

Level	V	H	W
2	23.77	23.07	23.32
3	28.42	25.57	30.06
Delta	4.65	7.02	6.74
Rank	3	1	2



Hình 8. Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước theo trục X

Level	V	H	W
2	17.84	15.71	21.76
3	22.01	26.06	18.67
Delta	4.17	10.36	3.15
Rank	2	1	3



Hình 9. Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước theo trục Y

Từ giá trị **Bảng 4** và kết quả thể hiện trên **Hình 8** nhận được bộ thông số làm việc phù hợp để giảm sai lệch kích thước theo trục Z như sau: V = 60 m/s; H = 0.15 mm, W = 0.5 mm;

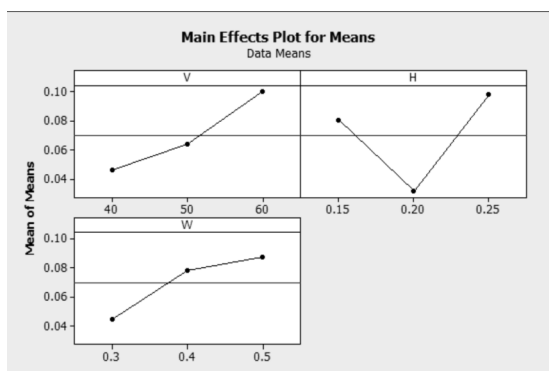
Từ giá trị **Bảng 5** và kết quả thể hiện trên **Hình 9** nhận được bộ thông số làm việc phù hợp để giảm sai

lệch kích thước theo trục Y như sau: V = 40 m/s; H = 0.25 mm, W = 0.4 mm;

Từ giá trị **Bảng 6** và kết quả thể hiện trên **Hình 10** nhận được bộ thông số làm việc phù hợp để giảm sai lệch kích thước theo trục Z như sau: V = 40 m/s; H = 0.2 mm; W = 0.3mm;

**Bảng 6. Mức độ ảnh hưởng của các thông số đối với kích thước theo trục Z**

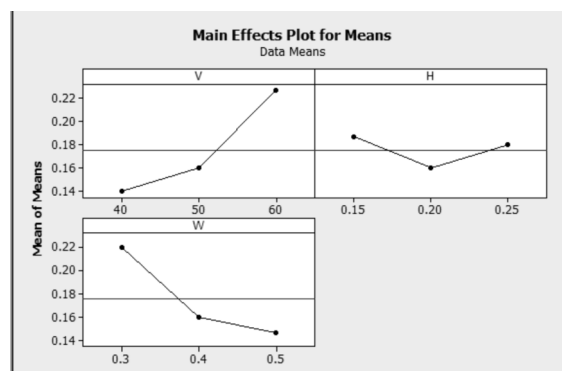
Level	V	H	W
1	27.90	23.41	28.09
2	24.19	30.24	23.96
3	22.08	20.51	22.12
Delta	5.82	9.73	5.96
Rank	3	1	2



Hình 10. Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước theo trục Z

**Bảng 7. Mức độ ảnh hưởng của các thông số đối với kích thước D**

Level	V	H	W
1	17.47	14.74	13.18
2	16.22	16.41	16.22
3	12.90	15.43	17.19
Delta	4.57	1.65	4.01
Rank	1	3	2



Hình 11. Ảnh hưởng của các thông số đến kích thước đường kính D

Từ giá trị **Bảng 7** và kết quả thể hiện trên **Hình 11** nhận được bộ thông số làm việc để giảm sai lệch kích thước đường kính lỗ như sau:  $V = 40$  m/s;  $H = 0.2$  mm,  $W = 0.5$ mm;

Từ **Bảng 4, 5, 6, 7** ta đánh giá được chiều cao mỗi lớp in ( $H$ ) là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến độ chính xác kích thước của sản phẩm in 3D và vận tốc ( $V$ ) là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến độ chính xác của đường kính lỗ.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm máy in 3D hai đầu phun theo công nghệ FDM đã đạt được các yêu cầu về thông số kỹ thuật so với thiết kế. Các sản phẩm thử nghiệm được in từ máy in 3D đã đạt yêu cầu về chất lượng sản phẩm như độ nhẵn bề mặt và sai số kích thước đáp ứng được yêu cầu so với thiết

kế. Các sai số của kích thước cho phép là tương đối nhỏ có thể đạt được 0.05 (mm). Máy in 3D 2 đầu phun được chế tạo sử dụng tốt cho việc nghiên cứu, đào tạo ở các trường đại học, cao đẳng, trung cấp nghề..

Trong bài báo này đã trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng thông số làm việc như của máy in như tốc độ in ( $V$ ), chiều cao mỗi lớp in ( $H$ ), bề rộng đường đùn ( $W$ ) đến độ chính xác kích thước sản phẩm in 3D của máy in 2 đầu phun. Kết quả nghiên cứu đã sử dụng phương pháp Taguchi để phân tích và đánh giá các thông số làm việc và đưa ra bộ thông số phù hợp để nâng cao độ chính xác cho các sản phẩm in 3D. Các kết quả nghiên cứu này rất có ý nghĩa về mặt khoa học giúp các nhà thiết kế không ngừng cải tiến để nâng cao chất lượng sản phẩm in 3D và độ tin cậy của các máy in 3D.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nancharaiah T, (2011), *Optimization of process parameters in FDM process using design of experiments*, Int J Emerg Technol 2(1): 100-102.
- Omar A. Mohamed, Syed H. Masood, Jahar L. Bhowmik, (2014), *Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects*.
- PGS. TS. Nguyễn Trọng Hùng, TS. Phùng Xuân Sơn, (2016) *Giáo trình thiết kế thực nghiệm trong chế tạo máy*. NXB Xây dựng.
- Sood AK, Ohdar R, Mahapatra S, (2009), *Improving dimensional accuracy of fused deposition modeling processed part using grey Taguchi method*, Mater Des 30(10): 4243-4252

### Abstract:

#### RESEARCH ON PARAMETERS AFFECTING THE ACCURACY OF 3D PRINTER PRODUCTS BY FDM TECHNOLOGY

*The paper presents the research results on designing and manufacturing two-nozzle 3D printers and shows the results of the influencing parameters such as printing thickness, printing speed and filling rate affecting the accuracy as well as surface quality of 3D printing products. Taguchi's experimental method is used to design experiments and evaluate the effect of these parameters on the accuracy of 3D printing products.*

**Keywords:** 3D printing machine, FDM, thickness, printing speed and filling rate.

---

Ngày nhận bài: 01/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 30/8/2019