



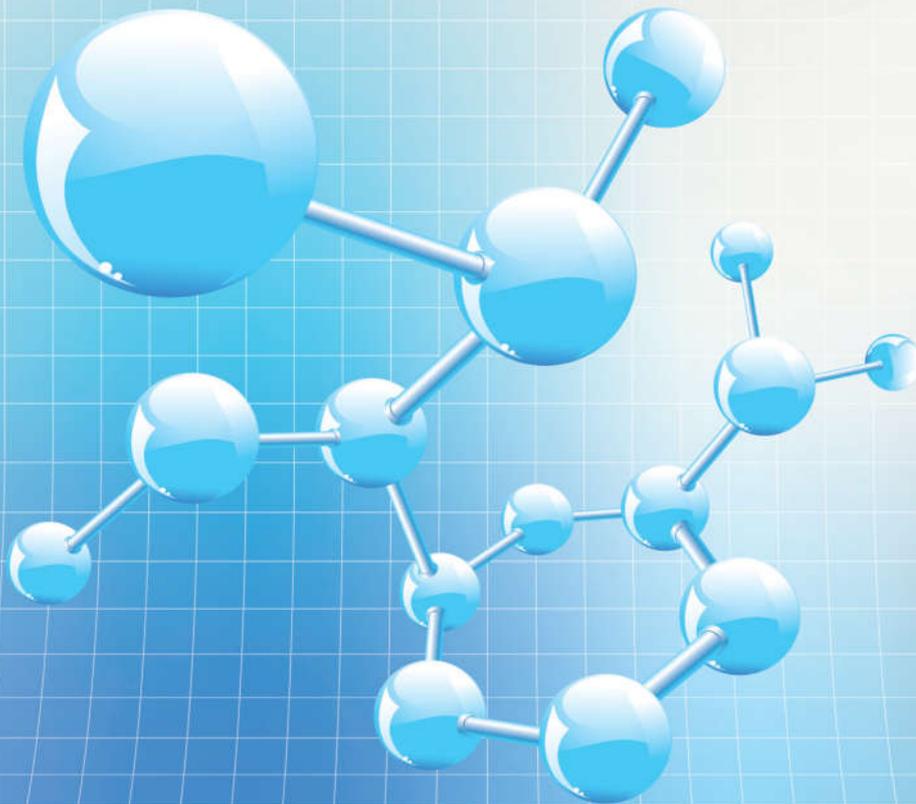
**Tạp chí**

# **NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

**P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X**



**Số 3 (86)**  
**2024**

**P. ISSN 1859-4190**  
**E. ISSN 2815-553X**

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

**TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng**

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Khang

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

**Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman**

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Banh Tien Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

**Địa chỉ Tòa soạn:**

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- Nghiên cứu bài toán nâng cao hiệu quả năng lượng của hệ thống thông tin không dây với sự hỗ trợ bề mặt phản xạ thông minh 5 Nguyễn Đỗ Dũng  
Đào Minh Hưng  
Nguyễn Văn Hào  
Nguyễn Trọng Các
- Định dạng theo hình dạng chữ L và bám các mục tiêu trên mặt nước dựa trên hình ảnh Lidar 3D 14 Nguyễn Phương Lâm  
Nguyễn Trọng Các
- Ứng dụng ResNet-50 trong phát hiện lỗi bề mặt chi tiết sản phẩm cơ khí 19 Nguyễn Đức Minh  
Vũ Thị Lệ Hằng  
Đỗ Văn Đỉnh  
Phạm Văn Nam
- Phương pháp phát hiện hư hại vết lõm trên đường ray sử dụng mô hình Yolov8 25 Nguyễn Phương Ty  
Lương Thị Thanh Xuân  
Nguyễn Thị Tâm  
Dương Thị Hoa  
Nguyễn Thị Việt Hương  
Hà Minh Tuấn
- Mô hình hóa pin xe điện và so sánh hiệu suất sạc/xả điện cho các loại pin 31 Tạ Thị Mai

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc cắt và lượng chạy dao đến độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm 7075-T6 38 Mạc Văn Giang
- Phương pháp ghép nối các tấm thép silicon trong stator của động cơ điện - Phần 2 45 Nguyễn Thanh Tùng  
Ngô Hữu Mạnh  
Trịnh Văn Cường  
Mạc Thị Nguyên
- Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm trong quá trình dập tạo hình đa điểm 53 Trần Hải Đăng  
Nguyễn Thị Thu
- Nghiên cứu ảnh hưởng của động học đến trạng thái ứng suất khi miết ép 58 Nguyễn Văn Hình  
Nguyễn Đức Hải  
Nguyễn Thị Liễu  
Nguyễn Hữu Chấn  
Dương Thị Hà

#### LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu sự thay đổi kích thước của vải dệt kim Rib 1:1 từ sợi cotton, sợi len lông cừu sau quá trình là hơi 62 Nguyễn Thị Hiền  
Phạm Thị Kim Phúc

#### NGÀNH KINH TẾ

Công tác quản lý thuế đối với các doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn tỉnh Hải Dương 69 Đinh Thị Kim Thiết

Nghiên cứu giải pháp phát triển mô hình dịch vụ du lịch nông thôn tại tỉnh Hải Dương 75 Vũ Thị Hương

Thực trạng ứng dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong các khu công nghiệp Việt Nam 81 Nguyễn Thị Thủy

Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong lĩnh vực kế toán tại các doanh nghiệp Việt Nam: Thực trạng và giải pháp 87 Vũ Thị Lý  
Nguyễn Thị Quỳnh

#### NGÀNH TOÁN HỌC

Tích chập của phép biến đổi Fourier và Laplace với hàm trọng trong không gian  $L_1(\mathbb{R}_+)$  94 Nguyễn Kiều Hiền

#### NGÀNH KHOA HỌC GIÁO DỤC

Thực trạng và định hướng vận dụng một số phương pháp giảng dạy học phần Tư tưởng Hồ Chí Minh gắn với giá trị cốt lõi của Trường Đại học Sao Đỏ 99 Nguyễn Mạnh Tường  
Trần Thị Hồng Nhung

#### LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

Sự lãnh đạo của Đảng bộ tỉnh Hải Dương về công tác giáo dục chính trị, tư tưởng hiện nay 106 Vũ Văn Đông

Tấm gương tự học của Chủ tịch Hồ Chí Minh và việc tự học của sinh viên Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay 112 Nguyễn Mạnh Tường

Lý luận của chủ nghĩa Mác-Lênin về sở hữu và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam hiện nay 117 Trần Thị Hồng Nhung  
Nguyễn Mạnh Tường

Tư tưởng của Lênin về công đoàn và sự vận dụng ở Việt Nam 123 Vũ Văn Chương  
Phạm Văn Dự  
Nguyễn Minh Loan

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

- Research on improving energy efficiency in intelligent reflective surface-assisted wireless communication systems 5 Nguyen Do Dung  
Dao Minh Hung  
Nguyen Van Hao  
Nguyen Trong Cac
- L-shape fitting based object detection and surface water target tracking using 3D Lidar 14 Nguyen Phuong Lam  
Nguyen Trong Cac
- Application of Resnet-50 in detecting surface defects of mechanical product details 19 Nguyen Duc Minh  
Vu Thi Le Hang  
Do Van Dinh  
Pham Van Nam
- Squat defect detection method for railway using Yolov8 model 25 Nguyen Phuong Ty  
Luong Thi Thanh Xuan  
Nguyen Thi Tam  
Duong Thi Hoa  
Nguyen Thi Viet Huong  
Ha Minh Tuan
- Modeling of electric vehicle battery and performance comparisons on charging/discharging of selected types of battery 31 Ta Thi Mai

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

- Study on the effect of cutting speed and feed rate on surface roughness in milling of aluminum alloy 7075-T6 38 Mac Van Giang
- Jointing of the silicon sheets steel in stator of the electric motors - Part 2 45 Nguyen Thanh Tung  
Ngo Huu Manh  
Trinh Van Cuong  
Mac Thi Nguyen
- Research of some factors affecting product quality in incremental forming 53 Tran Hai Dang  
Nguyen Thi Thu
- Research on the influence of kinematics on the stress state in smoothing process 58 Nguyen Van Hinh  
Nguyen Duc Hai  
Nguyen Thi Lieu  
Nguyen Huu Chan  
Duong Thi Ha

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

Research on the dimensional change of 1:1 Rib knitted fabric from cotton and wool yarn after steam ironing proces 62 Nguyen Thi Hien  
Pham Thi Kim Phuc

**TITLE FOR ECONOMICS**

Tax management for construction enterprises in hai duong province 69 Dinh Thi Kim Thiet

Research on the development orientation of rural tourism service model in Hai Duong province 75 Vu Thi Huong

Current status of applying circular economic model in industrial parks in Vietnam 81 Nguyen Thi Thuy

Application of artificial intelligence (AI) in the field of accounting in Vietnamese enterprises: Current situation and solutions 87 Vu Thi Ly  
Nguyen Thi Quynh

**NTITLE FOR MATHEMATICS**

Convolution of the Fourier trans form and the Laplace with a weight function in the space  $L_1(\mathbb{R}_+)$  94 Nguyen Kieu Hien

**TITLE FOR EDUCATION SCIENCE**

Current situation and orientation of applying teaching methods of Ho Chi Minh Thought subject associated with core values of Sao Do University 99 Nguyen Manh Tuong  
Tran Thi Hong Nhung

**TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE**

The leadership of the Hai Duong provincial Party Committee on the current work of political and ideological education 106 Vu Van Dong

Ho Chi Minh's self-study example and the self-study of Sao Do University students today 112 Nguyen Manh Tuong

The theory of Marxism-Leninism on ownership and its application by the Communist Party of Vietnam today 117 Tran Thi Hong Nhung  
Nguyen Manh Tuong

Lenin's thoughts on trade unions and their application in Vietnam 123 Vu Van Chuong  
Pham Van Du  
Nguyen Minh Loan

# Study on the effect of cutting speed and feed rate on surface roughness in milling of aluminum alloy 7075-T6

## Nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc cắt và lượng chạy dao đến độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm 7075-T6

Mac Van Giang

Corresponding Author: macvngiang@gmail.com

Sao Do University

Date received: 14/12/2023

Date revised after review: 14/6/2024

Date accepted for publication: 30/9/2024

### Abstract

In the manufacturing industry, aluminum alloy 7075-T6 is increasingly popular due to its high strength, excellent stress resistance and lightweight properties. To achieve precise and efficient machining, optimizing cutting parameters is crucial. iMachining technology, with its ability to optimize tool paths and intelligently adjust cutting speed and feed rate, has introduced a new approach to milling aluminum alloy 7075-T6 on CNC milling machines. This paper investigates the effect of cutting speed and feed rate on surface roughness during the milling of aluminum alloy 7075-T6. By utilizing iMachining technology in SolidCAM software, cutting parameters are automatically optimized through the "Controlled Step Over" algorithm. Practical experiments on the Xmill-M900 CNC milling machine were conducted to determine and analyze surface roughness. Through these experiments, a regression equation was established to evaluate the impact of cutting speed and feed rate on surface roughness. The optimal cutting speed was determined to be 72m/min, and the feed rate was 313mm/min, achieving a minimum surface roughness of 0.27 $\mu$ m. Experimental results confirmed the accuracy of the regression model, with actual surface roughness achieving 92.6% of the predicted value. These findings serve as a reference for cutting parameter optimization in CNC milling of aluminum alloys.

**Keywords:** Aluminum Alloy; iMachining; milling; optimization; cutting conditions; surface roughness.

### Tóm tắt

Trong ngành công nghiệp chế tạo máy, hợp kim nhôm 7075-T6 ngày càng phổ biến nhờ độ bền cao, khả năng chịu lực tốt và trọng lượng nhẹ. Để gia công chính xác và hiệu quả, việc tối ưu hóa chế độ cắt là rất quan trọng. Công nghệ iMachining với khả năng tối ưu hóa đường chạy dao và điều chỉnh vận tốc cắt và lượng chạy dao thông minh đã mở ra hướng tiếp cận mới trong việc phay hợp kim nhôm 7075-T6 trên máy phay CNC. Bài viết này nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc cắt và lượng chạy dao đến độ nhám bề mặt khi phay hợp kim nhôm 7075-T6. Sử dụng công nghệ iMachining trong phần mềm SolidCAM, các thông số cắt được tối ưu hóa tự động qua thuật toán "Controlled Step Over". Thí nghiệm thực tế trên máy phay CNC Xmill-M900 được thực hiện để xác định và phân tích độ nhám bề mặt. Qua các thí nghiệm, phương trình hồi quy được thiết lập để đánh giá tác động của vận tốc cắt và lượng chạy dao đến độ nhám bề mặt. Thông số vận tốc cắt tối ưu là 72m/phút và lượng chạy dao là 313mm/phút, đạt độ nhám bề mặt thấp nhất là 0.27 $\mu$ m. Kết quả thí nghiệm xác nhận độ chính xác của mô hình hồi quy với độ nhám bề mặt thực tế đạt 92,6% so với giá trị dự đoán làm cơ sở cho việc tham khảo chế độ cắt khi gia công hợp kim nhôm trên máy phay CNC.

**Từ khóa:** Hợp kim nhôm; gia công thông minh; phay; tối ưu hóa; chế độ cắt, nhám bề mặt.

### 1. INTRODUCTION

The iMachining module in the SolidCAM software utilizes the intelligent algorithm "Controlled Step Over" from DKSH Technology, Israel. This technology is patented by the SolidCAM software company [1]. The iMachining module employs advanced technology in

CNC (Computer Numerical Control) programming optimization. iMachining allows for the automatic programming of toolpath based on input parameters such as material pairings, cutting tools, and machining levels [2]. This minimizes machining time by limiting the non-cutting toolpath to a maximum, extends the tool life through automated cutting mode calculations, ensures high machining accuracy and significantly reduces cutting forces. This technology also permits machining with a cutting depth of up to 90% of the

Reviewers: 1. Assoc.Prof.Dr. Tran Quoc Ve  
2. Dr. Vu Van Tan

cutting tool length and reduces heat generation during the machining process.

Several scientific articles related to the use of the iMachining module in the SolidCAM software for CNC programming are as follows:

Article [3] investigates and applies the iMachining module in the SolidCAM software for programming cylindrical gear machining details. The entire machining program and cutting parameters are set up automatically and the machining program is generated in the form of G-code, which is used on CNC machines in practice.

Article [4] studies the SolidCAM iMachining technology for machining AISI 304 (SUS 304) steel on a 5-axis CNC milling machine, DMU60 MonoBLOCK. Cutting tools with diameters of 4mm and 16mm, coated with AlTiN, were used. The research results indicate that the tool life when machining with a program programmed using the iMachining module in the SolidCAM software reached up to 1000 minutes and increased by approximately 70% compared to programming with other software.

Aluminum alloy 7075-T6 possesses numerous advantages, including high hardness (approximately 150HB), excellent heat resistance, corrosion resistance, good mechanical properties, lightweight characteristics, and favorable cutting and shaping properties. Therefore, aluminum alloy 7075-T6 is widely used in various fields such as aerospace, military industry, automobile manufacturing, maritime industry, sports and entertainment production, energy industry, aerospace, mechanical engineering and machinery manufacturing. According to [5], the physical properties of aluminum alloy 7075-T6 are presented in Table 1.

Table 1. Physical Properties of Aluminum Alloy 7075-T6 [5]

Physical Quantity	Unit	Value
Density	kg/mm <sup>3</sup>	2,81.10 <sup>-6</sup>
Young's Modulus	GPa	71,7
Poisson's Ratio		0,33
Yield Strength	MPa	145
Ultimate tensile strength	MPa	276
Thermal Conductivity	W/(mmC)	0,173
Thermal Expansion Coefficient	/C	2,34.10 <sup>-5</sup>
Specific Heat	J/(kg C)	960

In relation to the cutting conditions during the machining of aluminum alloy 7075-T6, article [6] conducted research on the response surface regression method and a genetic algorithm was used to determine the optimal cutting conditions to minimize cutting forces during the machining of aluminum alloy 7075-T6. The research results evaluated the influence of cutting speed on cutting forces, with the largest impact, followed by the influence of feed rate and, ultimately, the

effect of cutting depth on cutting forces. Experimental results identified the optimal cutting parameters to ensure minimal cutting forces: Cutting speed  $V_c = 190$  (m/minute), tooth feed rate  $F_z = 0.09$  (mm/tooth), and cutting depth  $a_p = 1.5\div 2.5$ mm.

Surface roughness is one of the decisive factors affecting the quality of mechanical products. When machining metals in general, and aluminum alloy 7075-T6 in particular, they are both influenced by cutting conditions. However, there is currently no research work on the impact of cutting conditions during machining; therefore, this article helps address the issue mentioned above.

## 2. EXPERIMENTAL CONDITIONS

### 2.1. Experimental equipment

- The CNC milling machine Xmill - M900 from Fanuc has the following basic specifications:
  - + Axis travel: X/Y/Z = 1000/500/800mm.
  - + Main spindle speed: 10,000 RPM.
  - + Main spindle power: 7.5 kW.
  - + Number of tool stations: 24.
  - + Maximum cutting speed: 12,000mm/minute.
- The Mitutoyo SJ-201P surface roughness measuring machine.
- Measuring tools used for the workpiece setup process, such as Mitutoyo dial indicators with a precision of 1/100 and Mitutoyo height gauges with a precision of 1/100.

### 2.2. Cutting tools, workpiece and coolant conditions

Cutting tool: In the experiment, a single HSS (High-Speed Steel) end mill with a diameter of  $d=6$ mm from ZCC.CT was used, featuring  $Z=3$  cutting edges, a helix angle of  $\beta=55^\circ$ , a tool length of  $L=60$ mm, and a cutting length of  $L_1=18$ mm.

Workpiece: Aluminum alloy 7075-T6 with dimensions of  $100\times 60\times 60$ .

Coolant conditions: Epoxy coolant solution was used.

### 2.3. Application of machining module for programming

The programming steps were as follows:

- Step 1: Design the 3D model of the component.
- Step 2: Select the machining machine from Fanuc.
- Step 3: Set up the workpiece.
- Step 4: Determine the installation coordinates as presented in Figure 2.
- Step 6: Configure the geometric parameters for the cutting tool.
- Step 7: Establish the machining procedures using the Technology Wizard feature, and configure input parameters as demonstrated in Figures 1 and 2.

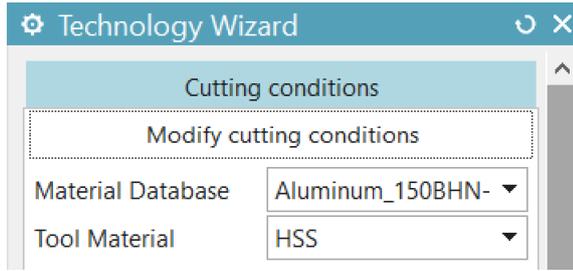


Figure 1. Setting up the tooling material pair and workpiece



Figure 2. Selection of machining level

Machining levels are selected from levels 1 to 8 as default settings in the software, corresponding to the increasing rigidity and stability of the machining equipment. The cutting parameters and toolpath are automatically optimized when using the Technology Wizard feature, including automatic selection of cutting speed and feed rate. Regarding the depth of cut (in mm), it is chosen based on the specific conditions of the machining process, including the type of tool (end mill, ball mill), toolpath strategy (2.5D, 3D) and machining style (conventional, high-speed, roughing, finishing, etc.). According to [6], to enhance productivity, a depth of cut of 2.5mm is chosen in this article and remains unchanged when machining different features in the experiments. The programming results of machining using the iMachining module in SolidCAM software show cutting speeds and feed rates for 8 different machining levels. The values of cutting speed and feed rate corresponding to each machining level are presented in Table 2.

Table 2. Machining Parameters Corresponding to Different Levels

Machining Level	V(m/min)	F(mm/min)
1	52	313
2	95	502
3	104	520
4	101	505
5	93	486
6	104	595
7	112	704
8	120	813

For the convenience of observing the correlation between cutting parameters corresponding to different machining levels, they are presented in Figure 3.

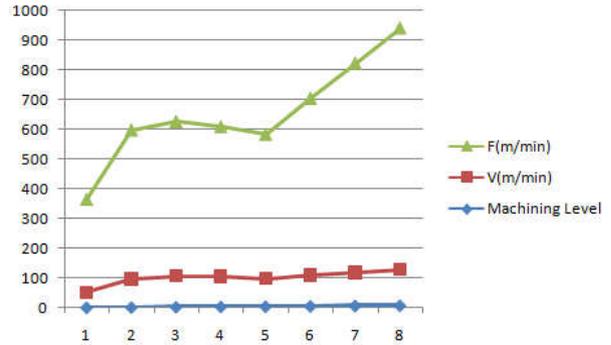


Figure 3. Graph of the correlation between cutting speed and tool feed rate corresponding to different machining levels

In Figure 3, it demonstrates that the variability of toolpath engagement is the highest, followed by the variability of cutting speed.

+ Step 8: Simulate the toolpath (Figure 4).

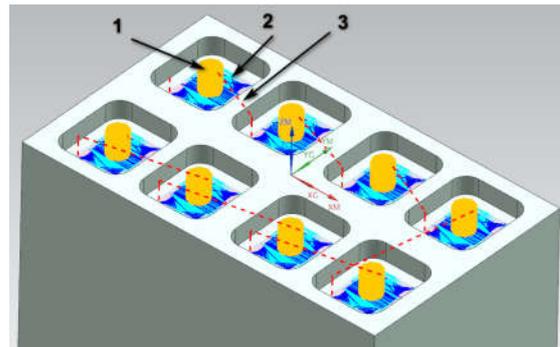


Figure 4. Toolpath Simulation

In Figure 4, the lines are represented as follows: line 1 (yellow) represents the tool approach path, line 2 (blue) represents the cutting tool path and line 3 (red) represents the tool retraction path. During the programming of the machining process using iMachining, the tool paths are not restricted to optimize machining productivity.

Step 9: Export the machining program and transfer it to the CNC milling machine in preparation for the experimental cutting and milling process.

### 3. EVALUATING THE INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS

#### 3.1. Experimental machining and surface

The workpiece was machined in the experiments using the CNC milling machine Xmill-M900 (Figure 5). The results of the machining process corresponding to 8 experimental positions are presented in Figure 6. To conduct the experiments, we performed machining on 2 workpieces, corresponding to 16 experiments, and measured the surface roughness (Ra) 5 times. The

average surface roughness results for the bottom and side in the measurements are as follows:

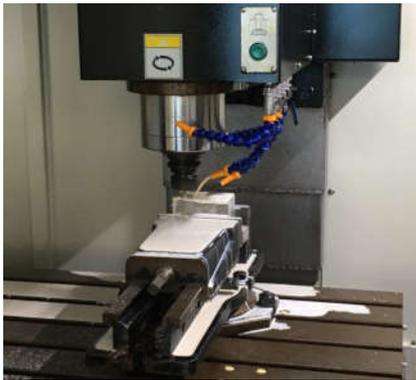


Figure 5. CNC Milling machine Xmill-M900 in operation



Figure 6. Machined workpiece detail

Table 3. Results of machining experiments for the workpiece

Machining position Top of Form	Machining Level	V (m/min)	F (mm/min)	Ra (µm)
<b>Part 1</b>				
1-1	1	52	313	1,15
1-2	2	95	502	0,49
1-3	3	104	520	0,42
1-4	4	101	505	0,44
1-5	5	93	486	0,49
1-6	6	104	595	0,47
1-7	7	112	704	0,46
1-8	8	120	813	0,45
<b>Part 2</b>				
2-1	1	52	313	1,17
2-2	2	95	502	0,51
2-3	3	104	520	0,44
2-4	4	101	505	0,46
2-5	5	93	486	0,52
2-6	6	104	595	0,47
2-7	7	112	704	0,49
2-8	8	120	813	0,46

### 3.2. Optimization experiment design for surface roughness (Ra)

Boundary conditions of the experiment: Due to the research conditions not being able to cover all factors

affecting machining accuracy and surface roughness, this experiment omits factors such as vibration, tool wear and deflection, the cutting performance of tool and workpiece materials, the adaptability of the working component to the machining control program, the properties of the coolant, tool wear, and the fixed number of experiments.

According to [7], choosing the response surface method through a second-degree equation is the most efficient method for studying results obtained from experiments. This is a useful tool for modeling and researching manufacturing issues in general and mechanical machining in particular. This method provides more information with fewer experiments. In the current study, cutting speed and feed rate are important cutting parameters. The relationship between the objective function and the input variables is represented through a general equation (1).

$$Y = (X_1, X_2) \leftrightarrow R_a = (V, F) \tag{1}$$

In which:  $Y = R_a$  is the objective function;  $X_1, X_2$  are the input variables.

$X_1 = V$ : Cutting speed (m/min).

$X_2 = F$ : Feed rate (mm/min).

According to [7], with 2 input parameters and using second-degree regression, equation (1) is written in expanded form as follows:

$$R_a = a + b_1 \cdot V + b_2 \cdot F + b_3 \cdot V^2 + b_4 \cdot F^2 + b_5 \cdot V \cdot F \tag{2}$$

Where:

+ a: Degree regression coefficient.

+  $b_{1,2}$ : Degree regression coefficients describing the influence of one cutting parameter on the objective function.

+  $b_{3,4}$ : Degree regression coefficients describing the influence of one cutting parameter on the objective function.

+  $b_5$ : Regression coefficient describing the combined influence of two cutting parameters on the objective function.

+  $b_5$ : The regression coefficient describes the simultaneous influence of two cutting parameters on the objective function.

- Using the NumPy library with the Python programming language, run with Visual Studio Code, to calculate the regression coefficients:

```
import numpy as np
```

```
# Experimental data
```

```
V = np.array([52, 95, 104, 101, 93, 104, 112, 120, 52, 95, 104, 101, 93, 104, 112, 120])
```

```
F = np.array([313, 502, 520, 505, 486, 595, 704, 813,
313, 502, 520, 505, 486, 595, 704, 813]).
```

```
Ra = np.array([1.15, 0.49, 0.42, 0.44, 0.49, 0.47, 0.46,
0.45, 1.17, 0.51, 0.44, 0.46, 0.52, 0.47, 0.49, 0.46]).
```

```
# Construct matrix X
```

```
X = np.column_stack((np.ones_like(V), V, F, V**2,
F**2, V*F))
```

```
# Calculate the second-order regression coefficients
```

```
coefficients = np.linalg.lstsq(X, Ra, rcond=None)[0]
```

```
# Extract the coefficients
```

```
a, b1, b2, b3, b4, b5 = coefficients
```

```
# Print the coefficients
```

```
print(f'a: {a}')
```

```
print(f'b1: {b1}')
```

```
print(f'b2: {b2}')
```

```
print(f'b3: {b3}')
```

```
print(f'b4: {b4}')
```

```
print(f'b5: {b5}')
```

From the regression coefficient calculation results shown in Figure 7, substituting the regression coefficients into equation (2) gives the regression equation to assess the influence of cutting speed and feed rate on surface roughness as follows:

$$R_a = -0,4955 - 0,1315.V + 0,0307.F + 0,0024.V^2 + 0,000037.F^2 - 0,000685.V.F \quad (3)$$

- Evaluate the suitability of the regression model through, according to [7], the evaluation steps are as follows:

+ Calculate the error e:

$$e = R_{ai} - \hat{R}_{ai} \quad (4)$$

$R_{ai}$ : Is the experimental value in Table 3;

$\hat{R}_{ai}$ : is the predicted value calculated according to (3).

+ Calculate the surface roughness variation index SSE - Sum of Squared Errors.

$$SSE = \sum_{i=1}^{n=16} e_i^2 \quad (5)$$

+ Calculate the Total Sum of Squares (SST): This measures the total variation of the observed values ( $R_{ai}$ ) from the mean of  $R_a$ . SST is calculated as follows:

$$STT = \sum_{i=1}^{n=16} (R_{ai} - \bar{R}_a)^2 \quad (6)$$

Where the number of experiments (number of observations)  $n = 16$ .

$\bar{R}_a$  is the mean value of  $R_a$ .

+ Calculate the surface roughness variation index ( $R - squared (R^2)$ ).

$R - squared (R^2)$  is calculated by determining the ratio between the explained variance (SST) and the total variance (SSE):

$$R^2 = 1 - (SSE/SST) \quad (7)$$

Calculate the adjustment coefficient based on the number of input variables (independent variables) in the regression model (Adjusted R-squares). Adjusted R-squares are computed using formula (8).

$$Adj R^2 = 1 - [(1 - R^2) \cdot (n - 1) / (n - k - 1)] \quad (8)$$

Where the total number of input and output variables is  $k = 3$  ( $R_a, V, F$ ).

Calculate the F-statistic The F-statistic is a statistical test to assess the contribution of independent variables to the experimental model and is computed using formula (9) as follows:

$$F = 1 - [R^2 / (1 - R^2) / (n - k - 1)] \quad (9)$$

From formulas (3) to (9), using the NumPy and Pandas libraries with the Python programming language run in Visual Studio Code, the program calculates R-squared, Adjusted R-squared and F-statistic as follows:

```
import numpy as np
```

```
import pandas as pd
```

```
import statsmodels.api as sm
```

```
# Experimental data
```

```
data = {
```

```
'V': [52, 95, 104, 101, 93, 104, 112, 120, 52, 95, 104,
101, 93, 104, 112, 120],
```

```
'F': [313, 502, 520, 505, 486, 595, 704, 813, 313, 502,
520, 505, 486, 595, 704, 813],
```

```
'Ra': [1.15, 0.49, 0.42, 0.44, 0.49, 0.47, 0.46, 0.45,
1.17, 0.51, 0.44, 0.46, 0.52, 0.47, 0.49, 0.46]]
```

```
df = pd.DataFrame(data)
```

```
# Regression equation
```

```
X = df[['V', 'F', 'V**2', 'F**2', 'VF']]
```

```
y = df['Ra']
```

```
X = sm.add_constant(X)
```

```
# Add constant coefficient
```

```
model = sm.OLS(y, X).fit()
```

```
# Calculate statistical values
```

```
n = len(df)
```

```
k = 5 # The number of independent variables in the
regression equation
```

```
# R-squared
```

```
r_squared = model.rsquared
```

```
# Adjusted R-squared
```

```
adjusted_r_squared = 1 - (1 - r_squared) * (n - 1) /
(n - k - 1)
```

# F-statistic

$$f\_statistic = (r\_squared / k) / ((1 - r\_squared) / (n - k - 1))$$

The results obtained after running the program:

R-squared: 99.8%

Adjusted R-squared: 99.7%

F-statistic: 890

The results obtained above evaluate equation (3) explaining 99.8% of the variation in Ra, indicating a strong relationship between V, F, and Ra.

The value of Adjusted R-squared is 99.7%, which is a very high value, suggesting that the equation remains suitable even after adjusting the number of variables.

The F-statistic value is 890, surpassing the threshold of confidence (which is 1), demonstrating the statistical significance of equation (3).

In conclusion, equation (3) is suitable for the experimental model.

Proceeding to optimize (3) with the objective Ra = Ramin and satisfying the conditions:

$$V_{min} \leq V \leq V_{max} \text{ và } F_{min} \leq F \leq F_{max} \quad (10)$$

The variables  $V_{min}$ ,  $V_{max}$ ,  $F_{min}$ ,  $F_{max}$  are determined from the input parameters of the experiment; therefore,  $52 \leq V \leq 120$  and  $313 \leq F \leq 813$ .

Using the scipy and numpy libraries with the Python programming language run in Visual Studio Code, the optimization program is as follows:

```
from scipy.optimize import minimize
import numpy as np

# Define the Ra function
def Ra(VF): V, F = VF
return -0.4955 - 0.1315*V + 0.0307*F + 0.0024*V**2 + 0.000037*F**2 - 0.000685*V*F

# Set bounds for V and F
bounds = [(52, 120), (313, 813)]

# Use the minimize function to find the minimum value
result = minimize(Ra, np.array([52, 313]), bounds=bounds, method='L-BFGS-B')

# Extract the results
minimum_value = result.fun
V_optimal, F_optimal = result.x

# Print the results
print("Minimum value of Ra:", minimum_value)
print("Optimal value of V:", V_optimal)
print("Optimal value of F:", F_optimal)

The results obtained after running the optimization
```

program: Ramin = 0.27µm; V = 72m/min; F = 313mm/min. Comments: The calculated values for V and F meet the conditions specified in equation (10). Proceeding with the experimental machining at V = 72m/min and F = 313mm/min. The machine, cutting tools, and other conditions remain unchanged as described in section 2.1. The experimental machining results in a surface roughness on the detail of  $R_a = 0.28\mu\text{m}$ , achieving 92.6% accuracy compared to the prediction. The remaining 7.4% discrepancy in the prediction is attributed to specific experimental conditions, as constrained by the boundary conditions outlined in section 3.2.

### 3.3. Calculation of cutting parameters based on the given $R_a$

Using the SymPy library with the Python programming language run in Visual Studio Code, calculate V and F with Ra as specified values while satisfying the conditions in equation (10). The program calculates as follows:

```
from sympy import symbols, Eq, solve

# Declare variables
V, F = symbols('V F')

# Reformulate the regression equation
equation = Eq(-0.4955 - 0.1315*V + 0.0307*F + 0.0024*V**2 + 0.000037*F**2 - 0.000685*V*F, 0.32)

# Calculate the derivative of Ra with respect to V and F
dRa_dV = equation.lhs.diff(V)
dRa_dF = equation.lhs.diff(F)

# Create a system of equations
equations = (Eq(dRa_dV, 0), Eq(dRa_dF, 0))

# Solve the system of equations
solutions = solve(equations, (V, F))

# Print the results
print("Value of V:", solutions[V])
print("Value of F:", solutions[F])
```

From the above calculation program, the results for calculating V and F for various roughness levels are as follows:

Table 4. Results for calculating V and F when  $R_a$  is known

Roughness level	$R_a$ (µm)	V (m/min)	F (mm/min)
6	2,5	90	487
7	1,25	101	465
8	0,63	91	463
9	0,32	80	532

Commentary: When increasing V beyond the optimal cutting speed value (72m/min), deformation of the metal and increased vibration occur, resulting in increased

surface roughness. As the tool feed rate ( $F$ ) increases, the surface roughness also increases. However, the degree of influence of the tool feed rate is expressed through the regression coefficient in equation (3).

#### 4. CONCLUSION

By utilizing iMachining programming technology, we have automatically calculated the parameters  $V$  and  $F$  for 8 sets of experiments. This allowed us to establish the regression equation (3) to assess the impact of cutting speed and tool feed rate on surface roughness during the milling of aluminum alloy 7075-T6 on a CNC milling machine. By employing the Python programming language in conjunction with mathematical libraries, we evaluated the regression model and determined the optimal values for cutting speed ( $V=72\text{m/min}$ ) and tool feed rate ( $F = 313\text{mm/min}$ ), resulting in a calculated surface roughness of  $R_{\text{amin}} = 0.27\mu\text{m}$ . This regression equation was also applied to calculate cutting parameters for roughness levels ranging from 6 to 9, providing a reference basis for the milling process of aluminum alloys in general and aluminum alloy 7075-T6 on a CNC milling machine.

#### REFERENCES

[1]. <https://> Chi tiết iMachining SolidCAM ViHoth phần phối SOLIDWORKS Việt Nam.

- [2]. <https://> MasterCAM hay SolidCAM là phần mềm gia công phay tiện tốt nhất (vihoth.com).
- [3]. Nazma Sultana, Md. Raihan Quader, Md. Jakaria and Md. Habibur Rahman (2016), *SolidCAM iMachining (2D): A Simulation Study of a SpurGear Machining and G-code Generation for CNC Machine*, Int. J. Mech. Eng. Autom. Volume 3, Number 1, 2016, pp. 1-9 Received: December 3, 2015; Published: January 25, 2016.
- [4]. Tarik Gazić, Edin Begović, Sabahudin Ekinović, Ibrahim Plančić (2022), *SolidCAM iMachining technology positive effects on cutting tool life during machining AISI 304 steel*, e-ISSN: 2395-0056, Volume: 09 Issue: 05, May 2022.
- [5]. TS. Phùng Tuấn Anh (2015), *Sổ tay tra cứu nhôm và hợp kim nhôm thông dụng trên thế giới*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. M.Subramanian, M.Sakthivel, K. Sooryaprakash, R. Sudhakaran (2013), *Optimization of Cutting Parameters for Cutting Force in Shoulder Milling of Al7075-T6 Using Response Surface Methodology and Genetic Algorithm*, Procedia Engineering 64 (2013) 690-700, International Conference On DESIGN AND MANUFACTURING, IConDM.
- [7]. D.C. Montgomery (2005), *Design and analysis of experiments*, John Wiley and Sons, New York.

#### THÔNG TIN TÁC GIẢ

**Mạc Văn Giang**

\*Tác giả liên hệ: [macvngiang@gmail.com](mailto:macvngiang@gmail.com)

Trường Đại học Sao Đỏ.

# THỂ LỆ GỬI BÀI

## TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (\*.doc \*.docx và \*.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (\*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
  - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
  - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
  - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ [http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format\\_paper](http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper)  
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

### THÔNG TIN LIÊN HỆ:

**Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ**

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn)

**Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 3 (86) 2024**



**BỘ CÔNG THƯƠNG**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

**Địa chỉ:**

- Số 1: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Số 2: Số 72, đường Nguyễn Thái Học, phường Thái Học, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Điện thoại: (0220) 3882 269 Fax: (0220) 3882 921 Website: <http://saodo.edu.vn> Email: [info@saodo.edu.vn](mailto:info@saodo.edu.vn)

P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X

**Số 3 (86)**  
**2024**



**Địa chỉ Tòa soạn:**

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: [tapchikhcn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhcn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.  
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.