

Nghiên cứu giải pháp tự tối ưu hóa chế độ cắt trong quá trình gia công của máy công cụ điều khiển số thông minh

Studying the self-optimization of cutting parameters during machining of intelligent CNC machine

Hoàng Tiến Dũng^{*}, Phạm Văn Bồng, Nguyễn Văn Thiện, Đỗ Đức Trung

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

**Email: tiendunghau@gmail.com*

Mobile: 0909389594

Tóm tắt

Từ khóa:

Điều khiển tự tối ưu, thuật toán tiến hóa, mòn dao, tuổi bền của dao và độ nhám bề mặt, cách mạng 4.0.

Bài báo nghiên cứu điều khiển giám sát quá trình gia công phay cao tốc trên trung tâm phay điều khiển số (CNC) ứng dụng thuật toán tiến hóa trong lĩnh vực công nghệ thông tin xây dựng mô hình tiến tới điều khiển và kiểm soát trực tuyến quá trình gia công. Điều khiển tự tối ưu hóa là một trong những phương pháp điều khiển và giám sát quá trình gia công thông minh nó có thể phát hiện điều kiện cắt và trạng thái của quá trình gia công đây là mô hình đáp ứng cho sự phát triển trong cuộc cách mạng công nghiệp 4.0. Bài báo đề xuất mô hình hệ thống tự điều khiển tối ưu, tự giám sát và tự điều chỉnh trong quá trình gia công liên quan đến điều kiện của dụng cụ cắt như mòn dao hay tuổi bền của dao, chế độ cắt và độ nhám bề mặt chi tiết gia công.

Abstract

Keywords:

Self-optimizing control, evolutionary algorithm, tool wear, tool life and surface roughness, industry 4.0.

The paper researches the control and monitoring for high-speed milling on CNC machining center, using evolutionary algorithms in the field of information technology and modeling, aiming for the next generation of quality control and online control of machining process. The self-optimizing control is one of the intelligent controlling and monitoring methods, which can detect the cutting conditions and status of machining. This is a model that responds to developments in Industry 4.0. This paper proposed the model of a self-optimizing control, self-monitoring and self-adjusting control system for the machining process related to the conditions of tools such as tool wear or tool life, cutting parameters and surface roughness.

Ngày nhận bài: 05/8/2018

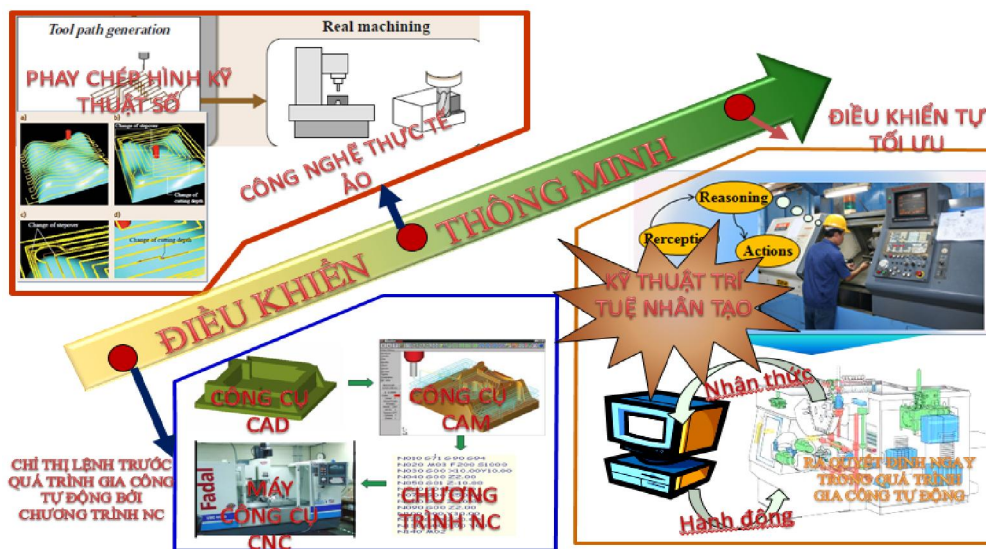
Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây do xu thế toàn cầu hóa dẫn đến cạnh tranh khốc liệt, các nhà máy, công ty sản xuất luôn đặt chất lượng cao và giá thành sản xuất thấp lên hàng đầu. Vấn đề áp

dụng công nghệ tiên tiến trong quá trình sản xuất là cần thiết và cấp bách. Giám sát quá trình gia công đảm bảo chất lượng, cải tiến chất lượng của chi tiết gia công. Với sự phát triển không ngừng của công nghệ thông tin vấn đề ứng dụng vào sản xuất cơ khí là hết sức quan trọng. Vì áp dụng công nghệ thông tin vào quá trình sản xuất loại bỏ sự không cần thiết và yêu cầu chi phí cao của kiểm tra chất lượng sau gia công. Đối với gia công cao tốc vấn đề mòn dao rất cần xem xét đến vì mòn dao trong gia công cao tốc nhanh và giá thành dụng cụ cắt cao tốc rất đắt. Đề xuất nghiên cứu quá trình gia công chất lượng (độ nhám) của chi tiết gia công liên quan đến mòn dao và cơ chế tự tối ưu chế độ cắt liên quan đến mòn dao. Thuật toán tiến hóa đã được ứng dụng để dự đoán lượng mòn dao và xác định chế độ cắt mới tương ứng với lượng mòn dao để đảm bảo chất lượng gia công (độ nhám bề mặt). Hiện tại đang phát triển kỹ thuật mới điều khiển thông minh như hình 1 phục vụ cho sự tiếp cận cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.



Hình 1. Xu hướng kỹ thuật điều khiển thông minh

Kỹ thuật mới trong sản xuất với sự điều khiển thông minh và tích hợp sản xuất các trung tâm tiện phay. Sự ra đời điều khiển máy gia công 5 trục và máy gia công tốc độ cao siêu chính xác. Thêm vào đó là sự phát triển cấu trúc và chức năng mới và sự cải tiến mới trong hệ thống điều khiển của máy công cụ thông minh. Hiện công nghệ cho máy điều khiển số (CNC) cho kiến trúc điều khiển mở, phản hồi thông tin chế độ cắt và điều khiển 5 trục [11]. Kỹ thuật mới trong cả phần cứng và mềm máy công cụ điều khiển số đã được cải tiến đáng kể đem lại hiệu quả trong sản xuất, cho phép quá trình gia công đem lại cả hai yêu cầu về độ chính xác và hiệu quả cao. Trong quá trình gia công hiện tại, chất lượng sản phẩm được giám sát hai giai đoạn: thiết kế và kiểm tra sau khi gia công. Trong giai đoạn kiểm tra sau khi gia công, phương pháp điều khiển quá trình thông kê được sử dụng để kiểm tra chất lượng của chi tiết gia công [8]. Chất lượng sản phẩm sẽ được đảm bảo nếu chi tiết gia công được giám sát và điều khiển ngay trong quá trình gia công [16, 5]. Vấn đề ứng dụng giám sát và điều khiển trong quá trình gia công để đạt được mục tiêu chất lượng, năng suất và gia thành trong thực tế chưa đạt được. Tác giả nghiên cứu và trình bày hệ thống điều khiển tự tối ưu cho phép giám sát và điều khiển quá trình gia công một cách thông minh. Tuy vậy, tác giả chỉ dừng lại ở mức độ tự tối ưu hóa tĩnh chưa kết nối với các máy công cụ điều khiển số.

Hệ thống điều khiển tự tối ưu cho phép xác định được điều kiện cắt và trạng thái của quá trình gia công hiện tại. Trong nghiên cứu này tự tối ưu hệ thống gia công bao gồm sự thích nghi tối hàm mục tiêu chất lượng như nhám bề mặt dựa trên cơ sở thông số đầu vào là chế độ cắt tối ưu đạt được độ nhám bề mặt tốt nhất. Trong nghiên cứu tự tối ưu hóa không xét đến yếu tố nhiễu như rung động, sự không đồng nhất về vật liệu, sự thay đổi về nhiệt độ. Sự thích nghi của máy công cụ thông minh không cần đến sự can thiệp của người vận hành. Để chứng minh khả năng của hệ thống tự giám sát và tự điều chỉnh quá trình gia công liên quan đến mòn dao trong quá trình gia công. Vì mòn dao là một trong thông số ảnh hưởng lớn tới độ nhám bề mặt trong quá trình gia công [14]. Vì vậy giám sát mòn dao và tự điều chỉnh thông số chế độ cắt là vô cùng quan trọng và cần thiết trong sự phát triển máy công cụ gia công thông minh (Máy công cụ tự trị). Theo các nghiên cứu trong sản xuất độ nhám bề mặt là yếu tố độc lập với mòn dao và việc lựa chọn thông số chế độ cắt tối ưu ứng dụng phương pháp thông kê Taguchi và kết hợp với trí tuệ nhân tạo. Trên thực tế mòn dao ảnh hưởng trực tiếp tới độ nhám bề mặt chi tiết gia công, vì vậy nó là một hệ số quan trọng không thể bỏ qua để đảm bảo được chất lượng bề mặt yêu cầu. Vì vậy, nghiên cứu tự tối ưu lượng mòn dao trong quá trình gia công là hết sức quan trọng đặc biệt đối với gia công cao tốc vì trang thiết bị, dụng cụ cắt khá đắt tiền.

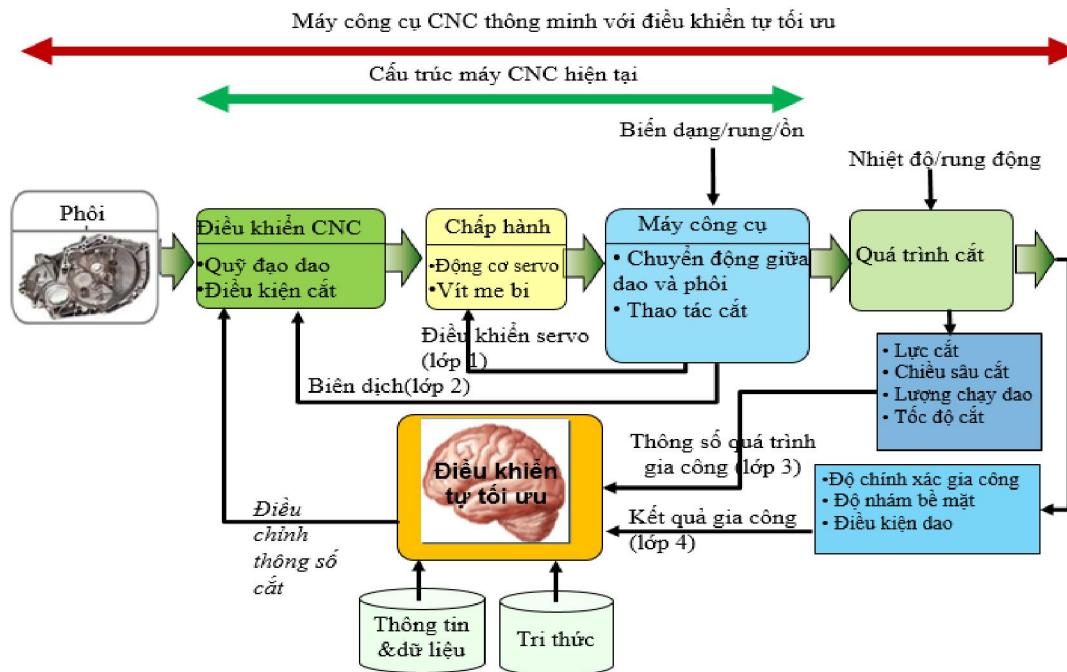
2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ TỐI ƯU

Các mô hình của một máy công cụ tự trị đã được giới thiệu trong năm 1980 [8], trong đó có mô hình cho quá trình gia công và máy công cụ cũng như các đề xuất cho nhiều cảm biến, xác định lỗi và dự đoán [6]. Các khuôn khổ hệ thống mở rộng của máy công cụ thông minh, bao gồm cả quá trình lập kế hoạch và lập kế hoạch hoạt động, đã được giới thiệu bởi Sato et al [15]. Hoạt động phay tự động có thể được thực hiện với một máy công cụ CNC bằng cách áp dụng công nghệ thực tế ảo. Các máy được đề xuất trong tài liệu này được điều khiển bởi hệ thống phay chép hình kỹ thuật số. Trong hệ thống phay chép hình kỹ thuật số, đầu dò vết và mô hình tổng thể sử dụng trong phay, bản truyền thông được biểu diễn bởi các mô hình ba chiều ảo và vị trí cắt được tạo ra tự động theo thời gian thực chuyển động theo đầu dò ảo [7]. Tuy nhiên, việc sử dụng kinh nghiệm của con người để cải thiện tính linh hoạt và tự động tối ưu hóa của máy như vậy chưa được ứng dụng rộng rãi. Các xu hướng mới trong sự phát triển của máy công cụ tự trị tập trung vào hoạt động tự động với các ứng dụng của trí tuệ nhân tạo [9], [2]. Khái niệm mới về máy công cụ dưới sự đổi mới này đã bao gồm các máy tự duy trì và thiết lập lại cấu hình [3], [12].

Thích nghi động lực học là cần thiết để cho phép kiểm soát quá trình cắt phức tạp. Trong cách tiếp cận truyền thống, chất lượng sản phẩm được giả định là độc lập với trạng thái của dụng cụ cắt, và kỹ thuật trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng để chọn thông số cắt tối ưu [10]. Trong thực tế, mòn dụng cụ cắt có thể trực tiếp ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt và là một yếu tố quan trọng trong việc xác định thông số kỹ thuật chi tiết gia công [13].

Việc tự thích ứng của các thông số trong quá trình gia công cắt đã được thực hiện thành công bằng cách áp dụng điều khiển thích nghi (AC) cho máy công cụ. Nói chung, có ba loại của các hệ thống AC trong máy công cụ: Điều khiển thích nghi với các ràng buộc (ACC), điều khiển thích nghi hình học (GAC), và điều khiển thích nghi với tối ưu hóa (ACO) [17]. Hệ thống ACC được dựa trên việc tối đa hóa biến gia công, chẳng hạn như tốc độ dịch dao, trên cơ sở các ràng buộc như: Lực cắt cho phép trên các máy công cụ hoặc công suất tối đa của máy. Trong các hệ thống GAC, thông số quá trình liên tục được hiệu chỉnh để duy trì thông số chất lượng sản phẩm như độ chính xác kích thước hoặc chất lượng gia công tinh bề mặt. Hệ thống điều khiển ACO thông số tốc độ dịch dao, tốc độ trục chính và chiều sâu cắt tối đa hóa lượng bóc tách vật liệu, tùy thuộc vào ràng buộc như độ nhám bề mặt, tiêu thụ điện năng và lực cắt.

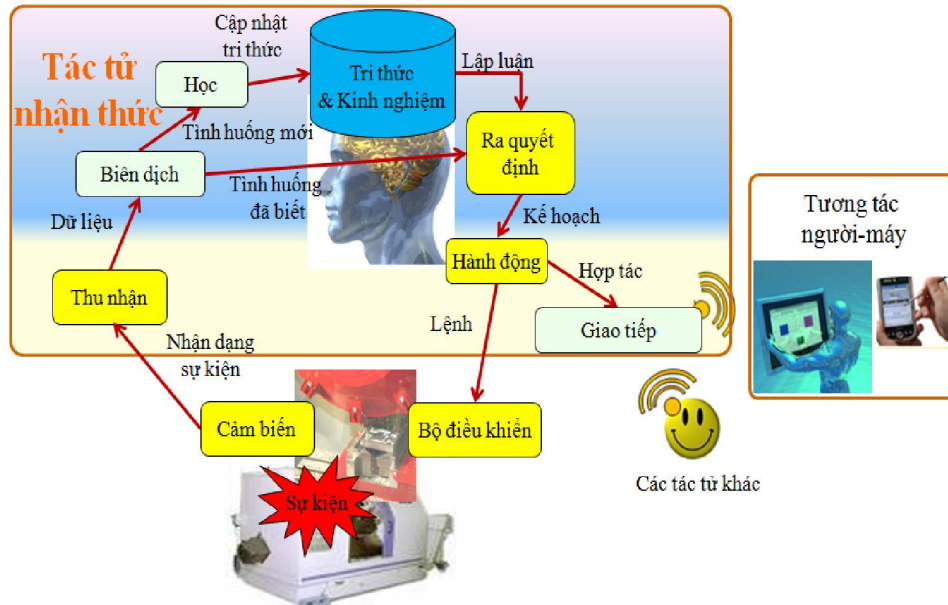
Khác với các hệ thống này, ở đây chúng ta xem xét các hệ thống gia công về kiểm soát chất lượng theo định hướng ở mức độ quá trình gia công. Ở cấp độ quá trình gia công, điều khiển tự tối ưu hóa được đề xuất cho phép theo dõi và kiểm soát quá trình thông minh, có thể phát hiện các điều kiện cắt và tình trạng hoạt động gia công, sau đó tự điều chỉnh thông số cắt để đảm bảo chất lượng của chi tiết gia công. Trong quá trình gia công các máy công cụ giữ vai trò quan trọng để có được sản phẩm chất lượng cao với giá thành sản xuất thấp và năng suất cao. Tuy nhiên máy công cụ CNC hiện tại với hệ điều khiển cho phép hiệu chỉnh chất lượng trực tiếp ngay trong quá trình gia công do cấu trúc điều khiển của nó như hình 2.



Hình 2. Hệ thống điều khiển tự tối ưu (Self-Optimizing)

Để điều khiển quá trình thông minh và phức tạp lớp 3 và lớp 4 được thêm vào hệ điều khiển máy CNC hiện tại. Lớp 3 cho phép giám sát quá trình gia công thông minh, nó xác định trạng thái gia công cũng như chế độ cắt hiện tại. Lớp 4 nhận kết quả phản hồi từ quá trình kiểm tra của chi tiết được gia công nhằm nâng cao chất lượng của quá trình gia công tiếp theo. Hệ thống CNC trong tương lai có khả năng tự lập kế hoạch thích ứng với trạng thái gia công hiện tại. Nó cho phép thay đổi thích nghi với các thay đổi không dự báo trước của hệ thống gia công. Dữ liệu thu thập được thông qua cảm biến có liên hệ với mục tiêu tối ưu. Xác định hàm mục tiêu tối ưu để thực hiện đạt được yêu cầu cần gia công. So sánh trạng thái hiện tại với mục tiêu của quá trình gia công đặt ra. Nó cho phép hệ thống ra quyết định nhằm thích ứng với mục tiêu hiện tại để đạt được mục tiêu gia công của hệ thống.

Sử dụng công nghệ nhận thức cho phép hệ thống thực hiện các cư xử thông minh bắt chước hoạt động của con người như lập luận để ra quyết định, hợp tác trong giải quyết vấn đề.



Hình 3. Mô hình của một máy công cụ tự thích nghi

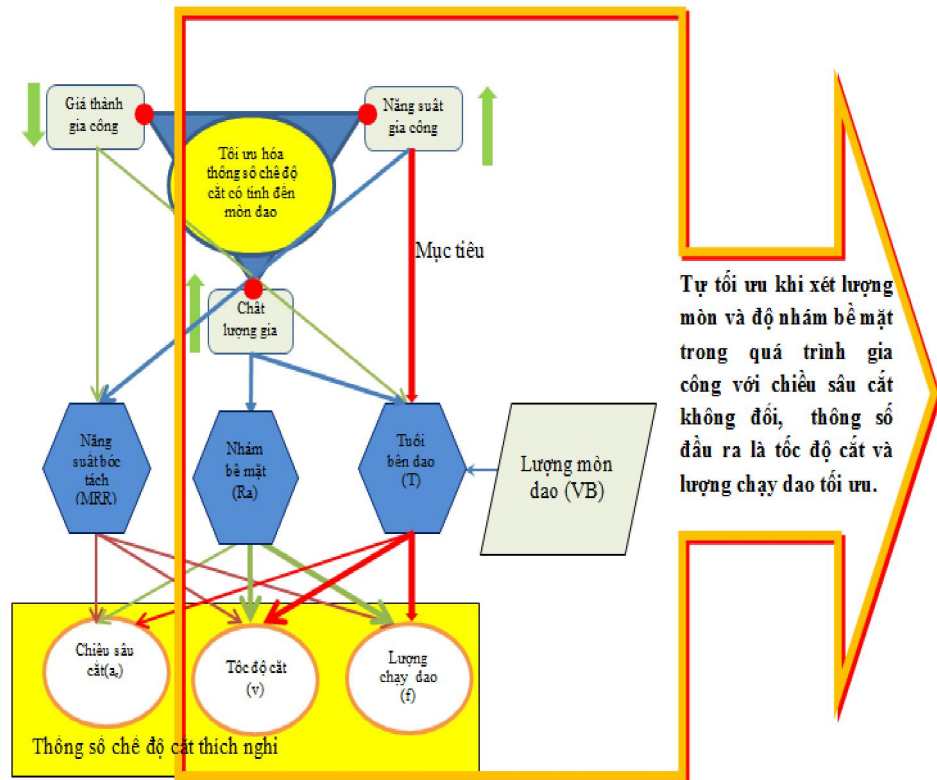
3. XÁC ĐỊNH HÀM MỤC TIÊU TỐI ƯU CHO MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN TỰ TỐI ƯU KHI PHAY CAO TỐC

Hệ thống điều khiển tự tối ưu quá trình gia công bao gồm kiểm tra giám sát và hiệu chỉnh điều kiện cắt gọt. Trong sản xuất cơ khí nhà công nghệ luôn mong muốn lựa chọn được giải pháp công nghệ tối ưu đạt được chất lượng sản phẩm, năng suất cao và giá thành thấp. Tuy vậy, đây là giải pháp công nghệ lý tưởng cho hệ thống sản xuất và các nhà công nghệ đã ứng dụng rất nhiều giải pháp tự động hóa và tối ưu hóa để giải quyết mục tiêu chất lượng, giá thành và năng suất. Việc xác định được mục tiêu này là việc xác định thông số chế độ cắt tối ưu như tốc độ cắt - v , lượng chạy dao - f và chiều sâu cắt - a_r có vai trò hết sức quan trọng trong gia công, đặc biệt hơn là tự tối ưu hóa các thông số cắt đó được thể hiện trong sơ đồ mục tiêu tối ưu hóa như hình 4.

Việc tính toán chế độ cắt được thông qua liên hệ giữa các hàm mục tiêu về độ nhám bề mặt, năng suất gia công và giá thành gia công. Mục tiêu giá thành gia công và năng suất gia công liên quan đến năng suất bóc tách vật liệu (MRR) và tuổi bền dụng cụ cắt (T). Tuy vậy, trong nghiên cứu này giới hạn tự tối ưu chế độ cắt hàm thích nghi nhỏ nhất với hai mục tiêu lượng mòn dao (VB) và độ nhám bề mặt. Giá trị điều khiển tự điều chỉnh tốc độ cắt và lượng chạy dao tối ưu để đảm bảo độ nhám bề mặt và giảm lượng mòn dao trong quá trình gia công.

Hàm mục tiêu lựa chọn tự tối ưu hóa quá trình gia công phay cao tốc bằng dao phay ngón liên khối là hàm về lượng mòn dao (VB) và độ nhám bề mặt. Xác định chế độ cắt tối ưu để hàm thích nghi nhỏ nhất khi thời gian (τ) trong quá trình gia công thay đổi với điều kiện biên và điều kiện ràng buộc của hệ thống công nghệ.

Mô hình toán học quan hệ lượng mòn dao (VB) với chế độ cắt và thời gian gia công. Và mô hình toán học quan hệ độ nhám bề mặt và chế độ cắt. Hàm mục tiêu mô hình tự tối ưu hóa chế độ cắt tại các thời điểm khác nhau trong quá trình gia công đảm bảo độ hàm thích nghi nhỏ nhất với hai mục tiêu là độ nhám (R_a) và lượng mòn dao (VB).



Hình 4. Mục tiêu tự tối ưu hóa trong quá trình gia công

Hàm lượng mòn mặt sau phụ thuộc vào chế độ cắt và thời gian τ [18]:

$$VB = 0,0174 \cdot v^{0,6205} \cdot f^{0,2409} \cdot a_r^{0,0823} \cdot \tau^{1,3876} \quad (1)$$

Hàm độ nhám bề mặt chi tiết gia công phụ thuộc vào chế độ cắt [19]:

$$Ra = 0,1441 \cdot v^{-0,3023} \cdot f^{0,3824} \cdot a_r^{0,0572} \quad (2)$$

Vấn đề tối ưu hóa đã được giải quyết bằng nhiều phương pháp khác nhau. Tuy vậy, trong công nghệ chế tạo máy đặt ra khi gia công mức độ yêu cầu đối với từng mục tiêu khác nhau tùy theo điều kiện công nghệ và chi tiết yêu cầu. Đối với gia công cao tốc vấn đề mòn dụng cụ cắt và chất lượng độ nhám bề mặt chi tiết gia công là hai trong nhiều mục tiêu được quan tâm. Trên cơ sở sự cần thiết giải bài toán đa mục tiêu hàm thích nghi nhỏ nhất với hai mục tiêu là độ nhám và lượng mòn dao.

Theo tác giả Abimbola M. Jubril [1] phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu bằng phương pháp trọng số.

$$\begin{aligned} \text{Min}_{x \in X} f(x) &= [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)] \\ \text{s.t. } X &= \{x \in R^n : g(x) \leq 0, h(x) = 0\} \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: X: điều kiện ràng buộc và miền giới hạn

x: Miền giới hạn bài toán

g(x) hàm ràng buộc bất phương trình

h(x) hàm ràng buộc phương trình

Hàm thích nghi cho các mục tiêu tối ưu với phương pháp trọng số như sau:

$$\phi(x, w) = \sum_{i=1}^p w_i \cdot f_i(x) \quad (4)$$

Trong đó :p là số mục tiêu của hàm thích nghi

$$w_i \text{ là trọng số đánh giá mức độ ảnh hưởng của hàm } f_i(x) \text{ trong hàm thích nghi } \sum_{i=1}^p w_i = 1 \text{ và} \\ w_i > 0 \quad i=1 \dots p. \quad w_i \in [0,1] \quad (5)$$

Đặt ra bài toán trong gia công cao tốc luôn mong muốn chất lượng độ nhám bề mặt tốt nhất (R_a nhỏ nhất) và lượng mòn nhỏ nhất (VB nhỏ nhất). Hàm thích nghi cho bài toán tối ưu hóa là:

$$A = w_1 \frac{Ra}{Ra_0} + w_2 \frac{VB}{VB_0} \longrightarrow \text{Nhỏ nhất} \quad (6)$$

Trong đó : $w_1 + w_2 = 1$, Ra_0 , VB_0 là giá trị giới hạn trên độ nhám và lượng mòn dao.

Điều kiện ràng buộc và miền giới hạn của bài toán

$$\left\{ \begin{array}{l} v \cdot F_c = 2163 \cdot v^{0,4721} \cdot f^{0,2678} \cdot a_r^{0,5260} \leq P_{dc} \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1000 = G_1 = 1400 \\ v \geq v_{\min} = G_2 = 360 \\ v \leq v_{\max} = G_3 = 600 \\ f \geq f_{\min} = G_4 = 2000 \\ f \leq f_{\max} = G_5 = 4000 \\ a_r \geq a_{r\min} = G_6 = 0,1 \\ a_r \leq a_{r\max} = G_7 = 1 \\ A_{xy} = 1,653 \cdot v^{-0,0766} \cdot f^{0,0911} \cdot a_r^{0,3542} \leq [A_0] = G_8 = 2 \\ y_{\max} = 0,993 \cdot \frac{2735,2 \cdot v^{-0,5345} \cdot f^{0,2608} \cdot a_r^{0,5277}}{E} \leq [\delta] = G_9 = 0,02 \\ Ra = 0,1441 \cdot v^{-0,3023} \cdot f^{0,3824} \cdot a_r^{0,0572} \leq [Ra] = G_{10} = 0,38 \\ VB = 0,0174 \cdot v^{0,6205} \cdot f^{0,2409} \cdot a_r^{0,0823} \cdot \tau^{1,3876} \leq [VB] = G_{11} = 500 \end{array} \right. \quad (7)$$

Nếu mức độ ưu tiên của các biến không giống nhau, trọng số của biến nào lớn hơn sẽ cho thấy biến đó quan trọng hơn. Tùy vào mục đích của bài toán, có thể yêu cầu đạt mức độ khác nhau tùy theo từng yêu cầu của bài toán công nghệ trọng số w_1 và w_2 có thể được chọn khác nhau. Trong trường hợp cần ưu tiên độ nhám bề mặt cao thì chọn trọng số độ nhám lớn hơn trọng số lượng mòn (VB). Theo phương trình thích nghi chúng ta biết rằng nếu trọng số w_1 tăng thì giá trị của R_a giảm và giá trị của VB tăng. Giá trị của R_a giảm một đơn vị và VB sẽ tăng bao nhiêu vấn đề này cần phải phân tích trọng số của hàm thích nghi để tìm ra mức độ ảnh hưởng của từng mục tiêu đơn. Theo tác giả Hua Zuo và Guoli Zhang [20] đưa ra phương pháp phân tích và

đánh giá trọng số bằng giải pháp tối ưu hóa Pareto. Giả sử w_1 có giá trị w^* và x^* là nghiệm tối ưu cho hàm thích nghi ứng với giá trị trọng số w^* . Rồi sau đó tăng w_1 đến w^{**} ($w^* < w^{**}$) khi đó giải bài toán tối ưu hóa hàm thích nghi với trọng số w^{**} có nghiệm là x^{**} . Khi đó x^* và x^{**} là các giá trị cho giải pháp tối ưu hóa Pareto $\frac{\Delta R_a}{\Delta VB} = \frac{R_a(x^{**}) - R_a(x^*)}{VB(x^{**}) - VB(x^*)}$ được gọi là phương pháp cân bằng

trọng số từ w^* đến w^{**} . Với sự thay đổi trọng số cho ra kết quả của chuỗi $\frac{\Delta R_a}{\Delta VB}$ khi đó có thể xây

dựng được đồ thị quan hệ giữa trọng số w_1 và kết quả $\frac{\Delta R_a}{\Delta VB}$. Khi đó đánh giá mức độ một hàm

mục tiêu đơn tăng thì hàm mục tiêu khác giảm tương ứng với từng giá trị trọng số. Từ đồ thị giúp cho người kỹ thuật nhìn nhận, đánh giá và lựa chọn sự cải tiến mức độ ảnh hưởng của hàm mục tiêu đơn tương ứng với trọng số của từng mục tiêu đơn. Thường thì giá trị trọng số w_1 thay đổi từ 0,05÷0,95.

Trong trường hợp luận án giả sử xét bài toán mức độ trọng số cần thiết của độ nhám và lượng mòn như nhau khi đó bài toán tự tối ưu có trọng số $w_1 = w_2$.

Khi đó ta có phương trình hàm thích nghi nhỏ nhất để tự tối ưu hóa chế độ cắt theo sự thay thời gian trong quá trình gia công là:

$$A = 0,5 \frac{Ra}{Ra_0} + 0,5 \frac{VB}{VB_0} \quad (8)$$

Thuật toán PSO dữ liệu chế độ cắt ban đầu lựa chọn của thuật toán là chế độ cắt tối ưu tĩnh và là giá trị khởi tạo quần thể (giá trị đầu vào chế độ cắt) để tìm kiếm trong quá trình gia công. Chế độ cắt tối ưu này được khai báo trong chương trình NC để gia công.

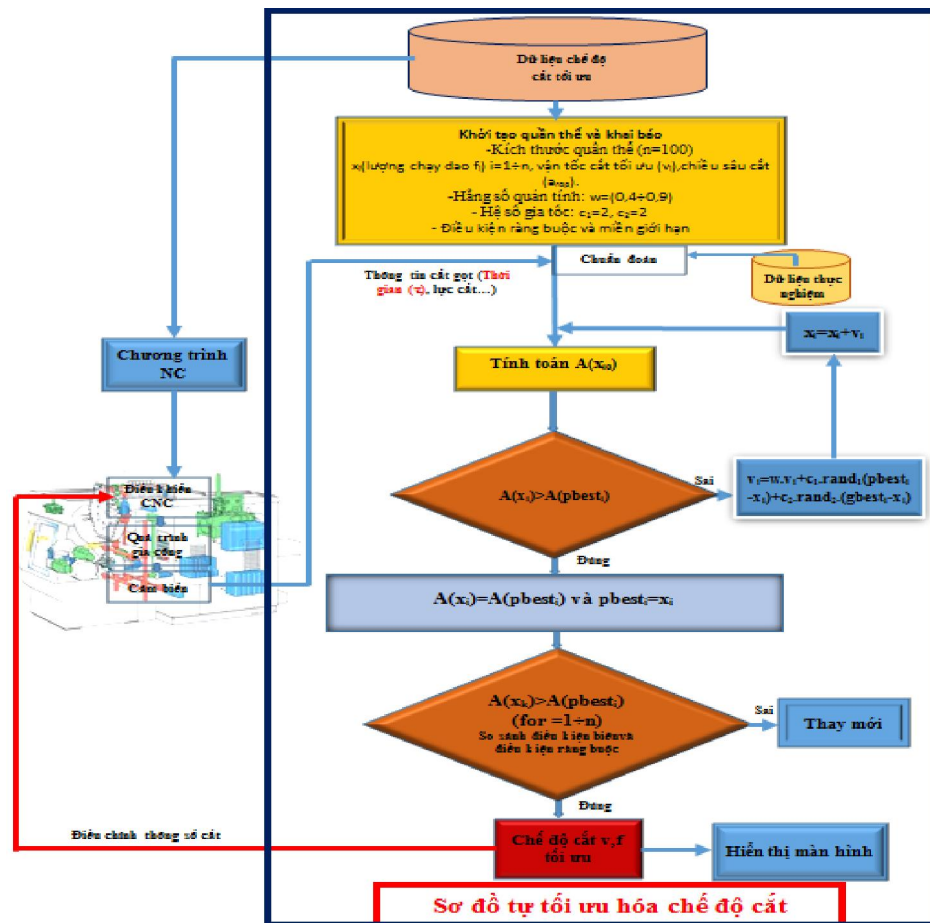
Trong quá trình gia công dụng cụ cắt mòn và độ nhám bề mặt tăng theo thời gian gia công. Thông tin chế độ cắt luôn được cập nhật thông qua cảm biến (thời gian, lực cắt...) và so sánh với dữ liệu thực nghiệm để đưa ra dự đoán, xác định thông số chế độ cắt mới phù hợp với điều kiện lượng mòn dao nhỏ nhất, độ nhám bề mặt nhỏ nhất tại các thời điểm gia công khác nhau với mức độ trọng số (w_1, w_2) phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể từng yêu cầu công nghệ và các điều kiện ràng buộc, miền giới hạn của hệ thống công nghệ. Nếu điều kiện này thỏa mãn thì phần mềm đưa ra thông số chế độ cắt tối ưu mới để điều khiển máy.

Nếu điều kiện không thỏa mãn thì thông báo thay dao mới sơ đồ thuật giải tự tối ưu hóa chế độ cắt hình 5.

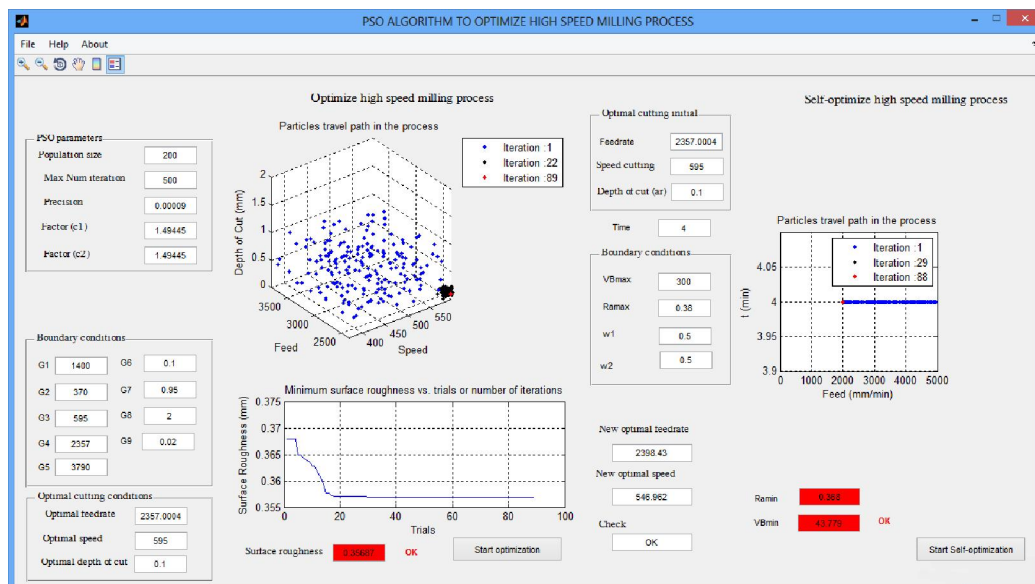
Để đảm bảo độ nhám bề mặt nhỏ nhất và lượng mòn nhất theo trọng số như nhau, lập trình phần mềm sử dụng thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO) để tính chế độ cắt tối ưu đáp ứng hàm mục tiêu với thời gian (τ) thay đổi trong quá trình gia công. Tác giả chỉ mới dừng lại ở mức độ mô phỏng mô hình máy công cộng thông minh tự tối ưu hóa trong quá trình gia công vì vấn đề kết nối với máy CNC là vấn đề khó và điều kiện trang thiết bị chưa đủ. Để chứng minh tính năng và giá trị tối ưu thông số cắt phần mềm tự tối ưu hóa chế độ cắt.

Với giao diện phần mềm tối ưu và tự tối ưu trong quá trình gia công lập trình bằng phần mềm Matlab.

Phần mềm ứng dụng thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) tối ưu hóa và tự tối ưu hóa chế độ cắt trong quá trình gia công đảm bảo lượng mòn dao nhỏ nhất và độ nhám bề mặt yêu cầu đồng thời thỏa mãn điều kiện biên giới hạn theo hệ thống công nghệ.



Hình 5. Sơ đồ thuật toán điều khiển tự tối ưu chế độ cắt trong trường hợp xét đến mòn dao



Hình 6. Giao diện phần mềm tối ưu hóa và tự tối ưu hóa chế độ cắt khi chạy cao tốc

Nhập điều kiện biên bài toán và trọng số trên giao diện phần mềm kết quả tính toán của phần mềm ví dụ tại thời điểm $\tau = 5, 8, 15$ phút như sau:

Bảng 1. Chế độ cắt tối ưu và giá trị R_a , VB tại thời gian $\tau = 5$ phút

TT	v(m/phút)	f(mm/phút)	a_r (mm)	$R_a(\mu\text{m})$	VB(μm)
Lần 1	562,556	2042,57	0,1	0,347	41,908
Lần 2	567,836	2037,20	0,1	0,346	42,133
Lần 3	558,534	2012,90	0,1	0,350	40,602
Trung bình				0,348	41,548

+ Thời gian $\tau = 8$ phút

Bảng 2. Chế độ cắt tối ưu và giá trị R_a , VB tại thời gian $\tau = 8$ phút

TT	v(m/phút)	f(mm/phút)	a_r (mm)	$R_a(\mu\text{m})$	VB(μm)
Lần 1	548,190	2013,546	0,1	0,346	79,771
Lần 2	539,268	2028,476	0,1	0,348	79,736
Lần 3	537,708	2089,987	0,1	0,354	79,327
Trung bình				0,349	79,611

+ Thời gian $\tau = 15$ phút

Bảng 3. Chế độ cắt tối ưu và giá trị R_a , VB tại thời gian $\tau = 15$ phút

TT	v(m/phút)	f(mm/phút)	a_r (mm)	$R_a(\mu\text{m})$	VB(μm)
Lần 1	480,868	2000,000	0,1	0,362	172,951
Lần 2	497,892	2139,357	0,1	0,367	179,779
Lần 3	498,237	2062,061	0,1	0,359	181,982
Trung bình				0,363	178,24

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày mô hình định hướng tự tối ưu hóa cho các máy gia công thông minh theo định hướng nhà máy số trong tương lai. Mô hình này làm giảm ảnh hưởng của các thay đổi và lỗi tới hệ thống sản xuất. Như một kết quả, hệ thống sản xuất thích nghi hơn tới các thay đổi của chủng loại sản phẩm, môi trường sản xuất. Các đặc tính tiên bộ của máy gia công thông minh trong nhà máy số tăng hiệu quả và năng suất của hệ thống gia công, thoả mãn yêu cầu cao của sản xuất theo yêu cầu khách hàng. Phân xưởng gia công thông minh với các máy công cụ tự thích nghi được miêu tả như tập hợp của các tác tử nhận thức được phát triển để thể hiện cách áp dụng tới thực tế. Một máy công cụ tự trị với đặc tính thông minh và di truyền được phát triển đáp ứng cho nhà máy số trong thời kỳ cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 đang thách thức đối với sự phát triển khoa học công nghệ. Các máy công cụ tự trị nhạy với thay đổi và lỗi của hệ thống sản xuất hơn các máy công cụ truyền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Abimbola M Jubril (2012), A nonlinear weights selection in weighted sum for convex multiobjective optimization, Facta Universitatis ser. Math. Inform. Vol. 27 No 3, 357-372

- [2]. B. Denkena, H. Henning, Lorenzen LE (2010), Genetics and intelligence: new approaches in production engineering, *Prod Engi Res Dev, Vol. 4, pp. 65-73*.
- [3]. G. Pritschow, KH.Wurst, C. Kircher, M. Seyfarth (2009), Control of reconfigurable machine tools, *In: EIMaraghy HA (ed), Changeable and reconfigurable manufacturing systems, Springer, pp.71-100*.
- [4]. Hua Zuo and Guoli Zhang (2013), Weights Analysis of Multi-objective Programming Problem, *Information Processing and Control Institute, North China Electric Power University, Baoding 071003, China*.
- [5]. J.A. Silva, J.V. Abellán-Nebot, H.R. Siller, F. Guedea-Elizalde (2012), Adaptive control optimisation system for minimising production cost in hard milling operations, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing. DOI:10.1080/0951192X.2012.749535*.
- [6]. JW.Sutherland, PM. Ferreira, RE. DeVor, SG. Kapoor (1988), An integrated approach to machine tool system analysis, design and control, *Proc 3rd Int Conf Comp Aid Prod Engr, pp. 429-445*.
- [7]. K. Shirase, K. Nakamoto, E. Arai, T. Moriwaki (2005), Digital copy milling-autonomous milling process control without an NC program, *Robot Comput Integr Manuf, Vol. 21, pp. 312–317*.
- [8]. L. Wang, R.X.Gao (2006), Condition monitoring and control for intelligent manufacturing, *Springer*.
- [9]. M. Brezocnik, J. Balic, Z. Brezocnik (2003), Emergence of intelligence in next-generation manufacturing systems, *Robot Comput Integr Manuf, Vol. 19, pp. 55-63*.
- [10]. N. Baskar, P. Asokan, R. Saravanan, G. Prabhakaran (2005), Optimization of machining parameters for milling operations using non-conventional methods, *Int J Adv Manuf Technol, Vol. 25, pp.1078–1088*.
- [11]. Nof SY (2009), *Handbook of automation*, Springer.
- [12]. S. Atluru, SH. Huang, JP. Snyder (2012), A smart machine supervisory system framework, *Int J Adv Manuf Technol, Vol. 58, pp. 563-572*.
- [13]. S. Pal, PS Heyns, BH Freyer, NJ Theron, SK Pal (2011), Tool wear monitoring and selection of optimum cutting conditions with progressive tool wear effect and input uncertainties, *J Intell Manuf, Vol. 22, pp. 491-504*.
- [14]. S. Zhang & J. F. Li & J. Sun & F. Jiang (2010), Tool wear criterion, tool life, and surface roughness during in high-speed end-milling Ti-6Al-4V alloy, *Springer*.
- [15]. T. Sato, Y. Kakino, H. Saraie (2002), Proposal of the extended system framework of intelligent machine tool, *Japan-USA Symp Flex Autom*.
- [16]. Y. Koren (1989), Adaptive control systems for machining, *Manufacturing Review, Vol.2, 1989, pp.6-15*.
- [17]. YS. Tarng, YS. Wang (1994), A new adaptive controller for constant turning force, *J Adv Manuf Technol, Vol. 9, pp. 211-216*.
- [18]. Hoàng Tiến Dũng (2016), Ảnh hưởng của chế độ cắt và thời gian cắt đến mòn dao khi phay cao tốc bằng dao phay ngón liền khối,, *Tạp Chí Khoa học và Công nghệ - Trường ĐH Công Nghiệp Hà Nội, số 6*.
- [19]. Hoang Tien Dung, Nguyen Huy Ninh, Tran Van Dich, Tran Ngoc Hien, Nguyen Thanh Binh (2014), *Optimizing cutting conditions in high speed milling using evolution algorithms*, The 7th AUN/SEED-Net Regional conference in mechanical and manufacturing engineering, trang 146-150.