TỐI ƯU HOÁ CHẾ ĐỘ CẮT PHỤC VỤ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI QUÁ TRÌNH GIA CÔNG

Trần Văn Khiêm*
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

TÓM TẮT

Điều khiển thích nghi (ĐKTN) là dạng điều khiển thông minh, linh hoạt; cho phép hệ thống tự thích ứng, duy trì hiệu năng công tác trước những biến động của các tham số hệ thống và nhiễu loạn của môi trường. Ứng dụng CNC có ĐKTN là xu hướng tất yếu, giúp nâng cao hiệu quả sản xuất trong khi đảm bảo chắc chắn chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, ứng dụng ĐKTN cũng gặp những trở ngại, trong đó có yêu cầu khắt khe về thời gian xử lý, tính toán, ra quyết định, trong đó có tối ưu hoá (TƯH) trực tuyến quá trình gia công.

Nhằm tìm kiếm giải pháp TƯH trực tuyến khả dụng trong ĐKTN, tác giả đã thử nghiệm các phương pháp khác nhau. Trong công trình này, tác giả đã thử nghiệm mô hình TƯH chế độ cắt dùng giải thuật bầy đàn (PSO) và nhận được kết quả khả quan: kết quả tính toán tương đồng, trong khi thời gian tính toán được rút ngắn một cách ấn tượng, chỉ mất 0,196 giây, bằng 6,7% so với 2,848 giây của phương pháp tốt nhất trước đây, là giải thuật di truyền (GA).

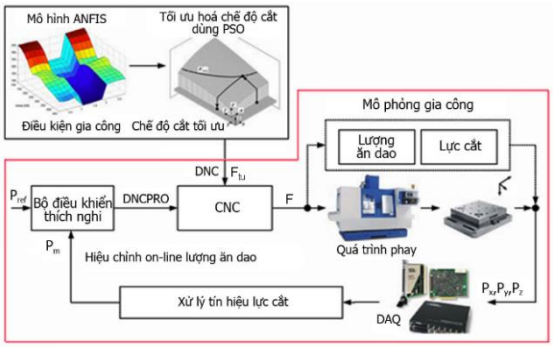
Bài báo này giới thiệu tóm tắt cơ sở thuật toán, mô tả chi tiết quá trình và kết quả giải bài toán bằng PSO trong môi trường Matlab.

Từ khóa: *điều khiển thích nghi, tối ưu hóa, giải thuật bầy đàn, giải thuật di truyền, hợp kim Titan*

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình gia công, trạng thái của hệ thống, như kích thước và cơ tính của vật liệu phôi, khả năng cắt của dao,... luôn biến động khiến chất lượng và tính kinh tế của quá trình không ngừng xấu đi. Để thích ứng, đảm bảo sự tiến triển bình thường và hiệu quả của quá trình, chế độ cắt cần được hiệu chỉnh kịp thời. Xu hướng hiện nay là dần dần thay thế các hệ CNC truyền thống, có cấu trúc và tham số cố định bằng CNC có ĐKTN, có khả năng tự thích ứng với sự biến động và nhiễu loạn của các tham số hệ thống và của môi trường 0.

Các hệ ĐKTN được trang bị hoặc ghép với modul tính toán, hiệu chỉnh trực tuyến hoặc TƯH chế độ cắt. Hệ ĐKTN theo giới hạn *(Adaptive Control with Constraints – ACC)*, có thể được ghép với modul TƯH tĩnh, ngoại tuyến *(Off-line)* như trong Hình 1, việc TƯH được thực hiện trước khi gia công 0. Trong trường hợp này, vấn đề thời gian không đáng quan tâm nên hầu hết các phương pháp TƯH, từ truyền thống, như Taguchi, quy hoạch tuyến tính (QHTT),... đến hiện đại như mạng nơ ron nhân tạo, logic mờ, giải thuật di truyền *(Genetic Algorithm-GA)*, hay TƯH bầy đàn *(Particle Swarm Optimization - PSO)*,... đều có thể được sử dụng.

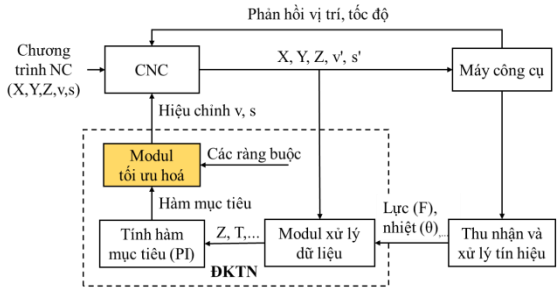


Hình 1. *Cấu trúc ĐKTN có TƯH ngoại tuyến*

Trong các hệ ĐKTN có TƯH *(Adaptive Control with Optimization – ACO)*, chế độ cắt được TƯH theo một tiêu chí kinh tế, kỹ thuật nào đó nhờ một modul TƯH như trong Hình 2. Quá trình TƯH được thực hiện trực tuyến *(On-Line)*, hoàn toàn tự động theo thời gian thực. Vì vậy, ngoài yêu cầu về độ chính xác, tin cậy, quá trình tính toán phải được tự động hoá (TĐH) hoàn toàn và phải nhanh. Thường chu kỳ điều khiển trong ACO được chọn từ 5 đến 30 giây. Trừ thời gian cho thu nhận dữ liệu, phân tích, ra quyết định, truyền thông, tác động

* *Tel: 0913 290074, Email: tranvankhiemspkt@gmail.com*

điều khiển,... thời gian dành cho TƯH thường chỉ được vài giây.



Hình 2. *Sơ đồ ĐKTN có tối ưu hoá*

Nhằm đáp ứng các yêu cầu của ACO, góp phần đưa nó vào thực tiễn công nghiệp, cần tìm kiếm mô hình và phương pháp TƯH chế độ cắt vừa đảm bảo độ chính xác, tin cậy, vừa đáp ứng được yêu cầu về TĐH và thời gian của ACO.

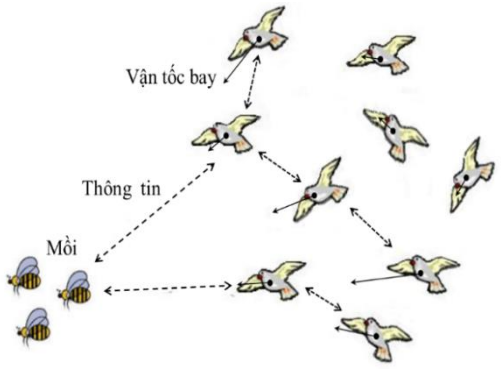
Trong các bài báo đã công bố, chúng tôi đã trình bày phương pháp Taguchi 0, QHTT 0 và GA 0. Hai phương pháp đầu không đáp ứng được yêu cầu về TĐH và thời gian tính toán nên chỉ dùng được trong TƯH tĩnh. Phương pháp GA được TĐH hoàn toàn nhưng thời gian tính toán đến 2,848 phút 0 và còn có thể thay đổi tuỳ theo bài toán và năng lực của máy tính, chưa thật sự tin cậy. PSO được cho là phương pháp có nhiều triển vọng, hứa hẹn kết quả tin cậy và khả năng TĐH như GA hay thuật toán đom đóm *(Firefly Algorithm – FA)* 0 nhưng thực hiện nhanh hơn, từng được ứng dụng nhiều trong TƯH tĩnh 0, trong đó có TƯH ngoại tuyến trong các hệ ACC 0, 0. Tuy nhiên, chưa thấy công trình nào thử nghiệm ứng dụng PSO trong ACO.

Bài báo này sẽ trình bày thuật giải PSO, ứng dụng nó cho cùng một bài toán đã giải trong 0 và 0 để so sánh về khả năng ứng dụng trong nghiên cứu ACO.

KHÁI QUÁT VỀ GIẢI THUẬT BẦY ĐÀN

Ý tưởng tự nhiên của PSO

Giải thuật bầy đàn lấy ý tưởng từ hoạt động của một số loài động vật sống theo bầy đàn, như bầy chim, đàn cá. Cảnh kiếm mồi của đàn chim (Hình 3) được cho là nguồn ý tưởng đầu tiên về PSO. Đầu tiên, các con chim bay tuỳ ý. Khi có con nào đó phát hiện ra mồi, nó sẽ phát tín hiệu. Một số con sẽ nhận được và phát tín hiệu tiếp,... Theo thông tin nhận được, các con chim sẽ điều chỉnh hướng và tốc độ bay để nhanh tiếp cận mục tiêu. Vị trí và tốc độ bay của mỗi con chim luôn được cập nhật, cho đến khi đa số tiếp cận được mồi.



Hình 3. *Cảnh đàn chim kiếm mồi*

Mô hình toán học của PSO

PSO là thuật toán hoá quá trình kiếm mồi của đàn chim tự nhiên, hiện đã khá phổ biến và được trình bày trong nhiều tài liệu chuyên ngành 0, 0. Thuật toán có thể được tóm tắt như sau:

Ký hiệu S là không gian nghiệm n chiều, $f:S\rightarrow R$ là hàm mục tiêu và N là số cá thể (số con) trong đàn. Tại mỗi thời điểm, con thứ i có một vị trí nhất định, tương ứng một điểm trong không gian nghiệm

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{ij}, ...x_{in}) \in S; \quad i = 1..N; j = 1..n \tag{1}$$

và di chuyển với vận tốc

$$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, ..., v_{ij}, ...v_{in}) \in S \tag{2}$$

Trong số các vị trí mỗi con từng đi qua luôn tồn tại một vị trí tốt nhất của nó *(personal-best* hay *pbest)*

$$p_i = (p_{i1}, p_{i2}, ..., p_{ij}, ..., p_{in}) \in S; \tag{3}$$

Trong không gian S có một vị trí g tốt nhất *(global-best* hay *gbest)* với cả đàn, tương ứng với giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu

$$f(g) \leq f(p_i) \ \forall i \in N \tag{4}$$

Chú ý rằng x, v, p, g là các đại lượng vector trong không gian n chiều.

Trong quá trình tìm kiếm, dựa vào thông tin nhận được về vị trí của cả đàn, các cá thể luôn cập nhật vận tốc di chuyển và vị trí của mình. Đó là quá trình lặp với số lần lặp tối đa T cho trước.

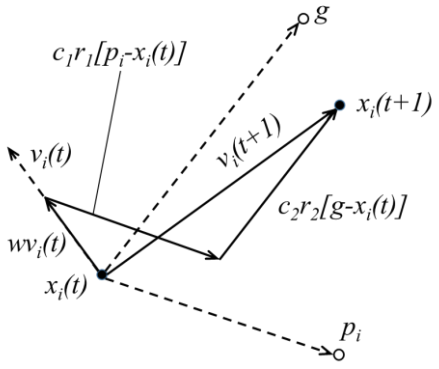
Vận tốc của con thứ i ở bước lặp thứ $(t+1)$ được xác định theo vận tốc và vị trí ở bước thứ t:

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1r_1[p_i - x_i(t)] + c_2r_2[g - x_i(t)] \quad (5)$$

Trong đó, thành phần thứ nhất thể hiện quán tính *(inertia)*, tỷ lệ với vận tốc $v_i(t)$; thành phần thứ hai *(nhận thức - cognitive)* tỷ lệ với sai khác giữa vị trí tốt nhất của mỗi con p_i và vị trí tức thời x_i của nó; thành phần thứ ba *(xã hội - social)* tỷ lệ với sai khác giữa vị trí tốt nhất của đàn g và vị trí tức thời x_i của con thứ i. Các hệ số w, c_1, c_2 lần lượt là các hệ số quán tính, nhận thức và xã hội; r_1 và r_2 là các hệ số ngẫu nhiên trong khoảng $(0,1)$. Vị trí của con thứ i ở bước lặp thứ $(t+1)$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1);\ t = 1..T \quad (6)$$

Quá trình cập nhật vận tốc và vị trí của các cá thể theo (5) và (6) được minh họa bởi Hình 4. Vector $wv_i(t)$ cùng phương với vector $v_i(t)$; vector $c_1r_1[p_i-x_i(t)]$ cùng phương với vector $p_i-x_i(t)$; vector $c_2r_2[g-x_i(t)]$ cùng phương với vector $g-x_i(t)$; vector $v_i(t+1)$ bằng tổng của 3 vector trên. Cuối cùng, nhận được $x_i(t+1)$ như (6).



Hình 4. *Mô tả giải thuật cập nhật vận tốc và vị trí*

Vị trí tốt nhất của con thứ i ứng với giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu (bài toán cực tiểu) mà nó đạt được:

$$f(p_i) = min[f(x_i)] \quad (7)$$

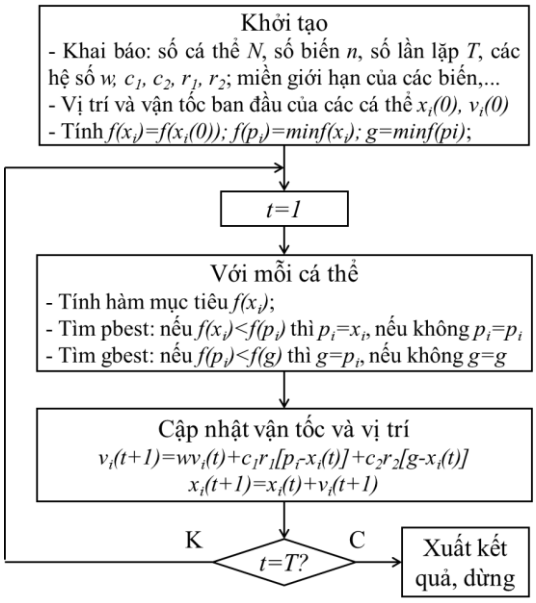
Hay

$$p_i = \begin{cases} x_i & khi\ f(x_i) < f(p_i) \\ p_i & khi\ f(x_i) \geq f(p_i) \end{cases} \quad (8)$$

Vị trí tốt nhất của đàn ứng với giá trị nhỏ nhất của hàm mục tiêu trong cả đàn

$$f(g) = min[f(p_i)]\ \forall i \in N \quad (9)$$

Thuật toán cơ bản của PSO được trình bày tóm tắt trong Hình 5.



Hình 5. *Sơ đồ thuật toán tổng quát của PSO*

MÔ HÌNH TỐI ƯU HOÁ CHẾ ĐỘ CẮT

Hàm mục tiêu

Mô hình TƯH chế độ cắt được trình bày chi tiết trong 0, ở đây chỉ tóm tắt để đảm bảo tính hệ thống. Hàm mục tiêu là tổng chi phí gia công 1 đơn vị thể tích phôi (ng.đ/cm^3):

$$\frac{K}{V} = \frac{A}{Z} + \frac{C_d}{ZT_e} = \frac{1}{Z}\left(A + \frac{C_d}{T_e}\right) = \frac{A_\Sigma}{Z} \to min \quad (10)$$

trong đó, K (ng.đ) - chi phí nguyên công; V (cm^3) - thể tích vật liệu phôi được cắt; A (ng.đ/ph) - chi phí cho 1 phút chạy máy; $Z=v.s.a$ (cm^3) - năng suất bóc vật liệu; C_d (ng.đ) - chi phí mua và mài dụng cụ; T_e (ph) - tuổi bền của dụng cụ, tại đó chi phí gia công thấp nhất, được gọi là tuổi bền kinh tế:

$$T_e = -\frac{C_d}{A}(m+1) \quad (11)$$

Các điều kiện ràng buộc

- Điều kiện lực cắt không vượt ngưỡng cho phép, đảm bảo không gây biến dạng quá mức của phôi, hoặc đảm bảo an toàn cho hệ thống

$$F = F_1 v^{mf} s^{nf} a^{kf} \le F_{max} \quad (12)$$

- Điều kiện giới hạn cho phép của độ nhám bề mặt gia công

$$R_a = R_1 v^{mr} s^{nr} a^{kr} \le R_{max} \quad (13)$$

- Điều kiện tuổi bền của dụng cụ bằng tuổi bền kinh tế (T_e):

$$T = T_1 v^{mt} s^{nt} a^{kt} = T_e \quad (14)$$

- Điều kiện công suất cắt không vượt quá giá trị danh định P_m của động cơ trục chính

$$P = \frac{F_1}{60.1000} v^{(mf+1)} s^{nf} a^{kf} \le P_m \eta \quad (15)$$

- Miền giới hạn tốc độ cắt

$$v_{min} \le v \le v_{max} \quad (16)$$

- Miền giới hạn lượng chạy dao

$$s_{min} \le s \le s_{max} \quad (17)$$

- Miền giới hạn chiều sâu cắt

$$a_{min} \le a \le a_{max} \quad (18)$$

Phương pháp giải

Rút cuộc, bài toán chi phí được phát biểu như sau: TƯH chế độ cắt (v, s, a) theo hàm mục tiêu (10), với các điều kiện ràng buộc (12) đến (18). Tuy PSO có thể xử lý các mô hình phi tuyến, nhưng xử lý mô hình tuyến tính vẫn nhanh và tin cậy hơn. Ở đây, hàm mục tiêu và các điều kiện ràng buộc đều có dạng hàm mũ, dễ dàng lấy logarit để chuyển thành tuyến tính nên mô hình tuyến tính vẫn được dùng.

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Mô hình thực nghiệm

Số liệu thực nghiệm thu được khi tiện phôi từ hợp kim Titan Ti-6Al-4V, dùng dao gắn mảnh hợp kim cứng BK6, trên trên máy tiện CNC kiểu Hyperturn 45 của hãng EMCO - CH Áo. Các thông số đo được gồm: lực cắt F_z (dùng lực kế áp điện 3 thành phần kiểu 9257BA của hãng Kistler - Thuỵ Sĩ); độ nhám bề mặt R_a (dùng thiết bị SJ-201 của Mitutoyo – Nhật); tuổi bền T, tương ứng với chiều cao trung bình của vùng mòn mặt sau h=0,3mm.

Các yếu tố đầu vào với 3 mức như trong bảng 1.

Bảng 1. *Các yếu tố đầu vào và các mức*

Yếu tố	Mức 1	Mức 2	Mức 3
v (m/ph)	30	45	60
s (mm/v)	0,15	0,30	0,45
a (mm)	0,50	0,10	0,15

Dùng quy hoạch thực nghiệm đa yếu tố toàn phần (L27) với 27 thí nghiệm, nhận được bảng số liệu (đã ẩn một số hàng cho gọn) như bảng 2.

Bảng 2. *Số liệu thí nghiệm*

Thí	Chế độ cắt			Số liệu đo		
nghiệm	v(m/p)	s(mm/v)	a(mm)	F(N)	Ra	T(ph)
1	30	0,15	0,50	350,32	1,48	194,31
2	30	0,15	1,00	471,96	1,62	76,75
...	...	...	...	...	...	...
25	60	0,45	0,50	1382,19	9,97	4,66
26	60	0,45	1,00	1862,14	10,91	1,84
27	60	0,45	1,50	2216,82	11,50	1,07

Dùng phương pháp hồi quy tuyến tính, nhận được các phương trình ràng buộc sau:

$$F_z = 64.v^{0,95} s^{0,65} a^{0,43} \quad (19)$$

$$R_a = 5,5.v^{0,45} s^{1,45} a^{0,13} \quad (20)$$

$$T = 9546.v^{-2,45} s^{-1,85} a^{-1,34} \quad (21)$$

Từ (15) và (19) nhận được

$$P = 0,013.v^{1,95} s^{0,65} a^{0,43} \quad (22)$$

Từ thực tế, xác định được C_d=35 (ng.đ); A=2,5 (ng.đ/ph); từ (21) có m= -2,45. Theo (11) có tuổi bền kinh tế T_e=20,30ph. Theo (10), tính được A_Σ=4,224.

Giá trị giới hạn của các thông số như sau:

- Lực cắt cho phép: F_{max}=800N;
- Công suất danh định của động cơ trục chính: P_m=5,5kW;
- Độ nhám bề mặt lớn nhất cho phép: R_{max}=2,5μm;
- Giới hạn tốc độ cắt: v = (20÷50)m/ph;
- Giới hạn lượng ăn dao: s = (0,1÷1,2)mm/v;
- Giới hạn chiều sâu cắt: a = (0,15÷1,50)mm.

Với các số liệu đã cho, có mô hình toán sau: xác định bộ tham số chế độ cắt v, s, a để đạt mục tiêu (a) với các điều kiện ràng buộc (b):

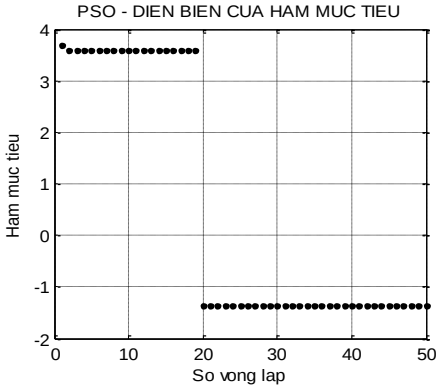
$$\begin{array}{lll} 4,224.v^{-1}s^{-1}a^{-1} & & (a) \\ 64.v^{0,95}s^{0,65}a^{0,43} & \le\ 800 & \\ 5,5.v^{0,45}s^{1,45}a^{0,13} & \le\ 2,5 & \\ 0,013.v^{1,95}s^{0,65}a^{0,43} & \le\ 5,5 & (23) \\ v & \le\ 50 & \\ s & \le\ 1,2 & (b) \\ a & \le\ 1,5 & \\ v & \ge\ 20 & \\ s & \ge\ 0,1 & \\ a & \ge\ 0,15 & \\ 9546.v^{-2,45}s^{-1,85}a^{-1,34} & =\ 20,3 & \end{array}$$

Giải bài toán

Logarit 2 vế các phương trình (23), đặt x_1=ln(v), x_2=ln(s), x_3=ln(a), được mô hình tuyến tính sau:

$$
\begin{array}{llllll}
1{,}44 & -x_1 & -x_2 & -x_3 & & (a)\\
4{,}16 & +0{,}95x_1 & +0{,}65x_2 & +0{,}43x_3 \le & 6{,}68 & \\
1{,}70 & +0{,}45x_1 & +1{,}45x_2 & +0{,}13x_3 \le & 0{,}92 & \\
-6{,}62 & +1{,}95x_1 & +0{,}65x_2 & +0{,}43x_3 \le & 1{,}25 & \\
 & x_1 & & & \le\ 3{,}91 & \\
 & & x_2 & & \le\ 0{,}18 & (b)\\
 & & & x_3 & \le\ 0{,}41 & \\
 & x_1 & & & \ge\ 3{,}00 & \\
 & & x_2 & & \ge\ -2{,}30 & \\
 & & & x_3 & \ge\ -1{,}90 & \\
9{,}16 & -2{,}45x_1 & -1{,}85x_2 & -1{,}34x_3 = & 3{,}01 &
\end{array}
\qquad (24)
$$

Chương trình PSO được lập trong Matlab với các tham số như sau: số cá thể N=100; số vòng lặp 50; w=(0,4-0,9); c_1=c_2=2. Hình 6 cho thấy bài toán hội tụ sau khoảng 20 vòng lặp. Theo kết quả in ra màn hình, với bộ thông số chế độ cắt tối ưu: v=35,24m/ph; s=0,19mm/vòng; a=1,5mm, chi phí gia công nhỏ nhất K/V=0,432ng.đ/cm^3.



Hình 6. *Quá trình TƯH nhờ PSO*

```
====== TOI UU HOA CHE DO CAT VOI PSO ======
Toc do cat toi uu          : v  = 35.24 (m/ph)
Luong an dao toi uu        : s  = 0.19 (mm/vg)
Chieu sau cat toi uu       : a  = 1.50 (mm)
Nang suat gia cong         : Z  = 9.783 (cm^3/ph)
Do nham be mat             : Ra =  2.48 (µm)
Luc cat                    : F  = 724.40 (N)
Cong suat truc chinh       : P  = 0.53 (kW)
Tuoi ben tinh toan         : T  = 20.30 (ph)
Tuoi ben kinh te           : Te = 20.30 (ph)
Chi phi truc tiep          : K1 = 0.255 (ng.d/cm^3)
Chi phi dung cu            : K2 = 0.176 (ng.d/cm^3)
Chi phi gia cong           : K/V= 0.432 (ng.d/cm^3)
Thoi gian tinh toan        : tt  = 0.196 (s)
=========================================
```

Tổng hợp kết quả

Bài toán TƯH chế độ cắt khi gia công hợp kim Ti-6Al-4V theo tiêu chí tổng chi phí gia công thấp nhất (10), có tính đến đầy đủ chi phí mua và mài dao và các điều kiện ràng buộc (12)÷(18), trong đó có các các ràng buộc đặc trưng cho gia công các vật liệu khó gia công như HKTi, là độ nhám bề mặt và tuổi bền của dụng cụ. Bài toán được giải bằng 3 phương pháp: QHTT 0 để nhận được kết quả chính xác; GA 0 và PSO (trong bài báo này) để đánh giá về thời gian giải. Kết quả được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. *Tổng hợp kết quả TƯH bằng QHTT, GA và PSO*

Phương pháp TƯH	Chế độ cắt tối ưu			Kết quả		
	v(m/ph)	s(mm/v)	a(mm)	K/V (ng.đ/cm^3)	Tuổi bền (phút)	Thời gian giải (giây)
QHTT	35,26	0,19	1,5	0,431	20,3	không tính
GA	35,07	0,19	1,5	0,431	20,3	2,848
PSO	35,24	0,19	1,5	0,432	20,3	0,196

Ta thấy, so với QHTT thì GA và PSO cho kết quả (chế độ cắt tối ưu, chi phí gia công (K/V) và tuổi bền) tương đương, nghĩa là đủ chính xác. Tuy nhiên, chỉ GA và PSO là có thời gian TƯH nhỏ, trong đó thời gian của PSO được rút ngắn một cách ấn tượng: 0,196 giây, chỉ bằng 6,7% so với 2,848 giây của GA, xấp xỉ thời gian giải bài toán tương tự được công bố khá gần đây (2017): 0,2147 giây khi giải bằng PSO và 0,1578 giây khi kết hợp FA với PSO 0.

KẾT LUẬN

Bài báo này kết thúc loạt 3 bài báo, trình bày kết quả tìm kiếm giải pháp phần mềm cho modul TƯH trực tuyến của hệ ĐKTN có tối ưu hoá (ACO). Một bài toán TƯH chế độ cắt khi tiện hợp kim Titan Ti-6Al-4V (một trong những vật liệu khó gia công điển hình vì lực cắt lớn, dao mòn nhanh và chất lượng bề mặt thấp) có tính đến đầy đủ các chi phí mua, mài dao và các điều kiện ràng buộc cơ bản đã được giải bằng 3 phương pháp khác nhau: một phương pháp kinh điển từng được đánh giá là tin cậy, là QHTT và 2 phương pháp dựa trên trí tuệ nhân tạo, là GA và PSO. Đối chiếu với 3 yêu cầu cơ bản của TƯH trực tuyến cho ACO như đã nêu trong phần đặt vấn đề thì PSO có triển vọng nhất: độ chính xác so sánh được với QHTT đồng thời có thể TĐH hoàn toàn và thời gian giải ngắn nhất.

Kết quả nghiên cứu đánh dấu một bước hoàn thiện mô hình ACO và mở ra khả năng hiện thực hóa nó trong công nghiệp, phát triển ứng dụng ĐKTN trong công nghệ gia công cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đào Văn Hiệp (2016), *Giám sát và điều khiển thông minh quá trình gia công cơ*, Nxb Quân đội nhân dân, Hà Nội.
2. Trần Văn Khiêm (2017), "Phương pháp Taguchi và ứng dụng trong tối ưu hoá chế độ cắt", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 4, trang 76-82.
3. Trần Văn Khiêm (2017), "Tối ưu hoá chế độ cắt khi tiện hợp kim Titan Ti-6Al-4V", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, trang 55-63.
4. Trần Văn Khiêm (2017), "Tối ưu hoá chế độ cắt khi tiện hợp kim Titan Ti-6Al-4V nhờ giải thuật gen", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 6, trang 76-82.
5. Krusienski, D.J., Jenkins, W.K. (2005), "Design and Performance of Adaptive Systems Based on Structured Stochastic Optimization Strategies", *IEEE Circuits and Systems Magazine*, p.8-20.
6. Vikas Pare, Geeta Agnihotri & C.M. Krishna (2011), "Optimization of Cutting Conditions in End Milling Process with the Approach of Particle Swarm Optimization", *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, ISSN No. 2231 –6477, Volume-1, Issue-2, pp. 21-25.
7. Cus, F., Zuperl, U. et al (2006), "Adaptive Controller Design For Feedrate Maximization of Machining Process", *Journal of Achie-vements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 17, p. 237-240.
8. Johari, N.F., Zain, A.M., Mustaffa, N.H. & Udin, A. (2017), "Machining Parameters Optimization using Hybrid Firefly Algorithm and Particle Swarm Optimization", *Journal of Physics*: Conf. Series 892 (2017) 012005, pp.1-11.

SUMMARY

OPTIMIZATION OF MACHINING PARAMETERS FOR ADAPTIVE CONTROL OF MACHINING PROCESS

Tran Van Khiem*
Nam Dinh Universty of Technology Education

Adaptive Control (AC) is an intelligent and flexible control type, which allows the system to self-adapt and maintain the control performance against the un-certainties in system parameters and environment disturbances. The application of CNC with AC is the inevitable trend that helps improve production efficiency while definitely guarante product quality. However, the application of AC also encounters many obstacles including the strict requirements on processing time, computing, making decision including online optimization of machining process.

In order to find the useful online optimization solution for AC, different methods have been examined. In this work, the author examines the optimization model for cutting parameters using PSO and obtains satisfactory results: The obtained results are similar, while the executing time is dramatically shortened in comparison with the best of recently used method, ie. GA, only 0.196, equalled 6.7% against 2.848.

This article briefly introduces the algorithmic basis, describes the problem solving process and it's results by using PSO in Matlab.

Key words: *adaptive control, optimization, particle swarm algorithm, genetic algorithm, titanium alloy.*

Ngày nhận bài: 04/4/2018; Ngày phản biện: 19/4/2018; Ngày duyệt đăng: 31/5/2018

* *Tel: 0913 290074, Email: tranvankhiemspkt@gmail.com*