

XÁC ĐỊNH CỰC TRỊ HÀM PHI TUYẾN BẰNG MAPLE, ỨNG DỤNG XỬ LÝ SỐ LIỆU THỰC NGHIỆM, XÁC ĐỊNH CHẾ ĐỘ CẮT TỐI ƯU KHI DÙNG DAO THÉP GIÓ PHỦ TIN PHAY THÉP HỢP KIM 9XC

DETERMINING THE EXTREME VALUE OF A NONLINEAR FUNCTION BY MAPLE, APPLICATION IN PROCESSING PRACTICAL DATA AND DETERMINING OPTIMIZED CUTTING PARAMETERS WHEN USING HIGH SPEED STEEL WRAPPED BY TIN FOR MILLING 9XC STEEL

Trần Ngọc Hải

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 6/4/2017, chấp nhận đăng ngày 04/5/2017

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp xác định cực trị hàm phi tuyến bằng Maple, ứng dụng xử lý số liệu thực nghiệm, xác định chế độ cắt tối ưu khi dùng dao thép gió phủ TiN phay thép 9XC. Quá trình tính toán, thiết lập hàm mục tiêu theo các biến công nghệ (s, v, t), xác định tối ưu (s, v, t) để hàm mục tiêu đạt cực trị được thực hiện nhanh chóng bằng (Maple, Math) là các phần mềm toán thông dụng, thuận tiện cho người sử dụng, phạm vi áp dụng rộng.

Từ khóa: Cực trị hàm phi tuyến, tối ưu chế độ cắt.

Abstract: This paper presents the method of determining the extreme value of a nonlinear function by Maple, application in processing practical data and determining optimized cutting parameter when using high speed steel wrapped by TiN for milling 9XC steel. The calculation process, setting the objective function by the technological variables (s, v, t), determination the optimal (s, v, t) for the objective function could be reached quickly by several popular math softwares - Maple or Math, which is widely applied in reality and is convenient for the user and wide application range.

Keywords: Extreme value of a nonlinear function, optimization cutting.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến năng suất (Q), độ nhám bề mặt (R_a), độ mòn dụng cụ cắt (h_s) khi gia công chi tiết trên máy CNC thường dừng ở việc thiết lập công thức ảnh hưởng của (s, v, t) tới năng suất, độ nhám... Từ các mục tiêu cụ thể người ta lựa chọn độc lập hoặc phối hợp các thông số (s, v, t) để mục tiêu Q, R_a, h_s đạt cực trị. Việc xác định cực trị hàm $f(s, v, t)$ (thường là hàm

phi tuyến) theo phương pháp truyền thống là phức tạp, khó khăn với người làm công nghệ. Với cách tiếp cận khác, qua việc thực nghiệm gia công thép 9XC bằng dụng cụ cắt phủ TiN, bài báo trình bày phương pháp thiết lập hàm mục tiêu theo các biến công nghệ (s, v, t), xác định tối ưu (s, v, t) để hàm mục tiêu đạt cực trị bằng các gói lệnh (Optimization, Fit[data, Table[xⁱ, {i, 0, n}, x]]... của Maple, Math) là các phần mềm toán mạnh, thông dụng.

2. XÁC ĐỊNH CỰC TRỊ HÀM PHI TUYẾN BẰNG MAPLE

2.1. Tuyến tính hóa một số hàm phi tuyến

- Hàm lũy thừa, [1]: $\tilde{y} = a.x^b$, logarit hai vế:
 $\rightarrow \ln \tilde{y} = \ln a + b \ln x$, đặt: $\tilde{Y} = \ln \tilde{y}$, $a_0 = \ln a$
 $a_1 = b$, $X = \ln x$, $\rightarrow \tilde{Y} = a_0 + a_1 X$

(1)

Sau khi xác định được a_0, a_1 , $\rightarrow a = e^{a_0}$, $a_1 = b$

- Hàm mũ với cơ số chưa biết, [2]: $\tilde{y} = a.b^x$
 $\rightarrow \ln \tilde{y} = \ln a + x \ln b$, đặt: $a_0 = \ln a$, $a_1 = \ln b$
 $\tilde{Y} = \ln \tilde{y}$, $X = x \rightarrow \tilde{Y} = a_0 + a_1 X$ (2)

- Hàm phi tuyến, [2]: $y = b_0 x_1^{b_1} x_2^{b_2} \dots x_n^{b_n}$
 $\rightarrow \ln y = \ln b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + \dots + b_n \ln x_n$,
 $\rightarrow Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$ (3)

ở công thức (3): $Y = \ln y$, $X_i = \ln x_i (i = 1 \dots n)$

- Sau khi tuyến tính hóa hàm phi tuyến, có thể xác định cực trị các phương trình (1), (2), (3) bằng phương pháp đơn hình... Ở đây bài toán được giải bằng Maple.

Ví dụ 1: Cho $f = x_1 + 4x_2 - 3x_3 \rightarrow \max$

$$\text{điều kiện } \begin{cases} 2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 7; 4x_1 - 3x_2 - 2x_3 \geq 9 \\ x_1 + 2x_2 - x_3 = 2; x_j \geq 0, j = 1, 3 \end{cases}$$

Xác định $x_{j(j=1, \dots, 3)}, f_{\max}$.

Chương trình tính dùng
(Optimization-Maple):

> with(Optimization);

obj:= $x_1 + 4x_2 - 3x_3$;

cnsts:= $[2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 7, 4x_1 - 3x_2 - 2x_3$

$\geq 9, x_1 + 2x_2 - x_3 = 2, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0]$;

LPSolve(obj, cnsts, assume = nonnegative, maximize);

Kết quả: $f_{\max} = 1$ khi $x_1 = 2,5$; $x_2 = 0$; $x_3 = 0,5$.

Dùng phương pháp đơn hình giải bài toán,

[4] cho kết quả bằng kết quả tính dùng Maple.

2.2. Xác định cực trị hàm phi tuyến có ràng buộc

Các phương pháp thường được sử dụng:

- Phương pháp gradien.
- Phương pháp các nhân tử Lagrange...

Dưới đây trình bày cách xác định cực trị hàm bằng Maple.

Ví dụ 2: Cho bài toán quy hoạch toàn phương

$$f = 0,5x_1^2 + 0,5x_2^2 - x_1 - 2x_2 \rightarrow \min$$

$$\text{điều kiện } \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6; x_1 + 4x_2 \leq 5; x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Xác định $x_{j(j=1,2)}, f_{\min}$

Chương trình Maple tính cực tiểu:

> with(Optimization);

obj:= $0,5x_1^2 + 0,5x_2^2 - x_1 - 2x_2$;

cnsts:= $[2x_1 + 3x_2 \leq 6, x_1 + 4x_2 \leq 5, 0 \leq x_1, 0 \leq x_2]$; NLPSolve(obj, cnsts);

Kết quả: $f_{\min} = -2,029$, $x_1 = 0,76$; $x_2 = 1,05$,

Dùng phương pháp Hildreth-D'Esopo [3] cho kết quả bằng kết quả tính dùng Maple.

Ví dụ 3: Cho hàm hồi quy bậc hai đầy đủ

$$f_{(x)} = -8x_1^2 - 10x_2^2 - 12x_1x_2 - 50x_1 + 80x_2 \rightarrow \max$$

$$\text{điều kiện: } \begin{cases} x_1 + x_2 \leq 1; 8x_1^2 + x_2^2 \leq 2; x_{1,2} \geq 0 \end{cases}$$

Xác định $x_{j(j=1,2)}, f_{\max}$

Chương trình Maple tính cực đại:

> with(Optimization);

obj:= $-8x_1^2 - 10x_2^2 - 12x_1x_2 - 50x_1 + 80x_2$;

cnsts:= $[x_1 + x_2 \leq 1, 8x_1^2 + x_2^2 \leq 2, 0 \leq x_1, 0 \leq x_2]$;

NLPSolve(obj, cnsts, maximize);

Kết quả: $f_{\max} = 70$, $x_1 = 0$; $x_2 = 1$

Dùng phương pháp Lagrange [4] cho kết quả bằng kết quả tính dùng Maple.

Nhận xét:

Cực trị của hàm phi tuyến, hàm phi tuyến quy về tuyến tính, được xác định nhanh chóng với (Optimization, LPSolve, NLPSolve) của Maple, phương pháp tính sẽ được ứng dụng vào bài toán thực nghiệm sau đây.

3. THỰC NGHIỆM, THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH HỒI QUY, TỐI ƯU HÓA THÔNG SỐ (S, V, T) BẰNG MATH

3.1. Điều kiện thực nghiệm

- Máy: máy phay CNC-KM100



Hình 1. Máy CNC- KM100

Một số thông số kỹ thuật chính của máy.

Hành trình theo trục X	mm	1000
Hành trình theo trục Y	mm	500
Hành trình theo trục Z	mm	530
Công suất động cơ chính	kW	3,5
Động cơ chạy dao.	kW	0,91
Khối lượng	kg	2800

- Dao: dao phay ngón $\phi 6$ HSS-Co TiN (theo LIST 6478- hãng NACHI).
- Phôi: thép 9XC.
- Dụng cụ đo:
 - Đồng hồ so MUTIMIO-0,005mm.
 - Thước đo độ cao Shanhai - 0,02mm.
- Dung dịch trơn nguội: dung dịch 10% Emunxi kèm theo máy, tưới trực tiếp.

3.2. Chuẩn bị, tiến hành thực nghiệm

Mòn dụng cụ cắt ảnh hưởng lớn tới năng suất, chất lượng sản phẩm, đặc biệt khi phay

rãnh cam phẳng, rãnh cam trên bề mặt trụ (cam thùng) thì mòn dụng cụ cắt trực tiếp làm kích thước rãnh thay đổi.

Thực nghiệm nhằm xác định ảnh hưởng của (s, v, t) tới mòn dụng cụ cắt (h_s) khi phay rãnh (rộng 6 sâu 3,5 mm).

- Phương trình hồi quy: Dùng quy hoạch hợp BOX-WILSON, số yếu tố ảnh hưởng $k=3$. Số thí nghiệm $n=2^3+2 \times 3+1=15$.

Dạng tổng quát hàm hồi quy:

$$Y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 + b_3.x_3 + b_{12}.x_1.x_2 + b_{13}.x_1.x_3 + b_{23}.x_2.x_3 + b_{11}.x_1^2 + b_{22}.x_2^2 + b_{33}.x_3^2 \quad (4)$$

Ở đây: $Y = \ln(h_s)$; $x_1 = \ln(t)$; $x_2 = \ln(s)$; $x_3 = \ln(v)$.

Chế độ cắt: được chọn có quan tâm tới sức bền thân dao.

Bảng 1. Các mức, cận trên dưới của (s, v, t)

Biến thực	Giới hạn $(-\alpha)$	Mức dưới (-1)	Mức (0)	Mức trên $(+1)$	Giới hạn $+\alpha$
t (mm)	0,53	0,6	0,9	1,2	1,26
s.mm/vg	0,08	0,1	0,18	0,26	0,277
v.m/ph	12,85	15	25	35	37,15

Bảng 2. Thông số thực nghiệm, kết quả đo mòn h_s

tt	t,mm	s.mm/vg	v.m/ph	h_s mm
1	1,2	0,26	35	0,02
2	0,6	0,26	35	0,01
3	1,2	0,1	35	0,02
4	0,6	0,1	35	0,02
5	1,2	0,26	15	0,03
6	0,6	0,26	15	0,02
7	1,2	0,1	15	0,01
8	0,6	0,1	15	0,015
9	0,9	0,18	25	0,01
10	1,26	0,18	25	0,03
11	0,53	0,18	25	0,01
12	0,9	0,28	25	0,02
13	0,9	0,08	25	0,01
14	0,9	0,18	37,15	0,02
15	0,9	0,18	12,85	0,01

**Bảng 3. Giá trị Logarit(t, s, v, h_s)
dùng để thiết lập phương trình hồi quy**

TT	x ₁ =(ln t)	x ₂ =(ln s)	x ₃ =(ln v)	Y =ln(h _s)
1	0,18232	-1,3470	3,55534	-3,9120
2	-0,5108	-1,3470	3,55534	-4,6051
3	0,18232	-2,3025	3,55534	-3,9120
4	-0,5108	-2,3025	3,55534	-3,9120
5	0,18232	-1,3470	2,70805	-3,5065
6	-0,5108	-1,3470	2,70805	-3,9120
7	0,18232	-2,3025	2,70805	-4,6051
8	-0,5108	-2,3025	2,70805	-4,1997
9	-0,1053	-1,7147	3,21887	-4,6051
10	0,23111	-1,7147	3,21887	-3,5065
11	-0,6348	-1,7147	3,21887	-4,6051
12	-0,1053	-1,2729	3,21887	-3,9120
13	-0,1053	-2,5257	3,21887	-4,6051
14	-0,1053	-1,7147	3,61496	-3,9120
15	-0,1053	-1,7147	2,55334	-4,6051

3.3. Thiết lập phương trình hồi quy

Dùng: *Fit(data, funs, vars)* của Mathematica

Ở đây *data*: ma trận số liệu, *funs*: dạng hàm xấp xỉ, *vars*: các biến số [5].

Chương trình tính dùng Mathematica:

```
sl={{0,18232;-1,3470; 3,55534;-3,9120};
{-0,5108;-1,347; 3,5553;-4,6051};
{0,18232;-2,3025; 3,55534;-3,9120};
{-0,5108;-2,3025; 3,55534;-3,9120};
{0,18232;-1,3470; 2,70805;-3,5065};
{-0,5108;-1,3470; 2,70805;-3,9120};
{0,18232;-2,3025; 2,70805;-4,6051};
{-0,5108;-2,3025; 2,70805;-4,1997};
{-0,1053;-1,7147; 3,21887;-4,6051};
{0,23111;-1,7147; 3,21887;-3,5065};
{-0,6348;-1,7147; 3,21887;-4,6051};
{-0,1053;-1,2729; 3,21887;-3,9120};
{-0,1053;-2,5257; 3,21887;-4,6051};
{-0,1053;-1,7147; 3,61496;-3,9120};
{-0,1053;-1,7147; 2,55334;-4,6051}}
```

$$H = \text{Fit}[sl, \{1, x_1, x_2, x_3, x_1.x_2, x_1.x_3, x_2.x_3, x_1^2, x_2^2, x_3^2\}, \{x_1, x_2, x_3\}]$$

Chop[%]

Kết quả phương trình hồi quy:

$$Y = 6,74455 + 0,9840.x_1 + 1,9484.x_1^2 + 5,3663.x_2 + 1,3252.x_2.x_1 + 0,3692.x_2^2 - 3,9557.x_3 + 0,8247.x_1.x_3 - 1,1153.x_2.x_3 + 0,3572.x_3^2 \quad (5)$$

3.4. Xác định cực tiểu phương trình độ mòn h_s, xác định thông số(s, v, t) tối ưu

Do đặt $Y = \ln(h_s) \rightarrow h_s = e^Y$

Chương trình Maple tính cực tiểu:

> with(Optimization);

```
obj:= exp(6,74455+0,9840.x1+1,9484.x1^2
+5,3663.x2+1,3252.x2.x1+ 0,3692.x2^2
-3,9557.x3+0,8247.x1.x3-1,1153.x2.x3
+0,3572.x3^2);
```

```
cnsts:=[ -0,5108<=x1; x1<= 0,23;
```

```
-2,5257<= x2,
```

```
x2 <= -1,2729; 3,21887<=x3, x3<= 3,61496];
```

```
NLPsolve(obj,cnsts);
```

Kết quả: $h_s=0,0096$; $x_1=-0,5108$; $x_2=-1,2728$;

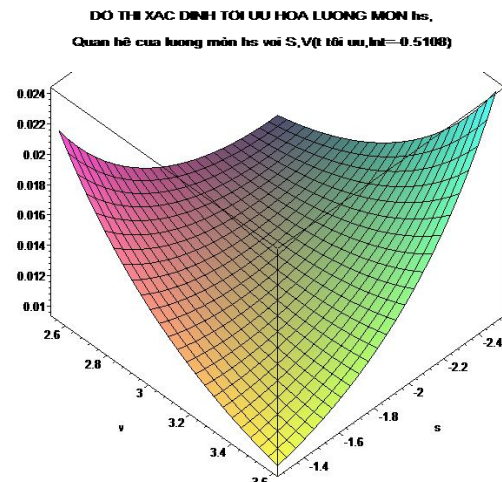
$x_3=3,6149$

$$x_1 = \ln(t) \rightarrow t = e^{x_1} = e^{-0,5108} = 0,6 \text{ mm}$$

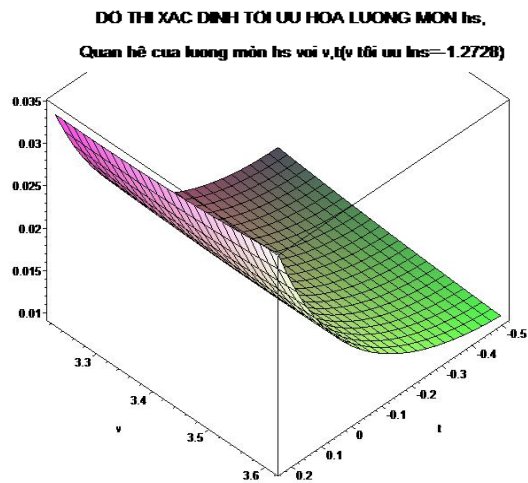
$$x_2 = \ln(s) \rightarrow s = e^{x_2} = e^{-1,2728} = 0,28 \text{ mm/vg}$$

$$x_3 = \ln(v) \rightarrow v = e^{x_3} = e^{3,6148} = 37,14 \text{ m/ph}$$

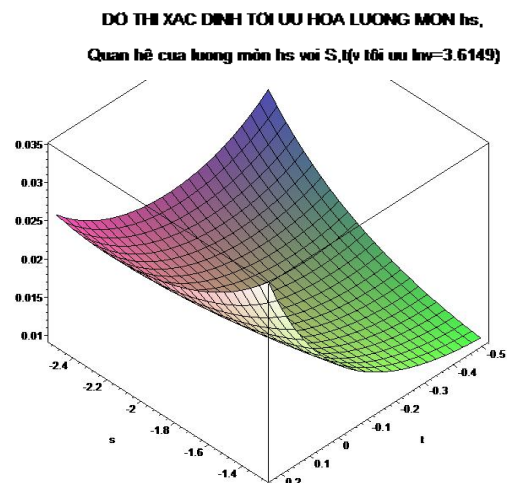
Từ phương trình (5), biểu diễn kết quả tối ưu hóa lượng mòn h_s bằng các đồ thị sau:



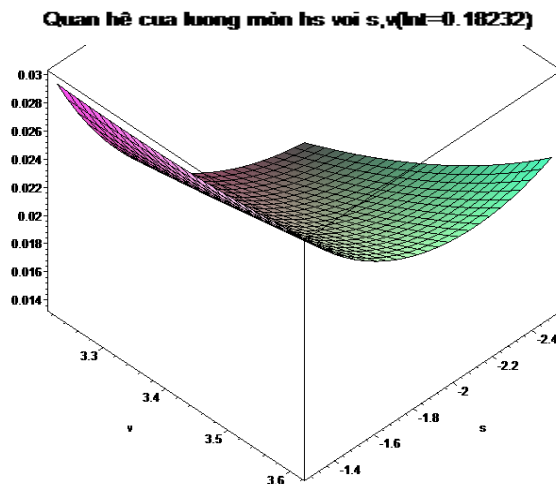
Hình 2. Tối ưu lượng mòn h_s với s, v (t tối ưu)



Hình 3. Đồ thị tối ưu mòn h_s với v, t (s tối ưu)



Hình 4. Đồ thị tối ưu mòn h_s với s, t (v tối ưu)



Hình 5. Đồ thị mòn h_s với s, v ($t = 0.18232$)

3.5. Nhận xét

Phương trình (5) - phương trình bậc 2 đầy đủ về ảnh hưởng của (s, v, t) tới mòn h_s phản ánh đúng thực tế mòn dụng cụ cắt khi gia công.

Hình dáng đồ thị (hình 2, 3, 4) khác nhau, nghĩa là ảnh hưởng khác nhau của các nhân

tố tới h_s , tuy nhiên do chọn (s, v, t) tại giá trị để $h_{s,min}$ nên cả ba đồ thị đều có cùng giá trị tọa độ điểm cực tiểu $h_{s,min}$. Đồ thị (hình 5), do chọn $(t = 1,2 \text{ mm})$, khác với $t = 0,6 \text{ mm}$ để h_s cực tiểu nên $h_s > h_{s,min}$. Như vậy khi gia công chọn bộ thông số (s, v, t) để $h_{s,min}$ là tối ưu.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp thiết lập phương trình hồi quy (theo quy hoạch hợp BOX-WILSON) chỉ ra ảnh hưởng của ba thông số (s, v, t) tới lượng mòn dao h_s .

Việc xác định cực trị h_s từ phương trình hồi quy cho phép xác định chính xác các giá trị (s, v, t) để h_s min, đây là điểm tích cực nhất của bài báo.

Quá trình thiết lập phương trình hồi quy, tìm cực trị hàm được thực hiện bằng Maple13, Mathematica 4.2, thuận tiện cho người sử dụng, phạm vi ứng dụng rộng, phù hợp với các cơ sở công nghệ sản xuất trên máy CNC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Doãn Ý, *Giáo trình quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.
- [2] Nguyễn Nhật Lệ, *Tối ưu hóa ứng dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [3] Bùi Minh Trí, *Tối ưu hóa - tập II*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [4] Bùi Minh Trí, *Bài tập tối ưu hóa*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2008.
- [5] Tôn Tích Ái, *Phần mềm toán cho kỹ sư*, NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội, 2005.

Thông tin liên hệ:

Trần Ngọc Hải

Điện thoại: 01663341951 - Email: tnhai@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

