

SO SÁNH VÀ LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU CHO BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC NGƯỢC CỦA ROBOT

A COMPARATION AND SELECTION OF OPTIMAL ALGORITHM FOR ROBOTIC INVERSED KINEMATIC PROBLEMS.

Phạm Thành Long

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trong tài liệu [1] đã trình bày cơ sở của việc thay đổi kiểu bài toán động học robot thành bài toán tối ưu, các lợi ích của cách làm này trên quan điểm điều khiển thời gian thực. Dạng hàm mục tiêu của bài toán có tên gọi là hàm Rosenbrock - Banana, được Matlab cảnh báo là dạng hàm hội tụ chậm. Bài báo này trình bày những luận điểm làm cơ sở lựa chọn một thuật toán tối ưu cho hàm Banana, dựa trên so sánh các phương pháp tối ưu có triển vọng của nhóm bài toán quy hoạch phi tuyến bị ràng buộc.

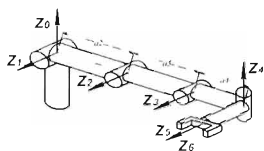
ABSTRACT

In articles [1], it is shown that the basis of the transformation of robotic kinematic problems into the optimizations and its benefits in the real - time control. The objective function of the above problems is called Rosenbrock - Banana functions, which are warned by Malab that this Banana function is very slow converged when using the optimization toolbox built-in Matlab. This paper presents theory for the selection of better algorithm to solve the Banana type of optimization by comparing the promised algorithms for solving constrained nonlinear programming problems.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Trong điều khiển robot công nghiệp nếu thời gian chuẩn bị dữ liệu dài sẽ khó có khả năng điều khiển thời gian thực và làm chủ chương trình. Bước đầu thành công trong việc thay đổi kiểu bài toán [1] cho thấy những lợi ích nhất định, song việc giải bài toán quy hoạch phi tuyến bị ràng buộc theo mô hình này giữ vai trò quyết định thời gian chuẩn bị dữ liệu. Có nhiều công trình đã tiến hành để lựa chọn giải thuật phù hợp cho những bài toán cụ thể. Đây là thao tác cần thiết mỗi khi giải một bài toán mới vì đặc điểm của các bài toán khác nhau, kết luận của bài toán này có thể không phù hợp với bài toán kia.

Các phương pháp tối ưu được biết đến nhiều nhất để giải bài toán quy hoạch phi tuyến bị ràng buộc phải kể đến phương pháp cấu phương tuần tự (SQP-Sequential Quadratic Programming), phương pháp giảm Gradient tổng quát (GRG - Generalized Reduced Gradient). Thuật toán di truyền (GA- Genetic Algorithms), theo [2] đây là phương pháp được kì vọng ứng dụng cho các bài toán kỹ thuật quy mô lớn thay vì hai phương pháp kể trên. Để định ra một phương pháp phù hợp nhất ứng dụng được cho bài toán [1], bài báo này sẽ tiến hành khảo sát và so sánh ba phương pháp trên áp dụng cho 10 bài toán, kết quả sau đó được so sánh với một phương án mẫu để xác định tính tương thích.



Hình: Sơ đồ động Robot Elbow.

$a_1 = 170(\text{mm}); a_2 = 220(\text{mm}); a_3 = 250(\text{mm})$

Khởi tạo ngẫu nhiên 10 ma trận sau để lấy lời giải mẫu:

$E_1 = \begin{pmatrix} 0.3 & -0.1 & 80 \\ * & 0.22 & 120 \\ * & * & 227 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_2 = \begin{pmatrix} 0.22 & 0.1 & 77 \\ * & -0.1 & 89 \\ * & * & 223 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_3 = \begin{pmatrix} 0.2 & -0.1 & 98 \\ * & 0.6 & 200 \\ * & * & 154 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$
$E_4 = \begin{pmatrix} -0.7 & 0.6 & 300 \\ * & -0.9 & 200 \\ * & * & 120 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_5 = \begin{pmatrix} 0.54 & 0.31 & 120 \\ * & -0.6 & -80 \\ * & * & -80 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_6 = \begin{pmatrix} 0 & -0.3 & -89 \\ * & 0.6 & -487 \\ * & * & 779 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$
$E_7 = \begin{pmatrix} 0.3 & -0.22 & 870 \\ * & 0.8 & -402 \\ * & * & 225 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_8 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0 & 530 \\ * & 0.8 & -420 \\ * & * & 305 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	
$E_9 = \begin{pmatrix} 0 & 0.75 & 350 \\ * & 0 & 503 \\ * & * & 622 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	$E_{10} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.2 & 505 \\ * & -0.55 & -401 \\ * & * & 498 \\ * & * & * \\ * & * & 1 \end{pmatrix}$	

Bảng 1: Lời giải mẫu

Điểm	Mục tiêu	Điểm	Mục tiêu
E1	0.000416	E6	280067.7
E2	1.02E-05	E7	118641.4
E3	0.001364	E8	10371.19
E4	0.00662	E9	54359.98
E5	5.71E-06	E10	30543.29

3.2. Kết quả chạy chương trình

Chạy mỗi chương trình nói trên 10 lần ứng với các ma trận thế từ E1 đến E10. Kết quả được điều chỉnh cùng định dạng để tiện so sánh, và ghi lại vào bảng dưới đây:

Bảng 2: Kết quả từng phương pháp

Điểm	Thuật toán		
	SQP	GRG	GA
E1	0.0000000	0.000416	3.60E-012
E2	1.08E-012	1.02E-05	1.65E-010
E3	1.17E-010	0.001364	2.34E-004
E4	1.96E-011	0.00667	4.54E-011
E5	1.08E-012	5.71E-06	8.20E-007
E6	3.16E-009	280067.7	1.15E-006
E7	6.20E-016	118641.4	4.81E-005
E8	1.08E-012	10371.19	4.52E-012
E9	1.10E-009	54359.98	2.50E-005
E10	6.20E-016	30543.29	4.94E-008

Có thể nhận thấy một số điểm đã thực sự nằm ngoài vùng làm việc của robot (các điểm có giá trị mục tiêu lớn E5 - E10) thì chỉ có GRG mới cho kết quả đúng. Hai phương pháp SQP và GA luôn trả ra mục tiêu bé trong khi giá trị này có thể rất lớn, đây là một điểm không phù hợp. Tại điểm E5 mục tiêu bằng không, liệt kê nghiệm để làm rõ hơn điều này:

Bảng 3: So sánh nghiệm tại điểm E5

Nghiệm	SQP	GRG	Mẫu
q1	0	3.60524	3.60502
q2	-0.076	3.06870	3.06858
q3	-0.076	-2.8943	-2.8903
q4	-0.076	-	2.38496
q5	0	1.98184	1.98181
q6	-0.076	2.88938	2.88931

Rõ ràng khi mục tiêu của SQP trả ra gần trùng với mẫu thì nghiệm lại khác xa phương án mẫu và các nghiệm có giá trị khác không lại có cùng trị tuyệt đối, điều đó thể hiện rõ hạn chế của thuật toán trong trường hợp cụ thể này.



4. KẾT LUẬN

Trong [2] khi tiến hành so sánh các phương pháp tối ưu cho bài toán quy hoạch phi tuyến bị ràng buộc, đã kì vọng phương pháp GA có thể ứng dụng được cho các bài toán kỹ thuật quy mô lớn. Cũng trong công trình đó khi tiến hành so sánh trên các dạng hàm mục tiêu đa thức, phi tuyến và tuyến tính, phương pháp GA có thể tìm được lời giải tối ưu trùng hoặc có sai lệch nhỏ so với mẫu trong hầu hết các lần khảo sát. Trong khi phương pháp SQP và GRG chỉ đạt được điều này trong $< 70\%$ lần khảo sát, thậm chí phương án mà chúng đưa ra lệch khá xa phương án mẫu trong $> 30\%$ còn lại.

Tuy nhiên trong các hàm mục tiêu mà [2] khảo sát không có hàm dạng Banana như trong [1]. Các khảo sát ở đây lại chỉ ra rằng chỉ có GRG mới cho kết quả đúng trong bài toán hàm mục có dạng Banana. Các thuật toán GAconstraint, SQP đã bị bẫy bởi các cực tiểu địa phương và không thể tìm ra lời giải đúng trong 10 lần khảo sát, thực tế cho thấy riêng với dạng hàm banana có sự thích ứng rất cao với phương pháp GRG, ngoài các khảo sát trong bài báo này, trong nhiều năm chuẩn bị số liệu động học ngược với hàng chục kiểu robot khác nhau mà chúng tôi đã thử nghiệm cũng chứng tỏ sự phù hợp tuyệt đối giữa phương pháp GRG và hàm Banana.

Các thử nghiệm với trên dưới 40 hàm tối ưu khác như Simulate Anneal (SA), hPSO, buscand, ShorEllipsoid, ralg... cũng đã thất bại vì chỉ xác định được các cực tiểu địa phương. Qua đó có thể thấy rằng thuật toán tối ưu phù hợp nhất với dạng hàm Banana của bài toán động học robot [1] là GRG, kết luận này hoàn toàn phù hợp với nhận định về xếp hạng các giải thuật của [3]. ❖

Ngày nhận bài: 09/7/2012

Ngày phản biện: 16/7/2012

Người phản biện: PGS, TS. Nguyễn Văn Dự

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Thành Long, Hoàng Vĩ; Xác định giá trị các biến trong điều khiển động học robot. Tạp chí KH & CN các trường đại học kỹ thuật. Số 65-2008, trang 31-34. Hà Nội, 2008.
- [2]. Ozgur Yeniyay; A Comparative study on optimization methods for the constrained nonlinear programming problems; *Mathematical Problems in Engineering* 2005;2 (2005) 165-173.
- [3]. C. Kao, Performance of Several nonlinear Programming Software packages on microcomputers, *Comput. Oper. Res.* 25 (1998), no. 10, 807-816.
- [4]. Trần Thế San; Cơ sở nghiên cứu và sáng tạo robot. NXB. Thống Kê, 2003.