

船舶动力定位中的模糊控制器优化技术

谷丽丽 邓志良

(江苏科技大学电子信息学院 镇江 212003)

摘 要 动力定位系统是一种闭环控制系统,采用推力器来提供抵抗风、浪、流等作用在船上的环境力,从而尽可能使船舶保持在海平面要求的位置上。在传统模糊控制的基础上,将遗传算法引入模糊控制器的设计当中,根据已知的模糊控制规则,对模糊隶属度函数自动寻优,该方法用于船舶动力定位中,对船舶纵向运动进行控制与仿真,仿真结果证明遗传算法优化的有效性。

关键词 动力定位;遗传算法;模糊控制;隶属函数

中图分类号 U644.8

Optimization of Fuzzy Logical Controller in Dynamic Positioning System of Ships

Gu Lili Deng Zhiliang

(Dept. of Electronics and Information, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003)

Abstract The dynamic positioning system is a closed loop control system which resists against the disturbance by wind, wave, and current with the help of thrusters on the vessel. Genetic algorithm uses in fuzzy controller design. Using this new method, fuzzy membership function can be optimized automatically according to known fuzzy control rules. This method is used in dynamic positioning system of ships. The vibration along the forward direction is controlled and simulated. The result shows that genetic algorithm is effective for optimization.

Key words DPS, genetic algorithm, fuzzy control, membership function

Class number U644.8

1 引言

随着海洋事业的不断发展,越来越多的船舶需要加装动力定位装置。船舶动力定位系统是指船舶利用自身的动力系统(舵、桨)来提供反力和反力矩以克服风、浪、流等环境外力(矩)的干扰,使船舶保持在海平面要求的位置和方向。它包括三部分内容:(1)船位、艏向测量及传感器系统;(2)计算机控制系统;(3)推力器系统^[1]。其优点是定位成本不会随着水深增而增加,并且操作也比较方便,因此动力定位的研究越来越具有重要意义。

在船舶动力定位中,由于被控对象是时变、非线性的,建立精确数学模型较为困难,因此采用模糊控制技术可以不依赖于被控对象的数学模型,同时对干扰、滞后都有较强的适应性,能够有效控制。

但是模糊控制中存在两个问题就是模糊控制规则和隶属度函数的选取。本文将遗传算法和模糊控制相结合,利用遗传算法对模糊控制的隶属度函数的参数进行寻优,以求得更好的控制效果。

2 模糊控制和遗传优化

2.1 动力定位系统模糊控制器的建立

船舶动力定位系统主要涉及船舶在水平内 3 个自由度的运动控制,即船舶的纵荡、横荡和艏摇运动控制。由于船舶在定位过程中处于相对较低的航速状态,各种运动状态之间的耦合不十分严重。为了便于控制器的设计,可认为船在执行定位的过程中各种运动状态是不考虑耦合的。本文只研究了船舶的纵向运动控制,以纵向的位置偏差及速度作为模糊控制器的两个输入。模糊控制器根

据模糊输入量和语言控制规则,由模糊逻辑推理决定输出量的一个分布函数。然后将输出量的分布函数转化为规范化的输出量,送到执行机构。结构如图1所示。

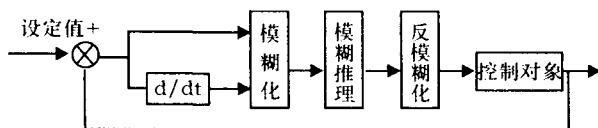


图1 模糊控制系统的基本结构

在传统的模糊控制器中,控制规则的数量和隶属度函数的个数都是可以确定的,因此用遗传算法对模糊控制器进行优化时,主要是对隶属度函数的参数进行优化,用于细调隶属度函数的位置、形状、后件参数等参数。由于隶属度函数的个数已知,优化时,编码的长度是一定的^[2]。为了便于计算,文中的输入模糊集位移 x 和速度 v 和输出模糊集推力 u 的隶属函数都取为三角形,与其它复杂形状的隶属函数相比,它在达到控制要求方面并无多大的差别^[3]。现根据已知的模糊规则,如下表所示,对隶属度函数寻优。

表1 控制规则表

x	v						
	PL	PM	PS	ZO	NS	NM	NL
PL	PL	PL	PM	PM	PS	PS	ZO
PM	PL	PM	PM	PS	PS	ZO	NS
PS	PM	PM	PS	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PS	PS	ZO	NS	NS	NM
NS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
NM	PS	ZO	NS	NS	NM	NM	NL
NL	ZO	NS	NS	NM	NM	NL	NL

2.2 遗传优化方法

(1) 寻优参数编码方案^[4]

隶属度函数用三角隶属度函数,确定寻优参数和各参数的变化范围。将各寻优参数用二进制数表示。设某寻优参数的变化范围是: $a \in [a_{\min}, a_{\max}]$, 若用 m 位的二进制数 b 来表示, 则 b 可以由下式求得: $b = (2^m - 1) \frac{a - a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}$, 再将寻优参数串连成字符串, 有 3 个寻优参数, 每个用 7 位二进制表示, 因此每个字符串是 21 位。

(2) 种群初始化

由于遗传算法的群体型操作的需要, 必须为遗传操作准备一个由若干初始解组成的初始群体, 初始群体每个个体都是随机产生的, 通常选择的种群的大小为 30 到 100。

(3) 适应度评价检测

遗传算法在搜索进化过程中一般不需要外部

信息, 仅用评估函数值来评估个体或解的优劣, 并作为下步遗传操作的依据。这里用 $J(ITAE) = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt$ 表示。

(4) 选择

选择或者复制操作是为了从当前群体中选择优良的个体, 使他们有机会作为父代为下一代繁殖子孙。判断个体优良的标准就是各自的适应度值。

适值比例法是目前遗传算法中最基本也是最常用的选择方法。设群体大小为 n , 其中个体的适值为 f_i , 则 i 被选择的概率为 $p_{si} = f_i \sum_{j=1}^n f_j$ 。

(5) 交叉操作

交叉分两步进行, 首先对配对库中的个体进行随机配对; 其次在配对个体 A, B 中随机设定交叉处, 配对个体 A, B 彼此交换部分信息, 生成两个子样本 a, b。

A: 01010010 \rightarrow a: 0101001

B: 10011011 \rightarrow b: 1001100

(6) 变异

变异操作是按位进行的, 即把某一位的内容进行变异, 变异的目的是挖掘群体中个体的多样性, 克服由可能陷于局部最优解的弊病。在每个子女样本的字符串中随机选择一位, 将其数值求反。一般变异概率 p_m 都取得很小, 取 0.01 到 0.001。

3 仿真及结果

本文对船舶动力定位进行仿真研究, 所选船型

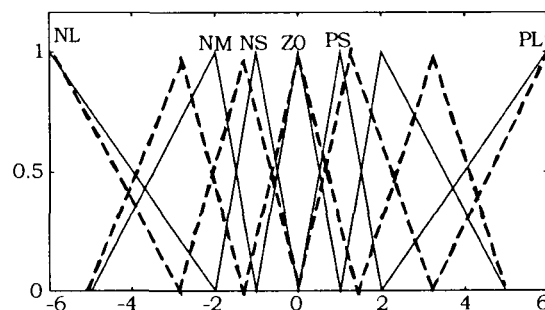


图2 优化前后隶属度函数

总长和宽分别为 25.5 米和 8.5 米, 质量为 46 吨, 排水量为 318 吨。纵向附加质量取 1.4 吨。用遗传算法优化模糊控制的隶属度函数的参数, 遗传算法的参数是种群大小 $n = 70$, 交叉概率 $P_c = 0.8$, 变异概率 $p_m = 0.001$, 经过计算, 得到最优解, 图 2 是经过参数优化的模糊隶属度函数。虚线表示原函数, 实线表示优化后函数。

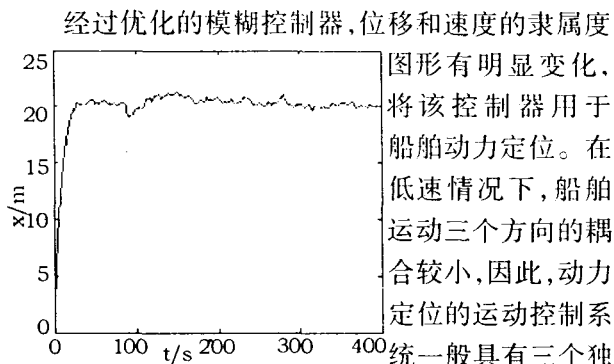


图3 优化前纵向位移

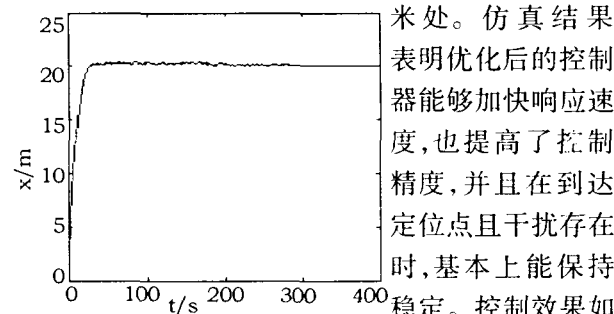


图4 优化后的纵向位移

4 结束语

通过对船舶运动的实际控制,定位效果快速稳定。验证了基于遗传算法的模糊控制器的有效性和优越性,该方法寻优速度快,对于搜索空间维数大、问题复杂的情况也十分有效,可以获得全局最优或者次优解,为模糊控制器的设计提供了较好的方法。在船舶动力定位系统中取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 夏国清. 水面舰船动力定位系统智能控制技术研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2001, 10
- [2] 李和贵, 翁正新, 施颂椒. 基于模糊控制的船舶动力定位系统设计与仿真[J]. 系统工程与电子技术, 2002
- [3] Deng zhi liang, Zhang guilan. The study of ship Dynamic Positioning System Based on Fuzzy Neural Network[C]. International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCI2004), 2004
- [4] 卢红光, 李平, 孙世国, 万鹏. 基于遗传算法的模糊隶属函数的优化[J]. 抚顺石油学院学报, 2000
- [5] Lee Tzung - Hang, Cao Yu - Song, Lin Yen - Mi. Dynamic positioning of drilling vessels with a fuzzy logic controller [J]. International Journal of Systems Science, 2002

(上接第 106 页)

技术来加强系统的可靠性。这使得最终还原出隐



图5 嵌入了隐秘信息的载体

秘信息正确率高,有一定的稳健性,同时载体质量也相应得到保证。

参考文献

- [1] Bender W, Gruhl D, Morimoto N et al. Reehniques for Data Hiding[J]. IBM System Jnurnal. 1996, 35(3 - 4): 313 ~ 336

- [2] Gwenaél Doerr, and Jean - Luc Dugelay. A guide tour of video watermarking[J]. Signal Processing: Image Communication, 2003, 18: 263 ~ 282

- [3] Forouzan B A. Data Communications and Networking(2nd Edition)[M]. The McGraw Hill, Ohio, 2002

- [4] Xuan GK, ZHUJ, CHENJDG. Distortionless data hiding based on integer wavelet transform[J]. IEE Electronics letters, 2002, (12): 1646 ~ 1648

- [5] HSU C T, Wu J L. Hidden Signature in Images[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1999, 8(1): 58 ~ 68

- [6] I. J. Cox, M. L. Miller and A. L. Mekellipe. Watermarking as communications with side information[J]. Proc. of IEEE, 1999, 87, (7): 1121 ~ 1141

- [7] Frank Hartung, Bernd Girod. Watermarking of uncompressed and compressed video[C]. Signal Processing 1998, 66: 283 ~ 301

- [8] Bas P, Macq B. A new video - object watermarking scheme robust to object manipulation[C]. 2001 International Conference on, 2001, 2(7 - 10): 526 ~ 529