

自适应模糊逻辑系统在飞机航程计算中的应用

蔡开龙¹, 傅敏², 谢寿生¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 上饶师范学院, 江西 上饶 334100)

摘要:针对传统航程计算方法的复杂,提出了基于自适应模糊逻辑系统的航程计算方法,采用该方法建立了某型飞机航程计算的模糊模型,并利用误差反向传播算法和最小二乘算法对模型参数进行了辨识。仿真结果表明:运用该方法计算某型飞机航程较传统的计算方法具有速度快、精度高等特点。

关键词:自适应模糊逻辑系统;航程计算;诺谟图

中图分类号:V21 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)01-0014-04

传统计算飞机航程的方法是根据座舱仪表显示的飞行状态参数,通过查询飞机的诺谟图,从而得出航程值。然而飞机航程计算的诺谟图是由一系列连锁曲线构成,中间变量多,关系复杂,采用传统的计算方法不但过程繁琐、耗时而且误差大。

自从 Zadeh 提出模糊理论至今,模糊数学有了迅速的发展,目前,模糊数学已经广泛地应用于工程实际的各个方面。理论和实践均已证明,模糊逻辑系统是一种重要的非线性映射模型,只要适当选取隶属函数、模糊化以及模糊推理算法,它几乎能够用于所有的非线性建模问题^[1]。所以本文通过建立模糊逻辑系统,运用模糊推理的方法研究某型飞机航程计算问题。

1 模糊逻辑系统模型

1.1 模糊逻辑系统结构

模糊逻辑系统通常由模糊产生器、模糊规则库、模糊推理机、模糊消除器四部分组成^[2-3]。

由于模糊逻辑系统的输入、输出均为实型变量,所以它适用于工程计算,可以用通过测量或其它途径获得的变量作为输入,并将其输出变换为相应的工程量。一般地,模糊产生器、模糊推理机和模糊消除器的设计有较强的自由度,对于特定的问题,可以选择一个最佳的模糊逻辑系统,使之可以有效地利用数据和语言两类信息。实质上模糊逻辑系统是一个从论域 U 到论域 V 的非线性映射。

1.2 模糊逻辑模型

模糊规则库是模糊逻辑系统的核心部分,由一组模糊推理规则组成,本文采用的模糊推理规则形式为

$$R^l: \text{If } x_1 \text{ 是 } A_1^l, x_2 \text{ 是 } A_2^l, \dots, x_n \text{ 是 } A_n^l, \text{ Then } y^l = p_0^l + p_1^l x_1 + \dots + p_n^l x_n \quad (1)$$

式中: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是输入量; $A_i^l (i=1, 2, \dots, n), (l=1, 2, \dots, m)$ 是输入模糊集合; $p_k^l (k=0, 1, 2, \dots, n), (l=1, 2, \dots, m)$ 是真值参数; $y^l (l=1, 2, \dots, m)$ 是系统根据规则 R^l 所得到的输出。

由式(1)可知,模糊规则的“IF”部分是模糊的,“Then”部分是确定的,即输出为输入的线性组合。如果模型的输出取规则输出的加权平均,则模型输出为

$$\sum_{l=1}^m \mu_R^l y^l / \sum_{l=1}^m \mu_R^l \quad (2)$$

收稿日期:2003-06-26

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:蔡开龙(1979-),男,江西上饶人,硕士生,主要从事航空宇航推进系统控制与状态监控;

谢寿生(1959-),男,广东郁南人,教授,博士生导师,主要从事航空宇航推进系统控制与状态监控。

其中学习因子 $r \in (0,1)$,它起着调节收敛速度的作用。

2 自适应模糊逻辑系统在某型飞机航程计算中的应用

2.1 某型飞机航程计算的数学描述

对于某型飞机,影响航程的因素很多,如:飞行高度、大气温度、飞行质量、迎面阻力系数、公里燃油消耗关键因子等,但由文献[4]可知,飞机航程最终取决于3个量,即:飞行高度、燃油剩余量、飞机外挂。因此,航程计算可用以下非线性关系表示:

$$L = f(H, w_f, m) \quad (11)$$

式中: L 为航程; H 、 w_f 、 m 分别为飞行高度、燃油剩余量和飞机外挂质量。

2.2 实验及结果分析

由式(11)可知,由于飞机的外挂是有限的,所以 m 取值范围是一个离散集合。为此,本文选取其中一种外挂情况来研究某型飞机的航程,其它外挂下的飞机航程可类似处理。用上述的模糊逻辑系统计算某型飞机航程的具体步骤如下:

1) 确定输入量的论域。根据实际情况,选择输入量 H 、 w_f 的论域分别为 $[2,16]$ 和 $[1,7]$ 。

2) 确定初始输入量的隶属函数。采用高斯型隶属函数,在输入 H 、 w_f 的各自论域下分别选取5个隶属函数(对应25条模糊规则),初始情况下使5个隶属函数均匀覆盖各自的论域。输入 H 、 w_f 初始隶属函数见图1、图2。

3) 由式(7)确定后件参数值。

4) 由式(9)和式(10)确定初始误差最小的最优前件参数值。

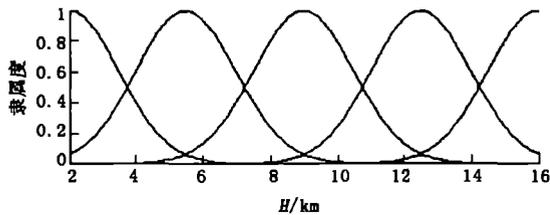


图1 输入量 H 的初始隶属函数

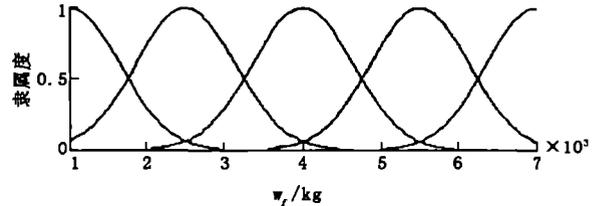


图2 输入量 w_f 的初始隶属函数

选取321组样本采用上述步骤训练该模糊逻辑系统,最终得到某型飞机航程计算的模糊逻辑推理模型。仿真结果见图3。

为了检验建立起来的模型在论域范围内是否具有泛化能力,在该论域范围内选取了49组输入输出数据对作为检验数据,检验结果见图4。样本数据与检验数据的相对误差见图5、图6。

从图3、图4、图5、图6可以看出,本文建立的自适应模糊逻辑系统基本反映了输入输出之间的非线性映射关系,而且计算精度完全能满足工程实际的要求。

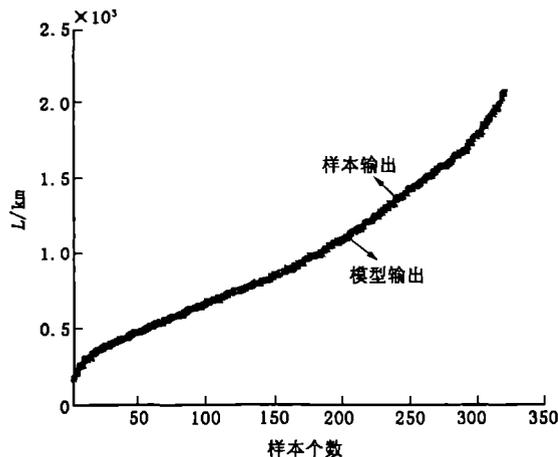


图3 样本输出与模型输出比较

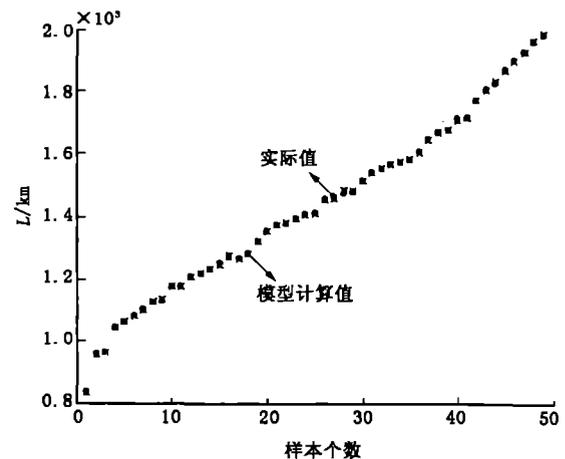


图4 实际输出与模型输出比较

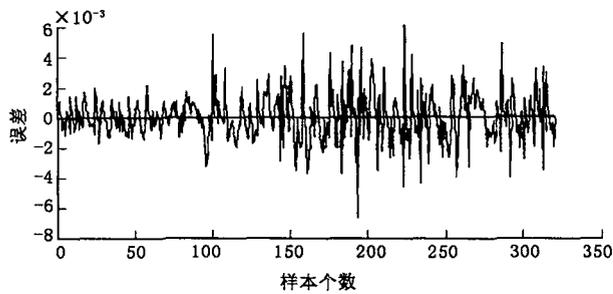


图5 样本数据对应的相对误差

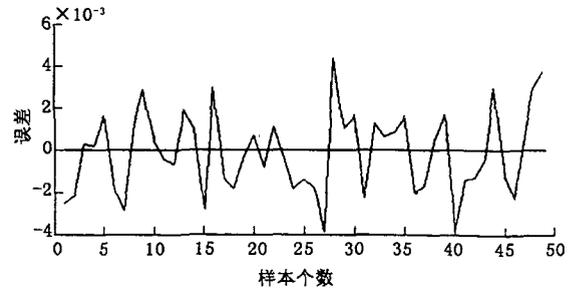


图6 检验数据对应的相对误差

3 结束语

本文在分析了传统航程计算方法的不足之后,提出了飞机航程计算的自适应模糊逻辑系统,同时用误差反向传播算法和最小二乘算法来估计前件参数和后件参数,使得学习过程中的自适应调整变得简便易行,增强了系统的鲁棒性。仿真结果表明,此法具有较快的寻优速度和较理想的求解精度,可以成功地应用于某型飞机航程的求解。

参考文献:

- [1] 王立新. 自适应模糊系统与控制[M]. 北京:国防工业出版社, 1995.
- [2] 李人厚. 智能控制理论和方法[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 1999.
- [3] 魏保华,杨锁昌,孟晨. 基于模糊逻辑系统的武器系统故障诊断研究[J]. 系统工程与电子技术,2002,(2):38-41.
- [4] 方崇智,萧德云. 过程辨识[M]. 北京:清华大学出版社,1988.
- [5] 薛定宇. 科学运算语言 MATLAB5.3 程序设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [6] Buckley J J. Can Fuzzy Neural Nets Approximate Continuous Fuzzy Functions[J]. Fuzzy sets and Systems,1994,(6):43-51.

(编辑:姚树峰)

Application of Self - adaptive Fuzzy Logic System to Airplane Flying Distance Computation

CAI Kai - long¹, FU Min², XIE Shou - sheng¹

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Shangrao Teachers College, Shangrao, Jiangxi 334000, China)

Abstract: In view of the complexity of the traditional method in flying distance computation, a method based on self - adaptive fuzzy logic system is put forward. A fuzzy model of flying - distance computation of a certain airplane is set up by using the fuzzy logic method and its parameters are identified by the error - back propagation algorithm and the least square algorithm. The experiment result shows that the model has the advantages of faster rate and higher identifying precision, and can be used in flying distance computation of a certain airplane.

Key words: self - adaptive fuzzy logic system; flying distance computation; Nuo - mo chart