

对模糊规则优化方法旋转法的进一步研究

魏 辉, 余永权

(广东工业大学 计算机科学与工程系, 广东 广州 510090)

提 要: 对一种新的模糊规则控制方法—旋转法的进一步的研究. 旋转法是基于偏差最大时模糊控制的控制量对系统的调节作用最大, 而随偏差变小, 控制量的调节作用趋小的基本原则而提出的. 本文通过系统仿真对这种方法进行了进一步的研究和探讨, 提出了使用该方法时的一些改进和应注意的问题.

关键词: 规则优化; 旋转法; 寻优

中图分类号: TP273.22 文献标识码: A 文章编号: 1007- 7162(2000) 02-0040- 05

1 旋转法优化规则的基本原理

在全国第八届多值逻辑与模糊逻辑学术会议上, 余永权教授提出了一种新的模糊规则的优化方法——旋转法^[1]. 这种方法针对模糊控制中规则表的优化问题, 提出了一种对规则表的内外圈进行旋转从而达到优化目的方法, 并给出了具体的实现步骤. 具体方法如下:

考虑一个较普遍的控制规则表^[2], 如图 1 所示. 其中:

$E = \{NB, NS, ZE, PS, PB\}$, $\Delta E = \{NB, NS, ZE, PS, PB\}$.

在图中, $E = NB \vee PB$ 和 $\Delta E = NB \vee PB$ 的情况组成了控制规则表中控制量的外圈. 而 $E = NS \vee PS$ 和 $\Delta E = NS \vee PS$ 的情况组成了控制量的内圈.

对控制规则调整的目的在于使目标函数

$J = \|g - y\|$ 最小. 其中: J 为目标函数, g 为期望输出, y 为实际输出. 旋转法优化条件如下:

(1) 外圈旋转进行粗调

步骤一 用初始控制规则进行工作, 有目标函数 J_0 .

步骤二 向右旋转一位, 以所得的控制规则表进行工作, 有目标函数 J_1 .

步骤三 如果 $J_1 < J_0$, 在右旋转方向上继续旋转一位, 以这时所得的规则工作. 求出目标函数值

J_2 . 如果有 $J_2 < J_1$, 则一直执行下去 ..., 在有 $J_{i+1} \geq J_i$ 时停止, 转向步骤五.

步骤四 如果 $J_1 > J_0$, 则右旋转 2 位, 并以所得的规则工作, 求出目标函数值 J_2 . 如果有 J_2

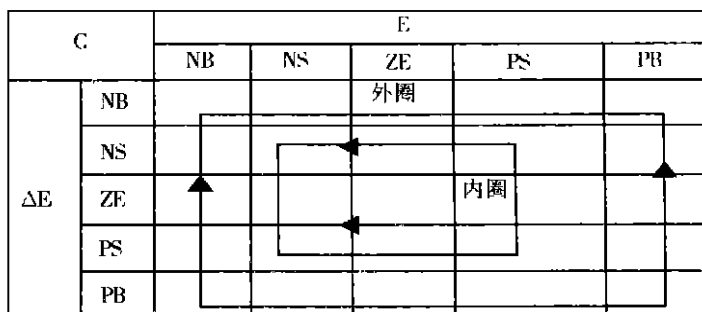


图 1 控制规则表与旋转法

收稿日期: 1999-07-05

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(940669).

作者简介: 魏辉(1974-), 男, 在读研究生. 主要研究方向: 模糊控制与神经网络.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.>

$< J_1$, 则左旋转 1 位, 一直执行下去 …… , 在有 $J_{i+1} \geq J_i$ 时停止, 转向步骤五。
如果有 $J_2 > J_1$, 则初始规则已是最优规则。
步骤五 如果 $J_{i+1} = J_i$ 则该 $i+1$ 时的规则是外圈旋转优化的结果。
如果 $J_{i+1} > J_i$ 则 i 时的规则是外圈旋转优化的结果。
(2)内圈旋转进行细调
内圈旋转优化过程和外圈类同. 当内圈旋转优化结束之后, 所得的规则趋近于最优规则。

2 通过仿真对控制规则表旋转优化问题的进一步研究

在这里, 本文通过对二阶对象 $G(S) = 0.1 / ((0.28S + 1)^* (0.02S + 1))$ 的仿真控制对旋转法进行进一步探讨. 控制过程的仿真采用 VB5 编程实现. 仿真过程的目标函数^[3]为 $J = \sum |E|$. 则添加了一阶保持器以后的广义传递函数的形式为:

$$G'(S) = \frac{1 - e^{-TS}}{S} \times \frac{0.1}{(0.28S + 1)(0.02S + 1)},$$

其中 T 为采样周期. 对广义传递函数进行 Z 变换后可得:

$$G'(Z) = 1 - \frac{14}{13}(\frac{Z-1}{Z - e^{-\frac{25}{7}T}}) + \frac{1}{13}(\frac{Z-1}{Z - e^{-50T}}).$$

令 $T = 0.1s$, 上式变为:
$$G'(Z) = \frac{3.2109Z + 0.6668}{13Z^2 - 9.1832Z - 0.0609}$$

把它化为差分方程可得: $Y(k) = 0.7064Y(k-1) - 0.0057Y(k-2) + 0.2470U(k-1) + 0.0513U(k-2)$.

另外, 由于输入使用一个已经归一化了的阶跃信号, 所以不用再对输入输出进行归一和反归一化处理。

2.1 初始控制规则表的不同对寻优的影响

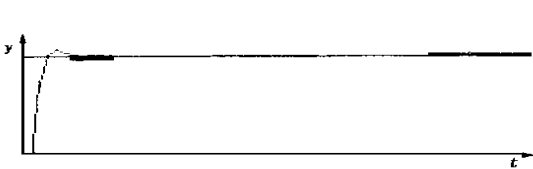
在这里, 本文设定了两个不同的初始规则表, 见表 1、表 2, 初始规则表是根据系统的输入输出控制曲线的变化情况而给出的较粗糙的规则表. 对前面所给出的二阶对象进行控制并寻优, 寻优方法采用内外圈旋转的历遍寻优, 寻优结果如图 2 和图 3 所示。

表 1 初始规则 1

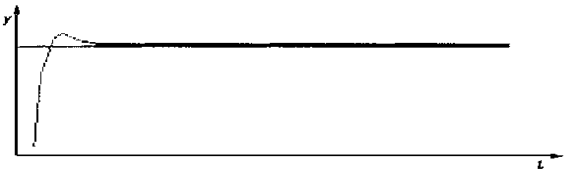
C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PB	PB	PB	PB	PB	
NS	PS	NS	NS	PS	PS	
Δ E	0	0	NS	0	PS	0
PS	NS	NS	PS	PS	NS	
PB	NB	NB	NB	NB	NB	

表 2 初始规则 2

C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PB	0	NB	NS	NB	
NS	0	PS	PB	NB	PB	
Δ E	0	NB	NS	0	PS	PB
PS	NB	NS	PS	PS	PB	
PB	NS	0	PS	PB	PB	



J= 3.1299



J= 3.6899

图 2. 初始规则 1 的优化结果

图 3. 初始规则 2 的优化结果

由于采用的是历遍算法, 所能得到的是结果一定是该控制规则表所能旋转到的最优结果. 由此可以看出, 初始规则不同, 对于同一个被控对象, 最后获得的最优控制曲线和规则也不同. 这是由于旋转法的寻优, 是对初始规则的内外圈的旋转, 而不能随便改变其中的值. 不同初始规则表具有不同的寻优结果就是很自然的了.

2.2 对于同一类初始规则表, 寻优方向不同对结果的影响

同一类初始规则表, 经过一定的内外圈旋转, 可以旋转到一个最优结果的初始规则表.

动态特性: 从 $t=0$ 到控制曲线基本稳定 $t=T_s$ 这段时间的控制曲线的特性.

静态特性: $t=T_s$ 以后控制曲线的缓慢调整过程这段时间的控制曲线的特性.

在仿真寻优过程中, 本文采用了多种旋转寻优方法. 包括先内圈后外圈寻优、先外圈后内圈寻优、先内圈再外圈然后再内圈寻优、先外圈再内圈然后再外圈寻优、历遍寻优等五种方法. 对于图 4 所示的初始规则 3, 采用多种方法寻优.

表 3 初始规则 3						
C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PB	PB	PB	PB	PB	
NS	PS	NS	NS	PS	PS	
ΔE 0	0	NS	0	PS	0	
PS	NS	NS	PS	PS	NS	
PB	NB	NB	NB	NB	NB	

表 4 初始规则 4						
C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PS	0	NS	NB	NB	
NS	PB	PS	PS	NS	NB	
ΔE 0	PB	PS	0	NS	NB	
PS	PB	PS	NS	NS	NB	
PB	PB	PB	PS	0	NS	

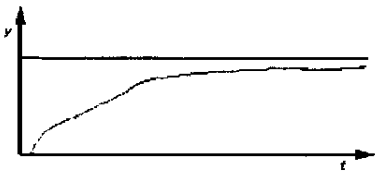


图 4 初始规则 3 的控制曲线

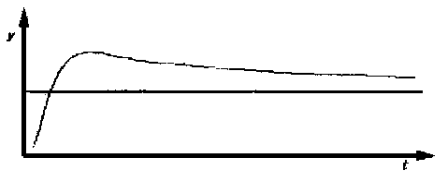
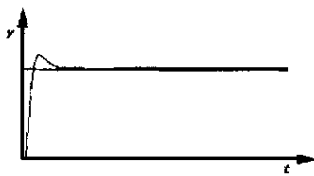
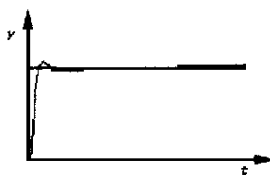


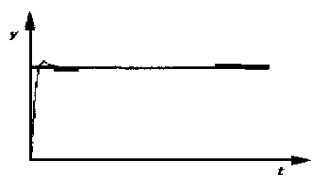
图 5 初始规则 4 的控制曲线



① $J=3.5634$



② $J=3.1299$



③ $J=3.1299$

图 6 多种旋转方法的控制曲线

对于图 6, (a) 先外圈后内圈寻优; (b) 先内圈后外圈寻优; (c) 全遍历寻优. 另外, 先内圈再外圈然后再内圈寻优结果和先内圈后外圈寻优结果相同; 先外圈再内圈然后再外圈寻优结果和先外圈再内圈寻优相同. 比较可知对于初始规则 3, 先内圈再外圈寻优可获得最优结果. 将控制规则 3 进行一定的内外圈旋转获得初始规则 4, 再进行寻优:

通过对寻优结果的比较可知对于初始规则 4, 先外圈再内圈寻优可获得最优结果.

由此看出, 对同一类初始规则表进行旋转的顺序不同, 可能会得到不同的结果. 并且其中一个是整个规则表所能旋转的最优结果.

这种现象产生的原因是: 外圈的旋转寻优只能得到最优的动态特性, 而内圈寻优可以得到最优静态特性. 但是, 这两种最优不一定会出现在同一控制曲线中.

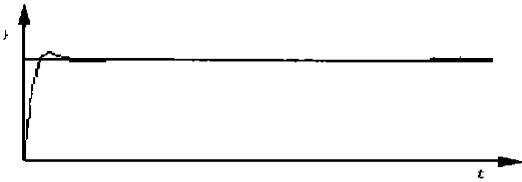
2.3 控制规则线性变化与优化结果的关系

控制规则线性变化: 在一个控制规则表中, 如果每一行、列以及对角线上的模糊量的变化遵循线性的规则, 不出现矛盾现象, 则称该规则表是线性变化的. 由仿真过程获得的控制规则表 5、6 的控制曲线如图 7、8.

对表 5 的分析可以看出, 该表中的规则并非线性的, 如第 2、3、4 行就出现了控制量脉动的矛盾现象. 按照我们的常规思维, 表 6 的线性变化的控制规则表为最优控制规则表似乎更加合理, 但它的控制结果却是表 5 的控制曲线(图 7)好过表 6 的控制曲线(图 8).

表 5 寻优后的规则

C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PB	PB	PB	PB	PB	
NS	PS	NS	NS	PS	PS	
△ E 0	0	NS	0	PS	0	
PS	NS	NS	PS	PS	NS	
PB	NB	NB	NB	NB	NB	

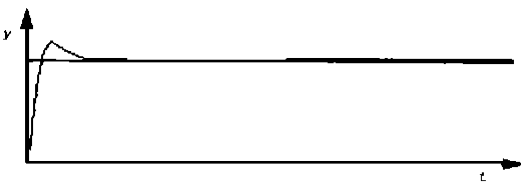


$J=3.1299$

图 7 寻优后的规则 1 对应控制曲线

表 6 寻优后的规则 2

C	E					
	NB	NS	0	PS	PB	
NB	PS	0	NS	NB	NB	
NS	PB	PS	PS	NS	NB	
△ E 0	PB	PS	0	NS	NB	
PS	PB	PS	NS	NS	NB	
PB	PB	PB	PS	0	NS	



$J=3.5644$

图 8 寻优后的规则 2 对应控制曲线

由此可以看出, 由于模糊控制是一个非线性的控制过程, 最优控制规则并不总是线性变化的, 一些看起来会出现矛盾的控制规则表实际上才是最优控制规则. 因此, 通过旋转法, 我们往往可以获得比一般经验总结出的规则表更好的规则表. 而且方法简单便于计算机实现.

3 结论

通过上述讨论和分析, 本文可以得出以下几点结论:

- (1)对于相同的被控对象, 初始规则表不同, 旋转法寻优后, 最后的寻优结果也不同.
- (2)对于同一类控制规则表, 寻优方向不同, 结果也可能不同. 因此, 本文提出一种模糊控制的旋转法寻优的新的方法: a) 先进行外圈旋转再内圈旋转获得控制规则和控制曲线. b) 进行内圈旋转再外圈旋转获得另一条控制规则和曲线. c) 对两种控制曲线进行比较, 选择好的曲线的控制规则表作为旋转的最后结果.
- (3)由于模糊控制是非线性控制, 最优控制规则表并非一定是线性变化的控制规则表.

参考文献:

[1] 余永权. 模糊控制规则优化新方法—旋转法[C]. 全国第八届多值逻辑与模糊逻辑学术会议论文集, 深圳: 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

1998. 87-92.

[2] 龙升照, 汪培庄. Fuzzy 控制规则的自调整问题[J]. 模糊数学, 1983, (3): 105-112.

[3] 余永权, 曾碧. 单片机模糊逻辑控制[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995. 132-143.

Further Study on Table- Rotating Method

WEI Hui, YU Yong-quan

(Dept. of Computer Science and Engineering, GDUT, Guangzhou 510090, China)

Abstract: A method to optimize fuzzy control rules that is “Table- Rotating method” is subject to further study. This method is based on the fact that the larger a error value is, the stronger a fuzzy control action will be; vice versa. Furthe study on “Table- Rotating method” has been carried out by using system simulation. Some improvement was proposed.

Key words: optimizing rules; table- rotating; optimize

(上接第 32 页)

Computer Automatic Monitoring and Measuring System for the Plants Growing Environment

LUO Sa-ping

(Electronics Technology Institute, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: A computer system was used to monitor and measure the parameters, such as tmperature, humidity, lux in a plant growing environment. The operation principles of some devices are given.

Key words: temperature; humidity; lux; system; communication; network

(上接第 35 页)

Computer Processing System for Three Channel Analog Signals from a Thermal Balance

CHEN Mei-luan¹, CHEN Shi-rong², MENG Jian-xin³

(1. Dept. of Physics, Jinan University, Guangzhou 510632, China, 2. Dept. of Chemical Engineering, GDUT, Guangzhou 510090, China, 3. Dept. of Chemistry, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The basic structure, system function, measuring principle and software of the computer processing system for three channel analog signals are introduced. This system can realize Real- time sampling and display sample data and graph on the PC computer screen.

Key words: computer processing system; analog signal; sampling