

# 基于模糊神经网络的电梯群控系统调度方法研究

陆星宇, 何 鹏, 唱江华

(齐齐哈尔大学 计算机与控制工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘 要:** 电梯群控系统是一个复杂的决策系统, 具有多目标性、随机性和非线性等特点, 难以采用精确的数学模型加以描述, 因而传统的控制方法很难提高系统性能。将模糊控制技术与神经网络技术相结合, 提出了一种能适应各种交通客流状况的调度方法, 设计了各电梯响应呼梯信号的综合评价函数, 通过神经网络的学习能力调整各评价因素(候梯时间、乘梯时间、能量消耗、拥挤度)的权重系数, 从而确定最佳派梯方案。仿真实验结果表明, 此方法能在各种交通客流状况下实现合理的电梯调度, 验证了此方法的有效性。

**关键词:** 电梯群控系统; 综合评价函数; 模糊神经网络; 调度方法

**中图分类号:** TP273+.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)01-0220-03

## Research of Dispatching Method in Elevator Group Control System Based on Fuzzy Neural Network

LU Xing-yu, HE Peng, CHANG Jiang-hua

(Computer and Control Engineering Department of Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** It is a complex optimization system to elevator group control system (EGCS) with multi-objective, stochastic and nonlinear characteristics. It is hard to describe EGCS with exact mathematic model and to increase the capability of the system with traditional control method. The fuzzy control technology and neural network technology are combined in this paper and a dispatching method applied to various passenger traffic conditions is proposed. The comprehensive evaluation function of traffic signal is established and the right heavy of every evaluation factor (waiting time, riding time, energy consume, crowd degree) is studied by the neural network, so the elevator is dispatched optimally. The result of simulation shows that this method realizes reasonable elevator dispatching under various passenger traffic conditions and indicates the validity of this method.

**Key words:** elevator group control system; comprehensive evaluation function; fuzzy neural network; dispatching method

## 0 引 言

电梯群控系统<sup>[1]</sup>是将同一建筑物内的多台电梯作为一个整体进行管理的控制系统, 其追求的目标是根据不同的客流交通状况<sup>[2]</sup>, 选择合理的调度方案以协调各电梯的运行, 使梯群能以最合适的方式应答层站的呼梯信号。但由于电梯群控系统控制目标的多样性以及电梯系统本身所固有的随机性和非线性, 难以建立精确的数学模型, 仅仅通过传统的控制方法很难提高控制系统的性能。

模糊控制技术利用专家知识获得各种控制规则, 可以很好地处理电梯系统的多目标性、随机性和非线性

性, 但单纯的模糊控制缺乏学习功能, 运行时无法修正规则, 因而使系统性能受专家知识影响很大。神经网络具有非线性、动态性的特点和较强的学习功能, 适用于建立类似电梯群控系统的一类非线性动态系统, 但由于电梯系统是多状态的, 为得到最优的输入输出映射, 使用单纯的神经网络会使其结构非常庞大, 从而加大网络的离线和在线学习时间。

将模糊逻辑和神经网络相结合构成模糊神经网络<sup>[3]</sup>(Fuzzy Neural Network, FNN), 可以有效发挥各自的优势并弥补相互不足, 解决随机性、非线性等问题, 提高系统的性能。

文中基于模糊神经网络, 确定了系统的综合评价函数, 将模糊规则映射到神经网络, 利用网络的学习能力调整影响系统性能的各因素的权重系数, 从而使群控系统具有良好的自适应性, 能实现在各种客流交通状况下的合理调度。

收稿日期: 2007-04-05

基金项目: 黑龙江省教育科学技术研究项目(10541248)

作者简介: 陆星宇(1979-), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向为计算机控制; 唱江华, 教授, 研究方向为工业控制。

## 1 目标函数

电梯群控系统的主要目标是缩短乘客平均候梯时间和平均乘梯时间、降低电梯运行能耗、提高电梯运行效率和服务质量等。综合以上因素,对于电梯  $i$ ,其响应所有呼梯信号的综合评价函数可采用如下形式:

$$F_i = w_1 * F_{wt}(wt) + w_2 * F_{rt}(rt) + w_3 * F_{en}(en) + w_4 * F_{cr}(cr) \quad (1)$$

式中,  $F_i$  为将呼梯信号分配给电梯  $i$  的综合评价价值,综合评价价值最大的电梯为该呼梯信号的响应电梯。 $F_{wt}(wt)$ ,  $F_{rt}(rt)$ ,  $F_{en}(en)$ ,  $F_{cr}(cr)$  分别是候梯时间的评价值、乘梯时间的评价值、能量消耗的评价值和梯内拥挤度的评价值。 $w_1, w_2, w_3, w_4$  依次是各评价价值对应的权重系数,且  $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$ 。对  $w_i$  的不同选择,体现了在各种客流交通状况下各因素的不同侧重。如客流高峰时以减少候梯、乘梯时间为主,可增大  $F_{wt}$  和  $F_{rt}$  的权重系数  $w_1$  和  $w_2$ ;在电梯空闲时以减少能量消耗为主,可增大  $F_{en}$  的权重系数  $w_3$ 。

### 1) 候梯时间 $wt$ 。

当新的呼梯信号发生时,根据呼叫发生的楼层  $F_c$  及方向  $D_c$  与电梯当前所在楼层  $F_0$  和方向  $D_0$ ,可计算电梯到达新的呼梯信号所需的时间,即候梯时间。设电梯运行一层的时间为  $k_1$ ,停靠一层的时间为  $k_2$ ,电梯需响应的停靠任务为  $m$ ,电梯同向到达的最远楼层为  $F_{\max}$ ,电梯反向到达的最远楼层为  $F_{\min}$ 。

当  $D_c$  与  $D_0$  相同,且  $F_c$  在  $F_0$  前方时,电梯可同向到达呼梯信号:

$$wt = |F_c - F_0| * k_1 + m * k_2 \quad (2)$$

当  $D_c$  与  $D_0$  相同,且  $F_c$  在  $F_0$  后方时,电梯反向运行后再同向到达呼梯信号:

$$wt = (|F_{\max} - F_0| + |F_{\max} - F_{\min}| + |F_c - F_{\min}|) * k_1 + m * k_2 \quad (3)$$

当  $D_c$  与  $D_0$  相反时,电梯反向运行后到达呼梯信号:

$$wt = (|F_{\max} - F_0| + |F_{\max} - F_c|) * k_1 + m * k_2 \quad (4)$$

### 2) 候梯时间短的隶属度函数 $f_{wt}(wt)$ 。

$$f_{wt}(wt) = 1 - e^{-0.00075wt^2} \quad (5)$$

### 3) 乘梯时间 $rt$ 。

由于新的呼梯信号发生时,只能知道乘客的乘梯方向,不知道乘客的目的层,文中假设乘客的目的层为最远层,则乘梯时间计算式为:

$$rt = |F_{\max} - F_0| * k_1 + m * k_2 \quad (6)$$

### 4) 乘车时间短的隶属度函数 $f_{rt}(rt)$ 。

$$f_{rt}(rt) = \begin{cases} 1 & rt > 20 \\ e^{-0.002(20-rt)} & rt \leq 20 \end{cases} \quad (7)$$

### 5) 电梯能量消耗 $en$ 。

电梯直线运行的能耗远远小于电梯加、减速时的能耗,所以电梯的能量消耗主要取决于电梯的启停次数,可设  $en$  的计算式为:

$$en = m \quad (8)$$

### 6) 能量消耗小的隶属度函数 $f_{en}(en)$ 。

$$f_{en}(en) = e^{-0.0093en^2} \quad (9)$$

### 7) 电梯拥挤度小的隶属度函数 $f_{cr}(cr)$ 。

电梯拥挤度可用轿厢内人数多少来描述,虽然轿厢内人数无法精确计算,但可通过轿厢内部的压力传感器所测值估算得到,  $cr$  表示当前轿厢内的人数,定义电梯拥挤度小的隶属度函数为:

$$f_{cr}(cr) = e^{-0.0133cr^2} \quad (10)$$

## 2 电梯群控调度方法

### 2.1 变量的模糊化

将  $F_{wt}(wt)$ ,  $F_{rt}(rt)$ ,  $F_{en}(en)$ ,  $F_{cr}(cr)$  的值模糊化,采用的基本语气值为 {大, 中, 小},隶属函数采用三角形,如图1所示,横坐标为评价价值。

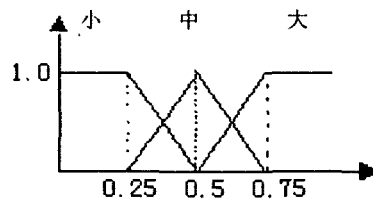


图1 隶属函数图

### 2.2 模糊神经网络

将模糊规则映射到神经网络中,使用输入输出数据集,实现模糊推理的过程。由网络的学习功能确定  $w_1, w_2, w_3, w_4$  的值,计算出各台电梯对当前呼梯信号的综合评价价值,选出综合评价价值最大的电梯作为呼梯信号的响应电梯。

文中采用的模糊神经网络结构为一个前馈型多层网络结构,如图2所示。

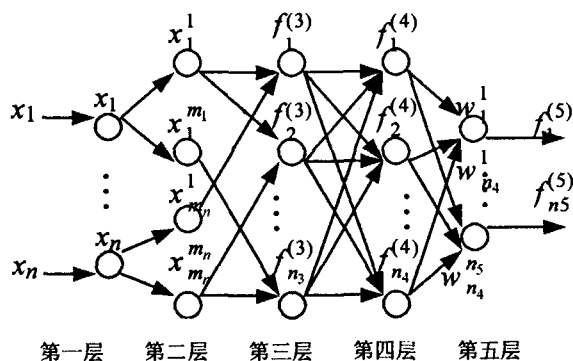


图2 模糊神经网络结构

第一层为输入层,这一层直接把输入值传递到下一层,神经元个数  $n_1$  与输入变量的个数  $n$  相同,即  $n_1 = n$ ,对每个神经元有:

$$f_k^{(1)} = x_k \quad (1 \leq k \leq n_1) \quad (11)$$

$x_k$  为第  $k$  个输入变量的值。

第二层为模糊化层,神经元个数  $n_2$  与上一层的输入变量个数  $n_1$  及每个输入变量的模糊子集个数相关,设第  $i$  个输入变量的模糊子集个数为  $m_i$ ,则  $n_2 = \sum_{i=1}^{n_1} m_i$ 。

$$f_k^{(2)} = e^{-\left(\frac{x_k - m_i^j}{\sigma_i^j}\right)^2} \quad (1 \leq k \leq n_2) \quad (12)$$

$m_i^j$  和  $\sigma_i^j$  分别为第  $i$  个输入变量的第  $j$  个模糊子集隶属函数的中心和宽度。

第三层为规则层,每个神经元代表一条模糊逻辑规则,用来匹配模糊规则的条件。

$$f_k^{(3)} = \min\{x_k^{j_1}, x_k^{j_2}, x_k^{j_3}, \dots, x_k^{j_n}\} \quad (1 \leq k \leq n_3) \quad (13)$$

其中,  $j_1 \in \{1, 2, \dots, m_1\}, j_2 \in \{1, 2, \dots, m_2\}, \dots, j_n \in \{1, 2, \dots, m_n\}$ ,则本

层的神经元个数为  $n_3 = \prod_{i=1}^n m_i$ 。

第四层为综合层,其神经元个数  $n_4$  等于输出变量的所有模糊子集个数。

$$f_k^{(4)} = \min\{1, \sum_{i=1}^{I_{4k}} x_k^i\} \quad (1 \leq k \leq n_4) \quad (14)$$

其中,  $I_{4k}$  是与这一层第  $k$  个神经元相连的输入变量的个数。

第五层为输出层,本层输出  $w_1, w_2, w_3, w_4$  的清晰值,设本层的神经元个数为  $n_5$ 。

$$f_k^{(5)} = \frac{\sum_{j=1}^{s_{out}} (w_k^j x_k^j)}{\sum_{j=1}^{s_{out}} x_k^j} \quad (1 \leq k \leq n_5) \quad (15)$$

其中,  $w_k^j$  表示第  $k$  个输入变量的第  $j$  个模糊子集隶属函数的权值,  $s_{out}$  为每个第四层输出变量的模糊子集个数。

以上的  $f_k^{(i)}$  表示神经网络中第  $i$  层的第  $k$  个输出函数。

## 2.3 网络参数的优化

网络中各个节点及其所有参数对系统的性能影响很大,必须通过网络的学习不断改进。由于 BP 算法收敛速度慢,且易造成局部极小<sup>[4]</sup>,这里采用 BP 算法的一种优化计算方法,即最速下降法。对参数的学习算法为:

$$\begin{cases} m_i^j(t+1) = m_i^j(t) + \lambda_m \sum_{k=1}^N \delta m_i^j + \alpha_m [m_i^j(t) - m_i^j(t-1)] \\ \sigma_i^j(t+1) = \sigma_i^j(t) + \lambda_\sigma \sum_{k=1}^N \delta \sigma_i^j + \alpha_\sigma [\sigma_i^j(t) - \sigma_i^j(t-1)] \\ w_i^j(t+1) = w_i^j(t) + \lambda_w \sum_{k=1}^N \delta w_i^j + \alpha_w [w_i^j(t) - w_i^j(t-1)] \end{cases} \quad (16)$$

其中  $m_i^j, \sigma_i^j$  和  $w_i^j$  的定义如前文所述,  $t$  是离散时间变量,  $N$  为样本个数,  $\lambda_m, \lambda_\sigma, \lambda_w$  是各参数的学习速率,且均大于 0,  $\alpha_m, \alpha_\sigma, \alpha_w$  是各参数的平滑因子,且都在区间内。学习速率和平滑因子均由专家知识选定。

## 2.4 电梯的调度

电梯的调度过程如图 3 所示。

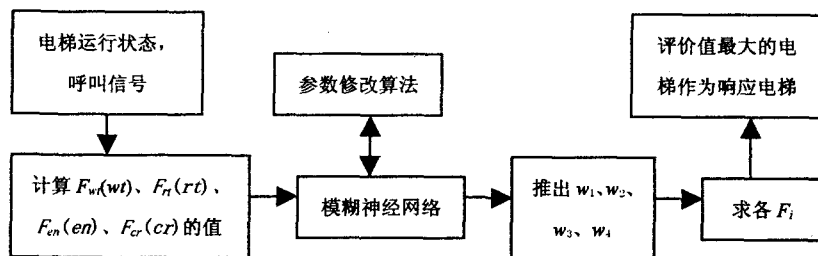


图 3 电梯调度过程

## 3 仿真实验

仿真环境参数设置为:楼层数为 16,电梯数为 4,电梯运行一层的时间为 1.5s,停靠一层的时间为 2s,额定载重为 1000kg。当客流强度分别为 50 人/5min、100 人/5min、150 人/5min 时,对平均候梯时间 AWT(s)、平均乘梯时间 ART(s)、电梯平均启停次数 EN(次/5min)进行统计,仿真结果如表 1 所示。从仿真结果可以看出,随客流强度的增大,平均候梯时间 AWT 和平均乘梯时间 ART 都不是绝对增加,电梯平均启停次数 EN 也不是线性增大,这主要是由于模糊神经网络依照控制目标对它们的对应权值作了修改,从而达到了电梯的服务要求<sup>[5]</sup>。

表 1 仿真结果

	50 人/5min	100 人/5min	150 人/5min
AWT (s)	9.5	10.2	9.8
ART(s)	12.7	12.6	13.2
EN(次/5min)	70.4	84.2	97.4

## 4 结 论

以候梯时间、乘梯时间、能源消耗和拥挤度作为呼梯信号的综合评价指标,基于模糊神经网络,提出了一

(下转第 225 页)

过 Dreamweaver 建立 conn. asp 文件,它定义 ASP 网页数据库连接对象,其他 ASP 文件使用 include 指令进行引用<sup>[5]</sup>。它的语句如下:

```
dim conn
set conn=server.createobject("adodb.connection")
conn.connectionstring="provider= Microsoft. Jet. OLEDB. 4.
0;data source=" & Server.MapPath("data.mdb")
```

```
conn.open
```

```
set conn=nothing
```

#### (1) 信息查询功能。

该功能完成项目编号、项目类别、项目负责人等字段进行的模糊查询。查询时只需要输入关键字,然后选择查询类型即可。

主要实现语句:

```
typeid=request("typeid")
if typeid="" then
sql="select * from sys order by id asc"
else
sql="select * from sys where"
sql=sql&ctr(typeid)&"like ' % "&request(txttitle)"&" % '"
sql=sql&"order by id asc"
end if
```

#### (2) 信息录入功能。

该功能完成向表中输入一条新的记录。

主要实现语句:

```
sql="select name from academy order by id desc"
rs.open sql,conn, 1,1
do while not rs.eof%>
<option value="< % = rs.fields(0).value% ">"selected>
< % = rs.files(0).value% >
</option>
```

#### (3) 信息删除功能。

该功能完成删除表中制定编号的记录。

主要实现语句:

```
dim rs,sql
dim id
id=request("id")
set rs=server.createobject("adodb.recordset")
```

```
sql="delete from sys where id=" & id
```

```
conn.execute sql
```

```
response.redirect"index.asp"
```

```
rs.close
```

```
set rs=nothing
```

#### (4) 信息修改功能。

该功能完成修改表中制定编号的记录。

主要实现语句:

```
if not isempty(request("id")) then
id=request("id")
else
id=1
end if
sql="select * from sys where id=" & id
set rs=server.createobject("adodb.recordset")
rs.open sql,conn,1,1
```

### 3 科技管理信息系统的作用

科技管理信息系统整合了项目计划管理系统、经费管理系统、成果和专利及知识产权管理系统、技术市场管理系统四个子系统,这几个子系统相互关联、相互作用,共同构成了一个完整的科技管理信息系统,每个子系统都能实现输入、修改、查询功能,提高了科技管理效率。通过对有关信息的查询,可以反映各单位的科技状态,以便合理地规划单位科技工作,有利于展开科技项目。

#### 参考文献:

- [1] 叶凡,龚韵枝.高校科技管理信息系统的设计与实现[J].信息通信,2006(5):38-41.
- [2] 王珊.数据库系统简明教程[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [3] 赵松涛.ASP 动态网站开发实录[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [4] 赵树林,师鸣若,姚婉芹.Access 2003 实用教程[M].北京:中国林业出版社,2006.
- [5] 屈喜龙,李正庚.ASP + Dreamweaver 开发动态网站实例荟萃[M].北京:机械工业出版社,2006.

(上接第 222 页)

种能适应各种客流交通状况的电梯调度方法。通过对仿真环境下得到的实验数据进行统计分析,表明此方法能在各种客流交通状况下满足乘客乘梯要求并达到系统节能的目的,是有效且可行的。

#### 参考文献:

- [1] 李东,王伟,邵诚.电梯群控智能系统与智能控制技

术[J].控制与决策,2001,16(9):513-517.

- [2] 许玉格,罗飞.新型电梯群控系统交通模式识别方法[J].控制理论与应用,2005,22(6):900-904.
- [3] 张吉礼.模糊-神经网络控制原理与工程应用[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- [4] 张化光,孟祥萍.智能控制基础理论及应用[M].北京:机械工业出版社,2005:144-146.
- [5] 宗群,童玲,薛丽华.电梯群控系统智能优化调度方法的研究[J].控制与决策,2004,19(8):939-942.