

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.06.007

# 基于交通流模型的预约电梯群控算法研究

周海丹, 沈姝君, 徐旭东

(杭州职业技术学院 特种设备学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:**针对传统电梯群控系统乘客乘梯时间的不可知性及随之导致的梯群服务效率低、能耗大等问题,对电梯群控系统的结构、呼梯方式、派梯算法等方面进行了研究,提出了一种含有目的层预约设备的电梯群控系统,目的层预约设备可得到含有目的层信息的确定呼梯信号,利用交通流作为输入,构建并训练了模糊神经网络,实现了交通流模型的识别。最后,基于 VB 和 MatrixVB 编写了电梯群控系统的仿真系统,并进行了仿真计算。研究结果表明,基于交通流模型的目的层预约电梯群控算法能在不同交通模式下采用不同的群控策略,实现了不同交通模式下电梯群的优化控制,提高了系统的运行效率和性能,验证了算法的有效性与可行性。

**关键词:**交通流模型;目的层预约;电梯群控系统;模糊神经网络

中图分类号:TH211+.6;TP273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)06-0586-05

## Algorithm of elevator group system with destination reservation based on traffic mode

ZHOU Hai-dan, CHEN Su-yang, XU Xu-dong

(College of Special Equipment, Hangzhou Vocational and Technical College, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Aiming at the problems that incomplete uncertain call information, low service efficiency and high energy power consumption of traditional elevator group control system (EGCS), the structure, call mode and dispatch algorithm of EGCS was researched, an EGCS with destination reservation was proposed, both direction and definite destination were available, and the exact call information of the system could be obtained. The fuzzy-neural network was constructed and trained, taking the traffic flow as input, the identification of traffic mode based on fuzzy-neural network was realized. At last, the simulation software was written by visual basic and matrix VB and the dispatching algorithm of EGCS based on fuzzy-neural network was simulated. The results indicate that various controlling strategies are adopted under different traffic patterns in order to achieve the optimization control of elevator group, the proposed algorithm of EGCS with destination reservation bases on traffic mode can improve operating efficiency and group performance. Therefore, it is validity and feasible.

**Key words:** traffic mode; destination reservation; elevator group control system; fuzzy-neural network

## 0 引 言

模糊逻辑技术与神经网络技术的相互渗透融合,在许多问题上得到了实际应用,解决了大量的问题,并取得了明显的成效,目前已经广泛用于优化控制、模式识别、时间预测等等<sup>[1-4]</sup>。日本三菱公司的 AI-2100 群控系统、日本东芝公司的 Ej-1000 群控系统,就是将模

糊逻辑、神经网络以及专家系统相结合,极大地改善了电梯群控性能。

针对传统电梯群控系统呼梯信号的不完全确定性,本研究首先将呼梯方式由传统的二次输入方式改为一次方式,即目的层预约设备代替传统的外召板,乘客只需在各层门厅的智能 LCD 上直接选择目的层即可一次完成呼梯和目的层选择动作,从而系统可以得

到含有目的层信息的确定呼梯信号。

由于建筑物交通流与电梯群控性能也有密切关系,本研究采用模糊神经网络来识别交通流模型,综合考虑乘客的乘梯要求和系统的能耗,在不同交通模式下采用不同的群控策略,以实现不同交通模式下电梯群的优化控制。

## 1 预约电梯群控系统的结构

预约电梯群控系统由群控器、若干台电梯、目的层预约设备及通信部分组成,由群控控制器根据算法来控制各电梯控制器进行各台电梯的集中调度。

预约电梯群控系统结构图如图 1 所示。

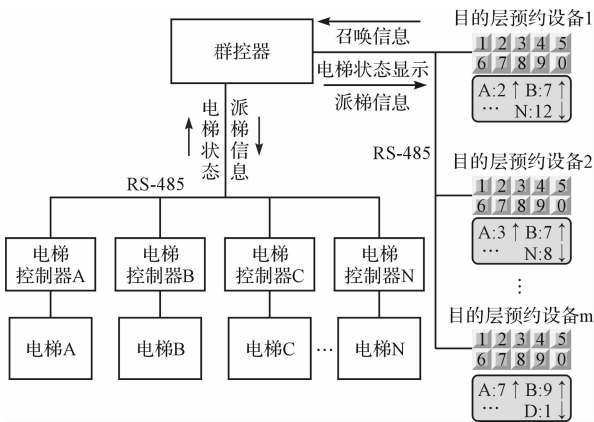


图 1 预约电梯群控系统结构图

与一般电梯群控系统相比,优势在于引入了目的层预约设备,因此可提前获得电梯群控系统在乘客进入电梯之前就可以获得其目的楼层的信息,从而可以获得确定和完整的呼梯信息集合,便于算法的建模和系统的优化派梯。

## 2 交通流模型的识别

### 2.1 电梯交通流特征的获取

电梯交通模式识别是以电梯系统交通流特征数据为基础的<sup>[5-7]</sup>。预约电梯群控系统主要通过轿厢底部精确称重装置、光幕以及目的层预约设备相结合来获取较为准确的交通流,即进入交通流、离开交通流、层间交通流、最大交通流层、次大交通流层,再将得到的这些数据按照时间顺序分别保存在系统相应的数据库中,可以将它们输入到模糊神经网络中来预测交通流数据。

根据电梯交通流数据,可以确定 4 个特征值:本时间段交通流总量  $u_1$ 、进门厅乘客数  $u_2$ ,出门厅乘客数  $u_3$ 、层间乘客数  $u_4$ 。这些特征值基本上能反映某一

时间段的交通流特征,对于辨别交通流模型是适合的。

### 2.2 基于模糊神经网络的交通流模型识别

#### 2.2.1 确定网络结构

模糊神经网络的结构如图 2 所示。

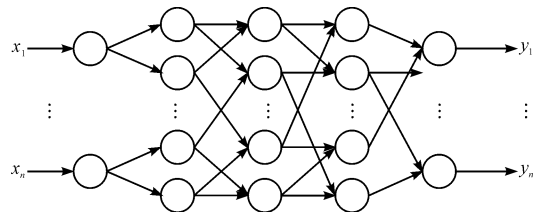


图 2 模糊神经网络的结构

第一层为输入层。作用是将输入向量的值直接传送到下一层。首先要对网络的输入进行归一化处理,将输入数据变换为  $[0, 1]$  之间的值。交通流总量  $u_1$ 、进门厅乘客数  $u_2$ ,出门厅乘客数  $u_3$ 、层间乘客数  $u_4$  在数据变化范围内的最大值都为  $u_{max}$  (在单位时间段中交通流总量的最大值),最小值都为 0,因此该层具体的输入为:

$$\begin{cases} x_1 = \frac{u_1}{u_{max}} \\ x_2 = \frac{u_2}{u_{max}} \\ x_3 = \frac{u_3}{u_{max}} \\ x_4 = \frac{u_4}{u_{max}} \end{cases} \quad (1)$$

第二层为模糊化层。实现输入变量的模糊化,用逻辑语言“小”、“中”、“大”来描述每种交通构成所占的大小和总交通流量,因此该层的节点数为  $N_2 = 4 \times 3 = 12$ 。该层与第一层相连的所有权值都为固定值 1,每个节点的阈值都为固定值 0。交通强度以及交通构成隶属度函数表达式如下:

$$\mu_{小}(u_i) = \begin{cases} 1 & u_i < 25 \\ \frac{(35 - u_i)}{10} & 25 \leq u_i < 35 \\ 0 & u_i \geq 35 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{中}(u_i) = \begin{cases} 0 & u_i < 30 \\ \frac{(u_i - 35)}{10} & 30 < u_i \leq 50 \\ \frac{(75 - u_i)}{20} & 50 \leq u_i < 70 \\ 0 & u_i \geq 70 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{大}}(u_i) = \begin{cases} 0 & u_i < 65 \\ \frac{(u_i - 65)}{10} & 65 \leq u_i < 75 \\ 1 & u_i \geq 75 \end{cases} \quad (4)$$

第三层为规则层。每条模糊规则用一个节点来表示,是匹配模糊逻辑规则的前提条件,然后计算出每条规则的适用度<sup>[8-10]</sup>。规则表如表 1 所示。

表 1 确定交通流模型的规则表

交通强度	进入交通流	外出交通流	层间交通流	交通模式
大	大	小	小	上行高峰模式(1)
大	小	大	小	下行高峰模式(2)
大	小	小	大	随机层间高峰模式(3)
大	中	小	小	上行高峰模式(1)
大	小	中	小	下行高峰模式(2)
大	小	小	中	随机层间高峰模式(3)
大	中	中	小	两路高峰模式(4)
大	中	小	中	四路高峰模式(5)
大	小	中	中	四路高峰模式(5)
中	大	小	小	上行交通模式(6)
中	小	大	小	下行交通模式(7)
中	小	小	大	随机层间交通模式(8)
中	中	小	小	上行交通模式(6)
中	小	中	小	下行交通模式(7)
中	小	小	中	随机层间交通模式(8)
中	中	中	小	两路交通模式(9)
中	中	小	中	四路交通模式(10)
中	小	中	中	四路交通模式(10)
小	大	小	小	空闲上行交通模式(11)
小	小	大	小	空闲下行交通模式(12)
小	小	小	大	空闲层间交通模式(13)
小	中	小	小	空闲上行交通模式(11)
小	小	中	小	空闲下行交通模式(12)
小	小	小	中	空闲层间交通模式(13)
小	中	中	小	空闲两路交通模式(14)
小	中	小	中	空闲四路交通模式(15)
小	小	中	中	空闲四路交通模式(15)

第四层为输出语言变量层。由于输出层有 4 个输出,交通强度的模糊集有 3 个,其他输出取值为 1 或 0,可以用相应的模糊集大和小来表示,4 个节点共对应 9 个模糊集。所以该层的节点数为 9,权值为 1。

第五层为输出层。它所实现的是清晰化计算,节点个数等于  $N_5$  等于输出变量个数。网络的输出为:  $y_1, y_2, y_3, y_4$ 。其中:  $y_1$ —交通强度,取值为 0、0.5 或 1,分别代表弱、中和强;  $y_2, y_3, y_4$  的组合——交通类型: (0,0,1)—上行交通模式, (1,0,0)—下行交通模式, (0,1,0)—随机交通模式, (0,1,1)—两路交通模式, (1,1,0)—四路交通模式。

### 2.2.2 网络的训练

网络的 4 个输入的取值范围都是  $[0, 1]$ ,令各个输入在  $[0, 1]$  范围内以合适的间隔(0.1 或 0.2) 取样,得到若干种组合,每种组合可作为一个样本输入,样本的输出值由模糊推理可以得出,可通过查询表 1 得到输出。同时,网络的各个输入之间应该满足  $x_1 = x_2 + x_3 + x_4$ ,选取满足条件的所有样本。为了适当减少训练时间、提高收敛速度<sup>[11-12]</sup>,本研究选择累积误差 BP 算法,采用样本集对网络进行训练。

训练情况如表 2 所示。

表 2 模糊神经网络的训练情况

学习率	动量因子	误差反传训练次数	训练误差
0.01	0.1	806	0.000 996

## 3 算法实现及系统仿真

考虑到电梯群控系统的能耗指标,电梯群控系统为每台电梯定义一个活跃度  $A$ ,值为 1 时表示处于群控状态,值为 0 时处于空闲状态,并设立如下规则:

(1) 空闲模式下只让规定数量电梯处于群控状态而其他部电梯处于空闲状态以节省能耗;

(2) 定义  $m$  为已分配给某台电梯待响应的呼梯信号数,在不同的交通模式可以取不同的值。当有新的呼梯召唤时,若分配给某台电梯的待响应呼梯信号数已等于  $m$  时才可以启动下一台空闲的电梯。

### 3.1 评价函数的建立

本研究在综合考虑乘客的候梯时间和乘梯时间的基础上,以总乘梯时间为评价指标,结合交通流模式进行评价派梯。本研究采用的评价指标主要为总乘梯时间和系统能耗。系统能耗主要和电梯的起停次数有关,它的控制主要通过不同交通模式下调整群控规则来实现。总乘梯时间指的是乘客从登记呼梯信号开始至到达目的层离开轿厢为止,包含电梯从当前楼层到召唤楼层的时间和从召唤楼层到目的楼层的时间,计算公式如下:

$$T(i) = TW(i) + TR(i) \quad (5)$$

式中:  $TW(i)$ —电梯从当前楼层到召唤楼层的时间,  $TR(i)$ —电梯从召唤楼层到目的楼层的时间。

本研究建立的评价函数为:

$$P = \min[T(1), T(2), \dots, T(n)] \quad (6)$$

根据评价函数  $P$  来确定如何派梯,其实就是在不同交通模式的具体规则下,确定参加群控的每部电梯的  $T$ ,然后选择  $T$  最小的电梯去响应。

流程图如图 3 所示。

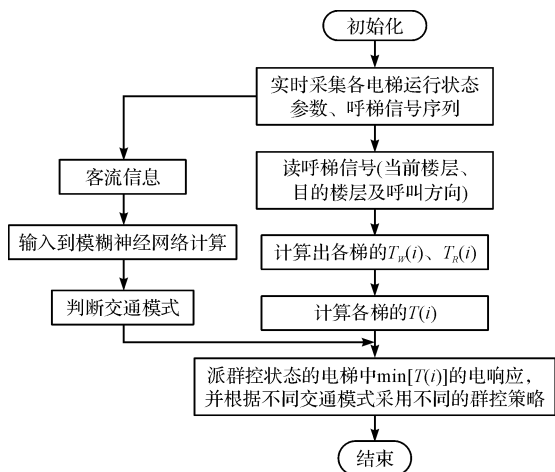


图3 电梯群控算法流程图

### 3.2 仿真结果

仿真软件的总体结构图如图4所示。

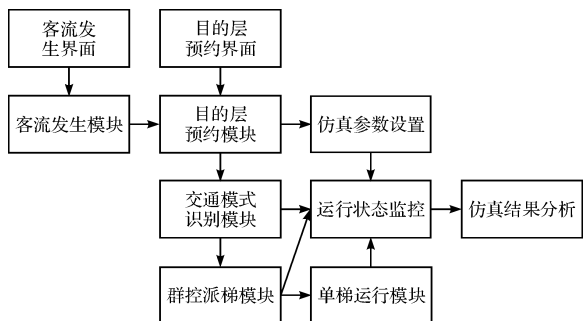


图4 电梯群控系统仿真软件的总体结构图

仿真实验平台如图5所示。



图5 电梯群控仿真系统的实验平台

本研究用触摸屏来作为目的层预约设备,电梯群控系统的其他部分用仿真系统来实现。本研究选用VB编制电梯仿真软件系统,仿真软件功能主要包括:单梯运行模块、群控算法模块、参数设置模块、目的层预约模块、数据通信模块、信息显示模块、数据处理模块等;该系统包括参数设置界面、电梯动态运行仿真界面、交通流设置生界面、运行结果显示界面、目的层预

约部分界面等,可用于目的层预约群控系统和一般群控系统的仿真。

(1)建筑物。楼层数为22,楼层高度为3m;

(2)电梯参数。电梯数量为4台,额定载客量为15人,额定速度为2m/s,加速度为1m/s<sup>2</sup>,加加速度为1.5m/s<sup>3</sup>,开门时间为2s,关门时间为3s,单个乘客进出轿厢平均时间为0.8s;

(3)电梯群初始状态。电梯A:轿厢中乘客为5人,当前楼层为6,下行,5楼有已分配上行外召(目的层为9)一个,18楼有已分配下行外召(目的层为1)一个,9楼有已分配内召(目的层为14)一个;电梯B:轿厢中乘客为3人,当前楼层为9,上行,2楼有已分配内召(起始层为8)一个,20楼有已分配下行外召(目的层为2)一个;电梯C:轿厢中乘客为7人,当前楼层为13,下行,17楼有已分配下行外召(目的层为12)一个,2楼和8楼分别有已分配内召(起始层都为10)一个;电梯D:轿厢中乘客为10人,当前楼层为22,下行,20楼有已分配下行外召(目的层为4)一个,16楼有已分配内召(起始层为24)一个,9楼有已分配上行外召(目的层为14)一个。

#### 3.2.1 随机层间交通模式下的仿真

在随机层间交通类型时,由于乘客的起始楼层和目的楼层都不相同,应该综合考虑候梯时间和乘梯时间,以乘客呼叫请求得到最快相应为重点。

本研究设置乘客到达率为 $\lambda = 0.2$ 人/s,交通流产生时间为300s,下行交通流百分比 $B = 0.1$ ,上行交通流百分比 $A = 0.2$ ,层间交通流百分比 $C = 0.7$ 。

仿真结果如表3所示。

表3 随机层间交通模式下对多次呼梯召唤的仿真结果

电梯群控系统类型	平均候梯时间/s	平均乘梯时间/s	平均乘梯总时间/s	系统能耗/kJ
一般电梯群控系统	21.5	33.4	54.9	2 700
本研究电梯群控系统	18.7	29.1	47.8	2 430

#### 3.2.2 上行交通模式下的仿真

上行高峰交通模式最大的特点是大部分交通流都是是上行方向,而下行交通流和层间交通流相对比较少,持续时间短。基层大量的乘客将会使候梯时间和乘梯时间变长,因此应该重点考虑乘客的乘梯时间,其次考虑系统的能耗。

设置乘客到达率为 $\lambda = 0.3$ 人/s,交通流产生时间为300s,下行交通流百分比 $B = 0.1$ ,上行交通流百分比 $A = 0.8$ ,层间交通流百分比 $C = 0.1$ 。

仿真结果如表4所示。

表 4 上行高峰模式下对多次呼梯召唤的仿真结果

电梯群控系统类型	平均候梯 时间/s	平均乘梯 时间/s	平均乘梯 总时间/s	系统 能耗/kJ
一般电梯群控系统	28.5	48.5	77	3 540
本研究电梯群控系统	29.7	33.2	62.9	2 900

### 3.2.3 空闲下行交通模式下的仿真

当总交通流比较少、交通强度比较弱时候的交通模式统称为空闲交通模式,分为空闲上行交通模式、空闲下行交通模式、空闲层间交通模式、空闲两路交通模式和空闲四路交通模式。

本研究设置上行交通流百分比  $A=0.2$ ,下行交通流百分比  $B=0.1$ ,层间交通流百分比  $C=0.7$ ,乘客到达率为  $\lambda=0.1$  人/s,交通流产生时间为 300 s。

仿真结果如表 5 所示。

表 5 空闲下行交通模式下对多次呼梯召唤的仿真结果

电梯群控系统类型	平均候梯 时间/s	平均乘梯 时间/s	平均乘梯 总时间/s	系统 能耗/kJ
一般电梯群控系统	17.8s	23.6	41.4	896
目的层预约电梯 群控系统	18.5	20.3	36.8	631

### 3.2.4 分析

本研究对 4.2.1-4.2.3 的仿真结果进行分析,结果如表 6 所示。

表 6 目的层预约群系统与一般群控系统相比对各指标的控制量

交通模式	平均候梯 时间 $T_w$ 控制/%	平均乘梯 的时间 $T_r$ 控制/%	平均总乘 梯时间 $T$ 的控制/%	系统能 耗 SC 的 控制/%
上行高峰模式	4.2	-31.6	-18.3	-18.1
随机层间模式	-13	-12.9	-12.9	-10
空闲下行交通模式	4	-4.2	-11.1	-29.6

## 4 结束语

本研究针对一般电梯群控系统呼梯信号目的楼层的不可知性,提出了基于目的层预约的群控系统,采用目的层预约设备代替传统的外招呼梯板,在乘客进入轿厢前就能得到确定的呼梯信息,从而能准确地预测

乘客的乘梯时间;在目的层预约的基础上采用模糊神经网络来识别电梯交通模式,在不同的交通模式下采用相应的群控策略。

仿真结果表明,基于交通流模型的目的层预约电梯群控系统对整个电梯群的调度在总体上明显优于一般电梯群控系统(基于最小等待时间算法),有效地降低了系统的能耗,实现了不同交通模式下电梯群的优化控制;提高了电梯群控系统的总体性能,因此达到了优化电梯群控系统的目的。

### 参考文献(References):

- [1] 张剑华. 基于模糊神经网络算法的电梯群控系统研究[D]. 福州:福州大学电气工程与自动化学院,2014.
- [2] 孙景卫. 基于 PLC 和模糊控制的电梯智能控制系统研究[J]. 制造业自动化,2011,33(10):38-40.
- [3] 杨光全. 电梯交通流分析及电梯群控策略研究[D]. 上海:上海交通大学电子信息与电气工程学院,2008.
- [4] 姚玉刚,柏逢明. 模糊控制在电梯群控系统中的应用[J]. 长春理工大学学报:自然科学版,2008,31(1):107-110.
- [5] 赵伟,王志磊,李晓理,等. 基于客流分析的电梯群控仿真系统研究[J]. 控制工程,2015,22(5):826-830.
- [6] 宗群,尚晓光,岳有军,等. 电梯群控系统的交通模式识别[J]. 控制与决策,2001,16(2):163-166.
- [7] 曾国伟. 基于模糊控制技术的电梯群控系统设计[J]. 浙江工业大学学报,2009,37(1):115-118.
- [8] 李晓理,王志磊,刘德馨,等. 多模型电梯群控的自寻优策略[J]. 控制理论与应用,2014,31(3):366-374.
- [9] 徐雷. 基于多目标规划的电梯群控系统智能调度算法的研究[D]. 杭州:浙江工业大学机械工程学院,2009.
- [10] 王国萍,朱明富,雷科. 多目标的电梯群控系统算法分析[J]. 自动化技术与应用,2005,24(3):6-8.
- [11] 白国振,俞浩浩. 基于改进模糊神经网络的 PID 参数自整定[J]. 计算机应用研究,2016,33(11):1-9.
- [12] 许玉格,罗飞,曹建忠. 目的层预约的模糊神经网络电梯群控策略[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2007,35(1):13-16.

[编辑:周昱晨]

### 本文引用格式:

周海丹,沈妹君,徐旭东. 基于交通流模型的预约电梯群控算法研究[J]. 机电工程,2017,34(6):586-590.

ZHOU Hai-dan, CHEN Su-yang, XU Xu-dong. Algorithm of elevator group system with destination reservation based on traffic mode[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,34(6):586-590.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>