

单交叉口交通灯信号模糊控制及其仿真

The fuzzy algorithm control for Single road intersection traffic light and its simulation

(牡丹江大学)李 静

Li, Jing

摘要: 本文采用模糊控制算法对四相位三车道单交叉口的交通灯进行控制。首先通过离线计算机得到绿灯延时的模糊控制查询表, 根据当前等待队列长与通行队列长查表和到绿灯延时。通过使用同一随机种子产生随机数对该方法与传统定时控制方法进行仿真, 仿真结果表明模糊控制方法在车辆延误时间上较之传统定时控制方法大为改善。

关键词: 四相位; 单交叉口; 模糊控制; 仿真

中图分类号: TP18 **文献标示码:** A

Abstract: This paper uses the fuzzy control algorithm carries on the control to four phases three traffic lanes single road intersections traffic light. First obtains the green light time delay through the off-line computer the fuzzy control questionnaire. Is long and the general formation according to the current waiting formation long looks up the table and to the green light time delay. Has the random number through the use identical stochastic seed carries on the simulation to this method and the traditional timed control method, The simulation result indicates the fuzzy control method delays in the time in the vehicles compared with the traditional timed control method greatly is the improvement.

Key words: Four phases; Single road intersection; Fuzzy control; Simulation

技
术
创
新

1 引言

传统单路口交通控制通常采用定时控制方案, 预行人分配好红绿灯的保持时间, 其目的首先是协调好车辆的通行, 其次是要尽量减少车辆的延误。而实践表明定时控制的方法效果并不理想。由于城市交通系统具有随机性, 不确定性及相当的复杂性, 因此对交通灯的控制应随交通流量的变化进行实时控制。国内外许多学者提了采用模糊控制方法实现交通的控制。由于模糊控制不需要建立被控对象精确的数学模型, 特别适用于随机的, 复杂的城市交通控制。然而许多学者对交叉路口的条件过于限制(诸如使用单车道或二相位, 不准左拐等限制), 使得控制方法过于简单, 不能充分地发挥模糊控制的效率。笔者也就模糊数学用于城市单交叉路口交通控制进行了尝试, 对四相位三车道单交叉路口采用模糊控制方法进行控制, 通过计算机仿真, 并与定时控制进行比较, 结果表明效果良好。

2 交通控制系统分析

2.1 交叉口车辆检测器设计

如图 1 所示, 单交叉路口交通流在东西南北四个方向上均有左行、直行、右行三个车道车流。由于在实际中一般情况下右行车辆只与过马路行人发生冲突,

故对于右行车辆我们只使用定时控制以使其与行人交替通行。对于每个方向直行与左行车道均设有一队检测器, 二者相距 150m, 用于检测任一时刻在该区内得到车辆数。检测器为一振荡器, 其谐振电感藏在车道中部, 当车辆通过时, 电感量变化引起振荡频率变化, 由此而记录一辆车经过。

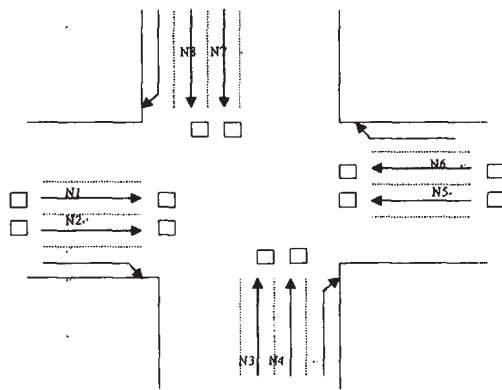


图 1

为了确保交通的井然有序, 采用的相位控制如图 2 所示, 有箭头的车道表示正处于通行状态的车道, 交通灯按 4 个相位顺序切换, 红绿灯之间采用黄灯闪烁警告。对于右行车道的暂且不考虑。

2.2 控制策略

首先定义每一相位时的绿灯最短延时 $T_s=15s$, 该延时的依据为: 两检测器之间相距 150m, 当一辆车以平均 10m/s 的速度通过交叉口, 则它在下一相位到来

李静: 副教授

黑龙江省自然科学基金, (编号 030108)

之前最多需要 15s 才能通过检测区。

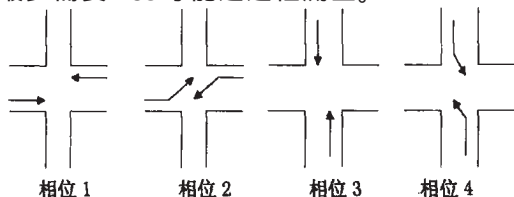


图2

如图 1 所示, $N_i(i=1,2,\dots,8)$ 表示当前时刻处于该车道内的车辆数。我们称当前相位下通行的车流在检测区内的车队为“通行队列 (M)”, 而等待当时相位结束的下一相位通行车流在检测区内的车队为“等待队列 (W)”。各相位等待队列长度与通行队列长度定义如下:

等待队列	通行队列
相位 1: $W=N1+N5$	$M=N2+N6$
相位 2: $W=N4+N8$	$M=N1+N5$
相位 3: $W=N3+N7$	$M=N4+N8$
相位 4: $W=N2+N6$	$M=N3+N7$

根据当前相位的通行队列长 (M) 与等待队列长 (W) 通过模糊控制算法计算出应分配的绿灯延时 T_d , 为了确保因突发性交通流引起的 T_d 过大而造成延时浪费, 我们不是一次性分配给 T_d 一个较大的延时, 而是采用每次最多延时 6s, 但进行三次延时, 每次延用完之后再测量 W, M 的值, 通过模糊控制算法求得又一延时, 直到第三次延用完之后即转入下一相位。

3 模糊控制器的设计

3.1 输入输出量

等待队列长 (W), 其变化为 $[0, 66]$, 取其论域为 $W=\{6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66\}$, 其模糊子集为 NB(很少), NS(少), ZE(中等), PS(多), PB(很多)。其隶属度函数如表 1 所示。

通行队列长 (M), 其变化范围为 $[0, 55]$, 取其论域为 $W=\{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55\}$, 其模糊子集为 NB(很少), NS(少), ZE(中等), PS(多), PB(很多)。其隶属度函数如表 2 所示。

输出量:

绿灯延时 T_d , 其变化范围为 $[0, 6]$, 取其论域为 $T_d=\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, 其模糊子集为 NB(很短), NS(短), ZE(中等), PS(长), PB(很长)。其隶属度函数如表 3 所示。

表 1 等待队列长 W 的隶属度函数

语言值	队 列 长										
	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
NB	1.0	0.8	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
NS	0.2	0.4	0.9	0.7	0.5	0.1	0.2	0	0	0	0
ZE	0	0	0.1	0.2	0.8	1.0	0.8	0.2	0.1	0	0
PS	0	0	0	0	0.2	0.1	0.5	0.7	0.9	0.4	0.2
PB	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.8	1.0

表 2 通行队列长 M 的隶属度函数

语言值	队 列 长										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
NB	1.0	0.8	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0	0
NS	0.2	0.4	0.9	0.7	0.5	0.1	0.2	0	0	0	0
ZE	0	0	0.1	0.2	0.8	1.0	0.8	0.2	0.1	0	0
PS	0	0	0	0	0.2	0.1	0.5	0.7	0.9	0.4	0.2
PB	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.8	1.0

表 3 绿灯延时 T_d 的隶属度函数

语言值	延 迟 时 间						
	0	1	2	3	4	5	6
NB	1.0	0.5	0.2	0	0	0	0
NS	0.2	0.8	0.6	0.2	0	0	0
ZE	0	0	0.5	1.0	0.5	0	0
PS	0	0	0	0.2	0.6	0.8	0.2
PB	0	0	0	0	0.2	0.5	1.0

3.2 绿灯延时控制规则

根据人的控制经验总结出来的控制规则如表 4 所示, 表示两输入 (W 与 M) 单输出 (T_d) 语言控制策略由 25 条模糊条件语句规则构成。

表 4 控制规则表

<div>W \ M</div>	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NS	ZE	PS	PB
NS	NB	NB	NS	ZE	PS
ZE	NB	NB	NB	NS	ZE
PS	NB	NB	NB	NB	NS
PB	NB	NB	NB	NB	NB

3.3 控制算法设计

由于交通灯信号的控制精度要求并不高, 且交通流量是一离散有限论域, 故我们采用查表法实现模糊控制。查表法结构简单, 实施方便, 资源开销小, 在线运行速度较快。查询表是根据所有的输入论域的点到输出论域上的对应关系, 它是已经经过了模糊化、模糊推理和解模糊的过程, 它可以离线计算得到, 模糊控制器在线运行时, 进行查表就可以了, 因而可以大大加快在线运行的速度, 这一过程可以用图 3 表示。

查询表的构造算法:

首先求出模糊关系 R, 再根据输入求出控制量, 把控制量清晰化, 可得模糊控制表, 设有 k 条规则, 其格式为
if $W=W_i$ and $M=M_j$ then $T_d=T_{ij}$ ($i, j, t=1, 2, \dots, 5$)
 $W_i=\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$, $M_j=\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$,
 $T_d=\{NB, NS, ZE, PS, PB\}$

每一条控制规则对应的模糊关系为:

$$R1=W1 \times M1 \times T11$$

$$R2=W1 \times M2 \times T12$$

.....

$$R25=W5 \times M5 \times T55$$

$$\text{总的模糊关系 } R \text{ 为: } R = \bigcup_{i,j} W_i \times M_j \times T_{ij} = \bigcup_{s=1}^k R_s$$

用隶属度函数形式描述为:

$$\mu R(a, b, c) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} \mu_{w_j(m)} \wedge \mu T_{ij}(t) \quad \text{式(2)}$$

式(1)

设 W_i ($i=1, \dots, 5$) 的论域为 $\{6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66\}$ M_i ($i=1, \dots, 5$) 的论域为 $\{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55\}$ T_{ij} 的论域为 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。对于输入值 W^* , 在经量化之后, 它必须为对应论域中的某个元素, 在 W^* 量化之后, 它可能如下列任一模糊量 W_i ($i=1, \dots, 11$):

$$W_1 = \frac{1}{3} + \frac{0}{6} + \frac{0}{9} + \dots + \frac{0}{30} + \frac{0}{33}$$

$$W_2 = \frac{0}{3} + \frac{1}{6} + \frac{0}{9} + \dots + \frac{0}{30} + \frac{0}{33}$$

$$W_{24} = \frac{0}{3} + \frac{0}{6} + \frac{0}{9} + \dots + \frac{1}{30} + \frac{0}{33}$$

$$W_{25} = \frac{0}{3} + \frac{0}{6} + \frac{0}{9} + \dots + \frac{0}{30} + \frac{1}{33}$$

对于输入值 m^* , 它的对应模糊量 M_j ($j=1, \dots, 11$) 的形式与上面情况类似。

应用式(1)或式(2), 根据 W_i, M_j, T_{ij} 的情况, 求出模糊关系 R , 并根据输入求出对应控制量 T_{ij} , 即

$$T_{ij} = (W_j \times M_j) R \quad \text{式(3)}$$

在求出了输出控制量 T_{ij} 之后, 以最大隶属度法进行清晰化计算, 可以求出 T_{ij} 对应论域中的隶属度最大的元素, 这个元素就是输出控制的清晰值, 得到的输出控制表如表 5 所示。

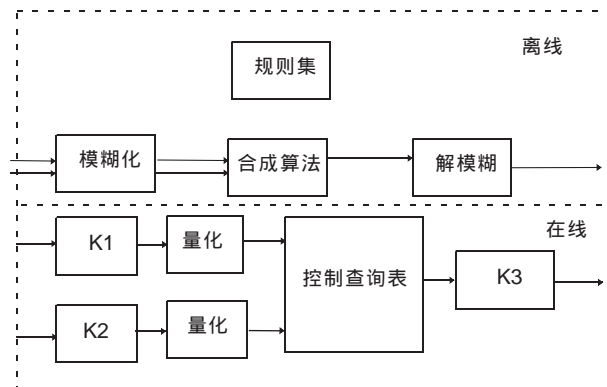


图 3

4 仿真研究

假设交叉口八个车道(其它四个右行车道未在考虑中)检测区的车辆到达是随机的, 车流到达率为 0-1 辆/s, 车流以 1 辆/s 的速率离开车队, 计算机每一相位下的等待队列长及通行车队的总车辆数, 每一辆车延误时间为该车到达检测区直到进入通行状态所经历的时间, 计算所有车的延误时间。在相同的随机种子下产生随机数, 对于定时控制时行仿真(四个相位的时间分配为 23s, 18s, 23s, 18s), 按同样的方法计算等待

车辆数及总的延误时间, 比较二者在不同的交通状况下的效果, 发现当交叉口的车辆负荷较大时, 致使每一相位的等待队列都接近饱和使得模糊控制方法也沦为定时控制方法, 效果反而不如原定控制, 而当车辆负荷没有达到上面的极端状况时, 模糊控制方法较之定时控制等待车辆及延误时间大大减少。

5 结束语

(1) 通过对单交叉口交通灯信号进行模糊控制, 并对其进行仿真, 仿真结果表明其控制效果比定时控制大为改善, 但仍然存在着一一些问题, 例如: 模糊控制方法主要基于人的经验, 因此对模糊变量的划分和隶属度函数的取值必须以过深入研究, 并通过实际运行得到的结果不断修正这些数据才能达到一个理想的效果。

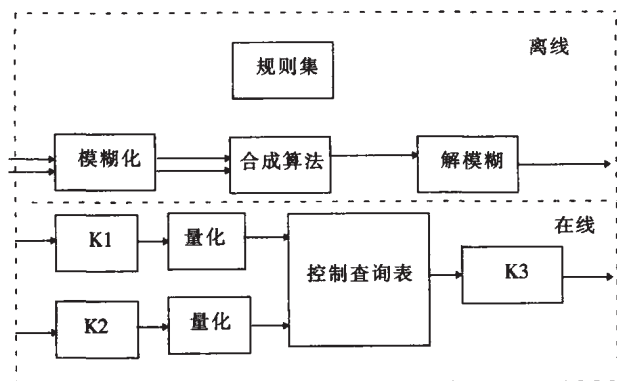


图 3

(2) 本文提出的控制方法只是针对一个单个的交叉口的交通灯控制方案, 而城市交通系统是一个庞大而复杂的系统, 各个交叉口之间必然存在着一定的联系, 如何找出这些联系并建立一个有效的模型对实现城市交通系统智能化意义重大。

本文作者创新点: 本文提出的控制方法虽然只是针对一个单个的交叉口的交通灯控制方案, 但却开辟了一个新思路, 对于更为庞大而复杂的交通系统的自动控制系统实现, 实现城市交通系统智能化有着极为重要的参考价值。

参考文献

- [1] 徐建闽等, 《新型模糊控制算法在交叉口信号控制中的应用》, 《华南理工大学学报》(自然科学版), 2000, 28(6): 1-5
- [2] 陈森发等, 《城市主干道交通信号灯模糊线控制的探讨》, 《运筹与管理》, 1998, 7(1): 35-41
- [3] 张曾科, 《模糊数学在自动化技术中的应用》, 北京: 清华大学出版社, 1997
- [4] 侯伟, 王丽芳, 基于 DSP 的感应电机变压变频控制系统研究 [J], 微计算机信息, 2005, 1: 83-84

作者简介: 李静(1963-), 女, 汉, 副教授, 毕业于哈尔滨工业大学, 现从事计算机专业教学工作。姜守旭(1958-), 男, 汉, 教授, 现任哈尔滨工业大学计算机软件与理论学科硕士研究生导师。(见 38 页)

能够找到最佳的操作方式、方法,进一步提高劳动技能,保证产品质量的持续提高。

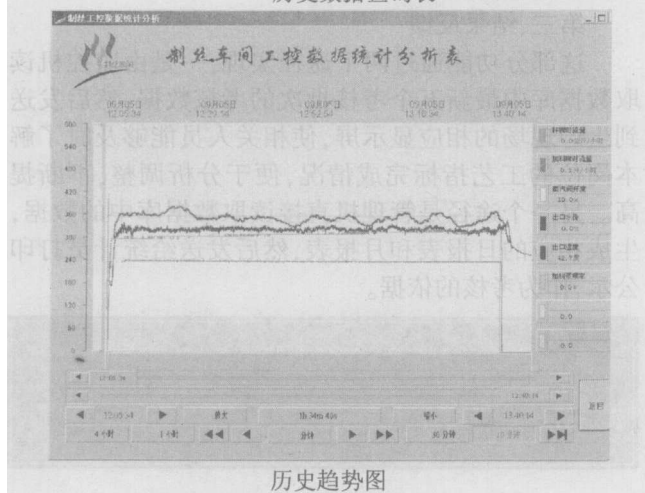
其次,把过程控制指标与设备的各项性能参数放在一起对比分析,可以及时发现生产设备的性能缺陷,以便及时维修或改进,从而提高设备性能,保证产品质量。

第三,对于出现的问题,可通过查询历史数据追溯到每一个生产环节,使解决问题更加方便、快捷、科学。

为了便于对这些历史数据进行科学的查询、分析,我们编写了历史数据查询程序。整套程序分为两部分:数据表格查询和趋势图查询。对于前一部分,我们利用 VB 编写,完成从数据库提取数据报表的功能;对于后一部分,我们利用 Intouch 的历史数据来显示查询批次的历史趋势图。通过它们之间的参数传递及相互调用,实现数据表格与历史趋势图的相互对应。



历史数据查询表



历史趋势图

6 结束语

数据质量控制则是一种与经验质量控制所不同的更科学、更精细的质量控制方法。它是把生产流程的各个细节作为研究对象,以计算机数据采集为依据,建立一套数字描述体系,即用数字描绘生产流程中关键环节的关键质量情况。通过控制关键环节的质量稳定性达到最终产品质量的稳定性和优质性。同时

通过对历史质量数据进行统计、分析和挖掘,必然会从这些数据中发现问题,并找到问题的答案,从而达到“节约、降耗、提高产品质量”的目的。

创新点:用数字描绘生产流程中关键环节的关键质量情况。通过控制关键环节的质量稳定性达到最终产品质量的稳定性和优质性。

参考文献:

- [1]黄宣康;邱龙英.《实行标准偏差和平均值考核管理方法提高滤棒、烟支加工质量》.烟草科技,2003,1002-0861, No.2, p.5-7
- [2]康军;戴冠中.《基于 Internet 的工业以太网远程监控系统设计》第 15 届中国过程控制会议论文集,2004, p.287-289
- [3]张桂珍,浅谈数据挖掘的重要性,第十四届全国管理信息系统学术年会,1999, P.367-371
- [4]张向东,烟草企业工序质量信息系统及控制方法研究,2003
- [5]罗智佳等.基于以太网的分布式数据采集监控系统的应用[J].微计算机信息.2006.1-1:22-23

作者简介:孟庆华,男,1969年8月出生,汉族,工程师,研究生学历,毕业于北京交通大学,计算机工程专业,获工学硕士学位。现就职于将军集团济南卷烟厂,主要从事生产及技术管理工作

Author brief introduction:Mengqinghua, Male, Born in August 1969, Chinese, Engineer, Post Graduate Degree, Graduated from Beijing Communication University, Majored in Computer Engineering, Acquired Master's Degree of Engineer. Works in Jinan Cigarette Factory, General Group, Mainly engages in production and technology management. E-mail: mengqinghua@21cn.com (250100 济南将军集团济南卷烟厂) 孟庆华 段三青 尹旭梅 (投稿日期:2005.8.26) (修稿日期:2005.9.6)

(接 23 页)

作者简介:董强(1968生),男,湖北黄石人,讲师,工程师,硕士,主要研究方向:多媒体应用、数据库应用等; E-mail:ttt_99@sina.com.cn

(435002 湖北黄石湖北师范学院计算机科学系) 董强

(Computer Science Department of HUBEI Normal University, HuBei HuangShi 435000 China) Tong, Qiang

(投稿日期:2005.8.26) (修稿日期:2005.9.6)

(接 35 页)

Author brief introduction:Jiang Shouxu (1958-),Man, Han Nationality, Professor, Harbin industrial of Technology, The Master graduate student teacher of Computer software and theory discipline.

(157100 牡丹江大学机电系) 李静

(157100 mechanical and electrical compartment, Mudanjiang University) Li,Jing

(投稿日期:2005.8.26) (修稿日期:2005.9.6)