

单个交叉口两级模糊控制及仿真研究

刘小和

(空军第一航空学院, 信阳 464000)

摘要 伴随着我国国民经济的高速发展和城市化进程的加快,城市交通拥堵问题日趋严重,交叉口作为城市交通网络的重要组成部分,解决城市道路交叉口问题是解决城市交通的关键,对其研究有着极其重要的意义。在对现有国内外学者对交叉口信号模糊控制研究的基础之上,对单个交叉口的模糊控制进行系统的分析阐述,提出了一种新型的交叉口两级模糊控制方法。对于模糊控制中复杂的逻辑推理和计算问题采用 MATLAB 进行编程计算。最后,运用 MATLAB 进行模糊控制器动态仿真,结果表明模糊控制效果更好。

关键词 交叉口 模糊控制 仿真 MATLAB

中图法分类号 U491.51; **文献标志码** A

随着交通拥堵问题日益严重,解决城市道路交叉口的关键是解决城市交通的关键,所以进行交叉口信号控制的研究具有重要的意义。交叉口信号控制有定时控制系统、感应控制和自适应控制^[1]。定时控制和感应控制对于不同的环境下的变化交通流,其灵活性与适应性仍有所欠缺。自适应控制能够连续测量交通状态产生实时的控制,使控制效果达到最优或次优。自适应控制方法中模糊信号控制法作为一种重要的基于规则的控制方法,不需要建立被控对象的精确数学模型,能够模仿有经验的交警指挥交通时的思路,获得良好的控制效果^[2,3]。本文基于国内外学者的研究,对单个交叉口的模糊控制进行系统的分析阐述,介绍两级模糊控制^[4,5]。采用 MATLAB 进行编程计算,运用 MATLAB 进行模糊控制器动态仿真。

1 前提条件

单个交叉口如图 1 所示,每条入口车道装两台车辆检测器,间距 150 m,分别检测各方向的排队长度和路段车辆数。路段车辆数定义为每条车道上

两车辆检测器之间的车辆数。设交叉口车辆平均车速为 10 m/s,使得在最小绿灯时间 15 s 内,以平均速度为 10 m/s 的车辆能在绿灯相位时间内顺利通过交叉口。根据检测器检测到的绿灯相的关键车流的路段车辆数以及红灯相的关键车流的排队长度信息,由模糊控制器可得到绿灯时间增量^[6,7]。

2 控制策略

模糊控制方案:用路段车辆数的概念,通过添加绿灯相位进口交通流量与绿灯相位路段车辆数、红灯相位排队长度一道作为输入控制量,充分反映交叉口交通状态。输出量的控制思想:在最大绿灯时间的限制下,根据采集的交通信息,通过查询表得到具体的延长时间,使得延时更加合理有效。当延时为 0 时,代表的是转换相位。由于控制规则的复杂性,通过二级控制来减少控制规则数目^[8]。控制策略为:首先开放东西向绿灯,并给予最小绿灯时间 15 s;在最小绿灯时间结束前一时刻,检测到绿灯相位的进口流量和路段车辆数以及红灯相位的排队长度,从而得到绿灯相位和红灯相位的交通强度,进而推出具体的延长时间,但延时后的绿灯时间不超过最大绿灯时间 60 s。当延长时间为 0 s 或超过最大绿灯时间,换绿灯相给南北向以最小绿灯时间,继续上述操作。

2.1 模糊控制器的设计

2012 年 4 月 10 日收到,4 月 20 日修改

作者简介:刘小和,河南人,研究方向:智能控制,信号优化。

该两级模糊控制器系统组成如图 2 所示。

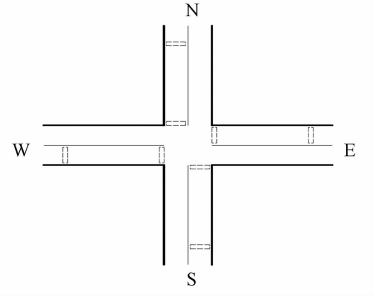


图 1 两相位交叉口的设计

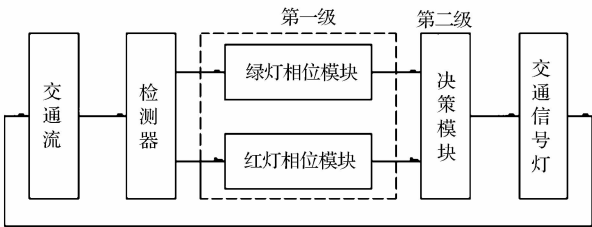


图 2 两级模糊控制器结构图

2.2 绿灯相位交通强度模块

定义绿灯相位的交通强度(用 TR 表示)是 Δt 时间内的进口交通流量和路段车辆数的函数。绿

灯相位的进口交通流量定义为:若绿灯相位是东西方向,则 $d = \max[d_E'(t), d_W'(t)]$; 若绿灯相位是南北方向,则 $d = \max[d_E'(t), d_W'(t)]$ 。绿灯相位的路段车辆数定义为:若绿灯相位是东西方向,则 $p = \max[p_E'(t), p_W'(t)]$ 。若绿灯相位是南北方向,则 $p = \max[p_S'(t), p_M'(t)]$ 。

2.2.1 模糊推理的输入、输出

输入变量 d, p ;输出变量 TR_{green} 。

2.2.2 模糊化处理

d 的模糊化:基本论域: $\{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4\}$;模糊词集: $\{\text{很小, 小, 中, 大, 很大}\}$ 。

表 1 d 隶属函数赋值表

隶属度	d				
	0	0.1	0.2	0.3	0.4
模糊词集	很小	1	0.6	0.2	0
	小	0.6	1	0.6	0
	中	0.2	0.6	1	0.6
	大	0	0.2	0.6	1
	很大	0	0	0.2	1

p 的模糊化:基本论域: $\{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28\}$;模糊词集: $\{\text{很短, 短, 中, 长, 很长}\}$ 。

表 2 p 隶属函数赋值表

隶属度		p														
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
模糊词集	很短	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	短	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0
	长	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6
	很长	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6

TR_{green} 的模糊化:的基本论域: $\{1, 2, 3, 4, 5\}$;模糊词集: $\{\text{很低, 低, 中, 高, 很高}\}$ 。

表 3 TR_{green} 隶属函数赋值表

隶属度	TR_{green}				
	1	2	3	4	5
模糊词集	很低	1	0.5	0	0
	低	0.5	1	0.5	0
	中	0	0.5	1	0.5
	高	0	0	0.5	1
	很高	0	0	0	0.5

2.2.3 模糊规则

确定绿灯相位的模糊控制规则的原则是:如果绿灯相位的进口流量增大或路段车辆数增多,交通强度升高。通过总结实践和专家经验,建立模糊控制规则,如表 4。

2.2.4 模糊推理(模糊决策)

有了各个模糊集合的隶属函数分布,就可以对每条模糊控制规则计算器模糊蕴涵关系。常用的模糊推理有两种方法:Zadeh 法和 Mamdani 法。Mamdani 推理法是一种模糊控制中普遍使用的方

法,其本质是一种合成推理方法。

表 4 模糊控制规则表						
TR_{green}		d				
		很小	小	中	大	很大
p	很短	很低	很低	低	中	高
	短	很低	低	低	中	高
	中	低	低	中	高	很高
	长	中	中	高	高	很高
	很长	中	高	高	很高	很高

模糊推理语句“ $If\ A\ and\ B\ then\ C$ ”蕴含的关系为 $(A \wedge B \rightarrow C)$, 根据 Mamdani 模糊推理法,其关系矩阵 R 为 $R = (A \times B)^{T1} \times C$;式中, $(A \times B)^{T1}$ 为模糊关系矩阵 $(A \times B)_{m \times n}$ 构成的 $m \times n$ 列向量, $T1$ 为列向量转换, n 和 m 分别为 A 和 B 论域元素的个数。

2.2.5 控制量的去模糊化

模糊推理总的输出实际上是多个控制规则推理结果的并集,需要进行去模糊化才能得到精确的推理结果。下面采用最大平均法进行去模糊化处理。由于计算的复杂性,在 MATLAB 中编写程序,运行得到结果如表 5 所示。

表 6 p 隶属函数赋值表																
隶属度		p														
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
模糊词集	很短	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	短	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	0
	长	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	0.8	0.6
	很长	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6

TR_{red} 的模糊化:基本论域: $\{1,2,3,4,5\}$;模糊词集: $\{很低,低,中,高,很高\}$ 。

表 7 TR_{red} 隶属函数赋值表						
隶属度		TR_{green}				
		1	2	3	4	5
模糊词集	很低	1	0.5	0	0	0
	低	0.5	1	0.5	0	0
	中	0	0.5	1	0.5	0
	高	0	0	0.5	1	0.5
	很高	0	0	0	0.5	1

2.3.3 模糊规则

确定红灯相位的模糊控制规则的原则是:如果

表 5 模糊控制查询表																
TR_{green}		p														
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
d	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4
	0.1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
	0.2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	5
	0.3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5
	0.4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5

2.3 红灯相位

定义红灯相位的交通强度(用 TR 表示)是 Δt 时间内的排队长度的函数。红灯相位的排队长度定义为:若红灯相位是东西方向,则 $TR_{red} = \max[p'_E(t), p'_W(t)]$, 若红灯相位是南北方向,则 $TR_{red} = \max[p'_S(t), p'_N(t)]$ 。

2.3.1 模糊推理的输入、输出

输入变量 p ;输出变量 TR_{red}

2.3.2 模糊化处理

p 的模糊化:基本论域: $\{0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28\}$;模糊词集: $\{很短,短,中,长,很长\}$ 。

红灯相位的排队长度增长,那么交通强度升高。通过总结实践经验,建立了模糊控制规则,如表 8 所示。

表 8 模糊控制规则表					
p	很短	短	中	长	很长
TR_{red}	很低	低	中	高	很高

2.3.4 模糊推理(模糊决策)

同绿灯相位模糊推理,根据各个模糊集合的隶属函数分布,就可以对每条模糊控制规则计算其模糊蕴涵关系。

2.3.5 控制量的去模糊化

模糊推理总的输出实际上是多个控制规则推理结果的并集,需要进行去模糊化才能得到精确的推理结果。下面采用最大平均法进行去模糊化处理。在 MATLAB 中编写程序来计算,运行得到结果如表 9 所示。

表 9 模糊控制查询表

p	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
TR_{red}	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5

2.4 决策模块

模糊控制的第二级决定具体延长时间(如果延长时间为 0,意思就是终止信号,进入下一相位)的信号相位。其输入级就是第一级的交通强度 TR_{green} 和 TR_{red} ,其输出就是具体的延长时间。具体见表 10,控制规则表是通过专家经验及仿真实验而制定的。

表 10 交通强度延时表

ΔT	TR_{green}					
	1	2	3	4	5	
TR_{green}	1	0	2	4	6	8
	2	0	0	2	4	6
	3	0	0	0	2	4
	4	0	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	0

3 模糊控制器的仿真

模糊控制器的最简单、最基本的实现方法是将一系列的模糊控制规则离线转化为一个查询表,存储计算机中供在线控制时使用。对于两级模糊控制器,其第一级控制器由两个子模糊控制器组成。对于绿灯相位交通强度模糊控制器来说,采用的是 Mamdani 模型^[9]。其输入量:交通流量 d 和 p ,输出量为 TR_{green} 。调用所编制的程序可得到控制表,并生成绿灯相位交通强度与进口车道交通流量、路段车辆数之间的三维关系图,如图 3。对应于不同的交通流量 d 、路段车辆数 p ,其动态显示界面如图 4 所示。根据第一级的两个模糊控制器的控制表,我们就可以根据车辆检测器检测的数据进行查表处理,得到相应的延长时间。

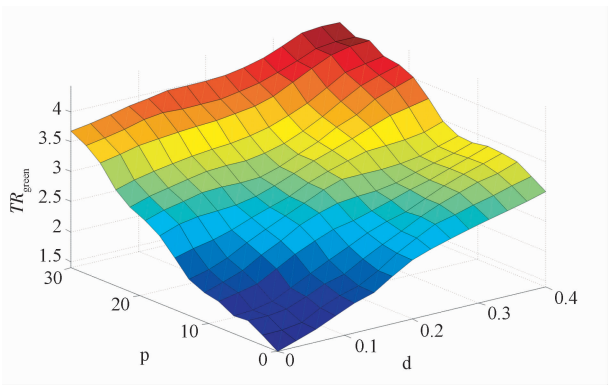


图 3 三维关系图

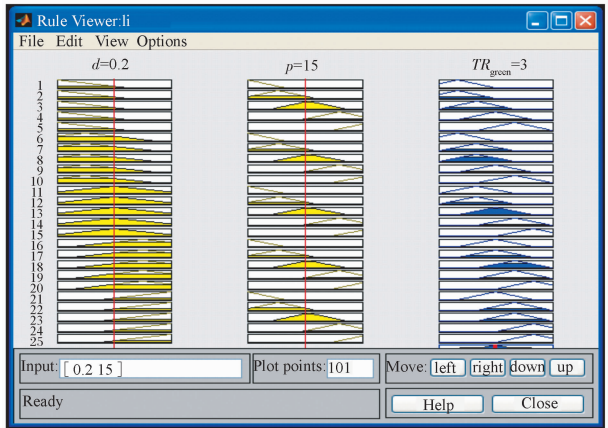


图 4 模糊控制器动态仿真显示界面

4 结论

本文基于现有国内外学者对交叉口信号模糊控制研究的内容之上,对单个交叉口的模糊控制进行了系统的分析阐述。在模糊控制器的设计中,编写了独创性的计算方法,并运用 MATLAB 进行模糊控制器的动态仿真,仿真结果表明模糊控制比定时控制控制效果更佳。本文没有考虑混合交通的问题,仅考虑机动车流,这与国情不符。需进一步研究混合交通下的交叉口模糊控制问题。

参 考 文 献

1 徐建闽. 交通管理与控制. 北京:人民交通出版社,2007
2 刘智勇. 智能交通控制理论及其应用. 北京:科学出版社,2003
3 Li Hong. Traffic adaptive control for oversaturated isolated intersections: Model development and simulation testing. Journal of Transportation Engineering, 2004; 130(5):594—601

Hardware Design of Navigation System for Mini UAV

HUANG Xin-xin, YAN Jian-guo, ZHANG Yu-kun

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, P. R. China)

[Abstract] For the purpose of enhancing the integration capability of mini UAVs navigation system, a hardware design plan with low costs is proposed. The inertial navigation data acquisition process was studied and 17 acquisition pathways with time sequence were set. The abundant serial ports of DSP make possible the interface ports for the communication between the hardware system, semi-physical simulation and the real aircraft, and it shortened the development cycle. The real-time performance and accuracy of the hardware system were tested by conducting semi-physical experiments. This system is small, has low power consumption, and it can meet the combination of SINS and GPS's need for external data, which is of certain engineering value.

[Key words] UAV data acquisition navigation semi-physical simulation

(上接第 5824 页)

4 Zadeh L A. Fuzzy sets. Information & Control, 1965;8: 338—353

5 褚 静. 模糊控制原理与应用. 北京:机械工业出版社,2005

6 陈 洪,陈森发. 单路口交通实时模糊控制的一种方法. 信息与控制, 1997;26(3):229—233

7 刘智勇,朱 劲,李秀平,等. 单交叉口的多相位模糊控制. 信息与控制, 1999;06: 453—458

8 黄辉先,史忠科. 城市单交叉路口交通流实时遗传算法优化控制. 系统工程理论与实践, 2001;03: 102—106

9 徐建闽,舒 宁,尹宏宾. 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;06: 1—5

Two-stage Fuzzy Control and Simulation at Single Intersection

LIU Xiao-he

(First Aviation College of the Air Force, Xinyang 464000, P. R. China)

[Abstract] With the rapid development of China's national economy and the acceleration of urbanization process, urban traffic congestion is growing. Intersection is an important part of the urban traffic network, if the network problems have a bad handled, traffic congestion will be especially prominent. To solve the problem of urban traffic intersection is the key of solving urban traffic, and it has great significance. Based on the existing domestic and foreign scholars on the intersection signal fuzzy control, after described single intersection of a systematic analysis of fuzzy control, a novel method of the intersection of two-stage fuzzy control is presentel. The MATLAB programming to reason and calculate is used. Finally, the fuzzy controller by MATLAB is simulated. And the results show that fuzzy control is better.

[Key words] intersection fuzzy control simulation MATLAB