

文章编号: 1005—0523(2009)01—0029—05

交通拥挤状态模糊识别方法的设计与应用

郑建湖, 文子娟, 黄明芳, 伍雄斌

(闽江学院 汽车系, 福建 福州 350108)

摘要: 交通状态是交通控制、交通诱导等管理措施的基础. 在分析交通流运行特性的基础上, 提出了交通流状态的拥挤和消散变化过程, 并得出交通量和占有率对交通状态变化的敏感特性. 建立了以交通量和占有率为输入量的交通状态模糊识别方法, 并利用某路段环形线圈检测器的实测数据进行了仿真实验, 实验的识别结果与实际交通状态相当吻合, 可见该方法具有良好的实用性.

关 键 词: 交通状态; 模糊识别; 交通事件; 环形线圈; 交通拥挤

中图分类号: U491.13

文献标识码: A

随着中国经济的持续快速发展, 现有道路设施已经不能满足交通增长的需要, 交通拥挤已成为各大中城市面临的共同问题^[1]. 如何依据交通检测器采集的信息对交通拥挤状态进行识别, 从而实施高效的交通控制、路径诱导等管理措施, 是解决交通拥挤问题最为有效的途径. 因此, 对交通拥挤状态的识别方法进行研究具有十分重要的意义.

以往对交通状态识别的研究主要集中在高速公路交通事件的自动检测, 并提出了许多算法^[2,3], 其中 McMaster 算法、California 算法最具代表性. 交通事件只把交通状态分为 2 个状态, 即有事件发生和无事件发生. 而近年来, 随着智能交通系统的发展和应用, 人们对交通状态的分类要求不仅是有无交通事件的发生, 还需要交通状态的拥挤程度信息. 当系统识别出交通状态处于某种模式时, 就可按照事先确定的优化参数和策略进行交通控制和疏导, 以缓解交通拥挤, 提高交通运行效率.

过去, 许多学者对交通拥挤状态的识别方法进行了研究, 通常是以某一交通流参数的阈值作为判断标准 (如平均车速) 将交通流分为几个不同的状态^[4]. 根据实践经验表明, 道路的交通状态具有很强的模糊性和隐藏性, 很难用某一参数的几个确切阈值来判别. 本文以环形线圈检测器采集的交通信息为基础, 对交通流参数随交通状态的变化特性进行了研究, 提出了以交通量和占有率为输入变量的模糊识别方法, 并应用 Matlab 软件对实际算例进行了仿真实验.

1 交通流特性分析

交通流特性通常用交通量、平均车速和交通密度 3 个参数来描述, 3 个参数之间的关系可用式 (1) 表示

$$q = k\bar{v} \quad (1)$$

式中: q —交通量 (辆/h); $\bar{v}$ —平均车速 (km/h); k —交通密度 (辆/km).

在实际应用中, 由于交通密度的自动检测较为困难, 因而常采用占有率来代替, 占有率和交通密度的关

收稿日期: 2008—10—30

基金项目: 福建省科技厅项目 (2007F3078)

作者简介: 郑建湖 (1975—), 男, 福建福州人, 工学博士, 讲师, 研究方向为交通信息工程及控制.

系推导如下

假设车流中车辆的平均车身长度为 l 环形线圈检测器的长度为 d 根据占有率 α 的基本定义得

$$\alpha=\frac{\sum_{i=1}^n(1+d)/v_i}{T}=(1+d)\frac{n}{T}\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{1}{v_i}=(1+d)q\frac{1}{\bar{v}}=(1+d)k$$

(2)

将式 (2)代入式 (1)得交通流基本模型

$$q=\frac{\bar{ov}}{1+d}$$

(3)

交通流的运行状态是随时间变化而不断变化的,在交通流运行行为变化上,可以用保持不变、趋于拥挤和趋于消散 3 个状态来简单描述.当平均车速 $\bar{v}$ 不变时,交通量和占有率成正比关系,且变化率相等^[5].当交通量的相对增量小于占有率的相对增量时,交通流趋于拥挤;当交通量的相对增量与占有率的相对增量大致相当时,交通流运行状态保持不变;当交通量的相对增量大于占有率的相对增量时,交通流趋于消散.

根据已有的研究成果和实践经验,交通流 3 参数中平均车速对交通状态的变化最不敏感,尤其在非拥挤交通状态下,平均车速的变化很难体现出交通拥挤状态.图 1 为环形线圈检测器采集到的一天交通流参数数据,采样间隔为 1 min.从图中可以看出,平均车速只有在交通比较拥挤的情况下,对交通状态变化才比较敏感.

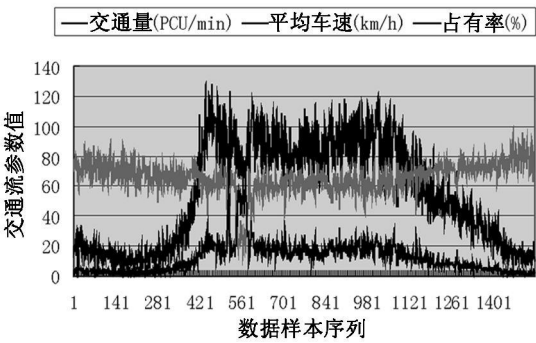


图 1 环形线圈检测器采集的 1 天交通流数据

2 交通拥挤状态模糊识别方法

2.1 模糊输入量及隶属函数的确定

由上述对交通流运行特性的分析可知,交通量和占有率对交通流状态的变化比较敏感,而且这两个参数能由环形检测器实时检测得到,两个参数变化的有效结合能反映出道路交通的各种状态.因此,选用交通量 q 和占有率 α 作为模糊输入量.输入量隶属函数的确定对交通状态的识别效果有直接的影响,因此根据实践经验,以及交通流参数的相关研究文献进行综合^[6,7],得出交通量 q 和占有率 α 的隶属函数如图 2 和图 3 所示,均采用三角形隶属函数.其中交通量 q 采用 3 个语言变量 (q_L , q_M , q_H), q_L 代表低交通量, q_M 代表中交通量, q_H 代表高交通量.根据实践经验,当交通量小于 300 辆/h 时,属于低交通量 q_L 的隶属度为 1,而根据道路通行能力,交通量大于 1 800 辆/h 时,属于高交通量 q_H 的隶属度为 1.占有率 α 的取值范围为 0~1,采用 3 个语言变量 (α_L , α_M , α_H),分别代表低占有率、中占有率和高占有率.在正常交通状态下,占有率 α 的变化范围较小,当占有率 $\alpha < 10\%$ 时,交通流处于畅通状态,因而属于低占有率 α_L 的隶属度为 1;而当占有率 $\alpha > 50\%$ 时,交通流处于阻塞状态,因而属于高占有率 α_H 的隶属度为 1.

输出量交通状态 Status 的取值范围为 0~1,采用 5 个语言变量 (Free, Normal, Light Jam, Medium Jam, Heavy Jam),分别代表交通流的 5 个状态:畅通、正常、轻微拥挤、拥挤、严重拥挤.输出量 Status 采用高斯形隶属函数,如图 4 所示.

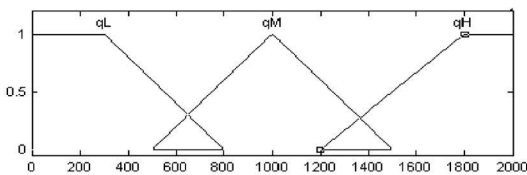


图 2 交通量 q 的隶属函数

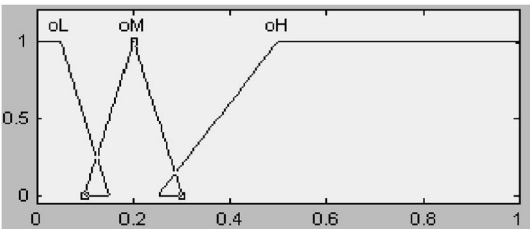


图 3 占有率 α 的隶属函数

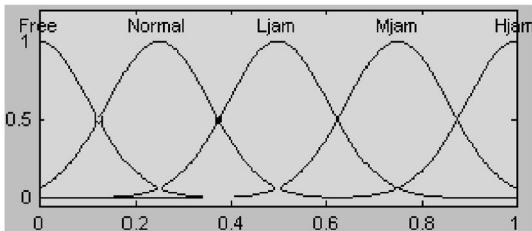


图 4 交通状态 Status 的隶属函数

2.2 模糊识别规则的确定

模糊识别的规则来自专家与实践的经验, 为了得到一个令人满意的交通状态识别系统, 笔者咨询了有关专家, 并根据在交通状态识别方面的实际体会, 建立了如下模糊识别规则库:

- (1) If (q is qL) and (o is oL) then (status is Free);
- (2) If (q is qL) and (o is oM) then (status is Mjam);
- (3) If (q is qL) and (o is oH) then (status is Hjam);
- (4) If (q is qM) and (o is oL) then (status is Normal);
- (5) If (q is qM) and (o is oM) then (status is Ljam);
- (6) If (q is qM) and (o is oH) then (status is Mjam);
- (7) If (q is qH) and (o is oL) then (status is Free);
- (8) If (q is qH) and (o is oM) then (status is Normal);
- (9) If (q is qH) and (o is oH) then (status is Ljam).

各条模糊识别规则的权值均为 1, 也可以根据每条识别规则的重要性赋予不同的权值, 权值在每条识别规则最后的括号中标出.

2.3 模糊推理结构与反模糊化方法的确定

Mamdani 推理是最普遍使用的推理方法, 它是通过事先掌握的一组推理规则实现从输入到输出的推理计算, 它便于建立有人为干预的输入数据空间的辨识系统. 一个具有单一前件的广义假言推理可以被表述为:

- 前提 1(事实): x 是 A'
- 前提 2(规则): 如果 x 是 A 则 y 是 B
- 后件(结论): y 是 B'

Mamdani 型模糊推理实现上述推理过程为

$$\mu_{B'}(y) = [\bigvee_x (\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x))] \wedge \mu_B(y)$$

常用的反模糊化方法有最大隶属度函数法、面积法、重心法, 本文采用重心法. 重心法是针对论域中的每个元素 $u_i (i=1, 2, \dots, n)$ 作为待判决输出量 u 模糊集合的隶属度加权系数, 再计算乘积 $\mu(u_i)u_i$ 对于隶属度和的平均值 u 即

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(u_i)u_i}{\sum_{i=1}^n \mu(u_i)}$$

3 仿真实验

3.1 仿真结果

选用某路段环形线圈检测器实测的一天交通流参数数据 (采样间隔为 1 h) 和某高峰小时的交通流参数数据 (采样间隔为 5 min), 利用 MATLAB 软件对提出的模糊识别算法进行仿真实验, 实验结果如表 1 和表 2 所示.

表 1 采样间隔为 1h的仿真结果

序列	流量 $q(\text{CPU/h})$	占有率 $\alpha(\%)$	分类值	交通状态
1	226	2.3	0.0816	畅通
2	213	2.3	0.0816	畅通
3	279	3.2	0.0816	畅通
4	410	4.9	0.0869	畅通
5	897	9.2	0.2531	正常
6	1922	19.8	0.2524	正常
7	1735	21.4	0.2525	正常
8	1483	39.3	0.5141	轻微拥挤
9	1810	18.1	0.2526	正常
10	1692	17.6	0.2526	正常
11	1675	17	0.2527	正常
12	1663	15.5	0.2532	正常
13	1802	18.2	0.2525	正常
14	1843	18.2	0.2525	正常
15	1863	19.2	0.2524	正常
16	1773	16.9	0.2528	正常
17	1382	23.5	0.3645	正常
18	1295	17.0	0.4324	轻微拥挤
19	1035	8.4	0.2528	正常
20	876	7.8	0.2527	正常
21	675	5.8	0.2409	正常
22	495	4.4	0.0934	畅通
23	380	3.8	0.0851	畅通
24	294	3.0	0.0816	畅通

表 2 采样间隔为 5 min的仿真结果

序列	流量 $q(\text{CPU/h})$	占有率 $\alpha(\%)$	分类值	交通状态
D1	1788	0.10	0.0986	畅通
2	1637	0.19	0.2527	正常
3	1483	0.28	0.3773	轻微拥挤
4	1022	0.47	0.7475	拥挤
5	764	0.51	0.7469	拥挤
6	407	0.71	0.9133	阻塞
7	663	0.46	0.7622	拥挤
8	902	0.37	0.7465	拥挤
9	1243	0.28	0.5309	轻微拥挤
10	1773	0.16	0.2530	正常
11	1382	0.21	0.3645	正常
12	1295	0.23	0.4324	正常

由仿真结果可以看出,当占有率 α 很小,交通量 q 也很小,交通流处于自由流状态,交通畅通;而占有率 α 很大,交通量 q 很小时,交通流处于拥挤状态.交通拥挤状态 Status 与交通量 q 和占有率 α 的关系如图 5 所示.

3.2 仿真结果分析

对于同一路段不同的采样间隔时间,交通流拥挤状态的识别结果是不一样的.对于小采样间隔,可以识别出交通流的拥挤和消散过程,而对于大采样间隔的识别结果只能看出是否存在比较拥挤的小时段.

(1) 对于采样间隔为 1 h 的交通流样本数据的识别结果,可以得知该路段没有拥挤和严重拥挤的小时段,在早高峰 7:00~8:00 和晚高峰 17:00~18:00 出现轻微拥挤现象.可见该路段的总体交通流运行状态正常,不存在持续 1 h 的交通拥挤或严重拥挤.对于采样间隔为 1 h 的交通状态识别有助于交通管理者采取诸如单向交通、限制某种车辆行驶等管理措施.

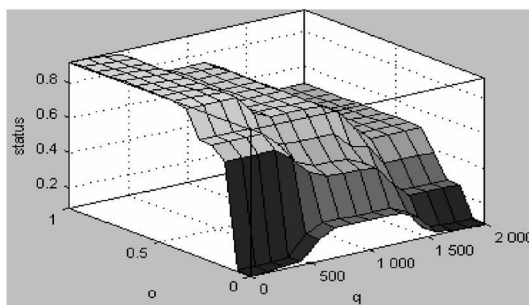


图 5 交通状态与交通量和占有率的关系

(2) 对于采样间隔为 5 min 的高峰小时样本数据的识别结果,可以看出该路段存在各种交通状态的时刻,同时可以看出交通流状态的变化具有一定的连续性,即交通流有拥挤的形成——拥挤的消散过程.对于 5 min 样本数据的交通状态识别结果可作为交通控制、交通诱导等管理措施的依据.

4 结语

通过对交通流的运行特性进行分析,得出交通量和占有率对交通状态的变化比较敏感,因而采用交通量和占有率两个参数作为交通状态识别的输入量,利用某路段环形线圈检测器采集的实际数据,对该路段的交通状态进行了模糊识别,识别结果与道路交通流的实际状况相当吻合.而且,如果对输入量的隶属函数进行优化,将可进一步提高交通拥挤识别的效果.交通状态是一个感觉量,不同的人对同一种交通状态也会有不同的感受,因此,交通状态的分类标准也不是唯一的,如何对交通状态进行合理划分,使得人们更清晰地了解路段的交通拥挤程度将是一个不断探索的问题.

参考文献:

- [1] 陆化普,袁虹,王建伟. 北京交通拥挤对策研究[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版), 2000, 15(6): 87—90.
- [2] 张敬磊,王晓原. 交通事件检测算法研究进展[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2005, 29(2): 215—218.
- [3] 姜桂艳,江龙晖,王江锋. 城市快速路交通拥挤识别方法[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(3): 87—91.
- [4] 王建玲,蒋阳升. 交通拥挤状态的识别与分析[J]. 系统工程, 2006, 24(10): 105—109.
- [5] 庄斌,杨晓光,李克平. 道路交通拥挤事件判别准则与检测算法[J]. 中国公路学报, 2006, 19(3): 82—86.
- [6] 王亚琴. 道路交通流数据挖掘研究[D]. 上海:复旦大学, 2007.
- [7] 罗斯·罗格,普拉萨丝·艾琳娜,米山尼·威廉姆. 交通工程(基础)(第3版)[M]. 北京:机械工业出版社, 2008.

Application and Design of Traffic Congestion Identification Method Using Fuzzy Logic

ZHENG Jian-hu, WEN Zi-juan, HUANG Ming-fang, WU Xiong-bin

(Department of Automotive Engineering, Minjiang University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Traffic condition is the basis of such traffic management as traffic control, route guidance. After analyzing the characteristics of traffic movement, the formation and scattering of congestion is presented. Then, a new traffic condition identification method based on fuzzy logic is put forward, establishing traffic volume and occupancy as input variables. Finally, a simulation experiment is undertaken with the data collected from loop detector. The result shows that the method proposed has great practicability and can identify congestion states correctly.

Key words: traffic condition; fuzzy identification; traffic incident; loop detector; traffic congestion