

基于模糊聚类的快速路 VMS 信息发布方法

李振龙, 赵晓华

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

摘要: 将模糊聚类技术引入快速路上可变信息牌(VMS)的信息发布中, 利用模糊聚类对 3 个交通流参数(流量、速度、占有率)进行分析, 对快速路的交通状况进行划分与识别, 从而为发布合理、有效的 VMS 信息提供依据。将快速路的交通状况分为 3 个等级, 并选取聚类数目为 3。计算聚类中心确定快速路的交通状况, VMS 则将交通状况等信息发布给驾驶员。

关键词: 可变信息牌; 模糊聚类; 信息发布

Information Issuing Method of VMS on Expressway Based on Fuzzy Clustering

LI Zhen-long, ZHAO Xiao-hua

(School of Electronic Information & Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022)

【Abstract】 The fuzzy clustering is introduced into information issuing problem of variable message signs. Three traffic flow parameters (flow, speed, occupancy) are analyzed using fuzzy clustering. Traffic flow situation on expressway is classified and recognized, and it provides the basis for issuing the effective VMS information. Traffic flow situation is classified into three categories, namely the clustering number is 3. Clustering centers are obtained and traffic flow situation is recognized. Traffic information is issued to the drivers through VMS.

【Key words】 Variable Message Signs(VMS); fuzzy clustering; information issuing

1 概述

城市快速路是道路网络的重要组成部分, 为车辆提供中短途的快速通行服务。快速路全程无交叉口、车辆各行其道, 快速路上的交通流不受交叉口信号的干扰, 快速、舒适是用户出行的首选。如何缓解交通拥堵、提高快速路的使用率、更好地满足出行者的需求, 是需要解决的问题。可变信息牌(Variable Message Signs, VMS)能够将交通信息实时动态地提供给驾驶员, 一定程度上缓解交通拥挤, 被广泛地用在高速公路和城市快速路的管理中^[1-2]。

VMS信息合理发布的前提是快速路交通状况的正确判断。交通状况常根据行车速度、行程时间、车流量、行驶自由度和安全性等指标来综合判定, 实践中一般用交通流的 3 个参数(车流量、行车速度、占有率)来判定。单独根据某个交通流参数来判断交通流状况是不够全面的: 当速度为 0 时, 可表示车辆堵死的情况, 也可表示车辆不畅通的情况; 交通流量很低时, 可以对应拥挤和畅通两种交通流状况; 占有率高可能是交通拥挤的表现, 也可能是大车通过的情况。所以, 应该由交通流的 3 个变量来共同确定交通流状况, 才能较全面地反映交通流的真实情况^[3]。进行 VMS 信息发布时, 需要对快速路的交通流状态进行划分和识别。聚类分析能够很好地解决该问题, 它是一种数据划分或分组处理的重要手段和方法, 聚类分析可分为硬聚类、模糊聚类等^[4]。模糊 C 均值聚类(Fuzzy C Means, FCM)^[5]是模糊聚类算法中非常有效的一种, 它通过优化理论获得聚类中心并给出每个样本隶属于某个聚类的隶属度, 完成大量数据的分类与识别。

本文对北京市环路上 VMS 的使用情况进行介绍, 提出基于模糊聚类的快速路可变信息牌的信息发布方法。基于模

糊聚类的信息发布方法能够及时、准确地把相关交通信息发布给驾驶员, 从而起到交通诱导的作用, 一定程度上缓解交通拥挤。

2 北京市环路上 VMS 的应用情况

目前, 在北京市二环、三环、四环路上已经安装了一些可变信息牌。其中, 二环路共有 9 个可变信息牌, 分别位于西直门外大街、积水潭内大街、安定门东大街、东四十条大街、朝阳门外大街、广渠门内大街、右安门东大街、广安门内大街、阜成门外大街, 如图 1 所示。



图 1 北京市二环路 VMS

可变信息牌在二环路上基本呈均匀分布。二环路上可变

基金项目: 北京交通大学交通运输智能技术与系统教育部重点实验室开放基金资助项目; 北京工业大学博士科研启动基金资助项目(52002011200402)

作者简介: 李振龙(1976 -), 男, 讲师、博士, 主研方向: 智能控制, 智能交通系统; 赵晓华, 讲师、博士

收稿日期: 2007-06-30 **E-mail:** lzl@bjut.edu.cn

信息牌主要分为两种样式：

- (1)长形式，横跨于整个主路上，显示信息为单行；
- (2)方形形式，位于主路右车道上方，显示信息为多行。

二环路上可变信息牌的内容主要是以文字或图形方式显示前方道路或者出入口的拥堵情况。

这些可变信息牌所显示的内容是信息牌设置位置下游路段的交通状况信息，通过这些信息的发布，使驾驶员了解前进方向的交通状况，使其能够调整行驶路线，达到交通诱导的目的，起到了一定的作用。然而这些 VMS 发布的信息是定性信息，比较单一，没有很好地发挥 VMS 的诱导作用。

3 基于模糊聚类的 VMS 信息发布方法

快速路上的交通流具有随机性、模糊性等特点，通过 VMS 进行信息发布，必须正确判断快速路的交通状况，即需要对快速路的交通流状态进行划分和识别。聚类分析是一种数据划分或分组处理的重要手段和方法，它按照事物间的相似性进行区分和分类的过程。在这一过程中没有教师指导，是一种无监督的分类^[6]。聚类分析无需先验知识，通过学习达到预测目的和逻辑推理。模糊C均值聚类(FCM)是模糊聚类算法中非常有效的一种，它通过优化理论获得聚类中心并给出每个样本隶属于某个聚类的隶属度，完成大量数据的分类与识别。

基于模糊 C 均值聚类的 VMS 信息发布方法的基本步骤如下：

Step1：交通流数据采集(检测器每隔 Δt 采集一次数据，包括流量、速度和占有率)。

Step2：从时刻 k 开始，对 $[k, k+T]$ 内的数据进行模糊 C 均值聚类：

Step2.1：考虑样本集合 $X=[x_j]=[q_j, s_j, o_j]$ ，其中 $i=1,2,\dots,n$ ， n 代表所含的样本数； q, s, o 分别表示样本中所含的变量数：流量，平均速度和占有率。

Step2.2：给定聚类组数 $c=3$ (把交通流划分为 3 类，即畅通流、过渡流和拥挤流 3 种状态)。

Step2.3：求每组的聚类中心，使得目标函数 J 达到最小

$$J(U, c_1, c_2, c_3) = \sum_{i=1}^3 J_i = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^n u_{ij}^m d_{ij}^2 \quad (1)$$

其中， $U=[u_{ij}]$ ， $u_{ij} \in [0,1]$ ，表示第 j 个数据点属于第 i 个聚类中心的隶属度； c_i 为模糊组 i 的聚类中心； $d_{ij} = \|x_j - c_i\|$ 表示第 i 个聚类中心与第 j 个数据点间的欧几里德距离 $m \in [1, \infty)$ 是一个加权指数。

Step2.4：构造拉格朗日乘子，建立新的目标函数：

$$J(U, c_1, c_2, c_3, \lambda_1, \dots, \lambda_n) = J(U, c_1, c_2, c_3) + \sum_{j=1}^n \lambda_j \left(\sum_{i=1}^c u_{ij} - 1 \right) \quad (2)$$

对所有输入参量求导，使原目标函数达到最小的必要条件为

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m}, \quad u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ij}}{d_{kj}} \right)^{2/(m-1)}}$$

Step2.5：进行迭代求解，得到 3 个聚类中心。

Step3：根据当前 $[k+T, k+T+T_{VMS}]$ 的交通数据，按照综合加权距离计算该数据属于哪个聚类中心，确定快速路的交通

状况属于哪个等级，并以聚类中心的参数计算车辆的大概行程时间， T_{VMS} 为 VMS 信息发布周期， $T_{VMS} < T$ 。

Step4：令 $k = k + T_{VMS}$ ，返回 Step2，进行滚动计算。

模糊聚类样本数据的时段不断向前推移，样本数据所包含的时间区域、交通流数据是不断更新的。基于模糊聚类的 VMS 信息发布方法，信息不是一次离线进行，而是根据历史数据在线不断滚动进行的，体现了动态特性。这种滚动实施的模糊聚类能顾及由于干扰等引起的不确定性，能较准确地进行交通流的区分和分类，因此，VMS 能较准确地发布交通信息，提高驾驶员的出行效率。

4 算例分析

以北京市某快速路段的交通流数据为例，数据的采样周期为 $\Delta t=2 \text{ min}$ ， $T=112 \text{ min}$ ， $T_{VMS}=14 \text{ min}$ ，利用上述算法进行分析。假设从时刻 0 开始进行模糊聚类分析，如图 2 所示。

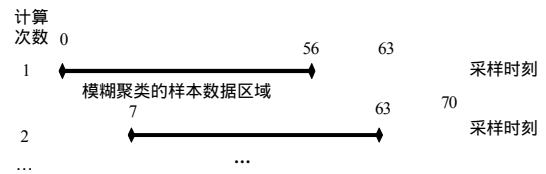
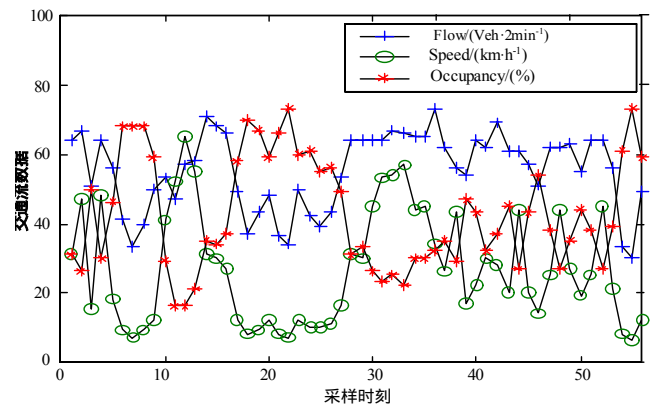
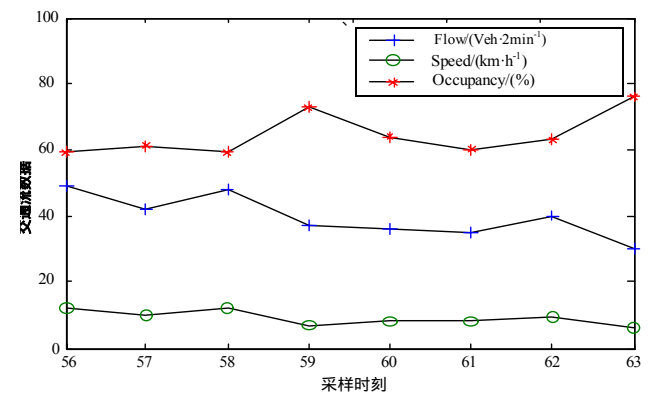


图 2 计算示意图

限于篇幅，笔者只给出第 1 次计算的部分结果。采样时刻 $[0, 56]$ 和 $[56, 63]$ 的原始交通流数据如图 3 所示，包括车流量、平均速度和占有率。



(a) $[0, 56]$ 时刻交通流数据



(a) $[56, 63]$ 时刻交通流数据

图 3 交通流数据

对 $[0, 56]$ 的交通流数据进行聚类分析，利用模糊 C 均值聚类方法得到的分类见图 4~图 7。表示畅通流、过渡流和拥

拥挤的聚类中心分别是[62.106 5, 48.236 1, 25.749 8], [62.413 4, 25.591 9, 37.821 2], [41.739 3, 9.958 0, 62.676 0], 聚类中心的 3 个参数分别表示流量、速度和占有率。

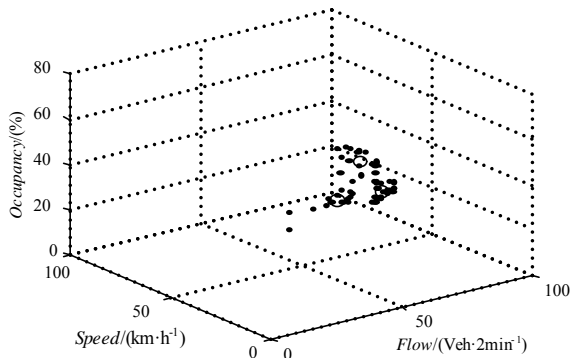


图 4 模糊聚类结果 1

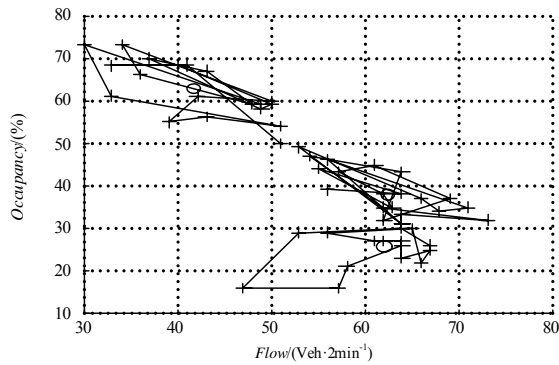


图 5 模糊聚类结果 2

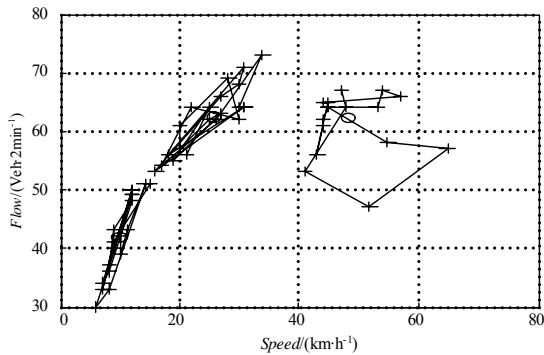


图 6 模糊聚类结果 3

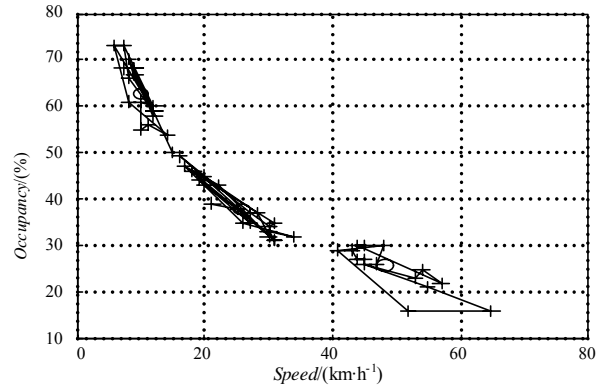


图 7 模糊聚类结果 4

聚类分析后, 根据当前[56, 63]的交通数据, 按照综合加权距离计算该数据属于拥挤聚类中心[41.739 3, 9.958 0, 62.676 0], 确定快速路的交通状况是比较拥挤, 平均行驶速度是 9.95 km/h, VMS 以图形和文字的方式将这些信息发布出去, 便于驾驶员决策。

5 结束语

本文在对北京市环路上 VMS 使用情况进行介绍的基础上, 针对快速路上交通流的随机性、模糊性等特点, 将模糊聚类技术引入到快速路上可变信息牌的信息发布中。基于模糊聚类的 VMS 信息发布方法, 其样本数据所包含的时间区域、交通流数据是不断更新的, 一定程度上避免干扰等引起的不确定性, 并由交通流的 3 个参数来共同确定交通流状况, 能较全面地反映交通流的真实情况。因此, VMS 能较准确地发布交通信息, 提高驾驶员的出行效率。

参考文献

- [1] 干宏程, 孙立军. VMS 技术的评价、现状与进展[J]. 上海公路, 2003, (2): 34-38.
- [2] Marston P. Changeable Message Signs[J]. Public Roads, 1993, 57(2): 27-34.
- [3] 陈德望. 基于模糊聚类的快速路交通流状况分类[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5(1): 62-67.
- [4] Ruspini E H. A New Approach to Clustering[J]. Information and Control, 1969, 15(1): 22-32.
- [5] Bezdek J C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms[M]. New York, USA: Plenum Press, 1981.
- [6] 何清. 模糊聚类分析理论与应用研究进展[J]. 模糊系统与数学, 1998, 12(2): 89-94.

(上接第 209 页)

- [3] Yao Xin, Liu Yong, Lin Guangming. Evolutionary Programming Made Faster[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1999, 3(2): 82-102.
- [4] Hirsh H. Genetic Programming[J]. IEEE Intelligent Systems, 2000, 15(3): 74-84.
- [5] Xu Wenbo. Adaptive Parameter Selection of Quantum-behaved Particle Swarm Optimization on Global Level[C]//Proceedings of

- International Conference on Advances in Intelligent Computing. Heidelberg, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2005: 420-428.
- [6] Gimmler J, Stützle T. Hybrid Particle Swarm Optimization: An Examination of the Influence of Iterative Improvement Algorithms on Performance[C]//Proceedings of the 5th International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence. Heidelberg, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2006: 436-443.