

动态聚类法在车辆实际行驶工况开发中的应用

马志雄<sup>1</sup>, 朱西产<sup>2</sup>, 李孟良<sup>2</sup>, 乔维高<sup>1</sup>, 张富兴<sup>2</sup>

(1. 武汉理工大学汽车工程学院, 武汉 430070; 2. 中国汽车技术研究中心, 天津 300162)

**摘 要:** 在车辆实际行驶工况的开发过程中, 为了得到相应交通特征道路上的实际行驶工况, 需要将运动学片段按照道路交通特征分类。针对人工分类的不足, 研究了动态聚类法在车辆实际行驶工况开发中的应用。以主成分分析得到的前 3 个主成分为聚类因子, 并对运动学片段总体样本采用动态聚类法分类。研究表明: 动态聚类法分类获得的 2 类运动学片段分类清晰, 分别代表了车辆在交通拥挤和交通畅通的道路上的行驶特征。

**关键词:** 动态聚类法; 运动学片段; 行驶工况

**中图分类号:** U 491.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1671-4431(2005)11-0069-03

Application of Dynamic Cluster to the Development of Vehicle Real World Driving Cycle

MA Zhi-xiong<sup>1</sup>, ZHU Xi-chan<sup>2</sup>, LI Meng-liang<sup>2</sup>, QIAO Wei-gao<sup>1</sup>, ZHANG Fu-xing<sup>2</sup>

(1. School of Automotive Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 2. China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300162, China)

**Abstract:** In the course of the development of vehicle real world driving cycle, in order to develop vehicle real world driving cycle on the relevant traffic characteristic road, the kinematic sequences must be classified according to road traffic characteristic. Taking into account the deficiency of artificial classification, the purpose of this paper was to report the application of dynamic cluster to the development of vehicle real world driving cycle. The first three principal components, which came from principle component analysis (PCA), were regarded as the cluster factors, and using the method of the dynamic cluster, the kinematic sequence's overall sample was classified. The study showed two groups of kinematic sequences, which was obtained by classification, were very distinct and respectively represent travel characteristic that vehicle was on the crowded road and on the unblocked road.

**Key words:** dynamic cluster; kinematic sequence; driving cycle

在车辆实际行驶工况的开发过程中, 在将采集得到的车速原始数据分割成一个个从一个怠速开始到下一个怠速开始的运动学片段后, 需要将得到的运动学片段总体样本按照道路交通特征(即运动学片段特征值)分类, 以便开发出相应交通特征道路上的车辆实际行驶工况<sup>[1, 2]</sup>。目前国内相关研究机构或高校在做车辆行驶工况方面的研究时, 对道路的分类大都采用人工分类。从最终得到的实际效果来看, 用人工分类的方式将导致很不合理的道路分类, 该文将引入动态聚类法来解决这一问题。

1 动态聚类法

动态聚类法的基本思想是先将样品(指运动学片段)粗略地分类, 然后按照某种原则进行修正, 直至分类

比较合理为止<sup>[3 4]</sup>。动态聚类的过程大致可由图 1 表示。理论研究及计算实践表明, 动态聚类法是快速有效的聚类方法<sup>[5]</sup>。

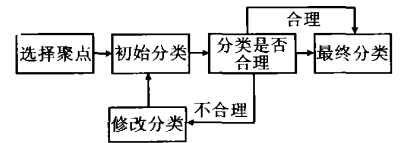


图1 动态聚类过程

1)确定聚类因子 选择能够反映道路交通特征参数作为聚类因子。  
2)确定聚点 设将  $n$  个运动学片段分成  $k$  类, 先选择所有运动学片段中相距最远的 2 个运动学片段,  $x_{i_1}, x_{i_2}$  为前 2 个聚点, 即选择  $x_{i_1}$  和  $x_{i_2}$ , 使

$$d(x_{i_1}, x_{i_2}) = d_{i_1 i_2} = \max \{d_{ij}\} \tag{1}$$

然后, 选择第 3 个聚点  $x_{i_3}$ , 使得  $x_{i_3}$  与前 2 个聚点的距离最小者等于所有其余的与  $x_{i_1}, x_{i_2}$  的较小距离中最大的, 然后按相同的原则选取  $x_{i_4}$ , 依次下去, 直至选定  $k$  个聚点  $x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k}$ 。

3)计算步骤 聚类分析中有欧氏、马氏、布洛克等多种距离可以采用, 文中采用的是欧氏距离, 即

$$d(x_i, x_j) = \|x_i - x_j\| = [(x_i - x_j)^T (x_i - x_j)]^{\frac{1}{2}}$$

(1)设  $k$  个初始聚点的集合是  $L^{(0)} = \{x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_k^{(0)}\}$  (2)

用下列原则实现初始分类。记  $G_i^{(0)} = \{x: d(x, x_i^{(0)}) \leq d(x, x_j^{(0)}), j = 1, 2, \dots, k, j \neq i\} \quad i = 1, 2, \dots, k$ 。这样, 运动学片段分成不相交的  $k$  类。以上初始分类的原则是每个运动学片段以最靠近的初始聚点归类。依照以上计算, 得到一个初始分类  $G^{(0)} = \{G_1^{(0)}, G_2^{(0)}, \dots, G_k^{(0)}\}$

(2)从  $G^{(0)}$  出发, 计算新的聚点集合  $L^{(1)}$ 。以  $G_i^{(0)}$  的重心作为新的聚点

$$x_i^{(1)} = \frac{1}{n_i} \sum_{x_l \in G_i^{(0)}} x_l \quad i = 1, 2, \dots, k; l = 1, 2, \dots, n_i \tag{3}$$

式中,  $x_l$  是  $G_i^{(0)}$  中的聚类因子,  $n_i$  是类  $G_i^{(0)}$  中的聚类因子数量(即运动学片段个数)。取重心作为新的聚点, 是因为各类中的聚类因子呈正态分布。这样得到新的集合

$$L^{(1)} = \{x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_k^{(1)}\} \tag{4}$$

从  $L^{(1)}$  出发, 将运动学片段作新的分类。记

$$G_i^{(1)} = \{x: d(x, x_i^{(1)}) \leq d(x, x_j^{(1)}), j = 1, 2, \dots, k, j \neq i\} \quad i = 1, 2, \dots, k$$

得到分类  $G^{(1)} = \{G_1^{(1)}, G_2^{(1)}, \dots, G_k^{(1)}\}$ , 这样, 依次重复计算下去。

(3)第  $m$  步得到分类  $G^{(m)} = \{G_1^{(m)}, G_2^{(m)}, \dots, G_k^{(m)}\}$  (5)

在以上递推计算过程中,  $x_i^{(m)}$  是类  $G_i^{(m-1)}$  的重心。 $x_i^{(m)}$  不一定是运动学片段, 又一般不是  $G_i^{(m)}$  的重心。当  $m$  逐渐增大时, 分类趋于稳定。此时,  $x_i^{(m)}$  就会近似为  $G_i^{(m)}$  的重心, 从而  $x_i^{(m+1)} \approx x_i^{(m)}, G_i^{(m+1)} \approx G_i^{(m)}$ , 算法结束。实际计算时, 从某一步  $m$  开始, 分类

$$G^{(m+1)} = \{G_1^{(m+1)}, G_2^{(m+1)}, \dots, G_k^{(m+1)}\} \text{ 与 } G^{(m)} = \{G_1^{(m)}, G_2^{(m)}, \dots, G_k^{(m)}\} \tag{6}$$

完全相同, 计算即告结束。

## 2 算例及结果分析

以从广州采集得到的公交车车速的部分数据为样本进行分析。对原始数据进行运动学片段分割后得到了一个包含 1 015 个运动学片段的运动学片段总体样本, 对这些运动学片段进行主成分分析后取反映原始数据 80% 以上信息的前 3 个主成分  $A_{1\ 015 \times 3}$  作为聚类因子<sup>[6]</sup>。对  $A_{1\ 015 \times 3}$  运用式(1)~式(6)进行了动态聚类分析。

研究过程中, 曾对  $A_{1\ 015 \times 3}$  进行过分 2 类、分 3 类和分 4 类的动态聚类分析。对 3 种分类进行对比分析后发现, 运动学片段总体样本分 2 类是最合理的。基于此, 文中仅就分 2 类后所得到的 2 类运动学片段从时间频度、行程频度、最高速度频度、平均速度频度 4 个方面进行对比分析。

通过聚类分析将运动学片段总体样本分为 2 类, 表 1 是各类运动学片段及总体样本基于交通特征的平均统计量。分析 2 类运动学片段的 15 个平均统计量可知, 第 1 类运动学片段的总速比例几乎是第 2 类的 3 倍, 第 2 类的运行时间、行驶距离、最高速度、平均速度、运送速度等指标均比第 1 类的要高。很显然, 这表明第 1 类短运动学片段反映了车辆在交通拥挤的道路上的行驶特性, 第 2 类反映了车辆在交通畅通的道路上的行驶特性。

表 1 各类运动学片段综合特征值

参数	第 1 类	第 2 类	综合	参数	第 1 类	第 2 类	综合
运动学片段个数 $n$	552	463	1 015	平均速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	5.98	18.90	13.86
运行时间/s	78	141	106	运行速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	10.57	22.50	17.82
加速时间/%	22.79	36.16	30.95	速度标准偏差/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	1.70	3.31	2.68
减速时间/%	21.71	30.60	27.13	最大加速度/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	2.83	2.61	2.83
巡航时间/%	10.88	16.52	14.32	平均加速度/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	0.44	0.41	0.42
怠速时间/%	44.62	16.72	27.60	最大减速度/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	2.90	2.74	2.90
行驶里程/km	0.13	0.74	0.41	平均减速度/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	0.47	0.48	0.48
最大速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	38.50	78.70	78.70	加速度标准偏差/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )	0.34	0.44	0.40

图 2~图 9 分别是 2 类运动学片段的行程频度、运行时间频度、最大速度频度和平均速度频度分布。从图 2~图 9 可知反映车辆在交通拥挤的道路上行驶特征的运动学片段大部分都表现为行程和运行时间短, 最大速度和平均速度低, 而反映车辆在畅通道路上行驶特征的运动学片段则刚好相反, 这也表明了, 通过动态聚类使运动学片段得到了清晰的分类。

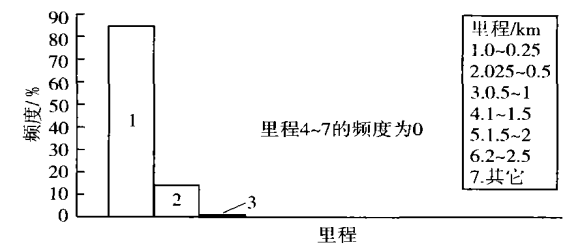


图2 第1类运动学片段行程频度分布

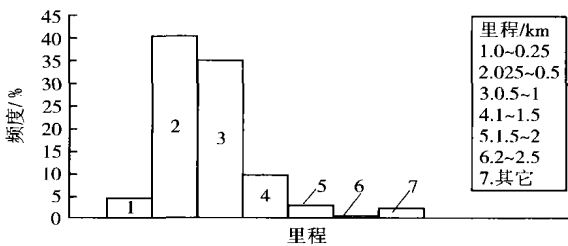


图3 第2类运动学片段行程频度分布

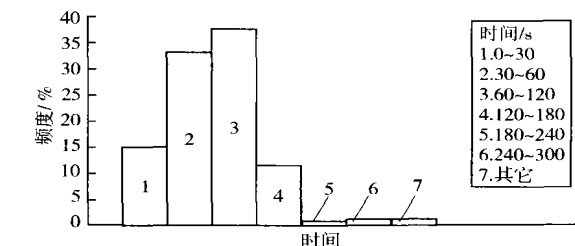


图4 第1类运动学片段时间频度分布

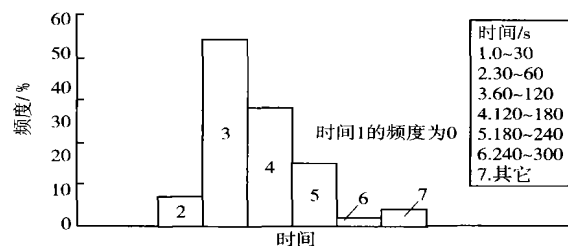


图5 第2类运动学片段时间频度分布

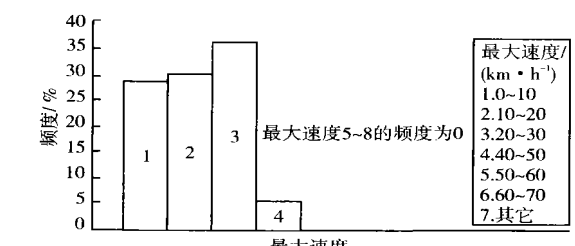


图6 第1类运动学片段最大速度频度分布

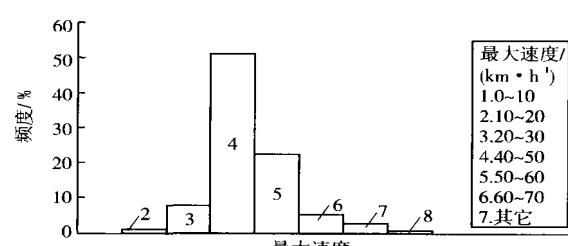


图7 第2类运动学片段最大速度频度分布

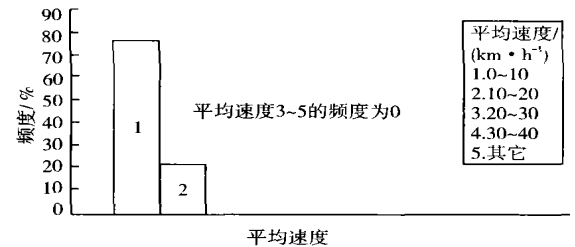


图8 第1类运动学片段平均速度频度分布

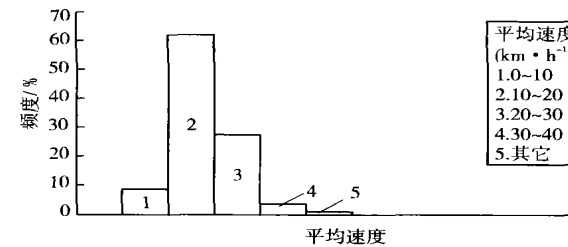


图9 第2类运动学片段平均速度频度分布

(下转第 81 页)

4 结 语

以上分析仅着重于电路结构与控制模式, 实用装置应针对不同负载添加辅助电路加以改进。表 1 是将 3 种方案的主要特点的总结。

表 1 3 种交流电压调节方法比较

调压类型	PWM 双桥叠加	PWM 斩波	串联电压源
拓扑结构	一般, 特殊变压器	简单, 普通变压器	复杂, 特殊变压器
元件要求	数量多, 应力小	数量少, 应力大	数量多, 应力小
系统容量	大, 耗能较高	大, 耗能较高	小, 耗能较低
应用场合	中、小型负载	中、小型负载	大、中型负载

通过对变频型交流电压调节装置所采用的 3 种调压方式进行分析。串联电压源方式有一定的应用优势, 将被广泛应用到需要高品质交流电源的各个领域, 尽管还存在着一些不足。随着控制技术研究的深入和开关元件性能的提高, 人们将更多地接受包括串联电压源方式在内的变频型交流电压调节器。

参考文献

[ 1 ] 叶惠贞. 现代功率电子技术[ M] . 北京: 国防工业出版社, 2002.

[ 2 ] 张晓丽, 石新春, 王 毅. 多电平变换器拓扑结构和控制方法研究[ J] . 电源技术应用, 2003, 6( 7): 28 ~ 30.

[ 3 ] 杨喜军. 新颖的双向功率流高频环节 DC/ AC 逆变器[ J] . 电力电子技术, 2004, 34( 4): 10 ~ 13.

[ 4 ] 苏开才. 降低 PWM 整流器开关损耗的控制新方法[ J] . 电工电能新技术, 2003, 17( 4): 1 ~ 4.

[ 5 ] 吴洪洋. 多电平变换器及其相关技术研究[ J] . 浙江大学学报, 2004, 12( 3): 7 ~ 10.

(上接第 71 页)

3 结 语

在车辆实际行驶工况的开发过程中引入动态聚类法, 以主成分分析获得的前 3 个主成分作为聚类因子, 将运动学片段总体样本划分为清晰的 2 类, 第 1 类反映车辆在交通拥挤的道路上的行驶特征, 第 2 类反映车辆在交通畅通的道路上的行驶特征。用这 2 类运动学片断可分别构建出反映车辆在相应道路上行驶特征的实际行驶工况。运用动态聚类法对运动学片断进行分类的方法是有效和可行的。

参考文献

[ 1 ] Andre M. Driving Cycles Development; Characterization of the Methods[ J] . SAE Special Publications, 1996, 1201( 12): 312 ~ 322.

[ 2 ] Andre M, Hickman A J, Hassel D, et al. Driving Cycles for Emissions Measurements Under European Conditions[ J] . SAE Special Publications, 1995, 1197( 3): 116 ~ 124.

[ 3 ] 雷文平, 黄土淘, 石金彦. 旋转机械故障可视化方法的研究[ J] . 武汉理工大学学报, 2003, 25( 4): 55 ~ 57.

[ 4 ] 余 林, 邹光明, 胡于进, 等. 特征及其聚类在概念设计中的应用[ J] . 武汉理工大学学报, 2003, 25( 9): 65 ~ 68.

[ 5 ] 范金城, 梅长林. 数据分析[ M] . 北京: 科学出版社, 2002. 195 ~ 201.

[ 6 ] 马志雄, 李孟良, 朱西产, 等. 主成分分析法在车辆实际行驶工况开发中的应用[ J] . 武汉理工大学学报( 管理与信息工程版), 2004, 26( 4): 32 ~ 34.