

基于马尔可夫链的车辆规划行驶工况构建方法研究*

王伟¹ 曲辅凡¹ 杨钊² 李文博¹

(1.中汽研汽车检验中心(天津)有限公司,天津 300300;2.中国第一汽车股份有限公司研发总院,长春 130013)

【摘要】为准确反映车辆在实际道路上的行驶运动特征,提出马尔可夫链融合在线地图信息的车辆行驶工况构建方法。对实际采集的车辆行驶数据进行清洗、分段,通过主成分分析(PCA)法和K均值(K-Means)聚类法对数据进行聚类分析,建立了基于马尔可夫链的典型工况片段库。将在线地图规划路径的道路信息融入片段库,构建了车辆行驶工况。以某款纯电动车为研究对象进行了仿真分析,仿真结果表明:与在线地图基础规划工况相比,采用基于马尔可夫链片段库构建的在线地图规划行驶工况,车辆能耗更接近实际道路工况,特征参数平均误差仅为4.29%,能耗误差仅为4.09%。

关键词: 工况构建 聚类分析 马尔可夫链 在线地图

中图分类号: U467.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19620/j.cnki.1000-3703.20220277

Research on Vehicle Planning Driving Cycle Construction Method Based on Markov Chain

Wang Wei¹, Qu Fufan¹, Yang Zhao^{2,3}, Li Wenbo¹

(1. CATARC Automotive Test Center (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin 300300; 2. Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013)

【Abstract】In order to accurately reflect the driving motion characteristics of vehicles on the real road, this paper proposes a vehicle driving cycle construction method based on Markov fusion online map information. In this paper, the actual collected vehicle driving data were cleaned and segmented that were clustered and analyzed by Principal Component Analysis (PCA) method and K-Means clustering method, and a typical working condition fragment library based on Markov was established. The road information of the planned path on the online map was integrated in the fragment database, and the road driving condition of the vehicle was constructed. An electric vehicle was taken as the research object for simulation and analysis, the results show that the energy consumption of online map planning driving condition based on Markov fragment library is closer to the actual road condition than that of online map basic planning condition. The error of characteristic parameters is only 4.29%, and the error of energy consumption is only 4.09%.

Key words: Working condition construction, Cluster analysis, Markov Chain, Online map

【引用格式】王伟,曲辅凡,杨钊,等.基于马尔可夫链的车辆规划行驶工况构建方法研究[J].汽车技术,2023(4):1-7.

WANG W, QU F F, YANG F, et al. Research on Vehicle Planning Driving Cycle Construction Method Based on Markov Chain[J]. Automobile Technology, 2023(4): 1-7.

1 前言

车辆行驶工况是车辆性能提升的共性基础,对于车辆能耗优化、控制策略标定及新技术的开发具有重要意义。当前,应用最广泛的车辆行驶工况是标准循环工况,但受地域差异、道路差异影响,标准循环工况与车辆实际工况差异较大^[1]。因此有必要研究一种能够规划、

预测车辆实际行驶状态的工况构建方法。

国内外学者在车辆工况构建方法方面进行了大量的研究,工况构建包含行驶数据压缩重构和工况合成2个部分^[2]。数据压缩重构过程将运行数据视为离散片段,提取速度、加速度、行驶距离等典型参数,通过主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)法对数据进行降维,保留原始数据的核心信息^[3],如尹安东等以合肥

*基金项目:吉林省重大科技专项(20210301023GX);天津检验中心重点项目(TJKY2223039)。

市纯电动汽车的行驶工况为对象,采用主成分分析法构建行驶工况,对不同类型工况的汽车能量消耗量进行估算,但是该方法忽略了车辆实际行驶过程中的不确定性,能耗预测结果有待验证。工况合成方法包含聚类分析法、马尔可夫链法、V-A矩阵法等算法^[4-5]。秦大同等采用K均值(K-Means)聚类分析法构造车辆能耗与行驶特征的关联关系,合成某山地城市的典型行驶工况,但是忽略了实时交通状态的影响,难以代表实际行驶特征^[6-7]。Hereijgers等提出一种同时考虑汽车行驶速度和道路坡度的多维马尔可夫链的工况合成方法,构建的工况更符合真实路况数据,但是该方法以车速作为依据进行整体分析,划分为加速、减速、匀速、怠速(或停车)4种状态^[8-9],导致该方法合成的工况受初始随机车速的影响较大,难以反映车辆实际行驶状态。

综上,当前工况构建方法均为针对历史数据的工况构建方法,没有融合道路交通实时运行状态,无法反映车辆未来行驶工况。本文提出一种基于马尔可夫链的车辆规划行驶工况构建方法,采集车辆行驶数据,采用马尔可夫链构建工况片段库,将在线地图规划路径与工况片段融合,最终生成规划行驶工况。

2 基于马尔可夫链的在线地图规划工况构建

工况片段库基于实际行驶数据构建,用于在线地图行驶工况规划。本文提出的工况构建流程如图1所示。

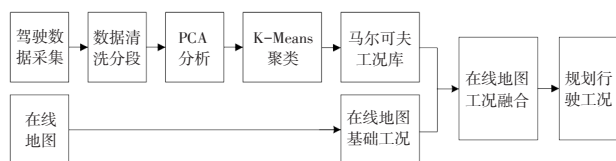


图1 在线地图规划行驶工况构建流程

2.1 车辆行驶工况片段库构建

2.1.1 行驶数据清洗

道路和环境等因素的干扰会造成采集数据的异常,甚至缺失,故需对采集的数据进行清洗。异常数据主要体现在停车时间或怠速时间、加速度和车速等方面。数据清洗后需采用递推平滑滤波算法对原始数据进行滤波处理,降低异常因素对车速数据的影响。

由于车速数据连续采集的时间较长,行驶特征难以准确表达,因此将数据分段处理。城市道路行驶车辆因受到交通条件的限制,存在停车、加速、减速、匀速状态间的频繁切换,因此将从一次停车或者怠速的起始时刻至下一次停车或者怠速的起始时刻定义为一个交通片

段^[10-11]。通常,每个交通片段至少包含1个加速状态和1个减速状态,时长不少于10s,加速度一般处于-4~4 m/s²范围内。将采集的数据分为数量为N的交通片段,选择如表1所示的特征参数描述每个片段的加速、减速、匀速、停车(或怠速)等行驶特征,其中平均行驶速度为行驶过程中的平均车速。

表1 片段特征参数

序号	特征参数	序号	特征参数	序号	特征参数
1	片段平均速度	6	平均减速度	11	减速时间比例
2	平均行驶速度	7	最大加速度	12	匀速时间比例
3	最大速度	8	最大减速度	13	停车(或怠速)时间比例
4	速度标准差	9	加速度标准差	14	片段时间
5	平均加速度	10	加速时间比例	15	片段距离

2.1.2 数据降维

经过上述处理后得到的交通片段数据量大、维度高,且交通片段各特征参数间具有一定的相关性,直接聚类存在计算量大、聚类效果差等问题,因此需要将特征参数降维^[12-13]。本文采用主成分分析法对车辆行驶数据进行降维处理,将原始变量线性组合成相互独立的新变量。

将所有片段的特征参数记为特征矩阵X:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中,n为交通片段的数量;p为每个片段特征参数的数量。

对X进行标准化处理,得到标准化矩阵S,其元素S_{ij}为:

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{X}_j} \quad (2)$$

式中,x_{ij}为特征矩阵X的元素; $\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$ 为特征矩阵第j列元素的平均值。

处理后的矩阵S并不改变各参量的相关性。根据矩阵S计算出相关系数矩阵及其特征值和特征参数,基于特征值计算出累计贡献率。选择特征值大于1,且累积贡献率在80%以上的主成分,用于行驶工况构建。

2.1.3 K-Means聚类

采用K-Means聚类算法对主成分进行聚类,具体步骤为^[14-15]:

a. 根据实际问题确定分类数量k,并在每一类中确定初始聚类中心;

b. 计算各样本到聚类中心的距离,距离最近的归

入一类,欧式距离的计算公式为:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^q (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3)$$

式中, x_{ik} 为第*i*个样本的第*k*个主成分; x_{jk} 为聚类中心*j*的第*k*个主成分; q 为主成分的数量。

c. 计算每一类的中心位置,并将该位置确定为新的聚类中心;

d. 按照新的聚类中心重新进行分类,重复步骤b、步骤c的操作,随着重复次数的增多,聚类中心不再发生大的偏移,聚类结果趋于稳定。

按上述步骤,获得了类别数量为*n*的片段样本、每类样本包含的片段数量及特征参数的均值,用于马尔可夫链工况构建。

2.1.4 基于马尔可夫链的片段库构建

基于测试数据构建的片段库为在线地图规划行驶工况构建提供基础,因此需要选用合理的方法构建片段库。马尔可夫链能够基于历史交通数据较好地预测未来行驶工况,且车辆行驶特征符合马尔可夫性,因此采用马尔可夫链构建片段库。采用临近法将车辆行驶状态离散为有限的状态^[16]:

$$V_s \in \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (4)$$

在当前时刻行驶状态*v*(*k*)为*v_i*时,下一时刻行驶状态*v*(*k*+1)为*v_j*的概率为^[17]:

$$P_{ij} = P(v(k+1)=v_j | v(k)=v_i) \quad (5)$$

式中, P_{ij} 为状态转移概率矩阵*P*的第*i*行第*j*列元素;概率转移矩阵*P*为:

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

状态转移矩阵的元素采用极大似然法求得:

$$P_{ij} = F_{ij} / F_k \quad (7)$$

式中, F_{ij} 为车辆从状态*v_i*转移到*v_j*的次数; F_k 为当前状态的总统计量。

基于马尔可夫链构建工况的过程为:设定当前状态为*v₁*,生成随机数 $\lambda \in (0,1)$,通过 λ 与状态转移矩阵*P*的相应元素大小进行对比,确定下一状态*v₂*,如此重复计算,直至累计距离达到目标车速。

构建的片段库用于在线地图工况构建,而在线地图片段长度、平均车速等具有不确定性,因此构建的片段库应当尽可能覆盖全部行驶车速和距离。

2.2 在线地图规划工况融合

构建在线地图规划行驶工况需要基于地图应用程序编程接口(Application Programming Interface, API)数

据生成基础规划工况,然后将构建的片段库与基础规划工况融合,形成能预测实际行驶特征的工况。

2.2.1 在线地图基础规划工况

在地图中规划路径,地图API可获取行驶距离和预计行驶时间,并可获取在规划路径片段的距离和通过时间、交通灯的位置,通过以下计算得出路径片段的目标车速。

首先根据交通灯位置以及车辆通过该片段的预估时间,确定在交通灯处是否停车以及停车时间。之后利用片段长度与通过时间计算片段平均车速,并根据交通片段长度与拥堵系数进行修正。最后识别连续交通片段中车速相等的匀速段,观察匀速段内是否包含停车点。如果未包含,则目标车速为该匀速段的车速。如果包含,则统计该片段内从0加速的次数*n₁*、减速到0的次数*n₂*和停车时间,计算目标车速*V_t*:

$$V_t^2 \left(\frac{n_1}{2a} + \frac{n_2}{2d} \right) - \left(T - \sum_{i=1}^{N_t} t_i \right) V_t + D = 0 \quad (8)$$

式中, a 为平均加速度; d 为平均减速度; T 为通过时间; N_t 为停车次数; t_i 为每次停车时间; D 为匀速段的距离。

计算目标车速内的速度突变点需识别车速突变点的初始速度和终止速度,计算速度突变点的加速、减速过程需求车速及距离:

$$\begin{cases} V = V_0 + at \\ X = X_0 + V_0 t + 0.5at^2 \end{cases} \quad (9)$$

式中, V 为目标车速; X 为行驶距离; X_0 为初始距离; V_0 为初始位置的初始车速; t 为加速、减速过程的时间。

通过上述计算得出基于地图API的基础规划工况,仅包含匀速和停车稳态工况,在细分的片段中不能进一步规划出车辆实际行驶工况。

2.2.2 马尔可夫链片段融合

基于在线地图需求信息,采用贪心算法对每个交通小片段选取最优的工况片段:

$$\Delta l = L - \sum_{i=1}^{k_i} d(i) \geq 0 \quad (10)$$

式中, Δl 为地图交通小片段长度与*k_i*个工况片段总长度的差值; k_i 为工况片段数量; $d(i)$ 为第*i*个工况片段的距离; L 为地图交通小片段的长度。

以交通小片段的通过时间与工况片段的差值最小为寻优目标,且差值 Δt 应不小于0:

$$\Delta t = T_1 - \sum_{i=1}^n t(i) \geq 0 \quad (11)$$

式中, $t(i)$ 为第*i*个工况片段的时间; T_1 为交通小片段的通过时间。

由于地图交通小片段的长度和时间存在不确定性,工况片段寻优可能出现3种情况:

- a. $\Delta l \geq 0$ 且 $\Delta t > 0$, 则在 Δt 时间内补充车速为 $\Delta l / \Delta t$ 的匀速段;
- b. $\Delta l > 0$ 且 $\Delta t = 0$, 则在时间 T_1 内, 将工况片段速度增大 $L / (L - \Delta l)$ 倍;
- c. $\Delta l = 0$ 且 $\Delta t = 0$, 则无需处理。

通过上述实际采集的数据所构造的工况片段, 以规划路径片段的距离和平均车速作为约束条件, 从片段库中选取、组合片段, 最终实现了生成的工况与规划路径的距离和时间相等。

3 验证分析

在试验车内安装车速传感器、加速度传感器及数据采集设备(未采集交叉口、交通灯及车道特征等信号), 采集同一驾驶员在某城市驾驶车辆连续3个月的车辆行驶数据, 行驶道路涉及城市工况、郊区工况、快速路工况等。降噪后的数据如图2所示, 可以看出滤波后的数据平滑度更高。将滤波后的数据划分为11 587个片段, 计算出各片段的特征参数如表2所示。再按照本文提出的方法构建在线地图基础规划工况、在线地图规划行驶工况, 采集车辆实际行驶工况。以某款电动车为研究对象, 将3种工况导入新能源汽车数字化虚拟仿真平台(VPAT2021), 进行验证分析。

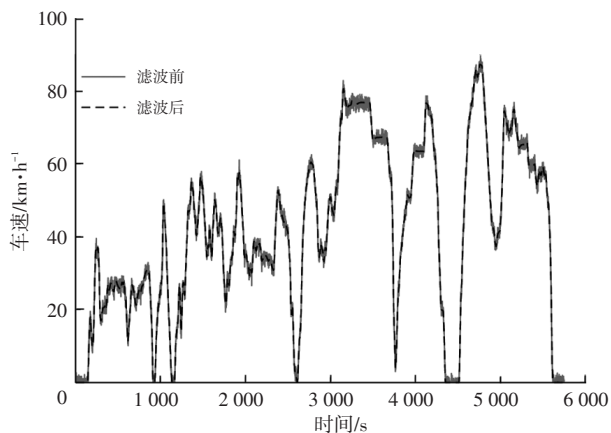


图2 数据滤波前、后对比

各片段的特征参数在主成分分析后得到的相应特征值、贡献率及累计贡献率如表3所示, 前3个主成分的特征值均大于1, 累计贡献率为84.27%。因此选取主成分M1、M2、M3来表征15个特征参数所包含的行驶信息。

对3项主成分进行K-Means聚类分析, 得出4类片段样本集, 各类样本的部分特征参数如表4所示, 由表4中速度和加速度可知, 类别1~类别4分别代表城郊工

况、高速工况、城市工况、严重拥堵工况。

表2 片段特征参数

特征参数	交通片段序号				
	1	2	...	11 586	11 587
片段平均速度/ $m \cdot s^{-1}$	1.85	1.58	...	18.38	2.80
平均行驶速度/ $m \cdot s^{-1}$	3.81	2.47	...	23.19	3.66
最大速度/ $m \cdot s^{-1}$	7.62	6.95	...	29.08	8.24
速度标准差/ $m \cdot s^{-1}$	2.77	2.08	...	11.37	3.01
平均加速度/ $m \cdot s^{-2}$	0.34	0.35	...	0.31	0.55
平均减速度/ $m \cdot s^{-2}$	-0.42	-0.30	...	-0.32	-0.39
最大加速度/ $m \cdot s^{-2}$	0.69	1.04	...	1.52	1.20
最大减速度/ $m \cdot s^{-2}$	-1.09	-0.73	...	-1.86	-0.91
加速度标准差/ $m \cdot s^{-2}$	0.48	0.42	...	0.49	0.58
加速时间比例/%	22	24	...	28	23
减速时间比例/%	18	25	...	26	35
匀速时间比例/%	9	15	...	25	18
停车或怠速时间比例/%	51	36	...	21	24
片段时间/s	23.40	24.00	...	197.00	13.00
片段距离/m	43.30	38.00	...	3 62	36.40

表3 主成分分析结果

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
M1	7.673	51.15	51.15	M9	0.062	0.41	99.33
M2	3.382	22.55	73.70	M10	0.045	0.30	99.64
M3	1.586	10.57	84.27	M11	0.021	0.14	99.78
M4	0.903	6.02	90.29	M12	0.014	0.09	99.87
M5	0.694	4.63	94.92	M13	0.013	0.09	99.96
M6	0.398	2.65	97.57	M14	0.004	0.03	99.98
M7	0.115	0.77	98.34	M15	0.003	0.02	100.00
M8	0.087	0.58	98.92				

表4 聚类特征参数(部分)

类别	片段平均速度/ $km \cdot h^{-1}$	最大速度/ $km \cdot h^{-1}$	平均加速度/ $m \cdot s^{-2}$	平均减速度/ $m \cdot s^{-2}$
1	67.00	96.94	0.46	3.38
2	80.20	130.15	0.37	1.39
3	21.32	48.51	0.63	1.53
4	0.48	2.35	0.12	0.23

基于聚类结果和行驶数据, 采用式(6)计算车辆在不同类之间切换的概率矩阵 P_1 , 如表5所示。

在聚类样本内部, 车辆存在怠速(或停车)、加速、匀速、减速4种行驶状态, 不同类所代表的车速、加减速度等行驶状态不同, 行驶状态转移概率也不同。以类别1为例, 采用式(6)计算出各行驶状态转移概率矩阵 P_2 如

表6所示。

表5 类状态转移概率 P_1 %

当前状态	下一状态概率			
	类1	类2	类3	类4
类1	47.37	28.95	18.42	5.26
类2	38.46	46.15	10.26	5.13
类3	29.73	8.10	35.14	27.03
类4	19.44	5.56	41.67	33.33

表6 类别1行驶状态转移概率 P_2 %

当前状态	下一状态概率			
	加速	减速	怠速(或停车)	匀速
加速	0.00	8.79	0.00	91.21
减速	11.26	0.00	6.36	82.38
怠速(或停车)	100.00	0.00	0.00	0.00
匀速	48.43	51.57	0.00	0.00

基于概率转移矩阵,利用马尔可夫链合成片段的步骤为:

- 选择类别3为初始类状态,选择怠速或停车状态为初始行驶状态;
- 根据类状态转移矩阵 P_1 和随机数 λ 选择接下来的类状态;
- 根据该类的行驶状态转移矩阵 P_2 和随机数 λ 选择行驶状态;
- 重复步骤b、步骤c,组合构建的片段,直到满足片段距离要求。

计算平均车速是否达到目标平均车速,将达到要求的片段列入候选工况库,然后对比候选工况库的平均误差,选择平均误差最小的为典型片段。基于马尔可夫链构建的片段示例如图3所示。

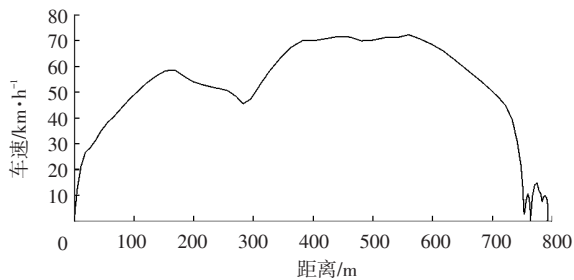


图3 基于马尔可夫链的车速片段

在地图上规划车辆实际行驶的出发点和终点,生成在线地图工况,从工况片段库选取片段,融合在线地图工况,形成规划行驶工况,如图4所示,与车辆实际行驶状态相比,构造的工况特征值如表7所示。

由表7可见,基于马尔可夫链片段库构建的工况与实际行驶工况的平均误差仅为4.29%,最大相对误差为

9.09%。在线地图基础规划工况以匀速为主,因此最终与实际行驶工况的平均误差达到316.40%,明显高于前者。故基于马尔可夫链片段库的车辆规划工况构建方法能够较好地反映车辆实际行驶状态。

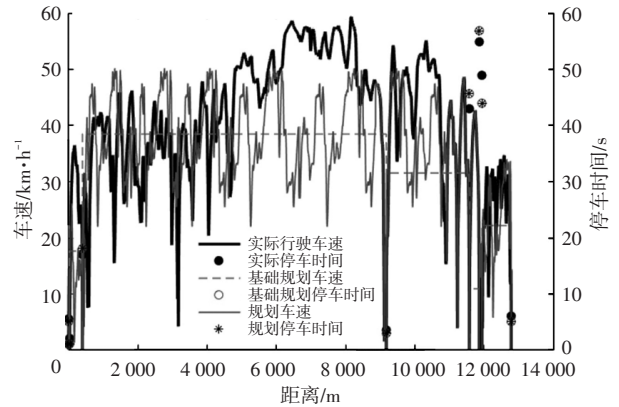


图4 规划行驶工况

表7 工况特征参数对比

特征参数	实际行驶	在线地图基础规划工况		在线地图规划行驶工况	
		参数	误差/%	参数	误差/%
平均车速/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	30.53	30.41	-0.39	30.41	-0.39
行驶里程/km	46.66	46.43	-0.49	46.43	-0.49
平均加速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	0.44	2.00	354.55	0.48	9.09
平均减速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	-0.51	-2.00	292.16	-0.55	7.84
加速时间占比/%	42.11	1.33	-96.84	44.12	4.77
减速时间占比/%	36.38	0.91	-97.50	34.08	-6.32
怠速或停车时间占比/%	17.24	16.50	-4.29	16.50	-4.29
匀速时间占比/%	4.27	93.26	2 084.07	5.30	24.12
平均误差/%		316.40		4.29	

在VPAT2021中搭建某款电动车的模型,车辆基本参数如表8所示。

表8 车辆基本参数

参数	数值	参数	数值
整车长×宽×高/ $\text{mm}\times\text{mm}\times\text{mm}$	4 650×1 820×1 510	电机数量及布局	单电机前驱
整备质量/kg	1 640	动力电池类型	三元锂电池
最高车速/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	155	电池容量/ $\text{kW}\cdot\text{h}$	50.8
电机最大功率/kW	160	轮胎规格	215/50 R17
电机最大转矩/ $\text{N}\cdot\text{m}$	300		

进行工况能耗仿真对比分析,仿真过程如图5所示,仿真结果如表9所示,基于马尔可夫链片段库规划

的车辆工况与实际行驶工况的误差更小,百公里电耗为12.73 kW·h,误差仅为4.09%。

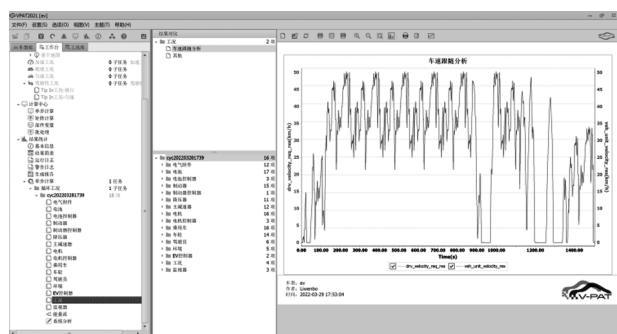


图5 VPAT2021能耗仿真过程

表9 能耗仿真对比

特征参数	实际行驶工况	基于马尔可夫链的规划工况	在线地图基础规划工况
百公里电耗/kW·h	12.23	12.73	10.02
误差/%		4.09	18.07

4 结束语

本文基于采集的实际交通数据,经过数据清洗、划分,计算出多个交通片段的特征参数,通过PCA法和K-Means聚类法对数据进行分析,利用马尔可夫链构建了片段库,与在线地图基础规划工况融合,构建了在线地图规划行驶工况。

将在线地图规划行驶工况与车辆实际行驶工况进行对比,采用特征参数和仿真能耗2个维度评价,发现采用马尔可夫链片段库与在线地图融合的方式能更准确地反映车辆实际行驶特征,工况特征参数平均误差为4.29%,能耗仿真误差为4.09%。

参 考 文 献

[1] 张惠玲,孔德学,余涛,等.基于LLEKM和马尔可夫链的城市轻型车行驶工况构建[J].长安大学学报(自然科学版),2021,41(5):118-126.
ZHANG H L, KONG D X, YU T, et al. Construction of Driving Cycle of Urban Light Vehicles Based on LLEKM and Markov Chain[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2021, 41(5): 118-126.

[2] 朱文烜,计三有,张铎,等.基于聚类分析与0-1规划轻型汽车行驶工况构建方法[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2021,45(2):390-396.
ZHU W X, JI S Y, ZHANG S, et al. Construction Method of Light Vehicle Driving Cycle Based on Cluster Analysis and 0-1 Planning[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Traffic Science and Engineering Edition), 2021, 45(2): 390-396.

[3] YAN X T, FENG S, SUN H W, et al. Distributionally

Consistent Simulation of Naturalistic Driving Environment for Autonomous Vehicle Testing[EB/OL]. (2022-07-02) [2022-08-05]. <https://arxiv.org/abs/2101.02828>.

[4] 尹安东,赵韩,周斌,等.基于行驶工况识别的纯电动汽车续驶里程估算[J].汽车工程,2014,36(11):1310-1315.
YIN A D, ZHAO H, ZHOU B, et al. Estimation of Driving Range of Pure Electric Vehicle Based on Driving Cycle Recognition[J]. Automotive Engineering, 2014, 36 (11): 1310-1315.

[5] LIN X Y, ZHANG G J, WEI S S. Velocity Prediction Using Markov Chain Combined with Driving Pattern Recognition and Applied to Dual-Motor Electric Vehicle Energy Consumption Evaluation[J]. Applied Soft Computing Journal, 2021, 101.

[6] 秦大同,詹森,漆正刚,等.基于K-均值聚类算法的行驶工况构建方法[J].吉林大学学报(工学版),2016,46(2):383-389.
QIN D T, ZHAN S, QI Z G, et al. Construction Method of Driving Cycle Based on K-means Clustering Algorithm[J]. Journal of Jilin University (Engineering Edition), 2016, 46 (2): 383-389.

[7] 阙海霞,宋若吻,兰海潮,等.电动汽车城市行驶工况构建方法研究[J].汽车实用技术,2020,45(22):10-13.
QUE H X, SONG R Y, LAN H C, et al. Research on the Construction Method of Electric Vehicle Urban Driving Cycle[J]. Automotive Practical Technology, 2020, 45(22): 10-13.

[8] CUI N X, LIAN F X, WU J, et al. Optimization of HEV Energy Management Strategy Based on Driving Cycle Modeling[C]//2015 34th Chinese Control Conference (CCC). Hangzhou, China: IEEE, 2015: 7983-7987.

[9] SHI M K, TANG Y H, ZHANG X Y, et al. Modeling and Simulation of Packet Delivery Rate in LTE-V Network Based on Markov Chain[J]. Tsinghua Science & Technology, 2020, 25(3): 357-367.

[10] 张玉西,苏小会,高广棵,等.基于改进主成分和全局k均值聚类的汽车行驶工况构建[J].中国科技论文,2020,15(11):1253-1259.
ZHANG Y X, SU X H, GAO G K, et al. Construction of Vehicle Driving Cycle Based on Improved Principal Component and Global K-Means Clustering[J]. Chinese Scientific Papers, 2020, 15(11): 1253-1259.

[11] WU Y N, LIU G Z. Research on Construction of Vehicle Driving Cycle Based on Markov Chain and Global K-Means Clustering Algorithm[J]. Vehicle Dynamics, 2020, 4(1).

[12] 曹骞,李君,刘宇,等.基于大数据和马尔可夫链的行驶工况构建[J].东北大学学报(自然科学版),2019,40(1):77-81.

- CAO Q, LI J, LIU Y, et al. Construction of Driving Cycle Based on Big Data and Markov Chain[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science Edition), 2019, 40(1): 77-81.
- [13] CRUZ- AKÉ S. Markov Chain K- Means Cluster Models and Their Use for Companies' Credit Quality and Default Probability Estimation[J]. Mathematics, 2021, 9.
- [14] 孙骏, 方涛, 张炳力, 等. 基于改进K-均值聚类算法的合肥市电动客车行驶工况构建[J]. 汽车技术, 2020(8): 56-62.
- SUN J, FANG T, ZHANG B L, et al. Construction of Hefei Electric Bus Driving Cycle Based on Improved K- Means Clustering Algorithm[J]. Automotive Technology, 2020(8): 56-62.
- [15] 彭育辉, 庄源. 组合优化聚类与马尔科夫链的城市环卫车辆行驶工况构建方法[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2019, 47(4): 502-508.
- PENG Y H, ZHUANG Y. Construction Method of Urban Sanitation Vehicle Driving Cycle Based on Combination Optimization Clustering and Markov Chain[J]. Journal of Fuzhou University (Natural Science Edition), 2019, 47(4): 502-508.
- [16] SHIN J, KIM S, SUNWOO M, et al. Ego- Vehicle Speed Prediction Using Fuzzy Markov Chain With Speed on- straits[C]// 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). Paris, France: IEEE, 2019: 2106-2112.
- [17] ZHANG M, SHI S M, CHENG D, et al. Self- Adaptive Hyper- Heuristic Markov Chain Evolution for Generating Vehicle Multi- Parameter Driving Cycles[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020, 69(6): 6041-6052.
- (责任编辑 斛 畔)
- 修改稿收到日期为2022年7月6日。

《汽车文摘》征文

《汽车文摘》(月刊)于1963年7月3日创刊,由国务院国有资产监督管理委员会主管、中国第一汽车集团有限公司主办,为中国汽车工程学会会刊。《汽车文摘》以“览全球汽车技术文献,指中国汽车技术之道”为使命,以打造“中国汽车前沿与创新技术传播与交流的重要平台”为愿景,致力于成为汽车领域最具影响力的综述类期刊。

2022年11月,《汽车文摘》复合影响因子达1.066,首个影响因子突破“1”,这反映出《汽车文摘》自2019年启动转型升级以来,期刊学术影响力稳步提升。

《汽车文摘》坚信“他山之石,可以攻玉”,深耕电动化、智能化、网联化、共享化和智能制造5大方向和10大领域,聚焦新能源与混合动力汽车、智能网联汽车、燃料电池、低碳与氨等零碳燃料、汽车安全、健康与舒适、碳达峰与碳中和、生命周期评价(LCA)与技术经济分析、智能制造、材料轻量化与一体化压铸、飞行汽车前沿与创新技术综述论文,揭示相关领域的新动态、新趋势、新技术和新进展,为广大科研和工程技术人员进一步发展这一领域提供新突破口、新出发点和新基准。

欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员,充分发挥专业领域优势,深度挖掘国内外高影响力学术期刊与其它文献,形成某个技术领域前沿综述。

《汽车文摘》2023年选题范围:

电动化:混合动力关键技术;动力电池关键技术;先进充电技术;电驱动系统及电力电子技术;底盘及子系统线控关键技术;燃料电池动力系统设计与优化。

智能化:新型电子电气架构;自动驾驶感知、决策与运动控制;智能新能源汽车测试评价方法与工具链;车辆智能安全技术。

网联化:智能网联云控技术;车用通信及网络技术;车路协同技术;汽车人因、人机交互与智慧座舱;信息安全与功能安全;车网融合(V2G)及应用。

低碳化:汽车节能与排放技术;清洁能源动力系统技术;碳达峰、碳中和;氢燃料制、储、运、加及安全管控技术;生命周期评价(LCA)、标准法规与技术经济分析;低碳与氨等零碳燃料。

轻量化:新能源汽车新材料技术;混合材料轻量化设计;一体化压铸。

共享化:区块链技术与移动出行;车辆大数据挖掘方法与应用案例。

燃料电池:电池堆、电池系统与基础设施。

智能制造:机器人与自动化控制、四大工艺、物流技术、设计-制造-服务。

颠覆式出行:飞行汽车;未来低空智能交通体系及其关键技术。

汽车安全:主被动安全与融合;智能安全;健康与舒适

《汽车文摘》发表论文的独特优势:

《汽车文摘》是国家级刊物、中国汽车工程学会会刊、汽车领域唯一的综述期刊。《汽车文摘》不收版面费、4个月左右可发稿。

投稿要求:

1. 综述篇幅在10 000~15 000字(6~10页),图文并茂,图、表和公式非原创要求标注引用文献;
2. 请按科技论文要求撰写文章摘要,摘要中文字数在200±10字;
3. 文章必须附有公开发表、体现本领域最新研究成果和高影响力出版物作为参考文献,一般要求参考文献在20篇以上,一半左右为外文参考文献,且在文中标注所引用文献;
4. 来稿保密审查工作由作者单位负责,确保署名无争议,文责自负;
5. 切勿一稿多投。

《汽车文摘》投稿网址: <http://www.qcwz.cbpt.cnki.net>

邮箱: autodigest@faw.com.cn

《汽车文摘》编辑部