



## Development of a Driving Cycle Based on Data Recorded from an Electric-Gasoline Hybrid Vehicle on Two Routes in Tehran City with K-means Algorithm

Mohammad Azadi<sup>1\*</sup>, Shokouh Dezianian<sup>2</sup>, Alireza Navi<sup>3</sup>, Alireza Salmani<sup>4</sup>, Tabanmehr Gheraati<sup>5</sup>, Ali Faraji<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

<sup>2</sup>MSc Student, Faculty of Mechanical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

<sup>3</sup>BSc Student, Faculty of Electrical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

<sup>4</sup>MSc, Faculty of Engineering, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<sup>5</sup>MSc Student, Faculty of Mechanical Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

<sup>6</sup>BSc Student, Faculty of Computer Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

**Received:** 11.28.2021

**Revised:** 01.18.2022

**Accepted:** 03.05.2022

#### Keyword:

Driving cycle

Hybrid vehicle

Tehran city

K-means algorithm

Global positioning system

#### \*Corresponding Author:

Mohammad Azadi

Email: [m\\_azadi@semnan.ac.ir](mailto:m_azadi@semnan.ac.ir)

### ABSTRACT

In this article, a driving cycle was developed based on acquired data from a hybrid gasoline-electric vehicle on two routes in Tehran city, using the K-mean algorithm. For this objective, speed data and the geographical locations of the vehicle were acquired with a mobile application and results were validated by data in the vehicle monitor on two different routes in Tehran city. Then, using the K-mean algorithm, two driving cycles were extracted and their characteristics compared to those of big data. Obtained results demonstrated that for the developed software, data acquisition was accurate and of appropriate quality. Final introduced driving cycles had relative errors below 10%, which indicated their appropriate selection from acquired big data. Moreover, compared to extracted cycles by gasoline vehicles in Tehran city, it could be claimed that the vehicle type had impact on vehicle driving; however, this impact was more related to the driving culture and the roughness of the roads in this city. This is because these cycles all record figure of more than 80% and approximately 30 km / h for the percentage of driving time and average travel speed, respectively. Another interesting result obtained from the analysis of big data is that the stop time in cycles was less than 10% and therefore, drivers in Tehran had low tendency to stop. Thus, for controlling the vehicle speed under traffic conditions, high variations in speed was needed. This led to approximately 40% of the variations from the average speed compared to other cycles, which were a little higher.



---

## EXTENDED ABSTRACT

---

### Introduction

Today, driving cycles are focused on by design engineers in automotive industries. This issue is based on new regulations for vehicle emissions due to environmental problems, fuel consumption and cost. Another application of driving cycles is to use for designing different components of the vehicle, entitled the duty cycle. It means to consider the loading cycle of a vehicle part as an optimized process of designing and manufacturing.

Various factors could affect the driving cycle or the duty cycle in a country. These factors are similar to traffic conditions, vehicle type, driving behavior, weather status, route type for the data acquisition, road characteristics, gearbox type, fuel type, geographical climate, and driving skills of the driver. However, the final driving cycle includes a vehicle speed versus the time under all conditions.

In the literature, different driving cycles have been presented. As a claim on the novelty of this work, considering a hybrid vehicle could be an innovation. Works on hybrid vehicles are still rare. In this article, a driving cycle was developed based on acquired data from a hybrid gasoline-electric vehicle on two routes in Tehran city, using the K-mean algorithm.

### Methodology

For the objective in the present work, two different routes in Tehran city, the speed data and the geographical locations of the vehicle were acquired with a mobile application, and then, their results validated by data in the vehicle monitor.

The vehicle type was Toyota-Prius (2017) and the data acquisition type was onboard with GPS-logger software. The accuracy of GPS was approximately 3 (2-5) meters and the frequency of the data acquisition was 1 second. The route selection was based on Figure 1 in Tehran city and experiment was carried out for 2 and 3 hours on both routes.

Then, using the K-mean algorithm, two driving cycles were extracted and their characteristics compared to those of big data. The clustering method was undertaken based on four groups including congested, urban, sub-urban, and highway conditions. Driving cycles were considered as follows:

- SDC1 cycle: Acceleration vs. Velocity, Group center: Average
- SDC2 cycle: Acceleration vs. Velocity, Group center: Median
- SDC3 cycle: Idle Time vs. Velocity, Group center: Median
- SDC4 cycle: Idle Time vs. Velocity, Group center: Average

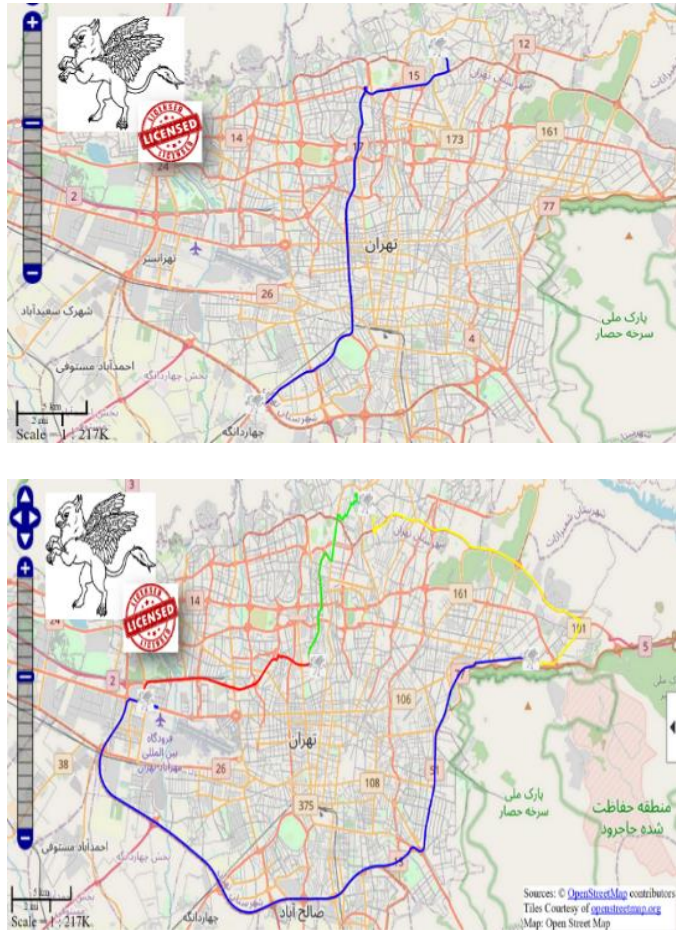


Figure 1. The route selection for the present study in Tehran City

In Table 1, the time percentage is presented for congested, urban, sub-urban, and highway conditions. This table illustrates the data for two types of configurations, including the average speed versus the average acceleration and also, the idle time versus the average speed.

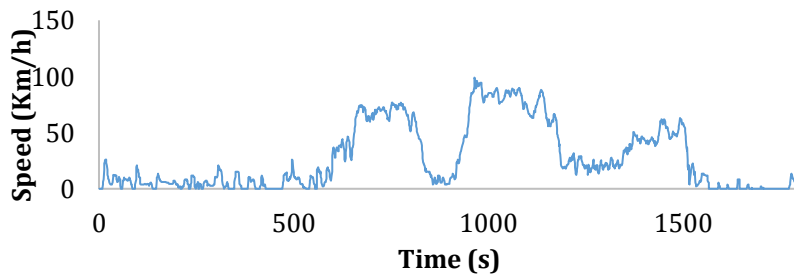
Table 1. The time percentage for different conditions

Traffic status	Highway	Sub-urban	Urban	Congested
Average speed versus average acceleration	23.5	22.0	30.0	24.5
Idle time versus average speed	44.5	8.8	36.2	10.5

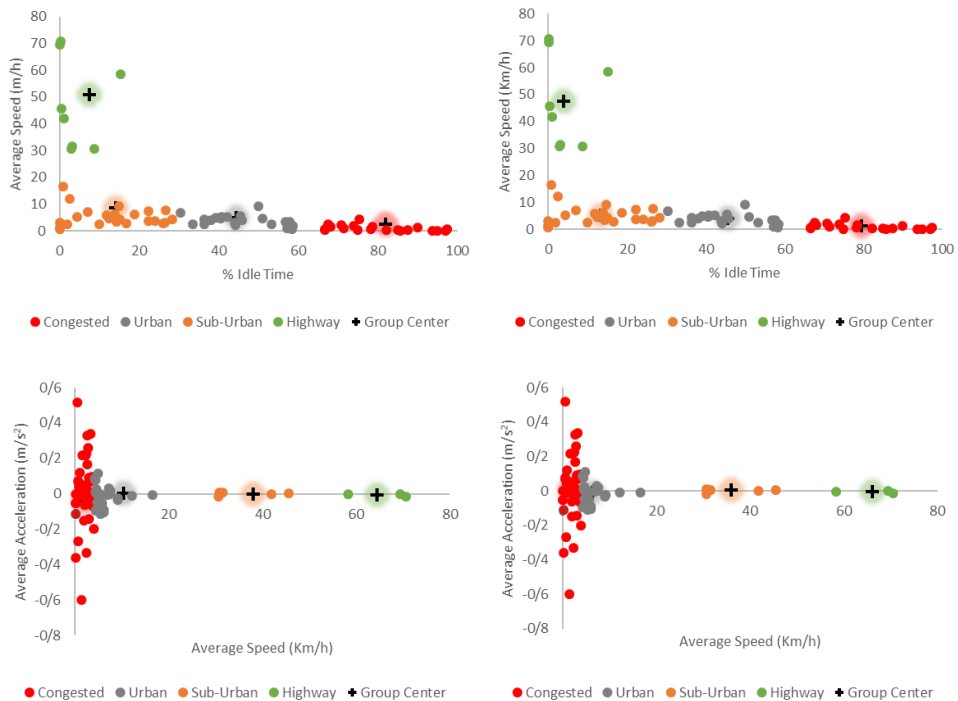
**Results and discussion**

As an example, Figure 2 depicts the final driving cycle for the second route of this study. Moreover, Figure 3 shows the related micro-trips obtained from the K-means technique.

Obtained results demonstrated that for the developed software, data acquiring was accurate and was of appropriate quality. Final introduced driving cycles had relative errors lower than 10%, which indicated their appropriate selection from acquired big data. Moreover, compared to extracted cycles by gasoline vehicles in Tehran city, it could be claimed that the vehicle type had an impact on vehicle driving; however, this influence was greater on the driving culture and the roughness of the road in this city. These cycles included data of more than 80% and approximately 30 km for the driving time percentage and the average travel speed, respectively.



**Figure 2. The final driving cycle in the second route of Tehran City**



**Figure 3. The micro-trips in the second route of Tehran City**

Another interesting result obtained from the analysis of big data was that the stop time in cycles was less than 10% and therefore, drivers in Tehran had a low tendency to stop. Thus, for controlling the vehicle speed in traffic conditions, high variations in speed were required. This led to approximately 40% of the variations from the average speed compared to other cycles, which was lightly greater.

### **Conclusion**

In this article, a driving cycle was developed according to data recorded from an electric-gasoline hybrid vehicle (Toyota-Prius) for two routes in Tehran city by the K-means algorithm. Obtained results could be summarized as follows,

- The developed driving cycle for Tehran city was similar to world driving cycles and there were no large differences between the data.
- In SDC1 and SDC3, only 25% of the total time was due to idle condition (or zero acceleration).
- The average speed of 100 km/h was approximately obtained, which was similar to the driving cycles of other Asian countries.
- From the standard deviation for the acceleration in SDC1 and SDC3, it could be concluded that the driver repeatably changed the vehicle speed with a drastic change. The related value was 2 compared to less than unity in the literature for the average acceleration.



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۲۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶



## توسعه یک چرخه رانندگی براساس داده‌های ضبط‌شده از یک خودروی هیبرید بنزینی - الکتریکی در دو مسیر از شهر تهران با الگوریتم میانگین کی

محمد آزادی<sup>۱\*</sup>، شکوه دزبانیان<sup>۲</sup>، علیرضا نوی<sup>۳</sup>، علیرضا سلمانی<sup>۴</sup>، تابان مهر قرائتی<sup>۵</sup>، علی فرجی<sup>۶</sup>

- ۱- دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
- ۳- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.
- ۴- کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
- ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.
- ۶- دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

### چکیده

در این مقاله، یک چرخه رانندگی براساس داده‌های ضبط‌شده از یک خودروی هیبرید بنزینی الکتریکی در دو مسیر شهر تهران با الگوریتم میانگین کی (K-means) توسعه داده شده است. برای این منظور، در دو مسیر متفاوت در شهر تهران، داده‌های سرعت و مکان جغرافیایی خودرو برحسب زمان با یک نرم‌افزار تلفن همراه ضبط شد و نتایج آن با استفاده از داده‌ها در نمایشگر خودرو، صحنه‌گذاری گردید. در ادامه، با استفاده از الگوریتم میانگین کی، دو چرخه رانندگی برای دو مسیر فوق استخراج شد و مشخصه‌های آنها با مشخصه‌های کل داده‌ها مقایسه گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برای نرم‌افزار توسعه‌یافته، داده‌برداری از دقت و کیفیت مناسبی برخوردار است. چرخه‌های رانندگی معرفی شده نهایی دارای خطاهای نسبی کمتر از ۱۰ درصد هستند که نشان از انتخاب مناسب آنها در کلان داده ضبط‌شده می‌باشند. همچنین، در مقایسه با چرخه‌های تولیدشده با خودروهای بنزینی در شهر تهران می‌توان ادعا کرد که بیش از آن‌که نوع وسیله نقلیه بر وضعیت حرکت خودرو مؤثر باشد فرهنگ رانندگی و نیز ناهمواری‌های جاده در این شهر تأثیرگذار هستند؛ زیرا این چرخه‌ها همگی اعدادی بیش از ۸۰ درصد و حدود ۳۰ کیلومتر بر ساعت را به‌ترتیب برای درصد زمان رانندگی و میانگین سرعت سفر ثبت کرده‌اند. نکته جالب دیگر به‌دست‌آمده از تحلیل کلان داده ضبط‌شده، این است که با توجه به درصد زمان توقف چرخه‌ها که همگی کمتر ۲۰ درصد هستند، رانندگان در تهران تمایل کمی به توقف دارند و لذا برای کنترل سرعت خودرو در ترافیک، نیازمند ایجاد تغییرات شدید در سرعت خودرو می‌شوند که همین اتفاق سبب ثبت انحراف حدود ۴۰ واحد از میانگین سرعت می‌شود که در مقایسه با سایر چرخه‌ها اندکی بیشتر است.

### اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

### کلید واژگان:

چرخه رانندگی  
خودروی هیبرید  
شهر تهران  
الگوریتم میانگین کی  
سیستم موقعیت‌یاب جهانی

\*نویسنده مسئول: محمد آزادی

پست الکترونیکی:

[m\\_azadi@semnan.ac.ir](mailto:m_azadi@semnan.ac.ir)



## مقدمه

به دلیل تغییرات آب‌وهوایی در دنیا و استفاده بیش‌ازاندازه از سوخت‌های فسیلی مثل نفت، بنزین و گاز و تأثیر آن بر سلامت مردم، ضرورت کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلاینده‌های احساس می‌شود. براساس آمارهای رسمی، بخش عمده این آلودگی‌ها مربوط به مصرف سوخت در وسایل حمل‌ونقل و خودروها است. در نتیجه استفاده از اتوبوس و خودروهای برقی مورد توجه قرار گرفته است. این نوع خودروها علاوه بر کاهش آلاینده‌ها، کاهش آلودگی صوتی و مصرف سوخت را نیز به همراه دارند [۱].

چرخه رانندگی، سرعت یک وسیله نقلیه برحسب زمان طی یک مسیر است. با استفاده از این چرخه می‌توان سرعت کمینه و بیشینه، شتاب کمینه و بیشینه، میزان تغییرات سرعت و شدت آن را در وسیله نقلیه موردنظر به دست آورد. این چرخه کمک شایانی به طراحان در زمینه کاهش آلاینده‌ها و مصرف سوخت می‌کند. همچنین می‌توان شرایط و پدیده‌های ترافیکی و فرهنگ رانندگی در مناطق مختلف را پیش‌بینی کرد.

لیو<sup>۱</sup> و همکاران [۲] یک مطالعه در مورد چرخه رانندگی شهر هیفی برای وسایل نقلیه مسافری انجام دادند. با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای کاهش بعد از پارامترهای حرکتی و روش میانگین‌گیری<sup>۲</sup> برای طبقه‌بندی بخش‌های سینماتیک استفاده شده است. این کار، رانندگی در دنیای واقعی را به خوبی نشان می‌دهد و ارزیابی وسایل نقلیه مسافری در هیفی-سایپرز را بر پایه عملکرد دقیق ایجاد می‌کند. شی<sup>۳</sup> و همکاران [۳] در مطالعه‌ای به روش جدیدی برای ساخت چرخه‌های رانندگی پرداختند. در این تحقیق چرخه رانندگی وسیله نقلیه توسط نظریه مارکوف در فرایند تصادفی، با تجزیه و تحلیل و محاسبه تعدادی مطالعه شده است. داده‌های تجربی، ماتریس احتمال انتقال داده‌های اصلی با حداکثر برآورد احتمال به دست آمده است. نتایج نشان داد که این روش، نمایندگی بیشتری نسبت به روش سنتی دارد. کامبل<sup>۴</sup> و همکاران [۴] به پژوهشی تحت عنوان «توسعه چرخه رانندگی در دنیای واقعی با مطالعه موردی پونا» در کشور هند پرداختند. ویژگی منحصر به فرد این روش آن است که چرخه رانندگی با در نظر گرفتن پنج پارامتر مهم از پروفایل زمان-فضا یعنی درصد شتاب، کاهش سرعت، بیکاری، کروژ و سرعت متوسط ساخته شده است. بنابراین، انتظار می‌رود که این رویکرد بازنمایی بهتری از رفتار ترافیکی ناهمگن باشد. جینگ<sup>۵</sup> و همکاران [۵] به تحلیل و بررسی ساخت چرخه رانندگی تیانجین براساس تبعیض خطی<sup>۶</sup> پرداختند. در این مقاله اثربخشی چرخه رانندگی توسعه یافته در مقایسه با دیگر چرخه‌ها تأیید شده است. قرائتی و همکاران [۶] مقایسه پارامترهای مشخصه چرخه رانندگی با استفاده از داده‌های واقعی جمع‌آوری شده در ایران و چرخه‌های استاندارد جهانی را ارائه دادند. نتایج حاکی از آن است که خودرو طی مسیر تهران-آمل زمان بیشتری را در حرکت شتابدار سپری کرده و سرعت بیشینه آن به طور قابل توجهی از دیگر چرخه‌های استاندارد بیشتر است. همچنین تفاوت آشکار مقادیر پارامترهای چرخه رانندگی در این مقاله، با چرخه‌های استاندارد حاکی از آن است که هر کشوری بنا به مقتضیات جغرافیایی، فرهنگی، آب‌وهوایی، چرخه‌های رانندگی مختص به خود را دارد و استفاده از چرخه‌های دیگر

<sup>1</sup> Liu

<sup>2</sup> K-means

<sup>3</sup> Shi

<sup>4</sup> Kamble

<sup>5</sup> Jing

<sup>6</sup> Linear discriminant analysis

کشورها حتی به‌صورت استاندارد نمی‌تواند برای کشور ایران کارساز باشد. مافی و همکاران [۷] در پژوهشی با انتخاب مسیر بهینه داده‌برداری در شهر تهران، با استفاده از اطلاعات ترافیکی شهری، به توسعه چرخه رانندگی پرداختند. آنها به‌وسیله بررسی آمار ترافیک ورودی و خروجی مناطق شهرداری تهران نشان دادند که منطقه ۴ بیشترین میزان تردد خودروهای سواری را داراست. همچنین ۵۵.۳ درصد از مسافت سفرهای درون شهری در معابر بزرگراهی، ۳۴.۵ درصد در خیابان‌های اصلی و ۱۱.۲ درصد در خیابان‌های فرعی انجام می‌گیرد.

در پژوهش دیگری مافی و همکاران [۸] به اهمیت توسعه چرخه‌های رانندگی بومی در مطالعه مصرف انرژی خودروهای سواری پرداختند. نتایج حاکی از واریانس بالای مصرف سوخت این خودرو در مدت یک ماه رانندگی و اختلاف قابل توجه بین مقادیر محاسبه‌شده از چرخه‌های استاندارد و چرخه‌های واقعی است. موسویان و همکاران [۹]، به پژوهشی تحت عنوان استخراج چرخه رانندگی محدوده غربی شهر تهران برای خودروی با موتور پرخوران با استفاده از روش خوشه‌بندی ریزسفر پرداختند. در نتایج این پژوهش در این چرخه رانندگی که حدود ۱۰۶۳ ثانیه به طول می‌انجامد، متوسط سرعت خودرو، شتابگیری و ترمزگیری به ترتیب حدود ۲۹، ۰.۴۵ و ۰.۴۱ کیلومتر بر ساعت بود. همچنین خودرو در این چرخه استخراج‌شده، حدود ۱۵ درصد از کل زمان رانندگی را در توقف با دور درجا سپری کرده است. فتوحی و منتظری [۱۰] چرخه رانندگی شهر تهران با استفاده از روش میانگین کی را توسعه دادند. در این مقاله، چرخه رانندگی توسعه‌یافته شامل یک سری زمان ۱۵۳۳ ثانیه است، با سرعت متوسط ۳۳.۸۳ کیلومتر در ساعت و مسافت ۱۴.۴۱ کیلومتر. سرانجام، ویژگی‌های چرخه رانندگی در مقایسه با برخی دیگر از چرخه‌های رانندگی وسایل نقلیه سبک مورد استفاده در کشورهای دیگر، از جمله FTP-۷۵، ECE، EUDC و ۱۵-۱۰ توسعه یافته است.

شی<sup>۱</sup> و همکاران [۱۱] پژوهشی تحت عنوان «تحقیق در مورد تجزیه و تحلیل خاصیت مارکوف در چرخه‌های رانندگی و کاربرد آن» ارائه دادند. در این مقاله، ویژگی مارکوف چرخه رانندگی از جنبه‌های تئوری و آزمایش، کاملاً اثبات شده است. رضوی [۱۲] تحقیقی تحت عنوان «تعیین چرخه رانندگی به روش مونت کارلو به‌منظور بررسی تناسب خودرو با کاربری آن» ارائه داده است. خطای حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد این روش، خطای تخمین میانگین و بیشینه سرعت را تا ۸ درصد و خطای تخمین بیشینه شتاب را تا ۱۲ درصد کاهش می‌دهد. منتظری و نقی‌زاده [۱۳] در پژوهشی، اقدام به تولید یک چرخه رانندگی در تهران کردند. از مقایسه پارامترهای چرخه ایجادشده با چرخه‌های استاندارد مشخص شد که این چرخه دارای بیشترین شتاب مثبت و منفی است.

گالگاموا<sup>۲</sup> و همکاران [۱۴] در تولید چرخه جنوب سریلانکا، داده‌های مورد نیاز را با استفاده از دستگاه GPS از یک خودروی سواری برداشت کردند. این چرخه، بیشتر زمان خود را در وضعیت بدون شتاب سپری می‌کرد و از مقایسه آن با دیگر چرخه‌ها مشخص شد که چرخه ایجادشده، با اختلافی ناچیز نسبت به سایرین، دارای کمترین میانگین سرعت است. برادی و اوماهونی<sup>۳</sup> [۱۵] طی پژوهشی، چرخه واقعی شهر دوبلین را برای خودروهای هیبریدی با استفاده از ۷ خودروی میتسوبیسی مدل i-MiEV ایجاد کردند. در تولید این چرخه، داده‌ها ابتدا با استفاده از GPS و شبکه کنترلر ناحیه‌ای (CAN) جمع‌آوری و پس از تبدیل شدن به ریزسفر، با استفاده از روش LVQ در دو گروه شهری و بزرگراهی دسته‌بندی شد. از مقایسه چرخه ایجادشده با چرخه‌های استاندارد جهانی مشخص شد که چرخه ایجادشده

<sup>1</sup> Shi

<sup>2</sup> Galgamuwa

<sup>3</sup> Brady, O'Mahony



از نظر تمامی پارامترها در محدوده سایر چرخه‌ها بوده است. آنیدا و سالیسا<sup>۱</sup> [۱۶] چرخه واقعی شهر کوالا ترنگانو در مالزی را برای خودروهای الکتریکی استخراج کردند. از سه خودرو که هر کدام در چینش صفحات باتری با یکدیگر متفاوت بودند استفاده کردند. نتایج کلی تحقیق نشان داد که بیشترین زمان چرخه در وضعیت حرکت شتابدار سپری شده و بیشترین مصرف سوخت متعلق به خودروی الکتریکی با صفحات سری است.

ژو<sup>۲</sup> و همکاران [۱۷] چرخه شهر شن‌یانگ در چین را با یک خودروی سواری و به روش داده‌برداری از خودروی مرجع تولید کردند. آن‌ها داده‌برداری را با استفاده از یک P-box که نوعی دیتا لاگر مبتنی بر GPS است، انجام دادند و سپس اطلاعات را با استفاده از الگوریتم میانگین کی دسته‌بندی کردند. پس از تولید چرخه مشخص شد که بیشترین سهم از آن، مربوط به حرکت در وضعیت شتابگیری است؛ این در حالی است که سهم حرکت با سرعت ثابت، تقریباً صفر محاسبه شده است. صالح و همکاران [۱۸] با داده‌برداری از موتورسیکلت‌ها به کمک P-box، چرخه واقعی شهر ادینبرا را برای این وسایل نقلیه ایجاد کردند. با محاسبه و مقایسه پارامترهای مشخص شده برای چرخه استخراج‌شده با سایر چرخه‌های استاندارد مشخص شد که این چرخه، کمترین زمان توقف و کمترین درصد زمان حرکت با سرعت ثابت را به خود اختصاص داده است. پوراسماعیلی و همکاران [۱۹] به منظور برآورد کردن میزان آلاینده‌های تولیدی از خودروهای سواری، چرخه واقعی شهر مشهد را با استفاده از GPS و داده‌برداری از یک خودروی سواری در خیابان‌های اصلی این شهر ایجاد کردند. نتایج نشان داد که چرخه حاصل در بیشتر زمان پیمایش در وضعیت کاهش سرعت قرار داشته است. بوسکی<sup>۳</sup> و همکاران [۲۰] با داده‌برداری از موتورسیکلت‌ها، موتورهای سه‌چرخ و خودروهای سواری، چرخه‌های هریک را در شهر وادودارا در هند ایجاد کردند. پس از محاسبه و مقایسه درصد زمان‌های توقف، شتابگیری و کاهش سرعت برای چرخه‌های ایجادشده مشخص شد که چرخه خودرو سواری، بیشترین توقف و چرخه موتوری سه‌چرخ بیشترین زمان افزایش و کاهش سرعت را دارا هستند.

در این پژوهش داده‌برداری، به‌منظور استخراج چرخه رانندگی شهر تهران صورت گرفته است. شایان ذکر است که استفاده از خودروی هیبریدی در مقابل خودروهای سواری دیزلی و بنزینی می‌تواند به‌عنوان نوآوری این تحقیق ادعا گردد. در ادامه نیز پس از شرح روش تحقیق، نتایج شامل دسته‌بندی داده‌های ضبط‌شده، چرخه استخراج‌شده برای دو مسیر و مشخصات چرخه‌ها آمده است.

## روش آزمایش

خودروی مورد استفاده در این پژوهش به‌منظور داده‌برداری و استخراج سیکل رانندگی، تویوتا پریوس هیبرید مدل ۲۰۱۷ با سوخت برق و بنزین است.

پس از انتخاب خودرو، انتخاب مسیر مناسب از اهمیت زیادی برخوردار است. در انتخاب مسیر به مواردی همچون تطابق شرایط جغرافیایی کلی مسیر با شرایط جغرافیایی کلی شهر تهران، وجود حجم ترافیک بالا در مسیر، میدین و چهارراه‌ها و اتصال به مراکز پرجمعیت و سیستم حمل‌ونقل عمومی توجه شد تا به این روش، همان‌طور که در مرجع [۱۹] بیان شده است، باید مسیر موردپژوهش بتواند شرایط کلی حاکم بر راه‌های تهران را بازتاب کند. با در نظر گرفتن

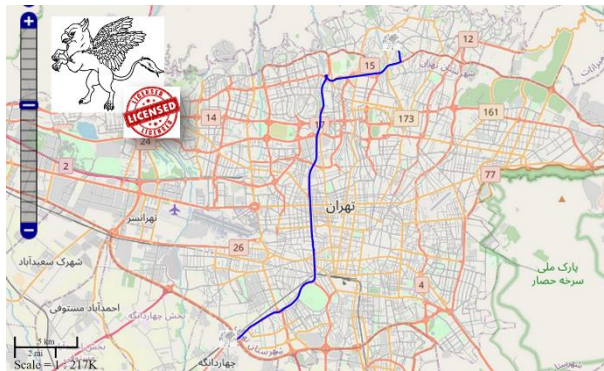
<sup>1</sup> Anida, Salisa

<sup>2</sup> Zhou

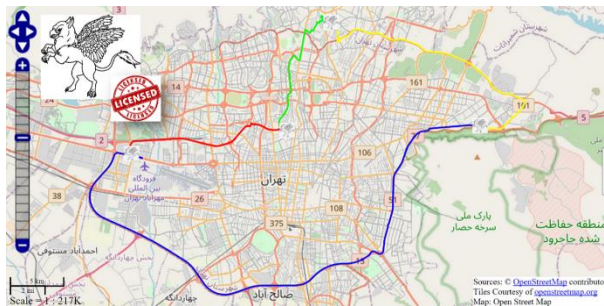
<sup>3</sup> Boski

این ویژگی‌ها دو مسیر برای داده‌برداری این پژوهش مناسب شناخته شد. مسیر اول همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است از شمال به جنوب تهران به‌صورت رفت و برگشت و مسیر دوم نیز مطابق شکل ۲ اطراف تهران از شمال به شرق، از شرق به غرب، از غرب به مرکز و از مرکز به شمال است.

در ابتدا به‌منظور استخراج چرخه رانندگی باید به یکی از دو روش مستقیم یا غیرمستقیم داده‌برداری انجام شود. روش غیرمستقیم، یک محدودیت اساسی دارد. در این روش به یک اتومبیل تعقیب‌کننده برای تعقیب خودروی هدف نیاز است. بنابراین از روش مستقیم برای پروژه استفاده شده است. برای اندازه‌گیری سرعت به روش مستقیم نیز روش‌های متعددی وجود دارد. می‌توان تمام سیستم را از پایه طراحی کرد یا می‌توان از سیستم‌های آماده مانند AVL-PEMS استفاده کرد. در این پژوهش، برای داده‌برداری از نرم‌افزار تلفن همراه (اپلیکیشن موبایل) با نام GPS-Logger استفاده شده است. دقت داده‌برداری در نرم‌افزار فوق نیز به میزان ۱ ثانیه (هر ثانیه یک داده آماری)، در حدود ۳ متر برای موقعیت‌یابی است. شایان ذکر است که این روش داده‌برداری دارای معایبی است که شامل نبود داده یا سیگنال، به دلیل قطع سامانه GPS در تونل‌های شهری یا مناطقی با ساختمان‌های بلند است. البته در این تحقیق، به دلیل انتخاب مسیرهایی بدون تونل، این مشکل به وجود نیامده است. برای بهبود نتایج و فیلتراسیون نیز تعداد بسیار کمی از داده‌های اخذشده با سامانه GPS، به‌صورت دستی، به عنوان نویزها و داده‌های پرت حذف شده‌اند.



شکل ۱. مسیر شماره ۱ برای داده‌برداری از خودروی تویوتا پریوس هیبرید



شکل ۲. مسیر شماره ۲ برای داده‌برداری از خودروی تویوتا پریوس هیبرید

نرم افزار طراحی شده، دارای مزیت‌های زیر است:

- ۱- طراحی اولیه کد از صفر نبوده و از یک کد آماده نرم‌افزاری با نام GPS-Logger استفاده شده است.
  - ۲- امکانات اضافه شده به این نرم‌افزار، قابلیت‌های آن را افزایش داده است که شامل محاسبه شیب جاده و شتاب خودرو و ترسیم نمودارهای مدنظر کاربر، علاوه بر گزارش دادن موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، سرعت خودرو و زمان است.
  - ۳- نرخ داده‌برداری در این اپلیکیشن، ۱ ثانیه است. در هر ثانیه، یک داده شامل موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، سرعت خودرو و زمان ذخیره‌سازی می‌شود. این نرخ داده‌برداری در مقایسه با برخی از دیتالاگرهای موجود و گران در بازار نیز کمتر است. گاهی نرخ داده‌برداری در دیتالاگرهای موجود در حدود ۱.۵ ثانیه است. البته دقت نرم‌افزار نمی‌تواند به مقدار دقت دیتالاگر باشد اما در مجموع، دقت مناسبی دارد که در موارد بعدی به آن اشاره شده است.
  - ۴- دقت موقعیت‌یابی نرم‌افزار، حدود ۳ متر (۲ تا ۵ متر) است که دقت مناسبی به نظر می‌رسد.
  - ۵- ذخیره‌سازی در قالب فایل txt قابل ذخیره به صورت CSV است که قابل تبدیل به فایل اکسل می‌باشد. حجم بسیار کمی نیز دارد؛ بنابراین می‌توان در مسافت‌های بسیار زیاد، داده‌برداری راحتی با موبایل شخصی و بدون نیازمندی به یک فضای داده جانبی<sup>۱</sup> انجام داد.
- حجم داده‌برداری برای مسیر شماره اول حدود ۲ ساعت داده‌برداری به تعداد بیش از حدود ۷۰۰۰ داده آماری (زمان، سرعت، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع) و برای مسیر دوم حدود ۳ ساعت داده‌برداری به تعداد بیش از حدود ۱۰۰۰۰ داده آماری (زمان، سرعت، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع) است. در انتهای مسیر اول، در حالت رفت، به‌منظور صحنه‌گذاری در شکل ۳ از داده‌های نمایشگر داشبورد خودروی پیوس استفاده شده است و این داده‌ها شامل میانگین سرعت و مسافت طی شده، در شکل ۳ آمده است. شایان ذکر است درصد خطای نسبی در مسافت و سرعت میانگین به ترتیب ۱۸ و ۲ درصد است. این خطای نسبی بین داده‌های اخذ شده از سامانه GPS و داده‌های ثبت شده توسط کامپیوتر خودروی پیوس (در نمایشگر داشبورد)، برای اطمینان اولیه از داده‌های جمع‌آوری شده، به‌دست آمده است.
- پس از انتخاب مسیر و انجام داده‌برداری، مرحله تحلیل و پردازش داده‌ها است. برای این کار می‌توان از نرم‌افزارهای مختلفی بهره برد. شاخص‌ترین آنها نرم‌افزارهای متلب و پایتون است. با توجه به قابلیت‌های موجود در نرم‌افزار متلب و آشنایی بیشتر با آن، برای پردازش داده‌ها انتخاب شده است. با داشتن یک کلان داده می‌توان تحلیل را با استفاده از این نرم‌افزار انجام داد. با مشخص شدن نرم‌افزار، نوبت به تشخیص الگوریتم مناسب برای دسته‌بندی ریزسفرها می‌رسد. در جدول‌های ۱ تا ۳ مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف صورت گرفته است. از جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که از میان روش‌های دسته‌بندی با ناظر<sup>۲</sup>، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM<sup>۳</sup>) و در میان الگوریتم‌های بدون ناظر<sup>۴</sup>، الگوریتم میانگین کی (K-means) بالاترین دقت دسته‌بندی را دارند. پارامترهای CP و SP

<sup>1</sup> External Ram

<sup>2</sup> Supervised

<sup>3</sup> Support Vector Machine

<sup>4</sup> Unsupervised

در جدول ۲ به ترتیب معرف فشردگی داده‌های یک دسته<sup>۱</sup> و جدایی داده‌های دسته‌ها<sup>۲</sup> است. بنابراین CP کمتر و SP بیشتر، نشان‌دهنده کیفیت بیشتر دسته‌بندی خواهد بود [۲۱]. اگرچه ارقام گزارش شده در جدول ۲ نشان‌دهنده برتری اندک SVM نسبت به میانگین کی هستند، با این حال در مقایسه انجام شده در جدول ۳ مشخص می‌شود که در دیگر پارامترها نظیر سهولت استفاده و سرعت پاسخ‌دهی الگوریتم، میانگین کی بهتر از SVM عمل می‌کند.

جدول ۱. دقت طبقه‌بندی با SVM و ANN [۲۲]

روش‌های مورد استفاده	SVM	ANN
K-means	۹۰.۳٪	۸۵.۶٪
LDA	۸۸.۰٪	۸۲.۵٪

جدول ۲. مقایسه CP و SP برای دسته‌بندی‌های صورت‌گرفته با K-means و SVM [۲۱]

روش‌های مورد استفاده	K-means	SVM
CP	۱.۳۹۳	۱.۳۱۷
SP	۴.۹۵۴	۵.۲۴۲

جدول ۳. مقایسه روش‌های موجود [۲۳؛ ۳]

الگوریتم	سرعت پاسخ‌دهی	سهولت فرایند	تعمیم‌پذیری	دقت نهایی مدل
SAPM	متوسط	متوسط	-	خوب
K-means	کوتاه	آسان	-	خوب
SVM	متوسط	متوسط	عالی	عالی
ANN	طولانی	سخت	خوب	عالی



شکل ۳. نمایشگر خودروی تویوتا پریوس هیبرید در انتهای مسیر (رفت) شماره ۱ (تصویر بالا شامل میانگین سرعت و تصویر پایین شامل مسافت طی شده است).

<sup>1</sup> Compactness

<sup>2</sup> Separation

کد نوشته شده براساس الگوریتم K-means از نوع بدون ناظر است و برای دسته‌بندی داده‌ها به این روش تنها باید تعداد دسته‌ها و خواصی که براساس آن‌ها باید داده‌ها در گروه‌ها قرار بگیرند، مشخص شود. استفاده از این الگوریتم، به دلیل سادگی استفاده از آن و نیاز نداشتن به داده‌های آموزش که هر دو منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های داده‌برداری می‌شوند بسیار به‌صرفه است. همچنین با توجه به دقت مناسب می‌توان آن را جایگزین روش‌هایی همچون ماتریس احتمال سرعت- شتاب که نیازمند محاسبات پیچیده است کرد [۱۰]. اولین مرحله برای پردازش داده‌ها، تصحیح داده‌هاست. برای این کار، ریزسفرهایی (مسیر بین دو توقف متوالی) تعریف شده و برای هر ریزسفر پردازش صورت گرفته است. در مرحله بعد ریزسفرها براساس میانگین سرعت و میانگین شتاب یا میانگین سرعت و درصد زمان توقف، توسط الگوریتم K-means در گروه‌های مختلف قرار می‌گیرند. علت استفاده از چهار خوشه برای دسته‌بندی آن است که معمولاً رانندگان در مدت رانندگی در چهار وضعیت ترافیک سنگین، نیمه‌سنگین، نیمه‌سبک و سبک قرار می‌گیرند؛ البته این تعداد در مطالعات دیگری همچون پژوهش فتوحی و منتظری [۱۰] نیز مناسب شناخته شده است. پس از دسته‌بندی ریزسفرها، برای یافتن ریزسفرهای قابل ارائه در چرخه نهایی، از ریزسفرهایی که نزدیک‌ترین فاصله را تا مرکز دسته داشته‌اند (همچون فرایندی که در مرجع [۱۰؛ ۲۱] انجام شده است) تا زمانی که سهم زمانی هر وضعیت ترافیکی تکمیل شود، استفاده شده است. در این پژوهش از میانه و میانگین داده‌ها به‌عنوان مراکز دسته‌ها استفاده شده است؛ از این رو چهار رویکرد محاسباتی به شرح ذیل در تولید چرخه‌ها به‌کار گرفته شد:

- SDC1 cycle: Acceleration vs. Velocity, Group center: Average
- SDC2 cycle: Acceleration vs. Velocity, Group center: Median
- SDC3 cycle: Idle Time vs. Velocity, Group center: Median
- SDC4 cycle: Idle Time vs. Velocity, Group center: Average

علت استفاده از این پارامترها آن است که در بسیاری از مقالات همچون پژوهش ژائو و همکاران [۲۱] و فتوحی و منتظری [۱۰] این پارامترها پیشنهاد شده‌اند. انتخاب ۱۸۰۰ ثانیه به‌عنوان زمان چرخه نهایی براساس مرجع WLTC در چهار گروه داده آماری به شرح زیر صورت گرفته است [۲۴]. مقادیر سهم زمانی هریک از وضعیت‌های ترافیکی از داده‌های مرجع، براساس پارامترهای مورد استفاده در دسته‌بندی، در جدول ۴ نمایش داده شده است.

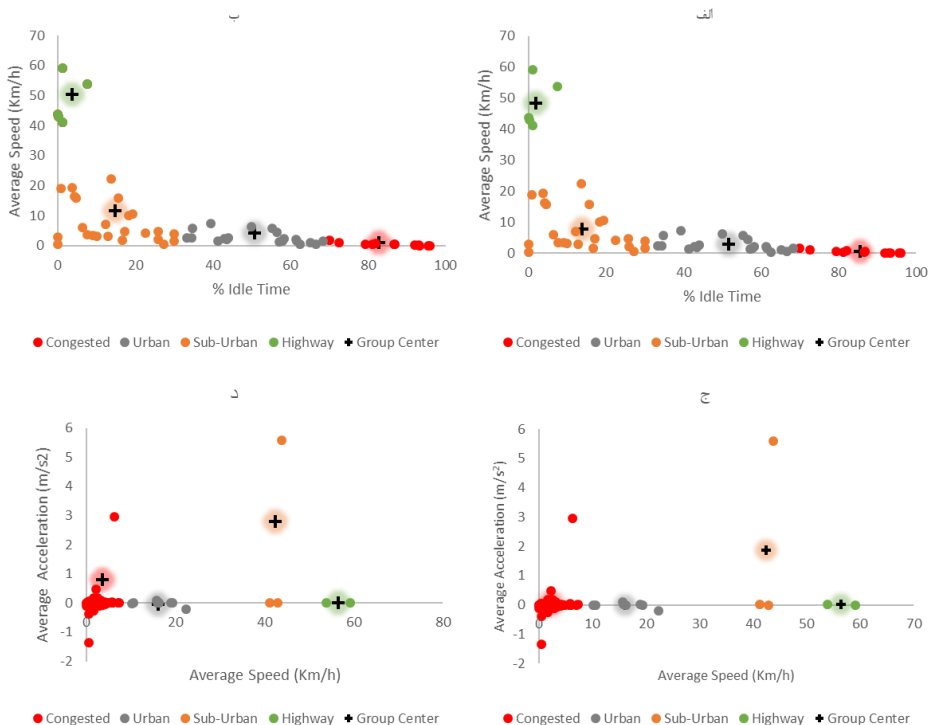
- Congested
- Urban
- Sub-Urban
- Highway

جدول ۴. سهم زمانی هر دسته از کل زمان داده‌های مرجع

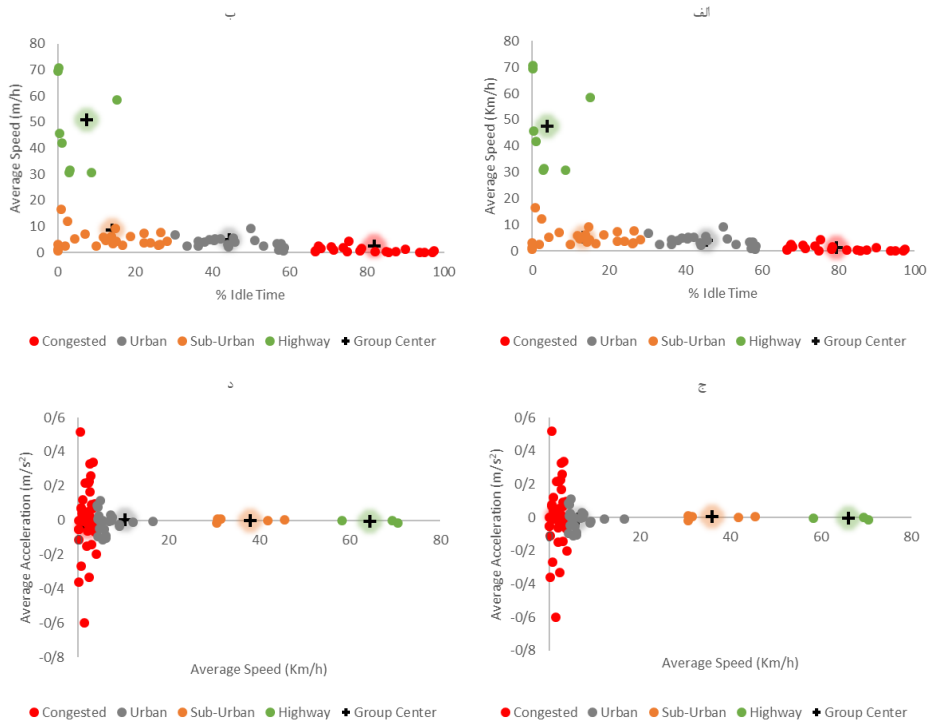
Congested	Urban	Sub-Urban	Highway	وضعیت ترافیکی	
۲۴.۵	۳۰.۰	۲۲.۰	۲۳.۵	براساس میانگین سرعت و میانگین شتاب	درصد سهم زمانی
۱۰.۵	۳۶.۲	۸.۸	۴۴.۵	براساس درصد زمان توقف و میانگین سرعت	

## نتایج و بحث

با استفاده از سرعت گزارش‌شده در داده‌ها و در نظر گرفتن فاصله بین دو توقف متوالی به‌عنوان یک ریزسفر، ابتدا ریزسفرها تعیین می‌شوند و سپس یک‌بار بر اساس میانگین سرعت و درصد زمان توقف و بار دیگر براساس میانگین سرعت و میانگین شتاب، همانند آنچه در شکل‌های ۴ و ۵ نمایش داده شده، در چهار خوشه دسته‌بندی می‌شوند. این ریزسفرها می‌توانند بر چهار پایه درصد زمان توقف- سرعت متوسط بر مبنای میانه و میانگین و همچنین سرعت متوسط- شتاب متوسط بر مبنای میانه و میانگین تحلیل شوند. برای تولید چهار چرخه رانندگی اولیه، با در نظر گرفتن میانه یا میانگین پارامترهای مورد استفاده در عملیات دسته‌بندی، مختصات مراکز هر خوشه محاسبه می‌شود. سپس از نزدیک‌ترین ریزسفرها به این مراکز تا زمانی که بازه زمانی خوشه مورد نظر از زمان کل چرخه به اتمام برسد، استفاده خواهد شد. سپس با محاسبه خطای هریک از چرخه نسبت به داده‌های مرجع، چرخه‌های مناسب شناسایی می‌شوند. در شکل‌های ۶ و ۷، چرخه نهایی مسیره‌های شماره ۱ و ۲ نمایش داده شده است. برای این منظور، از چهار روش گفته شده، نتایج SDC<sub>۱</sub> برای مسیر اول و SDC<sub>۳</sub> برای مسیر دوم ارائه شده است که کمترین خطا را دارد.



شکل ۴. ریزسفرها در مسیر شماره ۱ (الف: میانگین سرعت و درصد زمان توقف، مرکز دسته: میانگین، ب: میانگین سرعت و درصد زمان توقف، مرکز دسته: میانه، ج: میانگین سرعت و میانگین شتاب، مرکز دسته: میانگین و د: میانگین سرعت و میانگین شتاب، مرکز دسته: میانه)

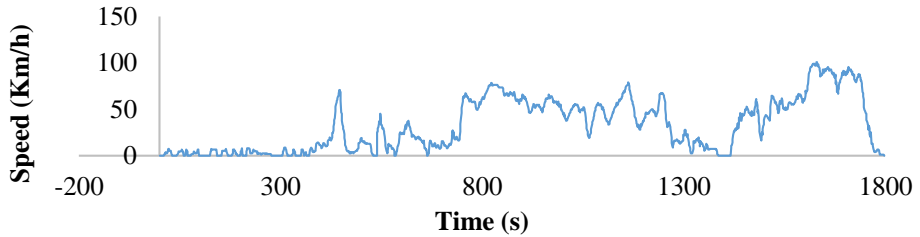


شکل ۵. ریزسفرها در مسیر شماره ۲ (الف: میانگین سرعت و درصد زمان توقف، مرکز دسته: میانگین، ب: میانگین سرعت و درصد زمان توقف، مرکز دسته: میانه، ج: میانگین سرعت و میانگین شتاب، مرکز دسته: میانگین و د: میانگین سرعت و میانگین شتاب، مرکز دسته: میانه)

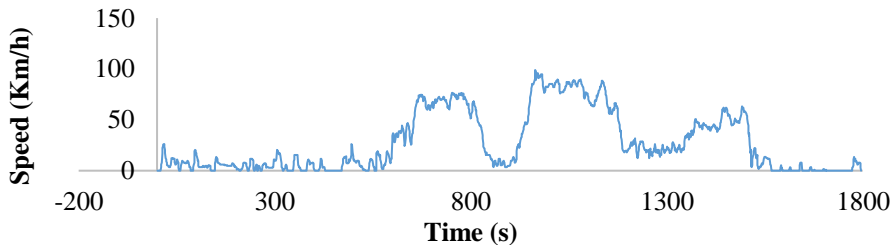
مقادیر سهم زمانی هر وضعیت ترافیکی در چرخه‌های SDC1 و SDC3 در جدول ۵ گزارش شده است. مقایسه مشخصه‌های این چرخه‌ها نیز در جدول‌های ۶ و ۷ با مشخصات کلان داده‌های مسیرهای شماره ۱ و ۲ آمده است. میزان خطای ریشه میانگین مربع<sup>۱</sup> (RMSE) و میانگین خطای نسبی<sup>۲</sup> (MRE) مطابق با مرجع [۲۱] برای مسیرهای شماره ۱ و ۲ به ترتیب، ۲.۵ و ۹.۳ درصد و ۷.۰ و ۸.۲ درصد است که مقادیر قابل قبولی می‌باشد.

<sup>1</sup> Root Mean Square Error

<sup>2</sup> Mean Relative Error



شکل ۶. چرخه نهایی استخراج شده برای مسیر شماره ۱ (براساس میانگین سرعت و میانگین شتاب - مرکز دسته: میانگین)



شکل ۷. چرخه نهایی استخراج شده برای مسیر شماره ۲ (براساس میانگین سرعت و درصد زمان توقف - مرکز دسته: میانه)

جدول ۵. سهم زمانی هر دسته از زمان چرخه‌های ایجاد شده

Congested	Urban	Sub-Urban	Highway	وضعیت ترافیکی
۲۴.۲	۳۰.۵	۲۱.۳	۲۴.۰	SDC۱
۱۰.۵	۳۶.۷	۸.۵	۴۴.۳	SDC۳

درصد سهم زمانی

جدول ۶. مشخصه‌های چرخه نهایی استخراج شده برای مسیر شماره ۱ با داده‌های کلان

Parameters	Main	SDC1	Error (%)
'%Drive'	۸۳.۳۸	۸۸.۸۷	۶.۵۸
'%Stop'	۱۶.۶۲	۱۱.۱۳	۳۳.۰۲
'%Cruise'	۲۳.۴۴	۲۴.۴۹	۴.۴۷
'%Accelerating'	۳۰.۰۹	۳۲.۳۹	۷.۶۳
'%Decelerating'	۲۹.۸۵	۳۲.۰	۷.۱۹
'Driving Mean Speed'	۳۳.۷۲	۳۷.۰۳	۹.۸۳
'Trip Mean Speed'	۲۸.۱۳	۳۲.۹۱	۱۷.۰۶
'Max Speed'	۱۰۰.۸۰	۱۰۰.۸۰	۰.۰۰
'Mean Positive Acceleration'	۲.۲۵	۲.۰۱	۱۰.۴۶



Parameters	Main	SDC1	Error (%)
'Mean Negative Acceleration'	-۲.۲۶	-۲.۰۴	۱۰.۰۸
'Standard Deviation of Speed '	۳۸.۸۱	۴۳.۵۹	۱۲.۳۱
'Standard Deviation of Acceleration'	۲.۴۶	۲.۱۳	۱۳.۵۳
Duration (s)	۷۱۲۵	۱۷۹۸	-
RMSE	-	-	۳.۲۷
MRE	-	-	۹.۳۳

جدول ۷. مشخصه‌های چرخه نهایی استخراج شده برای مسیر شماره ۲ با داده‌های کلان

Parameters	Main	SDC3	Error (%)
'%Drive'	۸۱.۷۱	۸۲.۵۶	۱.۰۵
'%Stop'	۱۸.۲۹	۱۷.۴۴	۴.۶۷
'%Cruise'	۲۳.۰۱	۲۴.۳۵	۵.۸۱
'%Accelerating'	۳۰.۱۰	۲۸.۸۶	۴.۱۳
'%Decelerating'	۲۸.۶۰	۲۹.۳۶	۲.۶۶
'Driving Mean Speed'	۴۲.۹۲	۳۳.۴۰	۲۲.۱۹
'Trip Mean Speed'	۳۵.۰۷	۲۷.۵۷	۲۱.۳۷
'Max Speed'	۱۱۷.۹۰	۹۹.۰۰	۱۶.۰۳
'Mean Positive Acceleration'	۲.۱۶	۲.۱۰	۲.۸۴
'Mean Negative Acceleration'	-۲.۲۷	-۲.۰۶	۹.۲۱
'Standard Deviation of Speed '	۴۸.۸۰	۳۹.۹۴	۱۸.۱۵
'Standard Deviation of Acceleration'	۲.۲۶	۲.۰۶	۸.۶۳
Duration (s)	۱۰۱۹۶	۱۷۹۵	-
RMSE	-	-	۷.۰۰
MRE	-	-	۸.۲۰

برای مقایسه مقادیر ارتفاع و شیب جاده نیز نتایج داده‌برداری از دو مسیر شماره ۱ و ۲ در شکل ۸ آمده است. در جدول ۸ پارامترهای محاسبه شده برای چرخه‌های SDC۱ و SDC۳ به همراه مقادیر همین پارامترها در چرخه‌های ARTEMIS<sup>۱</sup>، FTP-۷۲، FTP-۷۵، NEDC<sup>۲</sup>، هنگ کنگ، WLTC<sup>۳</sup>، JC۰۸<sup>۴</sup>، شی‌آن و تهران ارائه گردیده است.

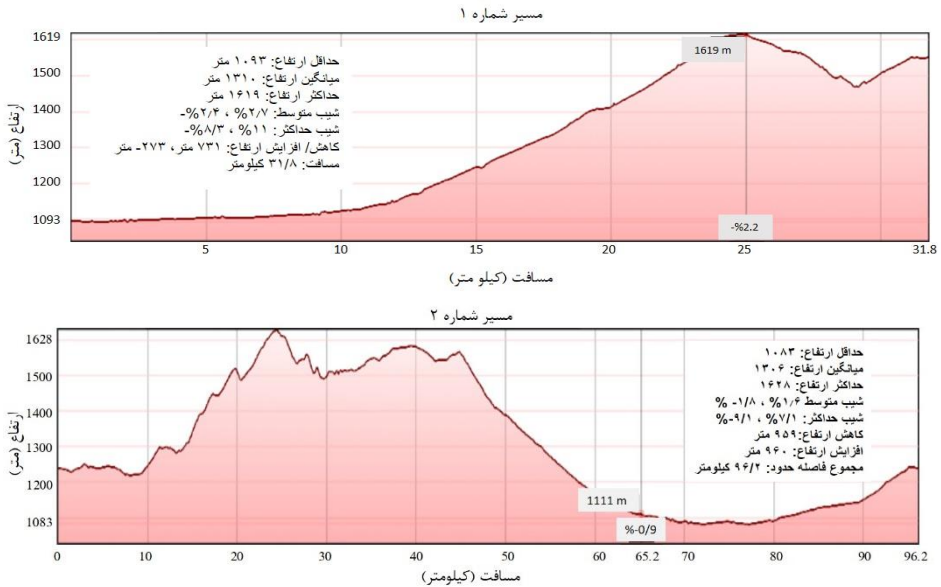
<sup>۱</sup> Federal Test Procedure (FTP)

<sup>۲</sup> New European Driving Cycle (NEDC)

<sup>۳</sup> Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles

<sup>۴</sup> Japanese Cycle (JC)

همچنین در جدول ۹ مقادیر اختلاف اعداد ثبت‌شده توسط SDC<sub>1</sub> و SDC<sub>3</sub> نسبت به هریک از چرخه‌های مورد مقایسه به صورت درصد نمایش داده شده است.



شکل ۸. تغییرات ارتفاع جاده برای مسیرهای شماره ۱ و ۲

جدول ۸. مقایسه پارامترهای مشخصه چرخه‌های استخراج‌شده، استاندارد و غیراستاندارد جهانی

Parameters	SDC [۱]	SDC [۲]	Hong-Kong [۲۵]	FTP-75 [۲۶]	NEDC [۲۶]	Tehran- Amol [۲۷]	WLTC [۲۸]	Xi'an [۲۸]	Tehran [۱۰]	Kuala Lumpur [۲۸]	Baqubah [۲۹]	Miangyang [۳۰]
'%Drive'	۸۸.۸۷	۸۲.۵۶	۸۲.۲۰	۸۷.۱۴	۷۹.۵۸	۸۲.۸۰	۸۷.۵۰	۸۲.۱۰	۸۴.۷۴	۸۲.۲۰	۷۴.۷۴	۸۸.۰۰
'%Stop'	۱۱.۱۳	۱۷.۴۴	۱۷.۸۰	۱۲.۸۶	۲۰.۴۲	۱۷.۲۰	۱۲.۵۰	۱۷.۹۰	۱۵.۲۶	۱۷.۸۰	۲۵.۲۶	۱۲.۰۰
'%Cruise'	۲۴.۴۸	۲۴.۲۵	۱۲.۰۰	۲۰.۰۶	۳۸.۸۱	۴.۳۱	۳۰.۳۰	۱۷.۲۰	-	۳۰.۰۴	۰.۰۰	۱۵.۰۰
'%Accelerating'	۳۲.۳۹	۲۸.۸۶	۳۴.۵۰	۳۶.۴۵	۲۳.۵۶	۳۸.۰۴	۲۷.۴۰	۳۲.۹۰	-	۳۹.۸۷	۵۰.۳۳	۴۰.۰۰
'%Decelerating'	۳۲.۰۰	۲۹.۳۶	۲۴.۲۰	۳۰.۶۳	۱۷.۲۹	۴۰.۴۵	۲۷.۸۰	۳۱.۹۰	-	۲۹.۲۹	۴۸.۵۳	۳۳.۰۰
'Driving Mean Speed'	۳۷.۰۳	۳۳.۴۰	۳۰.۴۰	۳۹.۲۱	۴۲.۲۴	۳۰.۲۶	۵۳.۱۴	-	-	۲۸.۷۳	-	۴۰.۲۰
'Trip Mean Speed'	۳۲.۹۰	۲۷.۵۷	۲۵.۰۰	۳۴.۲۰	۳۳.۶۰	۲۵.۰۵	۴۶.۵۰	۲۰.۷۴	۳۳.۸۳	۲۳.۲۱	۲۱.۶۳	۳۵.۳۰

Parameters	SDC [۱]	SDC [۲]	Hong-Kong [۲۵]	FTP-75 [۲۶]	NEDC [۲۶]	Tehran- Amol [۲۷]	WLTC [۲۸]	Xi'an [۲۸]	Tehran [۱۰]	Kuala Lumpur [۲۸]	Baqubah [۲۹]	Mianyang [۳۰]
'Max Speed'	۱۰۰.۸	۹۹.۰۰	۷۷.۷۰	۹۱.۰۹	۱۲۰.۰۹	۱۲۳.۲۳	۱۳۱.۳۰	۶۳.۸۶	۹۱.۰۶	۷۲.۰۰	۶۸.۰۰	۶۶.۳۰
'Mean Positive Acceleration'	۲.۰۱۲	۲.۱۰	-۰.۵۹	۰.۴۲	۰.۵۳	۱.۹۶	-۰.۴۲	۰.۷۸	-۰.۴۷	-۰.۳۷	۰.۲۴	-۰.۴۸
'Mean Negative Acceleration'	-۲.۰۴	-۲.۰۶	-	-۰.۴۶	-۰.۷۲	-۱.۷۹	-۰.۷۷	-۰.۴۴	-۰.۴۹	-۰.۳۸	-۰.۲۴	-۰.۵۷
'Standard Deviation of Speed'	۴۳.۵۹	۳۹.۹۴	-	۲۳.۵۱	۲۸.۹۱	۳۷.۷۲	-	-	-	-	-	-
'Standard Deviation of Acceleration'	۲.۱۳	۲.۰۶	-	۰.۶۳	۰.۴۸	۲.۳۶	-	-	-	-	-	-
Duration (s)	۱۷۹۸	۱۷۹۵	۱۵۴۸	۱۸۷۴	۱۱۸۰	۱۸۶۸	۱۸۰۰	۱۲۰۰	۱۵۳۳	۱۲۰۰	۱۰۵۲	۱۰۲۰

از مقایسه درصد زمان رانندگی و توقف خودرو طی چرخه‌های تولیدشده با دیگر چرخه‌ها می‌توان پی برد که چرخه‌های ایجادشده در محدوده سایر چرخه‌ها قرار دارند. علی‌رغم آن که این پارامترها برای چرخه SDC3 در محدوده سایر چرخه‌هاست، چرخه SDC1 با اختلافی اندک نسبت به چرخه اروپایی WLTC و چرخه شهر میانپانگ چین، بیشترین میزان درصد زمان رانندگی و کمترین میزان درصد زمان توقف را به خود اختصاص داده است. البته این مقادیر چندان هم با نتایج ثبت شده توسط چرخه تهران که برای خودروهای بنزینی است، متفاوت نیستند و می‌توان علت اتفاق را به فرهنگ رایج رانندگی در تهران نسبت داد. البته از آنجایی که مسیر چرخه SDC1 از مرکز شهر می‌گذرد شاید به نظر برسد که نباید چنین نتایجی حاصل شود. البته این اعداد با بررسی نتایج چرخه میانپانگ چندان هم غیرمنطقی نخواهند بود؛ زیرا این چرخه نیز اعدادی بسیار نزدیک به SDC1 را گزارش می‌کند و این در حالی است که مسیر داده‌برداری چرخه مذکور تنها از خیابان‌های اصلی و مناطق مسکونی پرتراфик تشکیل شده است [۳۰].

در بررسی درصد زمان پیمایش با سرعت ثابت و شتابدار، تمامی چرخه‌ها به‌غیر از NEDC، بیش از ۵۰ درصد زمان پیمایش را در حال حرکت در وضعیت شتابدار بوده‌اند که در این بین چرخه بعقوبه با پیمایش ۱۰۰ درصد زمان پیمایش خود در وضعیت شتابدار، کمترین مقدار حرکت با سرعت ثابت را ثبت کرده است. از نکاتی که می‌تواند زیاد بودن سهم زمانی حرکت بدون شتاب را برای NEDC توجیه کند، می‌توان به غیرواقعی بودن آن اشاره کرد. در ارتباط با اینکه چگونه چرخه بعقوبه بدون گذراندن حتی ۱ درصد از زمان پیمایش به‌صورت بدون شتاب می‌تواند به رفتار رانندگی حاکم در این شهر اشاره کرد؛ هرچند در پژوهش انجام‌شده پس از مقایسه این چرخه با چرخه شهر نیویورک که توسط سازمان محیط زیست آمریکا تولید شده بود، این پارامتر در هر دو چرخه برابر بوده است [۲۹].

## جدول ۹. خطای پارامترهای مشخصه چرخه‌های استخراج‌شده نسبت به استاندارد و غیراستاندارد جهانی

Parameters	Hong-Kong [۲۵]	FTP-75 [۲۶]	NEDC [۲۶]	Tehran- Amol [۲۷]	WLTC [۲۱]	Xi'an [۲۱]	Tehran [۱۰]	Kuala Lumpur [۲۸]	Baqubah [۲۹]	Mianyang [۳۰]	Cycle
'Drive%'	۸.۱۱	۱.۹۸	۱۱.۶۷	۷.۲۳	۱.۵۶	۸.۲۵	۴.۸۷	۸.۱۱	۱۸.۹۰	۰.۹۸	SDC ۱
	۰.۴۴	-۵.۲۵	۳.۷۴	-۰.۲۹	-۵.۶۴	۰.۵۶	-۲.۵۷	۰.۴۴	۱۰.۴۶	-۶.۱۸	SDC ۳
'Stop%'	-۳۷.۴۷	-۱۳.۴۵	-۴۵.۴۹	-۳۵.۲۹	-۱۰.۹۶	-۳۷.۸۰	-۲۷.۰۶	-۳۷.۵۰	-۵۵.۹۰	-۷.۲۵	SDC ۱
	-۲۰.۰۲	۳۵.۶۱	-۱۴.۵۹	۱.۳۹	۳۹.۵۲	-۲.۵۷	۱۴.۲۸	-۲۰.۰۲	-۳۰.۹۶	۴۵.۳۳	SDC ۳
'%Cruise'	۱۰۴.۰۰	۲۲.۰۳	-۳۶.۹۲	۴۶۷.۹۸	-۱۹.۲۰	۴۱.۵۰	-	۷۰۵.۲۰	-	۶۳.۲۰	SDC ۱
	۱۰۲.۹۲	۲۱.۳۸	-۳۷.۲۶	۴۶۴.۹۶	-۱۹.۶۴	۴۰.۷۵	-	۷۰۰.۹۸	-	۶۳.۳۳	SDC ۳
'%'	-۶.۱۱	-۱۱.۱۴	۳۷.۴۷	-۱۴.۸۵	۱۸.۲۱	-۱.۵۵	-	-۱۸.۷۶	-۳۵.۶۴	-۱۹.۰۲	SDC ۱
	-۱۶.۳۵	-۲۰.۸۲	۲۲.۴۹	-۲۴.۱۳	۵.۳۳	-۱۳.۲۸	-	-۲۷.۶۱	-۴۲.۶۶	-۲۷.۸۵	SDC ۳
'%'	-۶.۴۳	۴.۴۷	۸۵.۱۰	-۲۰.۸۹	۱۵.۱۱	۰.۳۱	-	-۱۸.۵۵	-۳۴.۰۶	-۳.۰۳	SDC ۱
	-۱۴.۱۵	-۴.۱۵	۶۹.۸۱	-۲۷.۴۱	۵.۶۱	-۷.۹۶	-	-۲۵.۲۷	-۲۹.۵۰	-۱۱.۰۳	SDC ۳
'Driving Mean Speed'	۲۱.۸۱	-۵.۵۶	-۱۳.۳۳	۲۲.۳۷	-۳۰.۳۲	-	-	۲۸.۸۹	-	-۷.۸۸	SDC ۱
	۹.۸۷	-۱۴.۸۲	-۲۰.۹۳	۱۰.۳۸	-۳۷.۱۵	-	-	۱۶.۳۵	-	-۱۶.۹۱	SDC ۳
'Trip Mean Speed'	۳۱.۶	-۳.۸۰	-۲.۰۸	۳۱.۳۴	-۲۹.۲۵	۵۸.۶۳	-۲.۷۵	۴۱.۷۵	۵۲.۱۰	-۶.۸۰	SDC ۱
	۱۰.۳۸	-۱۹.۴	-۱۷.۹۵	۱۰.۰۶	-۴۰.۷۱	۳۲.۹۳	-۱۸.۵۰	۱۸.۷۸	۲۷.۴۶	-۲۱.۹۰	SDC ۳
'Max Speed'	۲۹.۷۳	۱۰.۶۶	-۱۶.۰۶	-۱۸.۲۰	-۲۳.۲۳	۵۷.۸۵	۱۰.۷۰	۴۰.۰۰	۴۸.۲۴	۵۲.۰۳	SDC ۱
	۲۷.۴۱	۸.۶۸	-۱۷.۵۶	-۱۹.۶۶	-۲۴.۶۰	۵۵.۰۳	۸.۷۲	۳۷.۵۰	۴۵.۵۹	۴۹.۳۲	SDC ۳
'Mean Positive 'Acceleration	۲۴۱.۰۲	۳۷۹.۰۵	۲۷۹.۶۲	۲.۶۵	۳۷۹.۰۵	۱۵۷.۹۵	۳۲۸.۰۸	۴۴۳.۷۸	۷۳۸.۳۳	۳۱۹.۱۶	SDC ۱
	۲۵۵.۹۳	۴۰۰.۰۰	۲۹۶.۲۳	۷.۱۴	۴۰۰	۱۶۹.۲۳	۳۴۶.۸۱	۴۶۷.۵۷	۷۷۵.۰۰	۳۳۷.۵۰	SDC ۳
'Mean Negative 'Acceleration	۲۴۲.۸۶	۳۴۳.۵۰	۱۸۳.۳۳	۱۳.۹۶	۱۶۴.۹۳	۳۶۳.۶۴	۳۱۶.۳۳	۴۳۶.۸۴	۷۵۰.۰۰	۲۵۷.۸۹	SDC ۱
	۲۴۶.۲۲	۳۴۷.۸۳	۱۸۶.۱۱	۱۵.۰۸	۱۶۷.۵۳	۳۶۸.۱۸	۳۲۰.۴۱	۴۴۲.۱۰	۷۵۸.۳۳	۲۶۱.۴۰	SDC ۳
'Standard Deviation ' of Speed	-	۸۵.۴۱	۵۰.۷۸	۱۵.۵۶	-	-	-	-	-	-	SDC ۱
	-	۶۹.۸۸	۳۸.۱۵	۵.۸۸	-	-	-	-	-	-	SDC ۳
'Standard Deviation of 'Acceleration	-	۲۳۸.۱	۳۴۳.۷۵	-۹.۷۴	-	-	-	-	-	-	SDC ۱
	-	۲۲۶.۹۸	۳۲۹.۱۷	-۱۳.۷۱	-	-	-	-	-	-	SDC ۳

با مقایسه نتایج ارائه شده برای میانگین سرعت رانندگی مشخص می‌شود که چرخه‌های این پژوهش همچون سایر مطالعات، در بازه حدود ۳۰ تا حدود ۴۰ کیلومتر بر ساعت هستند. این در حالی‌ست که چرخه WLTC بیشترین

مقادیر را برای این پارامتر از خود بر جای گذاشته است. علت اختلاف آشکاری که به میانگین سرعت رانندگی این چرخه با سایرین وجود دارد را می‌توان به این حقیقت نسبت داد که از ۱۴ کشور درگیر در تولید این چرخه، ۱۰ کشور آن اروپایی می‌باشد و در گزارش منتشر تولیدکنندگان آن به این نکته اشاره شده که رانندگان اروپایی با سرعت زیادی خودروهایی خود را می‌رانند [۲۴]. در رابطه با سرعت میانگین سفر نیز می‌توان گفت براساس تعریف میانگین سرعت سفر و رانندگی، هرچه درصد زمان رانندگی چرخه بیشتر باشد این دو عدد به یکدیگر نزدیک‌ترند [۲۷]؛ از این رو با توجه به آن که درصد بسیار زیادی از چرخه WLTC را زمان رانندگی آن در برمی‌گیرد، همچنین با توجه به آن که پیش‌تر این چرخه بیشترین میانگین سرعت را ثبت کرده بود، کاملاً واضح است که میانگین سرعت سفر نیز متعلق به این چرخه باشد.

در بررسی بیشترین سرعت، کماکان بیشترین مقدار متعلق به WLTC است. این نتیجه از آنجایی بدیهی به نظر می‌رسید که این چرخه بیشترین مقادیر میانگین سرعت رانندگی و سفر را نیز به خود اختصاص داده بود. اما با بررسی چرخه‌های مربوط به شهرهای شرق آسیا مشخص می‌شود که رانندگان این کشورها با سرعت کمتری نسبت به سایر نقاط جهان خودرو را می‌رانند. این موضوع در گزارش ارائه‌شده در مرجع [۲۴] نیز مورد توجه قرار گرفته بود.

در رابطه با بیشترین شتاب‌های مثبت و منفی نمی‌توان به راحتی نظر داد؛ زیرا از مقایسه اعداد به دست آمده برای چرخه‌های این مقاله با مقادیر آن‌ها در مرجع فتوحی و منتظری [۱۰] ممکن است این اعداد غیرواقعی به نظر برسند. جدا از اینکه در مقالات دیگری همچون پژوهش رضوی [۱۳] تمایل رانندگان ایرانی به افزایش و کاهش‌های زیاد سرعت، اثبات شده است می‌توان علت این افزایش و کاهش شدید سرعت را به مسیر مورد بررسی در چرخه‌های این پژوهش نسبت داد. هر دو چرخه ایجادشده در این پژوهش، بخشی از مسیر خود را در مناطق پرتراфик سپری کرده‌اند. به این مورد باید تغییرات شیب مسیر که البته با نگاهی گذرا به تصویر ارائه شده در شکل ۸ قابل مشاهده است نیز اضافه گردد.

بررسی نتایج ارائه‌شده برای پارامتر انحراف از میانگین سرعت نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر توسط چرخه‌های SDC۱ و SDC۳ ثبت گردیده است. این پارامتر نشان‌دهنده آن است که خودرو طی چرخه مورد نظر تا چه حد نیازمند تغییر سرعت، نسبت به میانگین سرعت سفر است [۲۷]. با توجه به اینکه چرخه‌های نام‌برده، بیشترین میزان شتاب‌گیری‌های مثبت و منفی را داشته‌اند؛ چنین نتیجه‌ای از آن‌ها نیز قابل انتظار است. همچنین می‌توان علت ثبت کمترین مقدار توسط NEDC را به غیرواقعی بودن این چرخه نسبت داد. پارامتر انحراف از میانگین شتاب، نمایانگر آن است که تغییرات شتاب چه مقدار بوده یا به عبارت دیگر، تغییرات سرعت با چه شیبی اتفاق افتاده است [۲۷]. در میان نتایج ارائه‌شده برای این پارامتر، چرخه‌های این مطالعه، بیشترین و چرخه NEDC کمترین مقدار را دارا هستند. علت زیاد بودن این پارامتر در چرخه‌های SDC۱ و SDC۳ را می‌توان به ناهمواری و شیب مسیر و نیز واقعی بودن این چرخه‌ها نسبت داد که راننده را مجبور به تغییر سرعت‌های ناگهانی می‌کند؛ زیرا اگر این تغییرات سرعت به‌آهستگی اتفاق می‌افتادند مقدار این پارامتر چندان هم افزایش نمی‌یافت. این در حالی‌ست که خودرو تحت چرخه NEDC، به دلیل غیرواقعی بودن، چندان نیازی به تغییر سرعت با استفاده از شتاب‌گیری یا کاهش سرعت ناگهانی ندارد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه‌شده مشخص می‌گردد که روش و ابزارهای رسیدن به اهداف این پروژه، به‌خوبی در این گزارش طی شده است و در عمل تمامی موارد مطرح‌شده می‌توانند به‌عنوان نتایجی برای استخراج چرخه رانندگی خودروهای هیبرید مورد استفاده واقع شود. از نتایج مطالعه صورت‌گرفته در این پژوهش، به اختصار، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- با توجه به آنکه مسیر موردبررسی، طی فرایند تولید چرخه، در واقع نماینده کلیه مسیرها و شرایط جغرافیایی شهر است، می‌توان این‌طور استنباط کرد که چرخه‌های حاضر نه‌تنها برای مسیر موردبررسی که حتی برای شهر تهران یا شهرهای دیگری که دارای شرایط جغرافیایی و اقلیمی مشابه این شهر هستند قابل استفاده است.
- با توجه به آن‌که چرخه‌های ایجادشده تا حد زیادی مشابه سایر چرخه‌های جهانی و همچنین مشابه چرخه استخراج شده برای شهر تهران هستند، می‌توان نتیجه گرفت که نرم‌افزار توسعه‌یافته داده‌برداری از دقت و کیفیت مناسبی برخوردار است.
- نوع خودرو می‌تواند بر مواردی از قبیل سرعت بیشینه، میانگین شتاب مثبت و میانگین شتاب منفی تأثیرگذار باشد. از تشابه نتایج محاسبه پارامتر چرخه‌های استخراج‌شده در این پژوهش با چرخه تهران که برای خودروهای بنزینی تولیدشده، مشخص می‌شود که در شهر تهران بیش از آن‌که نوع وسیله نقلیه بر وضعیت حرکت خودرو مؤثر باشد، فرهنگ رانندگی و نیز ناهمواری‌های این شهر تأثیرگذار هستند.
- در پژوهش انجام‌شده مشخص شد که رانندگان این پژوهش تمایل کمی به حرکت با سرعت ثابت دارند؛ زیرا چرخه‌های SDC1 و SDC3 تنها حدود یک‌چهارم زمان خود را صرف حرکت بدون شتاب کرده‌اند. البته این رفتار چندان با رفتار رانندگان سایر نقاط جهان، در چرخه‌های واقعی، متفاوت نیست.
- نتایج نشان داد که رانندگان این پژوهش با سرعتی حدود ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، خودروی خود را می‌رانند که نسبت به چرخه‌های دیگر شهرهای آسیایی بیشتر است. این مسئله البته در شهری همچون تهران که پر از بزرگراه است چندان هم عجیب نیست.
- از مقایسه پارامتر انحراف از میانگین شتاب چرخه‌های SDC1 و SDC3 می‌توان به این واقعیت پی برد که رانندگان این پژوهش نه‌تنها تغییرات زیادی در سرعت خودرو می‌دهند بلکه این تغییرات را با شدت زیادی اعمال می‌کنند. این مسئله با توجه به گزارش شدن عدد ۲ برای این پارامتر توسط چرخه‌های این پژوهش است که در دیگر چرخه‌ها مقدار انحراف از میانگین شتاب عددی کمتر از ۱ را دارد.

## References

- [1] Samuel, S., Austin, L., & Morrey, D. (2002). Automotive test drive cycles for emission measurement and real-world emission levels-a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 216(7), 555-564. <https://doi.org/10.1243/095440702760178587>

- [2] Liu, B., Shi, Q., He, L., & Qiu, D. (2018). A study on the construction of Hefei urban driving cycle for passenger vehicle. *International Federation Of Automatic Control PapersOnLine*, 51(31), 854-858. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.10.100>
- [3] Shi, Q., Zheng, Y., Wang, R., & Li, Y. (2011). The study of a new method of driving cycles construction. *Procedia Engineering*, 16, 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.1055>
- [4] Kamble, S. H., Mathew, T. V., & Sharma, G. K. (2009). Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.11.008>
- [5] Jing, Z., Wang, G., Zhang, S., & Qiu, C. (2017). Building Tianjin driving cycle based on linear discriminant analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 78-87. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.005>
- [6] Qaraati, T., Momeni Movahed, A., Azadi, M., Mousavian, S. A., & Nikkhah, M. (2020, February 18). *Comparison of the characteristic parameters of the driving cycle using real data collected in Iran and world standard cycles*. 11th International Conference on Internal Combustion Engines, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1015542/>
- [7] Mafi, A., Kakaei, A. H., & Mashhadi, B. (2020, February 18). *Optimum vector data selection in Tehran city using urban traffic information in order to develop the city's driving cycle*. 11th International Conference on Internal Combustion Engines, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1015447/>
- [8] Mafi, S., Kakaei, A. H., & Mashhadi, B. (2020, February 18). *The importance of developing local driving cycles in the study of energy consumption of passenger cars*. 11th International Conference on Internal Combustion Engines, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1015507/>
- [9] Mousavian, S., AbdulMaliki, S., Rezaei, M., & Nejat, M. (2020, February 18). *Extracting the driving cycle of Tehran city's west range for car motor vehicle using tiny travel clustering method*. 11th International Conference on Internal Combustion Engines, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1015492/>
- [10] Fotouhi, A., & Montazeri-Gh, M. (2013). Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*, 20(2), 286-293. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2013.04.001>
- [11] Shi, S., Lin, N., Zhang, Y., Cheng, J., Huang, C., Liu, L., & Lu, B. (2016). Research on Markov property analysis of driving cycles and its application. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.013>
- [12] Razavi, H. (2011). Development Of Driving Cycle Using Monte Carlo Method For Evaluating Vehicle Design Fitness To Application. *Journal Of Transportation Engineering*, 2(3 (7)), 239-248. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=276249>
- [13] Montazeri-Gh, M., & Naghizadeh, M. (2003, October 26-29). *Development of car drive cycle for simulation of emissions and fuel economy*. Proceedings of 15th European simulation symposium, Delft, Netherlands. <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAQQw7AJahcKEwiog5DKo9r4AhUAAA AHQAAAAAQAg&url=http%3A%2F%2Fciteserx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Bjsessionid%3D410F00FE0E2EBC5A35FDDAABCF8F4F56%3Fdoi%3D10.1.1.496.9910%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&psig=AOvVaw3dg5WtCAsSNkBLrc hLQzO4&ust=1656853715793543>

- [14] Galgamuwa, U., Perera, L., & Bandara, S. (2016). A Representative Driving Cycle for the Southern Expressway Compared to Existing Driving Cycles. *Transportation in Developing Economies*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40890-016-0027-4>
- [15] Brady, J., & O'Mahony, M. (2016). Development of a driving cycle to evaluate the energy economy of electric vehicles in urban areas. *Applied Energy*, 177, 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.094>
- [16] Anida, I., & Salisa, A. (2019). Driving cycle development for Kuala Terengganu city using k-means method. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(3), 1780-1787. <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i3.pp1780-1787>
- [17] Zhou, W., Xu, K., Yang, Y., & Lu, J. (2017). Driving Cycle Development for Electric Vehicle Application using Principal Component Analysis and K-means Cluster: With the Case of Shenyang, China. *Energy Procedia*, 105, 2831-2836. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.620>
- [18] Saleh, W., Kumar, R., Kirby, H., & Kumar, P. (2009). Real world driving cycle for motorcycles in Edinburgh. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(5), 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.03.003>
- [19] Poursmaeili, M. A., Aghayan, I., & Taghizadeh, S. A. (2018). Development of Mashhad driving cycle for passenger car to model vehicle exhaust emissions calibrated using on-board measurements. *Sustainable Cities and Society*, 36, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.034>
- [20] Chauhan, B. P., Joshi, G. J., & Parida, P. (2018). Driving cycle analysis to identify intersection influence zone for urban intersections under heterogeneous traffic condition. *Sustainable Cities and Society*, 41, 180-185. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.039>
- [21] Zhao, X., Yu, Q., Ma, J., Wu, Y., Yu, M., & Ye, Y. (2018). Development of a Representative EV Urban Driving Cycle Based on a k-Means and SVM Hybrid Clustering Algorithm. *Journal of Advanced Transportation*, 2018(1), 1-18. <https://doi.org/10.1155/2018/1890753>
- [22] Yektai, M. H., & Pournajarzade, M. (2016, March 14). *MLP neural network classification algorithms and support vector machine (SVM) for detecting unsolicited emails*. 2th International conference on research in science and technology, İstanbul, Turkey. <https://civilica.com/doc/446417/>
- [23] Qaraati, T., Momeni Movahed, A., Azadi, M., Mousavian, S. A., & Nikkhah, M. (2020, December 22-23). *Performance evaluation of speed- acceleration probability matrix, K-MEANS support vector machine and artificial neural network for extracting driving cycles*. The first conference on recent developments and future trends in the automotive industry, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1146906/>
- [24] Tutuiianu, M., Marotta, A., Steven, H., Ericsson, E., Haniu, T., Ichikawa, N., & Ishii, H. (2013). *Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC): Draft technical report*. GRPE-67-03. <https://unece.org/DAM/trans/doc/2013/wp29grpe/GRPE-67-03.pdf>
- [25] Hung, W. T., Tong, H. Y., Lee, C. P., Ha, K., & Pao, L. Y. (2007). Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(2), 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.01.002>
- [26] Barlow, T. J., Latham, S., McCrae, I., & Boulter, P. (2009). *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. TRL. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/4247/ppr-354.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/4247/ppr-354.pdf)



- [27] Qaraati, T., Momeni Movahed, A., Azadi, M., & Mousavian, S. A. (2021). Comparison of support vector machine and K-means algorithms performance in extracting the real driving cycle of combined Tehran-Amol. *Amirkabir Journal of Mechanical Engineering*, 53(9), 15-15. [https://mej.aut.ac.ir/jufile?ar\\_sfile=83381](https://mej.aut.ac.ir/jufile?ar_sfile=83381)
- [28] Tharvin, R., Kamarudin, N. S., Shahrman, A. B., Zunaidi, I., Razlan, Z. M., Wan, W. K., Harun, A., Hashim, M. S. M., Ibrahim, I., Faizi, M. K., Saad, M. A. M., Mahayadin, A. R., & Rani, M. F. H. (2018, August 15-17). *Development of Driving Cycle for Passenger Car under Real World Driving Conditions in Kuala Lumpur, Malaysia*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sarawak, Malaysia. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/429/1/012047>
- [29] Ahmed, A-S. (2017). Real-World Driving Cycle: Case Study of Baqubah, Iraq. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 10(2), 39-47. <https://doi.org/10.24237/djes.2017.10204>
- [30] Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(5), 289-297. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.03.003>