فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineresearch.ir

استخراج چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی شهر تهران برای خودروی با موتور پرخوران با استفاده از روش خوشه‌بندی ریزسفر

سید اشکان موسویان[۱*]، سعید عبدالملکی[۲]، مهدی رضایی[۳]، محمد نجات[۴]

[۱] عضو هیأت علمی دانشکده فنی کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران، a_moosavian@tvu.ac.ir

[۲] دانشجوی دکتری رشتهٔ مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، saeed.abdolmaleki@modares.ac.ir

[۳] آزمایشگاه‌های موتور، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)، تهران، ایران، me_rezaei@ip-co.com

[۴] مدیر طرح موتور ملی پرخوران، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)، تهران، ایران، m_nejat@ip-co.com

* نویسندهٔ مسئول

چکیده

چرخهٔ رانندگی یکی از مهمترین ابزارها برای بررسی مصرف سوخت خودروها و سطح آلایندگی در محدوده‌های شهری و بین شهری است. همچنین در راستای تصمیمات کلان زیست محیطی، مدیریت آمد و شد و راهسازی، چرخه‌های رانندگی جزو ملزومات است. بر همین اساس، تحقیق حاضر الگوی رانندگی شهری خودرویی با موتور پرخوران با هدف استخراج چرخهٔ رانندگی را بررسی و تحلیل می‌کند. بدین منظور با استفاده از روش خوشه‌بندی ریزسفرها، چرخهٔ رانندگی این خودرو از داده‌های اندازه‌گیری شده طی آزمون خودرویی استخراج شد. نتایج نشان داد در این چرخهٔ رانندگی که حدوداً ۱۰۶۳ ثانیه به طول می‌انجامد، متوسط سرعت خودرو، شتاب‌گیری و ترمزگیری به ترتیب حدوداً ۲۹کیلومتر بر ساعت، ۰٫۴۵ و ۰٫۴۱- متر بر مجذور ثانیه است. همچنین خودرو در این چرخهٔ استخراج شده، حدوداً ۱۵ درصد از کل زمان رانندگی را در توقف با دور درجا سپری می‌کند. به علاوه متوسط سرعت موتور برای خودرو در این چرخهٔ رانندگی، ۱۳۳۷ د.د.د. است. همچنین نتایج نشان داد که از میان بازه‌های مختلف سرعت-شتاب، بیشترین مدت زمان رانندگی متعلق به بازهٔ سرعت ۰ تا ۰٫۱ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰٫۱- تا ۰٫۱ متر بر مجذور ثانیه با سهم ۱۳٫۵ درصد از کل زمان چرخهٔ رانندگی است. در رتبه‌های دوم و سوم، ۷٫۵ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۰٫۱ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۱- تا ۰٫۱- متر بر مجذور ثانیه ، و ۷ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰٫۱ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه سپری می‌شود.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

اطلاعات مقاله

تاریخچهٔ مقاله:

دریافت: ۱۸ آبان ۱۳۹۸

پذیرش: ۲۹ بهمن ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:

چرخهٔ رانندگی

موتور پرخوران

محدودهٔ غربی شهر تهران

خوشه‌بندی

۱- مقدمه

برای ارزیابی آلاینده‌های خروجی از خودروها، ارزیابی مصرف سوخت و ارزیابی قابلیت اطمینان و عمر مفید خودروها نیاز به یک معیار و روش اندازه‌گیری استاندارد است که اولاً اندازه‌گیری‌ها قابل تکرار باشد و ثانیاً این معیار و روش اندازه‌گیری با شرایط محیطی، وضعیت آمد و شد، مشخصات سوخت، فرهنگ رانندگی مردم یک کشور و غیره منطبق باشد. این موضوع بیانگر اهمیت استخراج چرخهٔ رانندگی است. یک چرخهٔ رانندگی عبارت است از دنباله‌ای از نقاط کاری خودرو، که هر نقطه کاری بیانگر یک سرعت خودرو در زمان‌های بعد از روشن شدن خودرو است که ممکن است خودرو در این نقاط شتاب‌گیری کرده و یا کاهش سرعت داشته باشد. تاریخچه تدوین چرخه‌های رانندگی به ابتدای دهه ۶۰ میلادی بر می‌گردد که صدور تائیدیهٔ استاندارد آلایندگی خودروها در چرخه‌های رانندگی صورت می‌گرفت [۱].

به‌طور کلی بازه زمانی چرخه‌های رانندگی از چند دقیقه تا حدود ۳۰ دقیقه است، هر چند در برخی منابع چرخه‌های رانندگی با زمان طولانی‌تر نیز دیده می‌شود [۱،۲]. توسعه چرخه‌های رانندگی به دلایل متعددی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است از جمله:

۱- آزمون‌های آلایندگی خودرویی و صدور مجوزهای زیست محیطی وابسته به چرخهٔ رانندگی است و زینه‌بندی سامانه مدیریت موتور و طراحی سایر سامانه‌های موتور به گونه‌ای انجام می‌شود که آلاینده‌های خروجی در این چرخه کمینه باشد.

۲- یکی از معیارهای مشتری برای انتخاب خودرو مصرف سوخت خودروهاست، که مقایسه خودروها از نظر مقدار آلایندگی و مصرف سوخت توسط چرخهٔ رانندگی انجام می‌شود. بنابراین هرقدر این چرخه به شرایط رانندگی واقعی مشتری نزدیک‌تر باشد این مقایسه صحیح‌تر خواهد بود.

۳- چرخه‌های رانندگی بیانگر میانگین شرایط رانندگی در یک منطقه و یا یک کشور است و تقریباً بیشتر طرح‌های تحقیقاتی و تدوین راهبردهای زیست محیطی شامل کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های هوا، بر پایه همین چرخه های رانندگی است.

به طور آرمانی یک چرخهٔ رانندگی باید نمایندهٔ رفتار واقعی وسیلهٔ نقلیه باشد (اعم از اینکه راننده این وسیلهٔ نقلیه رفتار عادی یا پرخاشگر، مبتدی یا حرفه‌ای، پیر یا جوان و ... داشته باشد). همچنین چرخهٔ رانندگی به‌صورت عملیاتی باید شامل مراحل زیر باشد [۱،۲]:

الف) شروع چرخهٔ رانندگی باید با یک شروع به کار سرد باشد، یعنی اینکه خودرو بعد از اینکه در یک بازه زمانی طولانی خاموش بوده، روشن می‌شود و معمولاً این شروع به کار سرد در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس انجام می‌شود. این رفتار، شبیه سازی توقف شبانه بیشتر خودروهاست.

ب) دارای یک یا چند توقف و شروع به حرکت گرم باشد.

ج) باید شامل شتاب‌گیری و افزایش سرعت، ترمزگیری و کاهش سرعت و همچنین حرکت با سرعت نسبتاً یکنواخت و همچنین حرکت در دنده‌های مختلف همراه با افزایش و کاهش بار موتور باشد.

د) باید شامل شرایط توقف و کارکردن موتور در دور آرام باشد (همانند اوقاتی که خودرو در شهرها در پشت چراغ قرمز یا آمد و شد سنگین متوقف است).

ه) باید شامل نواحی چرخه‌های مختلف رانندگی مانند رانندگی درون بزرگراه‌ها، رانندگی در جاده‌های فرعی و رانندگی درون شهر باشد.

و) باید قابل اجرا و عملی باشد. خیلی طولانی و خیلی پیچیده نباشد. زمان ۲۰ تا ۳۰ دقیقه به اندازه کافی طولانی به نظر می‌رسد که مقدار معقول و نماینده درستی از کلیه فعالیت‌های رانندگی را شامل شود.

ی) قابل تکرار باشد و در تکرارهای مختلف به نتایج یکسانی برسد.

ز) کاملاً قابل کنترل باشد و همه خودروهایی که قرار است با این چرخه آزمون شود باید قادر باشند (به لحاظ سرعت و شتاب بیشینه، ترمزگیری و ...) بدون مشکل این چرخه را اجرا کنند.

چرخه‌های رانندگی مختلف با هدف ایجاد شرایط عملکردی وسایل نقلیه در دست کاربران، برای استفاده در یک اتاق آزمون ایجاد شده اند. با توجه به اهمیت چرخهٔ رانندگی که پیشتر بیان شد، توسعهٔ چرخهٔ رانندگی در کشورهای مختلف بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. یک چرخهٔ رانندگی عمدتاً براساس شرایط رانندگی معمولی برای یک منطقه جغرافیایی و مدت زمان مشخص توسعه می‌یابد.

بارلو و محققان دیگر [۱-۷] بیش از ۲۵۰ چرخه مختلف را که با اهداف متفاوتی تهیه شده است را معرفی کردند. قسمت زیادی از این پژوهش‌ها با هدف بررسی اثر چرخهٔ رانندگی بر مصرف سوخت و آلایندگی انجام شده است. چرخه‌های رانندگی موجود که برای نواحی مختلف توسط داده‌های مربوط به همان منطقه توسعه داده شده‌اند، نیازمند مراحل مختلف است؛ از جمله روش‌های جمع آوری داده‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها (که از معیارهای بسیار دلخواه تا روش‌های آماری بسیار پیچیده، متفاوت هستند). تعدادی از متغیرهایی که برای دسته‌بندی چرخه‌ها استفاده می‌شوند عبارتند از: سرعت متوسط، بیشینه سرعت، زمان ترمزگیری، توزیع سرعت آنی و شتاب و غیره که در دسته بندی چرخه‌های رانندگی نظر گرفته شده است.

۲- انواع چرخه های رانندگی

چرخهٔ رانندگی تدوین شده می‌تواند یک چرخهٔ رانندگی ترکیبی، مصنوعی یا مجموعه‌ای از چرخه‌های تحقیقی باشد که شرایط مختلفی را نشان می‌دهد [۱]. اولین چرخه‌های رانندگی توسعه داده شده، چرخه‌های ساختگی[1] یا چرخه‌های مصنوعی (با استفاده از حالت‌های ساده و مراحل پایدار سرعت و شتاب) توسعه داده شده‌اند. چرخهٔ اروپایی ECE15 (که معمولاً با عنوان چرخه شهری اروپا شناخته می‌شود[2]) و چرخهٔ ۷ حالتی کالیفرنیا که در زیر

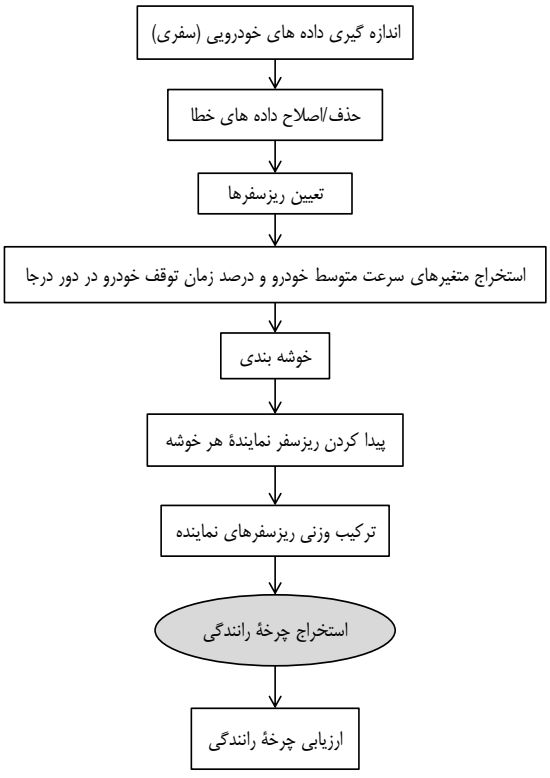
[1] Synthetic cycles

[2] also known as UDC – Urban Driving Cycle

شرح داده خواهد شد از این نوع چرخه‌ها هستند [۸،۹،۱۰]؛
با استفاده از یک وسیله نقلیهٔ واحد که یک مسیر جاده‌ای مشخص شده را طی می‌کند، مدت زمان سفر به صورت دستی برای هر چهار حالت اندازه-گیری می‌شود؛ ۱) بدون حرکت، ۲) حرکت با شتاب مثبت، ۳) حرکت با شتاب منفی ۴) حرکت در حالت کروز. سپس یک چرخهٔ مصنوعی که شامل یک قسمت از بخش مربوط به هر حالت است ساخته می‌شود.
یکی دیگر از انواع چرخه‌های رانندگی، چرخه‌هایی هستند که با استفاده از توزیع آماری ایجاد شده‌اند. از روی داده‌های ثبت شده در مسیرهای مختلف، از جمله بخش‌های شهری و حومه‌ای از جاده‌ها و بزرگراه‌ها در یک ناحیه جغرافیایی مشخص، انجام می‌شود.
براساس آن، سه متغیر سرعت خودرو، شتاب خودرو و شیب جاده می‌توانند به‌طور جداگانه توزیع‌های عادی داشته باشند. این چرخه‌ها برای ارزیابی محدوده رانندگی وسیلهٔ نقلیه و یا حتی برای تحلیل تأثیر رفتار رانندگی، شرایط آمد و شد و بویژه تأثیر چرخه بر مقدار انتشار آلاینده‌ها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در این نوع مطالعات، توزیع متغیرها (به خصوص در مواقعی که توزیع سرعت خودرو عادی نباشد) نمی‌تواند نماینده درستی از چرخهٔ رانندگی در آن ناحیه باشد.
در اولین چرخه‌های رانندگی توسعه داده شده برای آمریکا، اروپا و ژاپن که در دههٔ ۶۰ میلادی بوده بیشترین تمرکز بر روی رانندگی شهری بوده است به‌طور مثال اولین چرخهٔ رانندگی اروپا که توسط چند خودروساز توسعه داده شد با داده‌برداری بر روی چندین خودرو در چهار شهر تورینو در ایتالیا، ورسای در فرانسه، لندن در انگلستان و اشتوتگات در آلمان بوده است و مناسب‌ترین داده‌هایی که برای توصیف شرایط رانندگی استفاده شد عبارت بودند از متوسط سرعت، متوسط شتاب مثبت، متوسط شتاب منفی، متوسط فاصله بین دو توقف و تعداد تغییرات شتاب از شتاب مثبت به شتاب منفی [۹،۶].
فتوحی و منتظری در سال ۲۰۱۳ به استخراج چرخهٔ رانندگی برای شهر تهران توسط روش خوشه‌بندی پرداختند. تحلیل‌ها بر پایهٔ داده‌های رانندگی یک خودروی سواری با موتور تنفس طبیعی برای ۶ ماه رانندگی در مکان-های مختلف شهر تهران انجام شد. این تحقیق منجر به استخراج یک چرخهٔ رانندگی ۱۵۳۳ ثانیه‌ای شد. سپس مقادیر مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌های CO، HC و NO_x برای چرخهٔ رانندگی استخراج شده، محاسبه گشت [۱۱].
پوراسماعیلی و همکاران در سال ۲۰۱۸، چرخهٔ رانندگی برای شهر مشهد بین دو مکان به فاصلهٔ ۱۵ کیلومتر که نواحی شمال غربی و جنوب شرقی شهر را به هم متصل می‌کند، بر پایهٔ ترکیب تصادفی ریزسفرها استخراج کردند. چرخهٔ رانندگی استخراج شده حدوداً ۱۰۰۰ ثانیه بود. همچنین بررسی بر روی مقادیر آلاینده‌ها برای چرخهٔ استخراج شده و مقایسهٔ آن با شهرهای پونا، مکزیک و پکن صورت گرفت [۱۲].
در مجموع با توجه به اهمیت فراوان تدوین و استخراج چرخهٔ رانندگی برای هر شهر و نیز به دلیل نبود چرخهٔ رانندگی جامع برای شهرهای کشور خصوصاً کلان شهرها، تحقیق در این حوزه ضروری است. البته همانطور که پیشتر اشاره شد، پژوهش‌های موفقی در این زمینه صورت گرفته و چرخه‌هایی برای شهرهای تهران [۱۱] و مشهد [۱۲] توسعه داده شده‌اند اما تمام شرایط رانندگی مانند طیف متنوعی از موتور و خودروها، محدودهٔ جغرافیایی شهر، رانندگان و شرایط آب و هوایی به‌طور کامل پوشش داده نشده است. بنابراین برای ادامهٔ این حوزهٔ تحقیقاتی و پوشش هرچه بیشتر شرایط رانندگی مختلف، تحقیق حاضر به‌عنوان پژوهشی نو بر روی استخراج چرخهٔ رانندگی خودروی با موتور پرخوران برای محدودهٔ غربی شهر تهران تمرکز دارد. همچنین در این تحقیق، تحلیل بر روی سرعت موتور خودرو نیز صورت گرفته که در پژوهش‌های پیشین انجام نشده است.

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق شامل دو مرحلهٔ آزمون تجربی و تحلیل داده است. در بخش آزمون تجربی، داده‌های سرعت خودرو بر حسب زمان طی رانندگی، توسط سامانهٔ داده‌برداری به‌طور برخط ثبت می‌شود. سپس کلیهٔ داده‌های به‌دست آمده از آزمون تجربی، قبل از ورود به مرحلهٔ تحلیل، از نظر وجود ایراد و اشکال در داده‌ها، به دقت بررسی می‌شود تا داده‌های معیوب از مجموعهٔ داده‌ها حذف شده و خطایی در تحلیل‌ها به‌وجود نیاورد. سپس در مرحلهٔ بعد، داده‌های خام سالم و بی‌نقص، برای استخراج چرخهٔ رانندگی تحلیل می‌شود. نمودار روند نمای کار برای تحقیق حاضر، در شکل ۱ نشان داده شده است. در بخش‌های بعد، مراحل اصلی کار به‌طور جزئی شرح داده می‌شود.

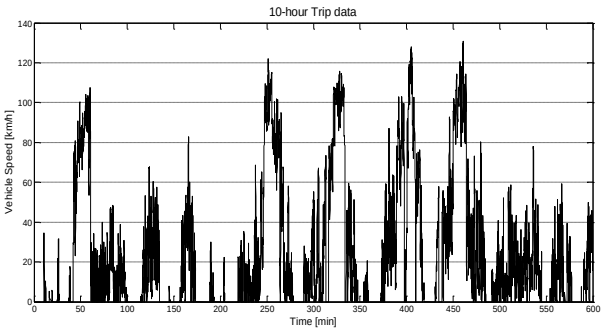


شکل ۱: نمودار روند نمای استخراج چرخهٔ رانندگی در این تحقیق

۱-۳- داده‌های سفری[1]

برای به‌دست آوردن چرخهٔ رانندگی، نیاز به فراهم نمودن داده‌های سفری خودرو است. در این تحقیق، دادهٔ سفری به متغیر سرعت خودرو طی مدت زمان پیمودن مسافت از مبدأ تا مقصد اطلاق می‌شود. بنابراین دادهٔ سفری بیانگر تغییرات لحظه‌ای سرعت خودرو نسبت به زمان (یا نسبت به مسافت طی شده از مبدأ تا مقصد) است. برای استخراج یک چرخهٔ رانندگی قابل اطمینان، باید جامعهٔ آماری را با افزایش داده‌های سفری، گسترش داد. برای افزایش داده‌های سفری، می توان مدت زمان سفر (مسافت بین مبدأ تا مقصد)، تعداد سفر و تعداد خودروهای تحت بررسی را زیاد کرد.

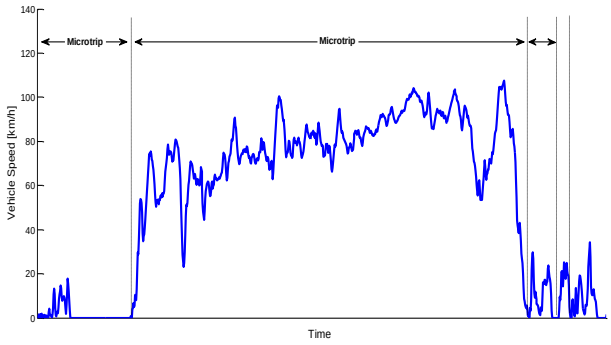
در این تحقیق، از یک خودروی سواری با موتور پرخوران با ۶۱۳۱۴۰۰ ثانیه داده سفری معادل ۱۷۰۰ ساعت رانندگی در مدت زمان دو سال و نیم، استفاده شد. متغیرهای خودرو شامل سرعت خودرو و سرعت موتور طی کل مدت زمان رانندگی، توسط دستگاه OBDII با قابلیت اتصال به سامانهٔ مدیریت موتور نوع Bosch ME7 و خوانش و ذخیرهٔ داده‌ها، به‌صورت برخط اندازه‌گیری شدند. نمونه‌ای از یک دادهٔ سفری ثبت شده برای ۱۰ ساعت خودروی مورد بررسی، در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمونه دادهٔ سفری خودرو

۲-۳- ریزسفر[2]

استخراج چرخهٔ رانندگی، بر پایهٔ ترکیب ریز سفرها است. با تقسیم دادهٔ سفری به بخش‌های زمانی کوچکتر، ریزسفر به‌دست می آید. بدین منظور باید ابتدا معیار تقسیم‌بندی را مشخص کرد. در تحقیقات پیشین، محققان از معیارهای مختلفی برای تقسیم‌بندی استفاده کرده‌اند. در تحقیق حاضر، از لحظهٔ افزایش سرعت خودرو از ۰٫۱ کیلومتر بر ساعت تا زمان بعدی افزایش سرعت خودرو از ۰٫۱ کیلومتر بر ساعت، یک ریزسفر محسوب شده است. شکل ۳ نمونه‌ای از تقسیم‌بندی دادهٔ سفری به ریزسفرهای تشکیل دهنده را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تعیین ریزسفر از دادهٔ سفری

بنابراین با تقسیم‌بندی داده‌های سفری به ریزسفرها، تعداد زیادی ریزسفر ایجاد می‌شود. پس از تعیین ریزسفرها، دو متغیر سرعت متوسط خودرو و درصد زمان توقف خودرو با موتور روشن (به اصطلاح درصد زمان توقف خودرو با دور درجا[3]) که جزو مهمترین مشخصه‌های ریزسفر هستند، برای هر یک از ریزسفرها طبق معادلات زیر به دست می‌آیند:

$$V_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} \qquad V_i \geq 0.1^{km/h} \qquad (۱)$$

$$t_{\%} = \frac{t_{Vidle}}{t_{total}} \times 100 \qquad 0 \leq Vidle < 0.1^{km/h} \qquad (۲)$$

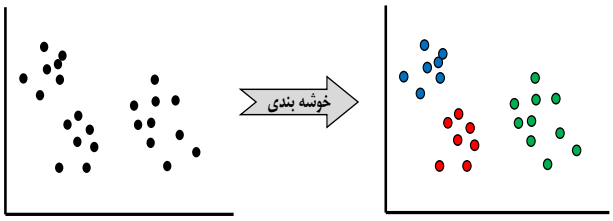
که در آن V_i سرعت خودرو به کیلومتر بر ساعت و t_{Vidle} مدت زمان توقف خودرو با موتور روشن است.

۳-۳- خوشه‌بندی با روش *k*-means

خوشه‌بندی یکی از زیر مجموعه‌های داده کاوی است. امروزه داده کاوی به عنوان یک ابزار پرکاربرد درحوزهٔ یادگیری ماشین، برای استخراج اطلاعات مفید، مورد نیاز و نهفته در داده‌ها به کار می‌رود. روش‌های مختلفی در داده کاوی وجود دارد که در این میان می‌توان به استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی و خوشه‌بندی اشاره کرد.

خوشه‌بندی زمانی به کار می‌رود که هدف دسته‌بندی یک مجموعه داده به تعداد دسته‌های دلخواه باشد. به بیان دیگر هدف این است که مشخص شود چه داده‌هایی در یک خوشه (دسته) قرار می‌گیرند. با این کار می‌توان داده‌های مشابه را پیدا کرد و نیز تمایزی میان داده‌ها به‌وجود آورد. بنابراین داده‌هایی که در یک خوشه قرار می‌گیرند به یکدیگر شبیه‌اند و نسبت به داده‌های قرار گرفته در دیگر خوشه‌ها، شباهتی ندارند (متمایز هستند). شکل ۴ مفهوم خوشه‌بندی را به‌طور ترسیمی نشان می‌دهد.

[1] Trip data
[2] Microtrip
[3] Idle time percentage



شکل ۴: مفهوم خوشه‌بندی به‌طور ترسیمی

روش‌های مختلفی برای خوشه‌بندی داده‌ها وجود دارد. یکی از روش‌ها، روش k-means است. در این روش، از پیش تعداد خوشه‌ها مشخص می‌شود. سپس با حل کردن یک مسئلهٔ بهینه سازی، به خوشه‌بندی داده‌ها پرداخته می‌شود.

در واقع هدف k-means، خوشه‌بندی داده‌ها به k خوشه است به‌طوری که مقدار مجموع مربعات میان مرکز و داده‌ها در هر خوشه، کمینه شود. به بیان ساده‌تر، هدف k-means کمینه کردن فاصلهٔ بین مراکز خوشه‌ها با داده‌های آن خوشه است. بدین نحو که برای یک مجموعهٔ n داده‌ای $\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$ و با فرض k تعداد خوشه، معادلهٔ زیر به‌عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود [۱۳]:

$$\min\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} z_{ji}\left|x_i-\mu_j\right|^2\right) \qquad (۳)$$

که در آن z_{ji} برای داده‌های عضو خوشهٔ jام برابر ۱ و در غیر این صورت، برابر با صفر است. μ_j میانگین خوشهٔ jام است که با معادلهٔ بیان $m_j = \frac{1}{n_j}\sum_{i=1}^{n} z_{ji}x_i$ می‌شود، که در آن $n_j = \sum_{i=1}^{n} z_{ji}$ است [۱۳].

مراحل انجام ساده‌ترین شکل از روش k-means به شرح ذیل است [۱۷،۱۸]:

۱- ابتدا k داده به‌طور تصادفی به‌عنوان مراکز اولیهٔ خوشه‌ها ایجاد می‌شود.

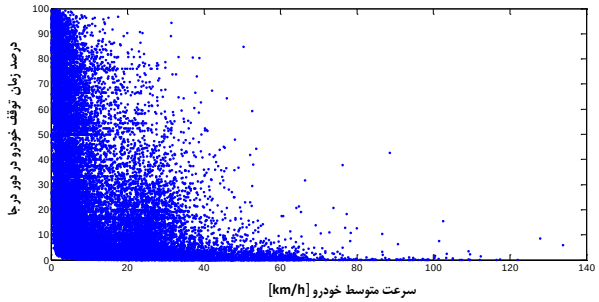
۲- فاصلهٔ میان هر داده تا مراکز خوشه‌ها به‌دست می‌آید. سپس داده‌ها براساس مقدار نزدیکی به مراکز، به یکی از خوشه‌ها تخصیص می یابند. برای محاسبهٔ فاصله، اغلب از فاصلهٔ اقلیدسی استفاده می‌شود.

۳- با میانگین‌گیری از داده‌های هر خوشه، مرکز جدید آن خوشه ایجاد می‌شود.

۴- برپایهٔ مراکز جدید برای هر خوشه، به مرحلهٔ ۲ برگشته و فرایند تکرار می‌شود. تکرار تا جایی ادامه می‌یابد که دیگر تغییری مراکز خوشه‌ها حاصل نشود.

٤- نتایج و بحث

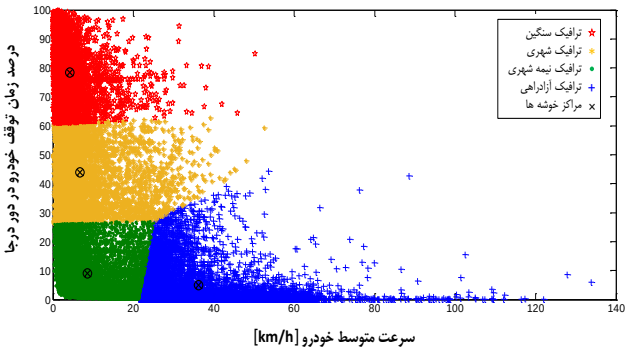
با توجه به روند تحلیل در این تحقیق (نشان داده شده در شکل ۱)، پس از استخراج ریزسفرها از تمامی داده‌های سفری خودروی تحت آزمایش، متغیرهای سرعت متوسط خودرو و درصد زمان توقف خودرو در دور درجا برای هر یک از ریزسفرها به‌دست آمد. سپس نمودار پراکندگی ریزسفرها برپایهٔ دو متغیر مذکور مطابق با شکل ۵ استخراج شد. بدین ترتیب، هر ریزسفر با دو مشخصهٔ سرعت متوسط خودرو و درصد زمان توقف خودرو در دور درجا توصیف شدند.



شکل ۵: نمودار پراکندگی ریزسفرها

در این تحقیق، چهار شرایط رانندگی به نام‌های آمد و شد سنگین[1]، آمد و شد شهری[2]، آمد و شد نیمه شهری[3] و آمد و شد آزادراهی[4] در نظر گرفته شد [۱۱]. در آمد و شد سنگین، سرعت خودرو کم و درصد زمان توقف خودرو در دور درجا زیاد است. با حرکت از آمد و شد سنگین به آمد و شد آزادراهی، به سرعت خودرو اضافه و از زمان توقف خودرو در دور درجا کم می‌شود.

در گام بعدی تحلیل، براساس شرایط رانندگی مذکور، تمامی ریزسفرها با استفاده از روش خوشه‌بندی k-means به چهار دسته تقسیم شدند. شکل ۶ ریزسفرهای خوشه بندی شده را نشان می‌دهد. در این روش، بسیار مهم است که موقعیت مراکز خوشه‌ها مشخص شود. زیرا این مراکز، نمایندهٔ خوشه‌ها می‌باشند و نیز دربردارندهٔ میانگین مشخصه‌های تمامی ریزسفرهای هر خوشه می‌باشند. طبق نتایج، میانگین سرعت متوسط خودرو و میانگین درصد زمان توقف در دور درجا برای آمد و شد سنگین، شهری، نیمه شهری و آزادراهی به ترتیب ۴ کیلومتر بر ساعت و ۷۹٪، ۷ کیلومتر بر ساعت و ۴۴٪، ۹ کیلومتر بر ساعت و ۹٪، ۳۶ کیلومتر بر ساعت و ۵٪ است.



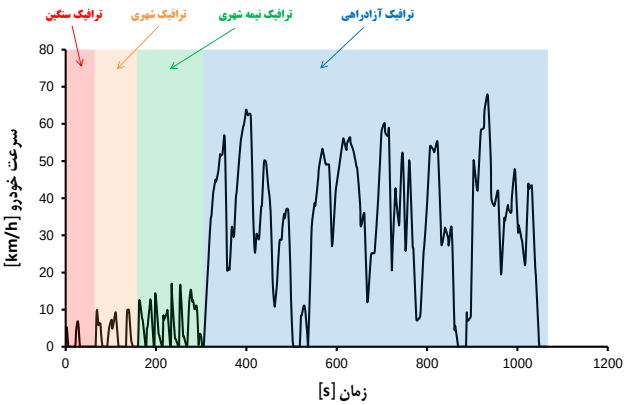
شکل ۶: خوشه‌بندی ریزسفرها

[1] Congest traffic
[2] Urban traffic
[3] Extra urban traffic
[4] Highway traffic

در گام بعدی تحلیل، برای استخراج چرخهٔ رانندگی از کلیهٔ داده‌ها، نیاز است ریزسفرهایی که نمایندگان هر خوشه است، پیدا شود. برای این کار، ریزسفری که نزدیک‌ترین فاصله تا مرکز خوشه را دارد، به‌عنوان نمایندهٔ آن خوشه انتخاب می‌شود.

با ترکیب وزنی ریزسفرهای نماینده، چرخهٔ رانندگی برای این خودرو به‌دست می‌آید. در این تحقیق، برای به‌دست آوردن وزن هر ریزسفر، از معیار تعداد ریزسفرها در هر خوشه استفاده شد. بدین شرح که تعداد ریزسفرهای موجود در هر خوشه که بیانگر تعدد قرارگیری خودرو در آن شرایط رانندگی است، محاسبه شد. سپس وزن هر خوشه، نسبت به خوشه‌ای که کمترین تعداد ریزسفر را دارد، به‌دست آمد.

طبق نتایج، وزن خوشهٔ آمد و شد سنگین، شهری، نیمه شهری و آزادراهی به ترتیب ۲، ۳، ۷ و ۳ تعیین شد. بنابراین ریزسفرهای نماینده، به تعداد وزن خوشهٔ خود در چرخهٔ رانندگی نهایی حضور می‌یابند. با ترکیب وزنی ریزسفرهای نماینده، چرخهٔ رانندگی برای این تحقیق، مطابق شکل ۷ به‌دست آمد.



شکل ۷: چرخهٔ رانندگی استخراج شده در این تحقیق

در گام ارزیابی چرخهٔ رانندگی، تعداد ۹ متغیر مختلف اعم از مدت زمان، درصد زمانی توقف در دور درجا، میانگین سرعت، بیشینه سرعت، میانگین شتاب مثبت، بیشینه شتاب مثبت، میانگین شتاب منفی (ترمزگیری)، بیشینه شتاب منفی و میانگین سرعت موتور برای تمامی شرایط رانندگی و نیز کل چرخهٔ رانندگی استخراج شده، مطابق جدول ۲ به‌دست آمد.

با توجه به جدول ۱، ملاحظه می‌شود که مدت زمان کل چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی شهر تهران، حدوداً ۱۰۶۳ ثانیه معادل تقریباً ۱۸ دقیقه است که از این میان، ۶,۲ درصد زمان به آمد و شد سنگین، ۸,۸ درصد زمان به آمد و شد شهری، ۱۳,۷ درصد زمان به آمد و شد نیمه شهری و ۷۱,۳ درصد زمان به آمد و شد آزادراهی تعلق دارد. همچنین خودرو در این چرخهٔ رانندگی مجموعاً ۱۵,۳ درصد از کل زمان رانندگی را در توقف با دور درجا سپری می‌کند.

جدول ۱: متغیرهای چرخهٔ رانندگی استخراج شده

متغیرها / شرایط رانندگی	مدت زمان [s]	درصد زمانی توقف با دور درجا [٪]	میانگین سرعت خودرو [km/h]	بیشینه سرعت خودرو [km/h]	میانگین شتاب مثبت خودرو [m/s²]	بیشینه شتاب مثبت خودرو [m/s²]	میانگین شتاب منفی خودرو [m/s²]	بیشینه شتاب منفی خودرو [m/s²]	میانگین سرعت موتور [rpm]
آمد و شد سنگین	۶۵,۷۳	۷۹,۵۰	۴,۱۴	۶,۶۸	۰,۳۹	۰,۷۱	-۰,۲۹	-۰,۴۶	۸۵۸,۲۱
آمد و شد شهری	۹۳,۸۰	۴۷,۹۵	۶,۶۲	۹,۹۳	۰,۴۴	۱,۳۹	-۰,۲۹	-۰,۵۲	۹۴۲,۹۶
آمد و شد نیمه شهری	۱۴۵,۴۱	۱۵,۸۱	۸,۶۵	۱۶,۵۴	۰,۷۹	۳,۰۲	-۰,۲۷	-۰,۷۸	۱۰۴۱,۰۶
آمد و شد آزادراهی	۷۵۷,۷۷	۵,۶۲	۳۶,۱۶	۶۷,۹۵	۰,۳۹	۱,۹۲	-۰,۴۸	-۲,۱۳	۱۵۴۱,۷۲
کل چرخهٔ رانندگی	۱۰۶۲,۷۱	۱۵,۳۲	۲۹,۱۵	۶۷,۹۵	۰,۴۵	۳,۰۲	-۰,۴۱	-۲,۱۳	۱۳۳۷,۱۲

میانگین و بیشینه سرعت این خودرو که مجهز به موتور پرخوران است، به ترتیب ۲۹,۱ و ۶۸ کیلومتر بر ساعت است. همچنین میانگین و بیشینه شتاب‌گیری خودرو طی این چرخهٔ رانندگی به ترتیب ۰,۴۵ و ۳ متر بر مجذور ثانیه است. به علاوه، میانگین و بیشینه شتاب منفی خودرو در اثر ترمزگیری به ترتیب به ۰,۴- و ۲,۱- متر بر مجذور ثانیه می‌رسد. تمامی این نتایج، به خوبی شرایط رانندگی این خودرو در چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی شهر تهران را بیان می‌کند که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های کلان راجع به توسعهٔ خودرو و موتورهای آینده و نیز توسعهٔ زیرساخت‌های جاده‌ای و آمد و شد مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجهٔ دیگری که می‌تواند در توسعهٔ موتورهای جدید متناسب با شرایط رانندگی آن شهر، استفاده شود، میانگین سرعت موتور طی چرخهٔ رانندگی است. با توجه به جدول ۲، در محدودهٔ غربی شهر تهران، سرعت موتور این خودرو که از نوع پرخوران است به‌طور متوسط به

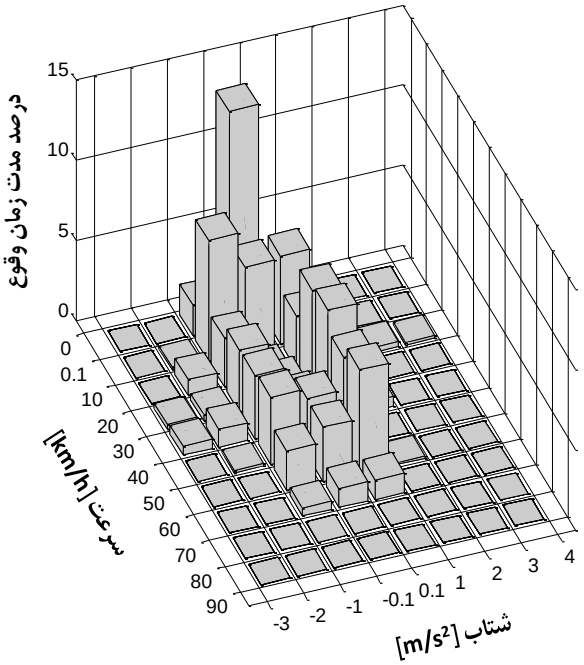
۱۳۳۷ د.د.د. می‌رسد. میانگین سرعت موتور این خودرو در آمد و شد سنگین ۸۵۸ د.د.د.، در آمد و شد شهری ۹۴۳ د.د.د.، در آمد و شد نیمه شهری ۱۰۴۱ د.د.د. و در آمد و شد آزادراهی نهایتاً به ۱۵۴۲ د.د.د. می‌رسد.

این نتایج می‌تواند نشان دهد که می‌توان برای شهر تهران از موتورهای با سرعت‌های کمتر استفاده کرد تا در کنار تأمین نیاز شهروندان، فوایدی نظیر کاهش مصرف سوخت، آلایندگی و استهلاک قطعات دوار و رفت و برگشتی موتور را به ارمغان آورد. همچنین طبق این نتایج، می‌توان سامانهٔ پرخوران را طوری طراحی کرد که در دورهای زیر ۲۰۰۰ د.د.د. بیشترین عملکرد خود را داشته باشند زیرا دورهای بیش از این دور عملاً برای این چرخهٔ رانندگی مورد نیاز نمی‌باشد.

برای درک بهتر شرایط کاری خودرو طی رانندگی، دانستن اینکه خودرو چند درصد از زمان کل را در بازه‌های مختلف سرعت و شتاب قرار می‌گیرد، بسیار مهم است. نمودار توزیع مدت زمان وقوع برای محدوده‌های مختلف سرعت-شتاب، بیانگر مدت زمان قرارگیری خودرو در حالات مختلف سرعت و شتاب است (شکل ۸). این داده‌ها جزو مهم‌ترین اطلاعات اولیه در فاز طراحی موتور و خودرو محسوب می‌شود. مثلاً اگر در یک چرخهٔ رانندگی، مدت زمان قرارگیری خودرو در بازهٔ سرعت زیاد و شتاب منفی زیاد، زیاد باشد، یعنی ترمزگیری‌های قوی در طول رانندگی صورت گرفته و سیستم ترمز این خودرو تحت فشار است.

بنابراین انتظار می‌رود قطعات این سیستم زودتر مستهلک شوند و در مرحلهٔ طراحی باید تمهیدات لازم در این خصوص برای خودرو در نظر گرفته شود. همچنین در این شرایط می‌توان از خودروهای هیبریدی که از انرژی اتلافی ترمزگیری خودرو، باتری را شارژ می کنند، استفاده کرد. در مثالی دیگر اگر در یک چرخهٔ رانندگی، مدت زمان قرارگیری خودرو در محدودهٔ سرعت صفر و شتاب صفر زیاد باشد، مشخص است که خودرو توقفات با دور درجای زیادی داشته و انتظار می‌رود مصرف سوخت و آلایندگی خودرو در طول این چرخهٔ رانندگی زیاد باشد. بنابراین می‌توان در این حالت برای جلوگیری از افزایش مصرف سوخت و آلایندگی، از فناوری‌های کاهش دور درجا، توقف-روشن شدن[1] یا کاهش سیلندرهای فعال موتور در توقف‌ها استفاده کرد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از شکل ۸، در مجموع محدودهٔ سرعت ۰٫۱ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت با ۱۹٫۲ درصد از زمان چرخهٔ رانندگی، بیشترین سهم را در میان بازه‌های سرعت داشته است. پس از آن محدوده‌های سرعت ۰ تا ۰٫۱ و ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت به ترتیب با ۱۵٫۳ و ۱۵٫۱ درصد، دومین و سومین جایگاه بیشترین سهم زمانی از چرخهٔ رانندگی را دارند. همچنین با توجه به نتایج، محدودهٔ شتاب ۰٫۱ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه بیشترین سهم به مقدار ۳۵٫۷ درصد از زمان چرخهٔ رانندگی را به خود اختصاص داده است. پس از آن محدوده‌های شتاب ۰٫۱- تا ۰٫۱ و ۱- تا ۰٫۱- متر بر مجذور ثانیه به ترتیب با ۳۰٫۷ و ۲۷٫۴ درصد، در دومین و سومین جایگاه بیشترین سهم زمانی از چرخهٔ رانندگی قرار دارند.



شکل ۸: توزیع درصد مدت زمان وقوع محدوده های مختلف سرعت-شتاب در چرخهٔ رانندگی استخراج شده

بیشترین سهم زمانی محدودهٔ سرعت-شتاب، متعلق به سرعت ۰ تا ۰٫۱ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰٫۱- تا ۰٫۱ متر بر مجذور ثانیه با ۱۳٫۵ درصد از زمان چرخهٔ رانندگی است. بدین معنا که خودرو در چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی تهران، ۱۳٫۵ درصد از زمان رانندگی را در سرعت ۰ تا ۰٫۱ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰٫۱- تا ۰٫۱ متر بر مجذور ثانیه به سر می‌برد. پس از آن، در جایگاه‌های دوم و سوم، ۷٫۵ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۰٫۱ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۱- تا ۰٫۱- متر بر مجذور ثانیه، و ۷ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰٫۱ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه سپری می‌شود. به منظور تحلیل تکمیلی‌تر، مقایسه‌ای میان متغیرهای عملکردی چرخهٔ رانندگی استخراج شده در این مقاله با چرخه‌های استاندارد و استخراج شدهٔ در پژوهش‌های دیگر انجام شد. نتایج این مقایسه در جدول ۲ آورده شده است.

[1] Start-stop technology

جدول ۲: مقایسهٔ چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی شهر تهران با دیگر چرخه‌های استخراج شده

متغیرها / نام چرخه‌ها	مدت زمان [s]	درصد زمانی توقف با دور درجا [٪]	میانگین سرعت خودرو [km/h]	بیشینه سرعت خودرو [km/h]	میانگین شتاب مثبت خودرو [m/s^2]	بیشینه شتاب مثبت خودرو [m/s^2]	میانگین شتاب منفی خودرو [m/s^2]	بیشینه شتاب منفی خودرو [m/s^2]
شهر تهران- مقالهٔ [۱۱]	۱۵۳۳	۱۵,۲۶	۳۳,۸۳	۹۱,۰۶	۰,۴۷	۲,۱۵	-۰,۴۹	-۱,۸۸
[۱۱] ECE	۱۹۵	۳۳,۳۳	۱۸,۰۶	۴۹,۷۱	۰,۶۴	۱,۰۵	-۰,۷۴	-۰,۸۳
ECE+EUDC [۱۱]	۱۲۲۵	۲۷,۶۷	۳۱,۹۱	۱۱۹,۳	۰,۵۴	۱,۰۵	-۰,۷۸	-۱,۳۸
مشهد [۱۲]	≈۱۰۲۰	۲۱,۷۵	۲۰,۴۱	≈۶۲	۰,۵۴	---	-۰,۵۳	---
[۱۴] NEDC	۱۱۸۰	۲۳,۷	۳۳,۶	۱۲۰	۰,۵۹	۱,۰۴	-۰,۸۲	-۱,۳۹
[۱۴] WLTC	۱۸۰۰	۱۲,۶	۴۶,۵	۱۳۱,۳	۰,۴۱	۱,۶۷	-۰,۴۵	-۱,۵
شهر پونا-کشور هند [۱۵]	۱۵۳۳	۱۸,۰۹	۱۹,۵۵	۵۳,۶۹	۳,۷۳	۱۴,۲۶	-۴,۵۷	-۱۰,۹۲
شهری مالزی- کوالالامپور [۱۶]	۱۵۰۰	۱۹,۴	۳۱,۸۹	---	۰,۷۵	---	-۰,۸۹	---
محدودهٔ غربی شهر تهران (مقاله حاضر)	۱۰۶۳	۱۵,۳۲	۲۹,۱۵	۶۷,۹۵	۰,۴۵	۳,۰۲	-۰,۴۱	-۲,۱۳

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به ضرورت در اختیار بودن چرخهٔ رانندگی برای هر شهری که در آن از وسایل نقلیه استفاده می‌شود، در این تحقیق سعی شده چرخهٔ رانندگی محدودهٔ غربی شهر تهران برای یک خودروی سواری با موتور پرخوران استخراج شود. بدین منظور طی آزمون خودرویی، داده‌های واقعی خودرو طی رانندگی در محدودهٔ غربی شهر تهران، به‌طور برخط ثبت شدند.

پس از پیش پردازش داده‌ها، چرخهٔ رانندگی بر پایهٔ روش خوشه‌بندی ریزسفرها با روش k-means استخراج شد. با توجه به نتایج، خودرو در محدودهٔ غربی تهران برای رسیدن به مقصد، دو بار در آمد و شد سنگین، سه بار در آمد و شد شهری، هفت بار در آمد و شد نیمه شهری و سه بار در آمد و شد آزادراهی قرار می‌گیرد.

مدت زمان کل چرخهٔ رانندگی حدوداً ۱۰۶۳ ثانیه معادل تقریباً ۱۸ دقیقه است که از این میان، ۶,۲ درصد زمان به آمد و شد سنگین، ۸,۸ درصد زمان به آمد و شد شهری، ۱۳,۷ درصد زمان به آمد و شد نیمه شهری و ۷۱,۳ درصد زمان به آمد و شد آزادراهی تعلق دارد. طبق نتایج، خودرو ۱۵,۳۲ درصد از زمان چرخهٔ رانندگی را در شرایط توقف با دور درجا سپری می‌کند. همچنین در این چرخهٔ رانندگی، میانگین و بیشینه سرعت خودرو به ترتیب ۲۹,۱۵ و ۶۷,۹۵ کیلومتر بر ساعت، میانگین و بیشینه شتاب‌گیری خودرو به ترتیب ۰,۴۵، ۳,۰۲ متر بر مجذور ثانیه، میانگین و بیشینه ترمزگیری خودرو (شتاب منفی) به ترتیب ۰,۴۱، ۲,۱۳ متر بر مجذور ثانیه و میانگین سرعت موتور۱۳۳۷,۱۲ د.د.د. است. از نقطه نظر توزیع زمانی شرایط سرعت-شتاب خودرو، نتایج نشان داد که در این چرخهٔ رانندگی، بیشترین مدت زمان به مقدار ۱۳,۵ درصد از زمان کل رانندگی در بازهٔ سرعت ۰ تا ۰,۱ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰,۱- تا ۰,۱ متر بر مجذور ثانیه سپری می‌شود.

پس از آن، ۷,۵ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۰,۱ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۱- تا ۰,۱- متر بر مجذور ثانیه، و ۷ درصد از زمان رانندگی در سرعت ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب ۰,۱ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه سپری می‌شود. دیگر بازه‌های سرعت-شتاب سهم‌های کمتر زمانی را به خود اختصاص داده‌اند.

همچنین در میان بازه‌های سرعت، بیشترین زمان رانندگی در بازهٔ سرعت ۰,۱ تا ۱۰ کیلومتر بر ساعت با مقدار ۱۹,۲ درصد از زمان چرخهٔ رانندگی بود. از طرف دیگر، خودرو به مقدار ۳۵,۷ درصد از زمان رانندگی را در محدودهٔ شتاب ۰,۱ تا ۱ متر بر مجذور ثانیه سپری کرده که این مدت زمان بیش از سایر محدوده‌های شتاب است.

در نهایت با توجه به نتایج، خودرو با موتور پرخوران در محدودهٔ غربی تهران بیشتر زمان خود را در توقف با دور درجا می‌گذراند و در حرکت، اغلب در سرعت و شتاب کم قرار می‌گیرد. همچنین دور موتور مورد نیاز برای این خودرو در کل چرخه، به‌طور میانگین زیر ۲۰۰۰ د.د.د. است.

در انتها پیشنهاد می‌شود تا آزمون‌های خودرویی و تحلیل‌های مشابه برای محدوده‌های دیگر شهر تهران، برای انواع دیگر خودرو با راننده‌های مختلف نظیر جوان، مسن و تاکسیران‌ها انجام شود تا بتوان چرخهٔ رانندگی کل شهر تهران را استخراج کرد. از اطلاعات به‌دست آمده از چرخهٔ رانندگی می‌توان برای هدف‌گذاری‌های خودروسازی، زیست محیطی و آمد و شد شهر تهران به طور مؤثر و مفید استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل حمایت‌های مادی و معنوی شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) است. همچنین نویسندگان مراتب قدردانی و سپاس خود را از ادارهٔ نگاشت شرکت ایپکو بابت مساعدت در داده‌برداری خودرویی، اعلام می‌دارند.

مراجع و منابع

[1] E. G. Giakoumis, Driving and Engine Cycles, Springer International Publishing AG, 2017, DOI 10.1007/978-3-319-49034-2.

[2] T. J. Barlow, S. Latham, I. S. McCrae, P. G. Boulter, A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions, published project report, Version 2, June 2009.

[3] N. Clark, G. Thompson, O. Delgado, Modeling heavy-duty vehicle fuel economy based on cycle properties, Final Report: West Virginia University, 2009.

[4] J. Tu, W.S. Wayne, M.G. Perchinschi, Correlation analysis of duty cycle effects on exhaust emissions and fuel economy, Journal of Transportation Research Forum **52** (2013) 97–115.

[5] R. Bata, Y. Yacoub, W. Wang, D. Lyons, M. Gambino, G. Rideout, Heavy duty testing cycles: survey and comparison, SAE Paper 942263, 1994.

[6] M. André, The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions, Science of The Total Environment **334–335** (2004) 73-84.

[7] M. André, Driving Cycles Development: Characterization of the Methods, SAE Technical Paper 961112, 1996.

[8] H.C. Watson, Vehicle driving patterns and measurement methods for energy and emissions assessment, Bureau of Transport Economics, Occasional Paper 30, Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia (1978) 105.

[9] R. E. Kruse, T. A. Huls, Development of the federal urban driving schedule, SAE Technical Paper 730553, Society of Automotive Engineers, New York, USA, 1973.

[10] D. Covaciu, I. Preda, , D. Florea, V.O. Câmpian, Development of a Driving Cycle for Brasov City, ICOME2010 International Conference, Craiova, 2010.

[11] A. Fotouhi, M.J.S.I. Montazeri-Gh, Tehran driving cycle development using the k-means clustering method, Scientia Iranica **20(2)** (2013) 286-293.

[12] M.A. Pouresmaeili, I. Aghayan, S.A. Taghizadeh, Development of Mashhad driving cycle for passenger car to model vehicle exhaust emissions calibrated using on-board measurements, Sustainable cities and society **36** (2018) 12-20.

[13] Andrew R. Webb. Statistical pattern recognition, John Wiley & Sons, 2003.

[14] B. Ciuffo, G. Fontaras. Models and scientific tools for regulatory purposes: The case of CO2 emissions from light duty vehicles in Europe, Energy Policy **109** (2017) 76-81.

[15] S.H. Kamble, T.V. Mathew, G.K. Sharma, Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India, Transportation Research Part D: Transport and Environment **14(2)** (2009) 132-140.

[16] A.R. Mahayadin, I. Ibrahim, I. Zunaidi, A.B. Shahriman, M.K. Faizi, M. Sahari, M.S.M. Hashim, M.A.M. Saad, M.S. Sarip, Z.M. Razlan, M.F.H. Rani, Development of Driving Cycle Construction Methodology in Malaysia's Urban Road System, International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA), IEEE (2018) 1-5.

[17] وحید صحرابین، خوشه بندی و انواع روش های آن، جزوهٔ آموزشی، اسفند ۹۲

[18] بهمن محمدی، به کارگیری روش های خوشه بندی میانگین k، میانگین فازی و گوستافسون کسل در تلفیق نتایج وارون سازی داده‌های توموگرافی لرزه ای انکساری و مقاومت ویژه الکتریکی برای ارزیابی آبرفت و سنگ بستر، نشریه علوم دانشگاه خوارزمی، جلد ۳، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۱۸۳–۱۹۸، ۱۳۹۶

The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineresearch.ir

Driving Cycle Extraction of Tehran City's West Region for a Car with Turbocharged Engine using Microtrip Clustering Method

A. Moosavian[1*], S. Abdolmaleki[2], M. Rezaei[3], M. Nejat[4]

[1] *Assistant Professor, Faculty of Shahryar, Technical and Vocational University, Tehran Branch, Iran, a_moosavian@tvu.ac.ir*
[2] *PhD student, Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran, saeed.abdolmaleki@modares.ac.ir*
[3] *Engine Laboratories Unit, Irankhodro Powetrain Company (IPCo), Tehran, Iran, me_rezaei@ip-co.com*
[4] *TC Project Manager, Irankhodro Powetrain Company (IPCo), Tehran, Iran, m_nejat@ip-co.com*
[*] *Corresponding Author*

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 9 November 2019
Accepted: 18 February 2020

Keywords:
Driving cycle
Turbocharged engine
West region of Tehran city
Clustering

ABSTRACT

Driving cycle is one of the important tools to study fuel consumption and emission level of vehicles in urban and intercity. Also, driving cycles are vital for environmental major decision, traffic and road construction managements. On this basis, the present research is to study and analyze the city driving pattern for a car with turbocharged engine in order to extract driving cycle. To this end, the driving cycle was extracted using clustering method from the data measured during real vehicle testing. The results showed that in this driving cycle which lasts almost 1063 sec, the average speed, acceleration, deceleration of this car is 29 km/h, 0.45 and 0.41 m/s^2, respectively. Moreover, the car spends 15% of whole driving time in idle stop. The average engine speed is 1337 rpm during the extracted driving cycle. Also, the results showed that among different speed-acceleration ranges, the maximum driving time was belonged to the speed range of 0 to 0.1km/h and the acceleration range of -0.1 to 0.1 m/s^2 with the 13.5% contribution of whole driving cycle time. In second and third ranks, 7.5% of driving time is in the speed range of 0.1 to 10 km/h and acceleration range of -1 to -0.1 m/s^2, and 7% of driving time spends in the speed range of 30 to 40 km/h and acceleration range of 0.1 to 1 m/s^2.

© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.