



شبیه‌سازی تأثیر شرایط رفت و آمد بر مصرف سوخت و آلایندگی‌های ناشی از خودروهای سواری شهر اراک

مهدی سلیمانی^{۱*}، پارسا ساجدی^۲، عابد اسماعیلیون^۳، علی ناظر^۴

^۱دانشگاه اراک، اراک، ایران، m-soleymani@araku.ac.ir

^۲دانشگاه اراک، اراک، ایران، parsamobb@yahoo.com

^۳دانشگاه اراک، اراک، ایران، abed_esmaeilion@yahoo.com

^۴دانشگاه اراک، اراک، ایران، ali.1369@gmail.com

*نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۸۶۳۲۷۶۵۰۰۷

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴ مرداد ۱۳۹۳

پذیرش: ۲۷ آبان ۱۳۹۳

کلیدواژه‌ها:

شرایط رفت و آمد

الگوی رانندگی

آلایندگی

مصرف سوخت

چکیده

در این تحقیق، تأثیر شرایط رفت و آمد بر مقدار آلایندگی‌های خروجی و مصرف سوخت خودروهای سواری در شهر اراک بر اساس شرایط متفاوت رانندگی بررسی می‌شود. لذا برای اولین بار با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی در سطح شهر اراک با استفاده از سامانه مکان‌یابی جامع، به مدت ۲۱۲۲۴۶ ثانیه (تقریباً معادل دو و نیم روز) از شرایط رانندگی واقعی در ساعات مختلف شبانه روز و در مسیرهای مختلف داده‌برداری شده است. سپس داده‌های خام در قالب ۲۳۴۰ ریزسفر با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی در سه وضعیت رفت و آمدی متراکم شهری، شهری و بیرون شهر دسته‌بندی شده‌اند. در نهایت با توجه به شرایط رفت و آمد نماینده، چرخه رانندگی شهر اراک استخراج شده است. سپس با استفاده از روش شبیه‌سازی رو به عقب، مقدار مصرف سوخت و آلایندگی‌های خروجی سه خودروی معیار شامل سمند با موتور ملی بنزین سوز، سمند با موتور ملی گاز سوز و پراید با موتور بنزین سوز در شرایط رفت و آمد مختلف بررسی می‌شود. نتایج شبیه‌سازی حاکی از این است که اولاً چرخه‌های رانندگی مرسوم مانند چرخه اروپا و چرخه تهران قادر به ارائه تخمین مناسبی از مقدار آلایندگی‌های خروجی و مصرف سوخت خودروها در شهر اراک نیستند. علاوه بر این، در شهر اراک شرایط رفت و آمد تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار آلایندگی‌های خروجی خودروها دارد. به طوری‌که با خارج شدن خودرو از رفت و آمد متراکم شهری و ورود آن به قسمت شهری و بیرون شهر مصرف سوخت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. علاوه بر این به دلیل طبیعت خاص شرایط رفت و آمد متراکم در این شهر و بر خلاف انتظارات اولیه، نه تنها آلایندگی هیدرات کربن، بلکه آلایندگی‌های مونو اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در شرایط رفت و آمد متراکم به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.



۱- مقدمه

نواحی مختلفی از کشور اجرا شده است [۸-۹]. لیکن تاکنون تحقیقی در زمینه تهیه الگوی رانندگی در شهر اراک صورت نگرفته است. در این تحقیق، برای اولین بار در شهر اراک از روش خوشه‌بندی فازی^۳ برای ایجاد چرخه رانندگی شهر اراک استفاده شده است. برای این منظور، در ابتدا با داده‌برداری به روش واقعی و سپس تعیین ریزسفرها و اعمال دو شرط سرعت متوسط و زمان توقف، این داده‌ها با خوشه‌بندی فازی به سه وضعیت رفت و آمدی متراکم شهری، شهری و فراشهری تقسیم بندی می‌شوند. در ادامه بر اساس نتایج خوشه‌بندی و تحلیل‌های آماری یک چرخه رانندگی برای این شهر توسعه داده می‌شود. در انتها با استفاده از شبیه‌سازی‌های آزمایشگاهی اعتباردهی شده، مقدار آلاینده‌های خروجی و مصرف‌سوخت خودروهای معیار در حال تردد در شهر اراک در شرایط رفت و آمد مختلف تخمین زده شده و نقاط کاری موتورهای خودروها بررسی می‌شوند.

۲- توسعه چرخه رانندگی شهر اراک

چرخه‌های رانندگی موجود که اغلب برای شهرهای بزرگ دنیا توسعه یافته اند، برای توسعه منحنی‌های حرکت-زمان، فقط از داده‌های واقعی^۴ استفاده می‌کنند [۱۰]. از سوی دیگر، برخی روش‌های متداول در توسعه یک چرخه رانندگی الگو مبتنی بر هموارسازی و ترکیب ساده چرخه‌های مصنوعی سرعت و شتاب و یا ترکیب وزنی حالت‌های عملیاتی خودرو مانند ترمزگیری و شیب مثبت است [۱۱]. در این تحقیق، داده‌های واقعی مبنا قرار گرفته و از ایجاد چرخه‌های کاملاً مصنوعی و انتزاعی خودداری شده است.

بر اساس توضیحات فوق، در این تحقیق از روش خوشه‌بندی فازی برای ایجاد چرخه رانندگی استفاده شده است. روش کار به این صورت است که در ابتدا با داده‌برداری به روش واقعی و سپس تعیین ریزسفرها و اعمال دو شرط سرعت متوسط و زمان توقف، این داده‌ها با خوشه‌بندی فازی به سه وضعیت رفت و آمدی متراکم شهری، شهری و فراشهری تقسیم بندی می‌شوند. در ادامه با استفاده از تحلیل‌های آماری و بر اساس مقدار مشارکت شرایط رفت و آمد، یک چرخه رانندگی برای شهر اراک توسعه داده می‌شوند.

۲-۱ روش داده‌برداری

برای اندازه‌گیری حرکتی خودروها در شرایط واقعی می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد، که به دو دسته تقسیم می‌شوند، اولین روش اندازه‌گیری مستقیم^۵ با استفاده از نصب تجهیزات از قبیل سامانه مکان‌یابی جامع (GPS)^۶ بر روی وسیله نقلیه است، در این

شهر اراک همواره به عنوان یکی از قطب‌های صنعتی ایران با تبدیل شدن به یک کلان شهر، با افزایش روز افزون جمعیت مواجه شده است. افزایش جمعیت رشد استفاده از منابع و انرژی را در پی دارد. از طرفی علاوه بر وجود منابع آلاینده متعدد صنعتی در شهر اراک، گسترش جمعیت باعث افزایش تعداد خودروها و آلاینده‌های ناشی از آنها شده است. به طوری که در سال‌های اخیر، این شهر همواره در زمره آلوده‌ترین شهرهای کشور قرار داشته است. در خصوص تخمین مقدار آلاینده‌های خروجی و مصرف‌سوخت خودروها تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. به عنوان مثال می‌توان به نتایج پژوهشی که توسط نصیری و رشتبرزاده [۱] اجرا شد، اشاره کرد. همچنین پژوهشی در زمینه تخمین آلاینده‌های اکسیدهای نیتروژن، توسط فومونانگ^۱ [۲]، به چاپ رسیده است. در زمینه تأثیر شرایط رفت و آمد بر روی آلاینده‌های ناشی از خودروهای سواری می‌توان به بررسی نتایج بدست آمده از تحقیقات فتوحی و منتظری [۳] و منگ لی^۲ و همکاران [۴]، و همچنین هالک و همکاران [۵]، اشاره کرد. با وجود اینکه پژوهش‌های متعددی برای تخمین مقدار آلاینده‌های خروجی خودروها برای شهرهای مختلف داخل و خارج کشور اجرا شده است، لیکن برای شهر اراک که از لحاظ آلودگی جزو آلوده‌ترین شهرهای کشور است تا کنون پژوهشی صورت نگرفته است. با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای می‌توان بدون پرداخت هزینه‌های گزاف برای اجرا آزمون‌های متعدد آزمایشگاهی، به شرط وجود الگویی معتبر از سامانه انتقال قدرت خودرو، با دقت قابل قبول مقدار آلاینده‌های خروجی و مصرف‌سوخت خودرو را در شرایط رفت و آمد مختلف تخمین زد. برای این منظور با الهام از روند آزمون‌های استاندارد آلاینده‌های خودرو، از روش شبیه‌سازی رو به عقب استفاده می‌شود.

در این روش، شروع زنجیره شبیه‌سازی الگوی رانندگی یا شرایط رفت و آمد و نقطه پایان آن مقدار مصرف‌سوخت و آلاینده‌های خروجی محاسبه شده است. جزییات این روش در پژوهشی [۶] به طور کامل تشریح شده است. آزمون‌های استاندارد آلاینده‌های در هر کشور بر پایه استاندارد ملی آن کشور و الگوهای رفت و آمدی آن منطقه جغرافیایی (در صورت وجود) اجرا می‌شود. در کشور ما نیز آزمون‌های استاندارد آلاینده‌های بر پایه استانداردهای اروپایی و با استفاده از الگوی رانندگی ECE-EUDC اجرا می‌شود. گرچه استفاده از این الگوی رانندگی می‌تواند الگوی مقایسه‌ای پایین دست برای مقدار آلاینده‌های تولیدی خودروهای مختلف باشد، لیکن برای داشتن تخمینی درست از مقدار آلاینده‌های خروجی خودروها در هر شهر، نیاز به داشتن شبیه‌سازی مناسب از شرایط رفت و آمد خاص آن منطقه است [۷]. گر چه تا کنون تحقیقاتی در زمینه توسعه الگوهای رانندگی برای

³ Fuzzy clustering

⁴ Real-data

⁵ On-board data collection

⁶ GPS (Global Positioning System)

¹ Fomunung

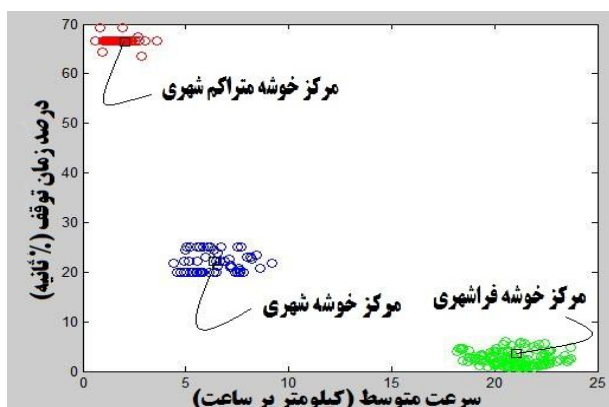
² Li

حال نوبت آن فرا میرسد که از این مقادیر، ریزسفرهای نمونه انتخاب شوند. این مقادیر نمونه به گونه‌ای با خوشه‌بندی فازی انتخاب می‌شوند، که بیشترین شباهت را به مقادیر کلی داشته باشند. شکل ۱ نتایج خوشه‌بندی فازی را که شامل خوشه‌ها و مراکز آنها است، نمایش می‌دهد.

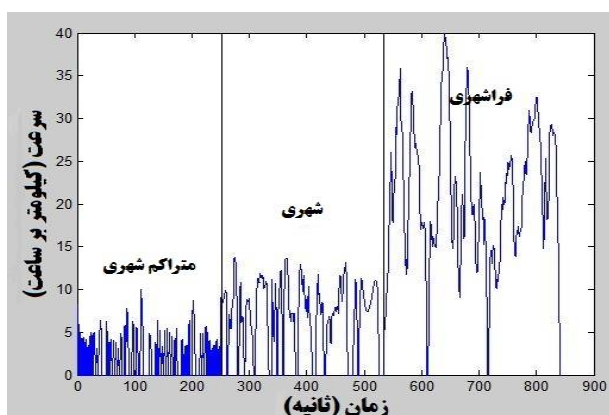
با به کارگیری محاسبات آماری و روند تحلیل بر روی داده‌های ثبت شده در شرائط واقعی برای خودروهای سواری شهر اراک، پس از انتخاب ریزسفرهای نمونه و قرار دادن آنها در کنار یکدیگر، چرخه حرکتی خودروهای سواری به دست می‌آید. این چرخه از سه قسمت متوالی که بیانگر شرائط ترافیکی متفاوت موجود در شهر است تشکیل شده است. مدت زمان چرخه در حدود ۸۴۴ ثانیه در نظر گرفته شده است [۱۴].

۳- شبیه‌سازی دینامیکی خودرو

در این قسمت شبیه‌سازی سامانه نیرومحرکه خودرو که هدف آن تخمین عملکرد دینامیکی و مصرف‌سوخت و آلاینده‌های خروجی خودرو است ارائه می‌گردد.



شکل ۱: مقادیر نمونه سه وضعیت رفت و آمدی با خوشه‌بندی فازی



شکل ۲: چرخه حرکتی خودروهای سواری شهر اراک

روش این تجهیزات بر روی خودروی مربوطه نصب می‌شوند و خودرو را برای داده‌برداری آماده می‌کنند که این روش از دقت خوبی برخوردار است. این روش اطلاعات مختلفی از سرعت، شتاب، نسبت دنده، جابجایی و زمان به ما می‌دهد. دومین روش، اندازه‌گیری غیرمستقیم با استفاده از یک خودروی تعقیب گر^۱ است. در این روش خودروی دیگری که بر روی آن تجهیزات اندازه‌گیری نصب شده خودروی هدف را تعقیب می‌کند و الگوی حرکتی آن را مشخص می‌سازد. این روش از دقت قابل قبولی برخوردار نیست [۱۲]. در این تحقیق برای داده‌برداری، از روش مستقیم استفاده شده است. برای این منظور، دستگاه مربوطه روی خودروهای تاکسی تلفنی و شخصی تعبیه و نحوه کار با دستگاه به رانندگان آموزش داده شد. با استفاده از این روش ۲۱۲۲۴۶ ثانیه از شرائط مختلف رفت و آمدی در مسیرهای مختلف و ساعات مختلف شبانه روز در شهر اراک داده‌برداری شد. داده‌های خام نمونه‌برداری شده به ۲۳۴۰ ریزسفر تقسیم شدند. منظور از ریزسفر الگوی رانندگی بین دو نقطه توقف کامل است. جدول ۱ تعدادی از مسیرهای داده‌برداری در شهر اراک را به همراه مشخصات آنها نشان می‌دهد.

۲-۱ خوشه‌بندی فازی و انتخاب چرخه نماینده

روش خوشه‌بندی فازی یک روش مؤثر برای توسعه چرخه‌های رانندگی است که توسط محققین استفاده شده است [۱۳]. روند استفاده از روش خوشه‌بندی فازی در این مقاله، با آنچه که در یک روش خوشه‌بندی فازی متعارف وجود دارد، قدری متفاوت است. بدین صورت که پس از مشخص شدن خوشه‌ها و مراکز آنها، این مراکز ثابت در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۱: نمونه مسیرهای داده‌برداری شده شهر اراک

مسیر	زمان (sec)	سرعت (km/hr)		مسافت (km)
		متوسط	بیشینه	
عباس آباد	۹۳۶	۱۷,۶۵۸	۵۸,۸۷۴	۵,۸
سردشت	۵۴۴	۲۸,۰۵۴	۸۵,۸۹۷	۳,۱۲
خرم	۵۷۱	۳۳,۰۸۵	۶۹,۶۶۷	۶,۵۳
هپکو	۷۶۵	۴۳,۵۲۳	۸۰,۱	۵,۳۶
باغ ملی	۱۶۳۹	۲۲,۵۳	۷۰,۸۷۷	۶,۳۲
قائم مقام	۷۰۶	۴۱,۲۳۲	۸۸,۲۱۸	۵,۶۲
خرم				
الهیه				
ملک				
دانشگاه				

¹ Chase car

جدول ۲: مشخصات فنی خودرو و موتور ملی [۱۵-۱۶]

متغیر	مقدار	واحد
جرم خودروی سمند	۱۲۵۰	kg
حجم موتور	۱۶۴۵	cc
حداکثر توان موتور (بنزین سوز)	۱۱۴	hp
	۶۵۰۰	RPM
حداکثر توان موتور (گاز سوز)	۱۰۳	hp
	۶۰۰۰	RPM
حداکثر گشتاور (بنزین سوز)	۱۵۵	N.m
	۵۰۰۰	RPM
حداکثر گشتاور (گاز سوز)	۱۳۶	N.m
	۳۵۰۰	RPM
جرم خودروی پراید	۸۵۰	kg
حجم موتور	۱۳۲۳	cc
حداکثر توان موتور	۶۳	hp
	۵۵۰۰	RPM
حداکثر گشتاور	۱۰۳	hp
	۲۸۰۰	RPM

۴- شبیه‌سازی و تحلیل نتایج

در این بخش نتایج شبیه‌سازی رایانه‌ای و تحلیل آنها ارائه می‌شود. همانطور که در بخش شبیه‌سازی خودرو گفته شد، در این تحقیق از روش شبیه‌سازی رو به عقب برای شبیه‌سازی مصرف‌سوخت و آلایندگی‌های خروجی خودرو استفاده شده است. همچنین برای اینکه بتوان به نتایج شبیه‌سازی رایانه‌ای به منظور داشتن تخمینی درست از روند تولید آلایندگی‌های خروجی خودرو و مصرف‌سوخت استناد کرد، لازم است نتایج شبیه‌سازی و آزمون مقایسه شوند و بدین ترتیب روش شبیه‌سازی مورد استفاده صحت‌گذاری گردد.

برای این منظور از نتایج آزمون استاندارد آلایندگی خودروی سمند با موتور ملی مطابق با استاندارد ECE-R83-03 استفاده شده است. جدول ۳ نتایج شبیه‌سازی و آزمون خودروی مذکور را مقایسه می‌کند [۱۷]. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشینه خطای شبیه‌سازی مصرف‌سوخت ۳٫۵ درصد و بیشینه خطای شبیه‌سازی آلایندگی ۵٫۵ درصد است که حاکی از دقت قابل قبول روش مورد استفاده در شبیه‌سازی است.

برای این منظور، روش شبیه‌سازی ترکیبی (رو به عقب- روبه جلو)^۱ بکار گرفته شده و نتایج آن با استفاده از نتایج آزمون آزمایشگاهی صحت‌گذاری شده است [۱۵].

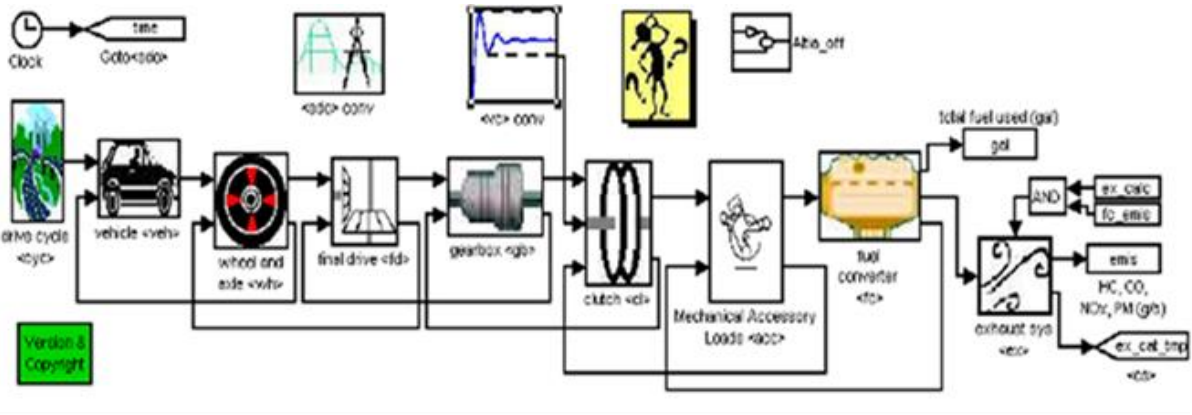
روش شبیه‌سازی ترکیبی، در واقع بسیار شبیه روش شبیه‌سازی رو به عقب^۲ است. تنها تفاوت روش شبیه‌سازی ترکیبی و رو به عقب این است که در روش ترکیبی، محدودیت‌های عملکردی اجزا نیز در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال، اگر در مسیر شبیه‌سازی از موتور احتراقی، گشتاوری تقاضا شود که بیش از گشتاور قابل تامین آن باشد، خروجی موتور احتراقی به جای گشتاور مورد تقاضا، بیشینه گشتاور قابل تحویل خواهد بود. بدیهی است این تفاوت در متغیرهای مورد تقاضا و قابل دستیابی، تنها در مورد اجزایی از سامانه نیرو محرکه صدق می‌کند که به نوعی دارای قیود عملکردی اند. شکل ۳ نمودار اجزای سامانه نیرومحرکه خودروی مرسوم و نحوه ارتباط آنها را در روش شبیه‌سازی ترکیبی نشان می‌دهد. همانطوری که در این شکل مشخص است، نقطه شروع شبیه‌سازی، چرخه رانندگی است.

چرخه رانندگی، در واقع بیانگر الگوی رانندگی و نماینده شرایط واقعی رانندگی در یک ناحیه خاص جغرافیایی است. این قسمت، در منتهی-الیه سمت چپ شکل ۳ قرار داشته و با توجه به نمودار سرعت مورد تقاضا بر حسب زمان، سرعت مورد نیاز در هر فاصله زمانی را محاسبه می‌کند. قسمت الگوی رانندگی، سرعت مورد نیاز را به قسمت بدنه خودرو منتقل می‌کند. در قسمت خودرو، هیچگونه قید عملکردی وجود ندارد. در این قسمت، با استفاده از سرعت مورد تقاضا، نیروی رانشی متوسط و سرعت متوسط مورد نیاز در طی پله زمانی حل محاسبه می‌شوند. این نیازمندی‌ها از قسمت خودرو به قسمت چرخ/محور فرستاده می‌شوند. برای شبیه‌سازی دینامیک طولی خودرو نیاز به شبیه‌کردن بارهای جاده‌ای است. بارهای جاده‌ای به طور کلی به سه دسته اصطکاک جاده‌ای، مقاومت هوا و شیب تقسیم‌بندی می‌شوند. در این تحقیق، برای تخمین بارهای جاده‌ای، از آزمون جاده‌ای کاهش سرعت^۳ استفاده شده است. در این آزمون، سرعت خودرو بر روی یک جاده مسطح تا یک سرعت مشخص رسانده می‌شود و پس از آن خودرو در حالت خلاص قرار گرفته و کاهش سرعت آن در اثر نیروهای جاده‌ای در بازه‌های زمانی مشخص ثبت می‌شود. بدین ترتیب، شتاب کندشونده خودرو در اثر بارهای جاده‌ای محاسبه شده و با استفاده از جرم خودرو، نیروی مقاومت جاده‌ای بر حسب سرعت خودرو محاسبه می‌گردد.

¹ Backward-forward simulation

² Backward simulation

³ Coast down



شکل ۳: نمودار جعبه‌ای اجزای خودرو در شبیه‌سازی ترکیبی برای خودروی سمند بنزین سوز

جدول ۴: مقایسه نتایج شبیه‌سازی آلاینده‌گی مصرف‌سخت شهر اراک با چرخه‌های مرسوم دیگر

چرخه رانندگی	آلاینده‌گی (grams/km)	مصرف سوخت (l/100km)
اروپا	HC: ۰,۰۴۳	۸,۳
	CO: ۰,۵۰۹	
	NOx: ۰,۰۱۹	
آمریکا	HC: ۰,۰۴۱	۸,۲
	CO: ۰,۵۱۵	
	NOx: ۰,۰۱۸	
تهران	HC: ۰,۰۴۸	۸,۶
	CO: ۰,۵۶۵	
	NOx: ۰,۰۱۸	
اراک	HC: ۰,۱	۱۴,۵
	CO: ۱,۰۹	
	NOx: ۰,۰۲۷	

محل قرار گرفتن نقاط مثلثی نسبت به نقاط مربعی و دایروی نشان دهنده آن است که با حرکت خودرو در قسمت بیرون شهر، موتور خودرو با بازدهی بالاتری نسبت به قسمت شهری و متراکم کار می‌کند. قرار گرفتن این نقاط در مناطقی که موتور بازدهی بالاتری دارد علت اختلاف قابل توجه مقدار آلاینده‌گی و مصرف‌سوخت در چرخه رانندگی شهر اراک است. برای یک خودروی با موتور احتراق داخلی، قسمت محدودی از بازه توزیع گشتاور، در محدوده بازدهی مطلوب و بیشینه قرار دارد. وجود چنین محدودیتی در این خودروها، موجب افزایش مصرف‌سوخت در دوره‌های پایین موتور، یعنی هنگامی که خودرو شروع به حرکت می‌کند، می‌شود.

جدول ۳: نتایج شبیه‌سازی و آزمون خودروی سمند

آلاینده‌گی	شبیه‌سازی	آزمون	خطا (%)
HC (lit per 100k)	۰,۰۴۲	۰,۰۴۱	۲,۴
CO (gk/m)	۰,۵۱۴	۰,۵۲۱	۱,۳
NOx (gk/m)	۰,۰۱۹	۰,۰۱۸	۵,۵
FC (gk/m)	۸,۲	۷,۹۱۷	۳,۵

با مقایسه این نتایج با نتایجی که از شبیه‌سازی آلاینده‌گی و مصرف‌سوخت خودروی سمند در چرخه‌های تهران و اروپا و آمریکا بدست می‌آیند، می‌توان دید که استفاده از این چرخه‌های رانندگی برای شهر اراک تخمینی پایین دست و به دور از واقعیت برای آلاینده‌گی و مصرف‌سوخت در این شهر بدست می‌دهند. بنابراین جدول ۴ بر لزوم تهیه یک چرخه رانندگی بر اساس الگوی رفت و آمدی خاص شهر اراک تأکید می‌کند.

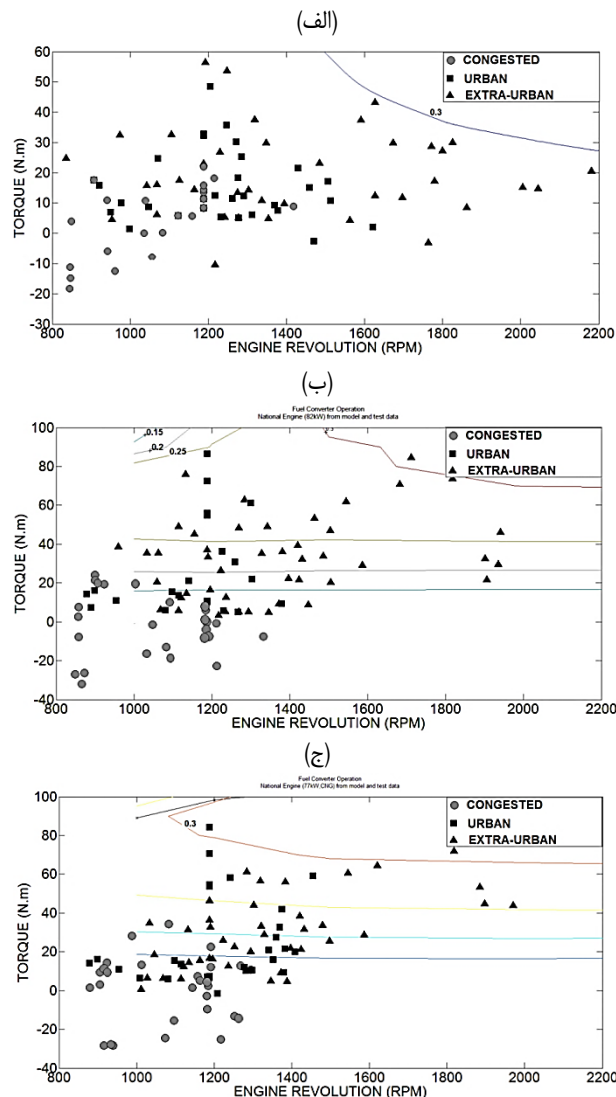
همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود نتایج مربوط به آلاینده‌گی و مصرف‌سوخت در قسمت متراکم چرخه رانندگی اختلاف زیادی با دو قسمت شهری و بیرون شهر دارد. مصرف‌سوخت در این قسمت برای هر سه خودروی ذکر شده، افزایش چشمگیری داشته است. آلاینده منواکسیدکربن که بویژه تحت تأثیر فرآیند توقف و شتاب‌گیری‌های متناوب خودرو است، برای خودروی پراید حدود ۱۲۵٪ و برای خودروی سمند، در هر دو خودروی شبیه‌سازی شده، حدود ۲۰۰٪ افزایش پیدا کرده است.

شکل‌های ۴ نشان دهنده نتایج شبیه‌سازی آلاینده‌گی و مصرف‌سوخت خودروی پراید، سمند بنزین سوز و سمند گاز سوز در چرخه رانندگی شهر اراک است. نقاطی که با مثلث نشان داده شده اند نمایشگر نقاط کاری موتور این خودروها در قسمت بیرون شهر، نقاط مربع شکل نمایشگر نقاط کاری موتور در قسمت شهری و نقاط دایره‌ای شکل نمایشگر نقاط کاری موتور در قسمت متراکم چرخه شهر اراک هستند.

با توجه به این اطلاعات و عوامل ذکر شده می‌توان گفت که طراحی مسیرهای رفت و آمدی به نحوی که حرکت روانتری را برای خودروها مهیا کنند، به مراتب مؤثرتر از گاز سوز کردن تمامی خودروها خواهد بود؛ چرا که شهر اراک دارای مسیرهای بسیار محدودی به عنوان مسیرهای اصلی تردد است و این امر باعث شده که قسمت عمده ای از سفرهای شهری، در قسمت متراکم رفت و آمدی قرار بگیرد. بنابراین با افزایش و گسترش مسیرهای شهری، می‌توان به مقدار قابل ملاحظه‌ای از مصرف سوخت و آلاینده‌های ناشی از خودروهای سواری در این شهر کاست. در عین حال با استفاده از سوخت گاز طبیعی نیز می‌توان آلاینده‌های هیدرات‌های کربن غیرمتانی و مونواکسیدکربن را کاهش داد. گو اینکه در حالت گازسوز به علت دمای بالاتر محفظه احتراق و احتمال بیشتر گسست پیوند مولکول نیتروژن، آلاینده‌های نیترات اکسیژن نسبت به سوخت بنزین بالاتر است.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش شبیه‌سازی شرایط رفت و آمد شهر اراک و تأثیر آن بر روند تولید آلاینده‌های و مصرف سوخت ناشی از خودروهای شهر اراک بررسی شد. برای این منظور با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و با استفاده از سامانه سامانه مکان‌یابی جامع، برای اولین بار در شهر اراک یک الگوی رانندگی با روش خوشه‌بندی فازی ارائه شد. در ادامه با شبیه‌سازی زنجیره انتقال قدرت دو خودروی سمند گاز سوز و سمند بنزین سوز با موتور ملی، روند تولید آلاینده‌های و مصرف سوخت این خودروها بر اساس نقاط کارکرد موتور احتراقی در شرایط مختلف رفت و آمدی شبیه‌سازی شد. نتایج شبیه‌سازی حاکی از این است که چرخه‌های رانندگی مرسوم اروپا و تهران تخمین پایین دستی از روند تولید آلودگی خودروها در شهر اراک ارائه می‌کنند. علاوه بر این، شرایط رفت و آمد تأثیر معنی داری بر نقاط کاری موتور احتراقی داشته و با تغییر شرایط رفت و آمد، مقدار آلاینده‌های تولیدی و مصرف سوخت در تمام خودروهای مورد مطالعه تغییر می‌کند. همچنین مطالعه نواحی کارکرد موتور احتراقی در شرایط رفت و آمد متراکم و زمان‌های توقف حاکی از عملکرد موتور احتراقی در نواحی کم بازده‌تر است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر و طراحی مسیرهای رفت و آمدی در شهر اراک، به نحوی که بتوان از توقف‌های متعدد و غیرالزامی جلوگیری شود، می‌توان از مصرف سوخت و آلاینده‌های خودروها به نحو مؤثری کاست.



شکل ۴: شبیه‌سازی موتور خودرو در چرخه رانندگی شهر اراک، (الف) خودروی پراید، (ب) خودروی سمند بنزین سوز و (ج) خودروی سمند گاز سوز

در شرایط رفت و آمد متراکم، این مسئله نمود بیشتری دارد؛ این پدیده را می‌توان در محل قرار گیری نقاط دایروی در شکل‌های ۴ مشاهده کرد. در قسمت متراکم شتابگیری و توقف‌های بسیاری وجود دارند، افزایش تعداد شتابگیری و توقف در حرکت خودرو باعث افزایش آلاینده‌ها بویژه مونواکسیدکربن می‌شود. همچنین به علت عدم کارکرد موتور خودرو در دوره‌هایی با بازدهی بهینه و تقاضای راننده برای گشتاور بیشتر در هنگام آغاز حرکت خودرو باعث غنی شدن سوخت در مخلوط سوخت و هوا و کمبود اکسیژن درون محفظه احتراق می‌شود، این پدیده باعث افزایش آلاینده‌های هیدرات کربن می‌شود.

جدول ۵: نتایج نهایی شبیه‌سازی برای سه خودروی سمند بنزین سوز، گازسوز و پراید در چهار شرایط رفت و آمد متراکم، شهری، بیرون شهر و ترکیبی

نوع خودرو	متراکم	شهری	بیرون شهر	ترکیبی
	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):
	۳۳,۸	۱۸,۲	۱۰,۷	۱۴,۵
سمند	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):
بنزین سوز	HC: ۰,۲۵۲	HC: ۰,۱۴۱	HC: ۰,۰۰۷	HC: ۰,۰۰۱
	CO: ۲,۷۹۳	CO: ۱,۳۱۷	CO: ۰,۷۴۵	CO: ۱,۰۰۹
	NOx: ۰,۰۶۶	NOx: ۰,۰۲۶	NOx: ۰,۰۲۲	NOx: ۰,۰۲۷
	مصرف سوخت معادل بنزینی (L/100km):	مصرف سوخت معادل بنزینی (L/100km):	مصرف سوخت معادل بنزینی (L/100km):	مصرف سوخت معادل بنزینی (L/100km):
	۳۴,۲	۱۸,۸	۱۰,۸	۱۴,۶
سمند	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):
گاز سوز	HC: ۰,۱۲۴	HC: ۰,۰۷۱	HC: ۰,۰۳۳	HC: ۰,۰۴۴
	CO: ۲,۹۵۶	CO: ۱,۶۱۳	CO: ۰,۸	CO: ۱,۰۹۲
	NOx: ۰,۰۴۹	NOx: ۰,۰۱۶	NOx: ۰,۰۱۵	NOx: ۰,۰۱۵
	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):	مصرف سوخت (L/100km):
	۲۶,۹	۱۴,۸	۸,۵	۱۱,۳
	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):	آلاینده‌گی (gr/Km):
پراید	HC: ۰,۴۳۱	HC: ۰,۲۲۸	HC: ۰,۱۱۸	HC: ۰,۱۶۰
	CO: ۲,۹۲	CO: ۱,۳۰۸	CO: ۰,۷۵۴	CO: ۱,۰۴۸
	NOx: ۰,۰۳۷	NOx: ۰,۰۱۴	NOx: ۰,۰۱۱	NOx: ۰,۰۱۲

- [7] S.H. Kamble, T.V. Mathew, G.K. Sharma, Development of real world driving cycle: Case study of Pune, India, department of civil engineering, Indian institute of technology, Transportation Research, Part D: Transport and Environment, Vol. 14, No. 2, pp. 132-140, 2009
- [8] G.M. Montazeri, M. Naghizadeh, Development of car drive cycle for city of Tehran, International Journal of Environment and Pollution, Vol. 30, No. 1, pp. 106-118, 2007
- [9] M.H. Hosseini, A. Massahi, Developing pollutant emission models for private car and taxi in Tehran, International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences, UAE, 2012
- [10] H.J. Lee, H. Gitano, S.H. Eu, Development of motorcycle drive cycles for Malaysia, SAE International, Paper No. 2010-32-0041, 2010
- [11] I.M. Rodriguez, Investigation into the driving cycles for a delivery van around London, MSc Thesis, Imperial College, UK, 2003
- [12] A. Nik, G.M. Montazeri, M. Zarvandi, Application of GPS system in development of Tehran driving cycle considering road grade, 15th Annual Conference of Mechanical Engineering, Iran, 2007
- [13] S. Theodoridis, K. Koutroumbas, Pattern recognition, Academic Press, USA, 2006
- [14] M.G. Montazeri, A. Fotouhi, Driving pattern clustering based on driving feature analysis, Proceedings of IMechE, Part C: Mechanical Engineering Science, Vol. 225, pp. 1301-1317, 2010

References

- [1] S. Nasiri, I. Rsahtbarzadeh, Investigation of hybridization impact on fuel consumption and fuel consumption of spark ignition engines, 2nd Annual Conference on Clean Energy, Iran, 2012
- [2] I. Fomunung, A statistic model for estimating oxides of nitrogen emissions from light duty motor vehicles, Transportation Research, Part D, pp. 333-352, 1999
- [3] A. Fotouhi, G.M. Montazeri, An investigation on vehicle's fuel consumption and exhaust emissions in different driving conditions, International Journal of Environmental Research, Vol. 6, No. 1, pp. 61-70, 2012
- [4] M. Li, K. Boriboonsomsin, G. Wu, W.B. Zhang, M. Barth, Traffic energy and emission reductions at signalized intersections: A study of the benefits of advanced driver information, International Journal of ITS Research, Vol. 7, No. 1, 2009
- [5] F. Halek, M. Keyanpour-Rad, A. Pirmoradi, A. Kavousi, GIS-based estimation of urban suspended particulate air pollution concentration", International Journal of Environmental Research, Vol. 4, No. 1, 2010
- [6] T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, K. Wipke, A systems analysis tool for advanced vehicle modeling, Journal of Power Sources, Vol. 110, No. 2, pp. 255-266, 2002

[15] SAIPA Group, Products technical specifications, <http://www.saipacorp.com/portal/home>, 2012

[16] IKCO Group, Products technical specifications, <http://www.ikco.com/en>, 2012

[17] A. Fotouhi, Application of traffic condition data in intelligent control of hybrid electric vehicles, PhD Thesis, Iran University of Science and Technology, Iran, 2012



Modeling of traffic conditions impact on fuel consumption and emissions of passenger cars in Arak city

M. Soleymani^{1*}, P. Sajedi², A. Esmailion³, A. Nazer⁴

¹Arak University, Arak, Iran, m-soleymani@araku.ac.ir

²Arak University, Arak, Iran, parsamobb@yahoo.com

³Arak University, Arak, Iran, abed_esmaeilion@yahoo.com

⁴Arak University, Arak, Iran, ali.1369@gmail.com

*Corresponding Author, Phone Number: +98-86-32765007

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 05 August 2014

Accepted: 18 November 2014

Keywords:

Traffic conditions

Driving pattern

Emission

Fuel consumption

ABSTRACT

Impacts of traffic conditions on exhaust emissions and the fuel consumption of passenger cars in Arak city have been investigated in this paper. For this purpose, several measurements in various routes of Arak city at different time intervals using GPS system were investigated. 212245 raw samples have been gathered and classified as 2340 separate micro trips. The micro trips were then clustered as three separate clusters using the fuzzy clustering approach. Centers of fuzzy clusters were then selected as the representative traffic conditions, i.e. congested, urban, and extra-urban. Finally, based on representative traffic conditions, the driving cycle for Arak city was developed. Exhaust emissions as well as the fuel consumption of three common vehicles in Arak city including Samand with national engine with gasoline fuel, Samand with the national engine with CNG fuel, and Pride were estimated at various traffic conditions using a backward-facing simulation approach. Simulation results revealed that conventional ECE-EUDC and TEH-CAR driving cycles could not give a good estimation of the fuel consumption and exhaust emissions in Arak city. Moreover, traffic conditions had a considerable impact on exhaust emissions and the fuel consumption in Arak city, as a drastic increase in the fuel consumption was reported; while vehicles were experiencing congested traffic conditions. At the same time, despite prior expectations, due to specific nature of the congested traffic condition in Arak city, not only HC and but also CO and NO_x emissions were increased.

