



FCCI2012-2010



اندازه گیری و تحلیل تاثیر برخی خصوصیات فنی خودرو بر مصرف سوخت در شرایط واقعی به کمک شبکه عصبی

صیاد نصیری^۱، امیرحسین مومن^۲، سیدحسین آقامحمدی^۳، شهرزاد رشکی^۴

تهران - دانشگاه صنعتی شریف

صیاد نصیری: nasiri@sharif.edu

چکیده

در این مقاله سعی شده تا در شرایط واقعی، تاثیر برخی خصوصیات فنی خودرو از جمله فشار باد تایر، ابعاد تایر، نحوه توزیع بار، دنده و سرعت خودرو به طور تجربی و در شرایط واقعی بر مصرف سوخت یک خودرو بنزینی بررسی شود. در این تحقیق، شرایطی به عنوان شرایط مبنا تعریف شد و در این حالت میزان مصرف سوخت اندازه گیری شد. سپس با تغییر در هر کدام از پارامترهای مذکور، میزان تغییر رفتار سایر پارامترها اندازه گیری گردید. سپس، با استفاده از سیستم های شناسایی الگو، عملیات دسته بندی و جداسازی اطلاعات صورت گرفته و شبکه عصبی آموزش و آزمایش شده و نتایجی بالای ۹۰٪ از این آزمایش ها کسب گردید. در نهایت با ترسیم نمودارها، تاثیر پارامترهای مختلف بر مصرف سوخت خودروی مورد نظر نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: تایر - توزیع بار - دنده و سرعت خودرو - شبکه عصبی - مصرف سوخت خودرو

۱- مقدمه

یکی از مهم ترین و در عین حال فراموش شده ترین عوامل که می تواند بر میزان مصرف سوخت تاثیر گذار باشد، تایر خودرو است. انتخاب و استفاده از تایر مناسب می تواند توامان باعث کاهش مصرف سوخت و جلوگیری از آلودگی محیط زیست شود. در طراحی و ساخت تایر، معیار موثر در مصرف سوخت خودرو با پارامتری به نام مقاومت غلتشی^۵ سنجیده می شود که کاهش آن به معنای کاهش نیروی مقاوم در برابر حرکت یا کاهش مصرف سوخت وسیله نقلیه است. مقاومت غلتشی ضمن اتلاف انرژی در تایر بر روی مصرف سوخت، پایداری خودرو و طول عمر تایر تاثیر آشکار دارد و تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند سرعت خودرو، ساختار جاده و مشخصه های تایر مانند درجه حرارت، فشار باد، اجزا و مواد تایر بر روی مقاومت غلتشی قرار دارد [۱].

فشار باد تایر، مشخص کننده ی قابلیت ارتجاعی تایر و در ترکیب با بار، تعیین کننده انحراف (تغییر شکل) در دیواره های تایر و ناحیه ی تماس با جاده است. فشار باد تایر در انعطاف پذیری آن موثر است و روی سطوح سفت، مقاومت غلتشی با افزایش فشار باد تایر کاهش پیدا می کند [۲ و ۳].

^۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی شریف

^۲ - کارشناسی مکانیک خودرو، دانشگاه جامع علمی کاربردی ساپکو

^۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

^۴ - کارشناسی مکانیک خودرو، دانشگاه جامع علمی کاربردی ساپکو

^۵ . Rolling Resistance

FCCI2012-2010

بر مبنای یک آزمایش تجربی، در فشارهای متفاوت تایر، میزان مصرف سوخت بر اثر تغییر فشار مورد بررسی قرار گرفت و اعلام شد که با افزایش باد تایر به میزان ۲psi بیشتر از مقدار مجاز، مصرف سوخت ۸ درصد کاهش می یابد ولی با کم بودن باد تاثیر به میزان ۲psi نسبت به حالت مجاز، مصرف سوخت در حدود ۲۰ درصد افزایش می یابد [۴]. ولی به دلیل عدم استفاده از دستگاه های دقیق جهت اندازه گیری مصرف سوخت، نمی توان به ارقام کسب شده استناد کرد. به هر حال این موضوع نشان دهنده اهمیت تاثیر فشار باد تایر در مصرف سوخت بوده و ضرورت استفاده از سیستم پایش باد تایر^۱، را نشان می دهد [۵].

در [۶] یک روش ریاضی ابداع شده که مصرف سوخت خودرو را تعیین میکند و تحلیل تاثیر مقاومت غلتشی تایر بر مصرف سوخت را فراهم می سازد. اطلاعات ارائه شده تاثیر مثبت کاهش در مقاومت غلتشی تایر بر مصرف سوخت را نشان می دهد. تحت شرایط عادی کارکرد خودرو، یک درصد کاهش در مقاومت غلتشی تایر، مصرف سوخت را تا حدود ۰/۳۵-۰/۲۵ درصد کاهش می دهد. تفاوت در مقاومت غلتشی تایرهایی که از انواع مختلف لاستیک های پلیمری ساخته شده اند، می تواند بیش از ۵۰٪ باشد. لاستیک طبیعی^۲ کمترین حد مقاومت غلتشی را دارا می باشد و butadiene-styrene بیشترین مقاومت غلتشی را دارد. در شرایطی که همه پارامترها یکسان است، افزایش دمای تایر از ۳۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد منجر به کاهش ۲۵ تا ۳۰ درصدی در مقاومت غلتشی میشود.

از طرفی در خودروهای سواری و هنگام رانندگی با سرعت بیش از تقریباً ۸۰ کیلومتر بر ساعت، نیروی مورد نیاز برای غلبه بر مقاومت آیرودینامیکی بیشتر از نیروی غلبه کننده بر مقاومت غلتشی تایر می باشد [۲].

جرم خودرو یکی از مهمترین عواملی می باشد که در تلفات انرژی خودرو از جمله نیروی اینرسی و نیروی مقاومت غلتشی تاثیر دارد [۲و۱]. به طور قطع مقداری از انرژی سوخت برای غلبه بر نیروهای مقاومت کننده در برابر حرکت خودرو مصرف می شود. در سال ۱۹۹۴ (Gyenes and Mitchel) به این نکته اشاره کردند که ۱۸٪ از انرژی استفاده شده به وسیله خودرو، برای غلبه بر نیروهای مقاومت کننده در برابر حرکت استفاده می شود. در سال ۲۰۰۳ (Burgess and Choi) استدلال کردند که انرژی مورد نیاز حمل و نقل خودرو، ارتباط نزدیکی با جرم خودرو دارد. مجموع نیروهای مقاوم (از جمله: مقاومت غلتشی، نیروی درگ آیرودینامیکی، نیروی جاذبه زمین و...) در برابر حرکت یک خودرو با توجه به پارامترهای خودرو، مسیر و ترافیک را تجزیه و تحلیل کرده و پارامترهایی که بیشترین تاثیر را در مصرف سوخت دارند، مشخص کردند. یکی از این مسیرها مسطح و سریع بوده و دیگری تقریباً پر از تپه و با محدودیت سرعت بود. میتوان گفت تمامی پارامترها و نیروهای خارجی وارده بر خودرو، به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تاثیر جرم خودرو هستند. آنها اظهار کردند که ۱۰٪ کاهش جرم خودرو می تواند انرژی اینرسی ناشی از نیروهای خارجی را ۸/۳٪ کاهش دهد [۷]. در سال ۱۹۸۷ (Biggs and Akcelik) در تحقیقاتشان دریافتند که ۱۰٪ افزایش جرم خودرو، مصرف سوخت را در مرکز تجاری شهر، مسیرهای شهری دیگر و مسیرهای غیر شهری به ترتیب به میزان ۳/۴٪، ۴/۱٪ و ۳/۲٪ افزایش می دهد. همچنین در سال ۱۹۹۶ (DeCicco and Ross) برآورد شد که کاهش ۱۰٪ جرم برای یک خودروی مسافرتی با وزن ۱۳۰۰ کیلوگرم مصرف سوخت آن را ۶٪ کاهش می دهد. در سال ۲۰۰۱ (Van den Brink And Van Wee) با اندازه گیری طبق روش چرخه آزمایش مصرف سوخت اروپا به این نتیجه رسیدند که ۱۰۰ کیلوگرم اضافه وزن (برای یک خودرو با وزن پایه ۱۰۰۰ کیلوگرم) منجر به ۷-۸٪ افزایش در مصرف سوخت می شود [۸]. در [۹] اشاره شده است که وزن بیشتر خودرو بیانگر تحت بار بیشتر بودن موتور است و این امر مصرف سوخت را تحت تاثیر قرار می دهد. در [۱۰] نیز بیان شده است که تاثیر دو عامل مقاومت غلتشی و مقاومت هوا بر مصرف سوخت خودرو بر دیگر عوامل ارجحیت دارند.

در [۷] ذکر شده است که سرعت و الگوی رانندگی نیز در میزان مصرف سوخت تاثیرگذار هستند. با توجه به نتایج بدست آمده میتوان گفت با ۵٪ کاهش سرعت وسیله نقلیه، به طور متوسط ۶٪ انرژی کمتری برای غلبه بر نیروهای خارجی

^۱ . TPMS: Tire Pressure Monitoring System

^۲ . Natural Rubber

FCCI2012-2010

نیاز است. بیشترین انرژی جهت غلبه بر نیروهای خارجی در ترکیبی از حالات خودروی سنگین، مسیر پر تپه، پروفیل سرعت متغیر و شرایط بدون وزش باد بدست آمد و کمترین انرژی مورد نیاز در حالتی که خودرو سبک، مسیر مسطح، سرعت ثابت و شرایطی که باد می وزد محاسبه شد.

در سال ۲۰۰۶ (Telkmans and Debel) یک اختلاف ۱۰ تا ۲۰٪ را بین مصرف سوخت در شرایط آزمایش و شرایط واقعی برآورد کردند. استدلال آنها در مورد علت این اختلاف این بود که در چرخه آزمایش اروپایی الگوی شتابگیری بسیار ملایمتر از حالت واقع گرایانه است. بنابراین با لحاظ کردن این اختلاف و سهم داشتن موارد دیگر از جمله سرعت، شتاب، باد، پیچ و شیب جاده برای تعیین مصرف سوخت تحقیق بیشتری برای دست یافتن به تاثیر جرم بر مصرف سوخت در چرخه های متفاوت رانندگی مورد نیاز است [۱۱].

سازمان بهینه سازی مصرف سوخت ایران اعلام کرد که نتایج آزمون های استاندارد مصرف سوخت به دلایل زیر نمی تواند کاملاً منطبق با میزان مصرف سوخت خودرو در شرایط رانندگی واقعی باشد:

- امکان آزمایش تمام خودروهای تولیدی جدید بصورت جداگانه وجود ندارد.
- شرایط واقعی رانندگی با شرایط استاندارد آزمایشگاه بسیار متفاوت و متاثر از عواملی چون الگوی رانندگی افراد، نوع جاده، شرایط اقلیمی، وضعیت ترافیکی و ... می باشد.
- عواملی مانند تنظیم نبودن موتور خودرو، استفاده از قطعات غیر استاندارد و تعمیر و نگهداری خودرو بشدت بر میزان مصرف سوخت خودروها تاثیر گذار می باشند.

■ تجهیزاتی مانند کولر که از موتور خودرو قدرت خود را تامین می کنند بر مصرف سوخت خودرو می افزایند.
■ مهمتر اینکه هیچ آزمایشی نمی تواند همه ترکیبات ممکن شرایط گوناگون ترافیک، آب و هوا، الگوی رانندگی و ... را شبیه سازی نماید و در اکثر موارد مصرف سوخت در شرایط واقعی رانندگی بیشتر است [۱۲].

از دیگر عوامل موثر در مصرف سوخت انتخاب مناسب قوای محرکه خودرو و همخوانی موتور و جعبه دنده در راستای عملکرد طولی مناسب خودرو و همچنین مصرف بهینه ی سوخت می باشد. در سال ۱۹۹۸ (السید و دانگ سونگ) به بهینه کردن عملکرد خودرو با در نظر گرفتن مصرف سوخت و زمان رسیدن به سرعت ۱۰۰ کیلومتر در سرعت پرداخته اند. (جیان فنگ) نیز در سال ۱۹۹۹ الگوریتمی برای بهینه سازی عملکرد خودرو ارائه کرده است و به همراه مصرف سوخت، نیروی پیشران خودرو را در محاسبات خود مورد توجه قرار داده است. همچنین در سال ۱۹۹۹ (جان سیرل) نیز معادلاتی برای محاسبه ی زمان و مسافت در حالت شتابگیری ماکزیمم ارائه نموده است. هر یک از این تحقیقات به بررسی بخشی از شاخص های عملکرد خودرو پرداخته است اما ابوالفضل معصومی و همکاران مدل دیگری که در برگیرنده برخی شاخص ها از جمله شتابگیری، شیب روی، سرعت ماکزیمم، دور موتور، انحراف از توان ایده آل موتور و مصرف سوخت به صورت تئوری است، ارائه و تحلیل شد و یک معیار کلی که در برگیرنده تمامی این شاخص ها به طور همزمان باشد، معرفی شده است [۱۳].

در [۱۴] به بررسی اثر استراتژی تعویض دنده در گیربکس های اتوماتیک به عنوان یکی از عوامل موثر بر مصرف سوخت خودرو پرداخته شده است [۱۲].

استفاده از ADAS¹ نیز کمک شایانی در راستای پایداری خودرو و کاهش مصرف سوخت می باشد. از آنجایی که این سیستم ها بر اساس نقشه و سیستم های برنامه ریزی شده عمل می کنند، با توجه به شیب جاده شرایط عملکردی خودرو و موتور از جمله سرعت خودرو، نحوه تعویض دنده، وضعیت سیستم ترمز و نحوه استفاده از توان موتور را کنترل کرده و بنابراین کمک شایانی در کاهش مصرف سوخت خودرو می باشد. در این مقاله روشی برای تخمین و ارزیابی شیب جاده پیشنهاد شده که با توجه به آزمایشات عملی قابل استفاده است [۱۵].

¹ . ADAS: Advanced Driver Assistance System

FCCI2012-2010

از طرفی تغییر در میزان مصرف سوخت و نرخ آلاینده‌گی های خودرو معمولاً به تغییر سرعت، کیفیت رانندگی و کیفیت جاده وابسته است [۱۶]. در مقاله [۱۷] تاثیر سرعت و شتاب بر مصرف سوخت و آلاینده‌گی های موتور مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کامیون ها به طور میانگین تنها ۳۰٪ از زمان را در سرعت مناسب سپری می کنند. عواملی مانند سرعت، شتاب و ترفایک باعث می شود که میزان مصرف سوخت و آلاینده‌گی موتور به میزان چشمگیری متغیر می باشد. هیئت ابتکار و ابداع خطوط هوایی کالیفرنیا (Carb , ۱۹۹۶) جهت اندازه گیری آلاینده‌گی موتور در جاده، روش و راهبردی را ایجاد نموده و توسعه دادند. متعاقباً De Vlioger (۱۹۹۷)، Holmen (۱۹۹۸) و Hart (۲۰۰۲) تست های جاده ای را به کار بردند تا در دنیای واقعی، آلاینده‌گی حقیقی خودرو را مورد مطالعه قرار دهند. DU (۲۰۰۲) با استفاده از سیستم تست آلاینده‌گی در جاده، ویژگی های آلاینده‌گی مینی ون را تحت شرایط جاده ای واقعی مورد بررسی قرار داد. نتایج این مقاله نشان داد که حتی در شتاب های یکسان، میزان آلاینده ها در سرعت های مختلف، متفاوت هستند و همچنین سرعت کم و شتاب مکرر بر مصرف سوخت و آلاینده‌گی خودرو تاثیر منفی دارند. با اینکه این مقاله بر روی خودروهای دیزلی انجام شده اما روش و نگرش مورد استفاده در این مقاله برای خودرو های بنزین سوز هم قابل تعمیم است.

سنجش میزان مصرف سوخت و آلاینده‌گی در جاده یک فن آوری جدید و پرهزینه است که می تواند مصرف سوخت و آلاینده‌گی خودرو را هنگام رانندگی، بدون نیاز به تست خودرو در دینامومتر شاسی، اندازه گیری نماید. تغییرات در مصرف سوخت و آلاینده‌گی خودرو در نتیجه ی تغییر در سرعت خودرو، سطح شتاب و عوامل دیگر، می تواند بسیار قابل اطمینان تر از تکنیک های آزمایشگاهی مثل تست های دینامومتر، داده ها را جمع آوری و تحلیل نماید. مقایسه میان مصرف سوخت جاده و سنجش آلاینده‌گی و تخمین های مدل وی تی میکرو ارایه شده تا اعتبار مدل وی تی میکرو برای تحلیل سرعت مناسب خودرو و شتاب آن به اثبات برسد. این مقاله نشان می دهد که چارچوب الگوی وی تی میکرو جهت مدل سازی رفتار آلاینده‌گی و مصرف سوخت خودرو در شرایط پایدار مناسب است. تحلیل های این مقاله نشان می دهد که میزان مصرف سوخت خودرو در محدوده سرعت ۶۰ تا ۹۰ کیلومتر بر ساعت بهینه است. کاهش یا افزایش در سرعت مناسب خودرو که خارج از این حد بهینه باشد، منجر به افزایش قابل توجهی در میزان مصرف سوخت می شود [۱۸].

امروزه روشهای بر پایه تجربی و فیزیکی معمولاً در الگوهای مصرف سوخت و آلاینده‌گی مطرح شده اند. یک نمونه از آنها تخمین زنده نرخ آلاینده‌گی فیزیکی (PERE)^۱ است که پارامترهای خودرو و اثرات رانندگی را ثانیه به ثانیه اندازه گیری کرده و نرخ مصرف سوخت را نیز ثانیه به ثانیه برآورد می کند. نمونه ی بر پایه تجربی، به طور مثال شبیه ساز آلاینده‌گی موتور خودرو (MOVES)^۲ از طرف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA, 2005) برای تخمین مصرف انرژی خودروها هستند که ارتباط بین مصرف سوخت و پارامترهای رانندگی خودرو که باعث تغییر و بهبود بینش ها شده و درک بهتری را از تاثیر سطوح مختلف سرعت پیمایش و شتاب بر روی مصرف سوخت خودرو به رانندگان میدهد، بررسی کرده است. نتایج نشان می دهد، مقدار مصرف سوخت بر واحد مسافت، هنگامی که خودرو در مدت زمان کوتاهی، پیوسته کاهش و افزایش شتاب دارد به طور قابل توجهی افزایش می یابد [۱۶].

در سال های اخیر، از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۳ در رشته های مختلف از جمله مهندسی خودرو، در پیش بینی ویژگی های خودرو در شرایط کاری متفاوت به کار رفته است. رابطه میان درجه حرارت گازهای اگزوز و مصرف سوخت یک موتور احتراق داخلی در [۱۹]، مدل سازی مبدل گرمایی سوخت پاش در هنگام استارت سرد در موتور بنزینی، کنترل نسبت سوخت و هوای ورودی به موتور [۲۰]، کنترل جریان بازگردشی و گاز اگزوز و در تعیین و فرمول بندی صریح، پیش بینی گشتاور و مصرف سوخت ویژه در موتور بنزینی از ANN استفاده شده است [۲۱].

^۱ . PERE: Physically Emissions Rate Estimator

^۲ . MOVES: Motor Vehicle Emission Simulator

^۳ . ANN: Artificial Neural Network

FCCI2012-2010

در این مقاله تاثیر پارامترهای فشار باد تایر، ابعاد تایر، نحوه توزیع بار، دنده و سرعت خودرو به طور تجربی و در شرایط واقعی بر مصرف سوخت یک خودرو بنزینی و در شرایط واقعی اندازه گیری و تحلیل شد. سپس با استفاده از سیستم های شناسایی الگو، عملیات دسته بندی و جداسازی اطلاعات انجام گرفت. با توجه به نتایج این تحقیق، پارامترهای مذکور تاثیر محسوسی بر مصرف سوخت و آلاینده‌گی دارند که با کنترل برخی از آنها توسط راننده و برخی دیگر توسط طراحان خودرو گام موثری در راستای کاهش مصرف سوخت خودرو و کاهش آلاینده‌گی برداشته می شود. نتایج کمی این تحقیق به طور خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲- روش و شرایط انجام آزمایش

قبل از انجام آزمایشها، برنامه دستگاهها و تجهیزات مورد نیاز مطابق با شرایط آزمایشها توسط کامپیوتر تنظیم شده، سپس مطابق شکل ۱ بر روی خودرو نصب گردید. سه دستگاه: دترو، وی باکس و دیاگ کار اندازه گیری اطلاعات را بر عهده داشتند.



شکل ۱- خودرو مجهز شده به دستگاه های اندازه گیری

دستگاه وی باکس با تکنولوژی مشابه دستگاههای جی پی اس^۱ و از طریق ارتباط با ماهواره‌های مکان نما در مدارهای معین کار می کند. بر اساس نیازهای این تست، دستگاه وی باکس برای محاسبه، نمایش و ثبت موقعیت مکانی (طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی)، سرعت لحظه ای و مسافت طی شده از نقطه شروع آزمایش، برنامه ریزی و تنظیم شده است. این دستگاه از طریق یک کارت دیتا^۲ و رایانه قابل حمل کوچک^۳، عمل ثبت اطلاعات را به طور خودکار انجام می داد.

دستگاه دترو در مسیر رفت و برگشت سوخت از باک به موتور قرار گرفته و بر اساس میزان اختلاف حجمی بین سوخت رفت و برگشتی، مقدار مصرف سوخت را بر حسب سانتی متر مکعب محاسبه می کند. این دستگاه با اتصال به یک محاسبه کننده مسافت و سنسور سرعت سنج نوری که بر روی درب خودرو نصب گردیده است، میزان سرعت لحظه ای، مسافت طی شده، حجم سوخت مصرف شده و مدت زمان انجام تست را روی یک نمایشگر نشان می دهد. دستگاه دیاگ پروتابل نیز به ای.سی.یو^۴ خودرو و یک رایانه قابل متصل شده بود تا از طریق آن، عمل ثبت اطلاعات لحظه ای عملکرد موتور انجام گیرد.

^۱. GPS: Global Positioning System

^۲. Data Acquisition

^۳. Tablet

^۴. ECU

FCCI2012-2010

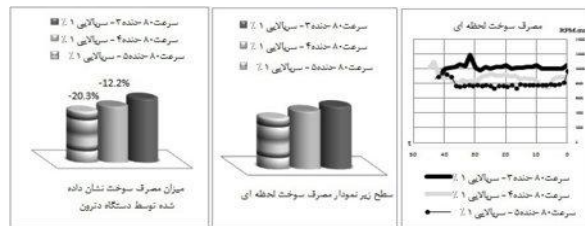
در طی کلیه آزمایش‌ها سعی شد، حتی الامکان تمامی شرایط را ثابت نگه داشته و تنها با تغییر یک پارامتر از حالت استاندارد و مینا، تاثیر آن پارامتر را روی میزان مصرف سوخت بررسی نماییم. ابعاد و فشار باد تایر نیز مطابق استاندارد شرکت سازنده خودرو به ترتیب $185/65R15$ و 30psi در نظر گرفته شد. برای کنترل شرایط آب و هوایی، از اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی سازمان هواشناسی کشور استفاده شد و سعی شد که آزمایش‌ها در شرایطی انجام شود که حتی الامکان دمای هوا، سرعت و جهت وزش باد در تمامی اوقات انجام آزمایش یکسان و تحت نظر باشد.

۳- تحلیل

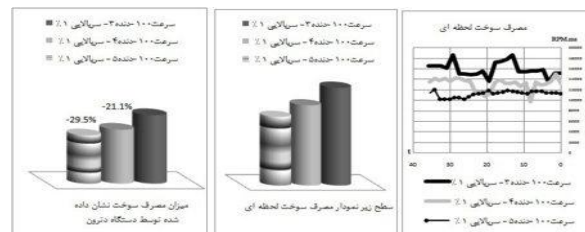
قبل از تحلیل نتایج آزمایش‌های این تحقیق، لازم به ذکر است که در نمودارهای موجود در شکل‌های ۲ تا ۱۳، اولین شکل سمت راست بیانگر میزان مصرف سوخت اندازه‌گیری شده به صورت لحظه‌ای توسط دستگاه دیاگ می‌باشد. از آنجایی که ارزیابی این نمودارها به دلیل کم بودن تغییرات دشوار است لذا سطح زیر نمودارها به صورت میله‌ای، در نمودار وسط نشان داده شده است. نمودار میله‌ای سمت چپ هم میزان سوخت اندازه‌گیری شده مصرفی واقعی توسط دستگاه دترونی که دستگاهی بسیار دقیق می‌باشد را نشان می‌دهد که تاکید بر صحت تحلیل اطلاعات دستگاه دیاگ می‌باشد.

۳-۱- تاثیر دنده و سرعت:

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که مصرف سوخت برای پیمودن مسیر آزمایش با سرعت ثابت ۸۰ کیلومتر بر ساعت در دنده ۴ و ۵ نسبت به طی همان مسیر با دنده ۳ به ترتیب به میزان $12/2\%$ و $20/3\%$ کاهش یافته است. مطابق شکل ۳ ملاحظه می‌گردد که مصرف سوخت برای پیمودن مسیر آزمایش با سرعت ثابت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در دنده ۴ و ۵ نسبت به طی همان مسیر با دنده ۳ به ترتیب به میزان $21/1\%$ و $29/5\%$ کاهش یافته است.



شکل ۲- تاثیر انتخاب دنده‌های مختلف بر روی مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت



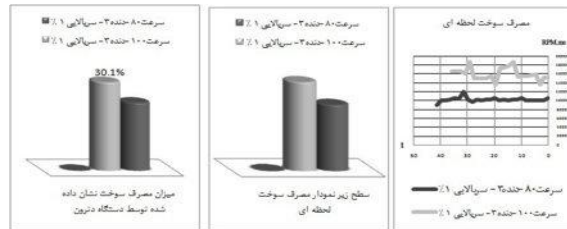
شکل ۳- تاثیر انتخاب دنده‌های مختلف بر روی مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت

مطابق شکل‌های ۲ و ۳، نتیجه‌گیری می‌شود اثر انتخاب دنده‌های سبکتر در کاهش مصرف سوخت در سرعت‌های بالاتر محسوس‌تر می‌باشد.

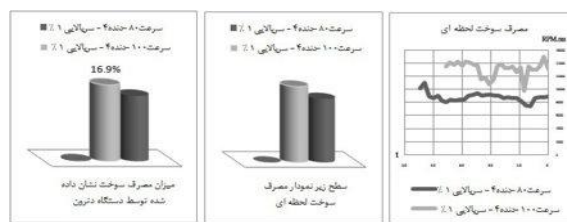
در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت از ۸۰ کیلومتر بر ساعت به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در دنده ۳ و ۴ و ۵ مصرف سوخت به ترتیب 1% ، 30% و $16/9\%$ و 15% افزایش یافته است. بنابراین، مطابق آنچه که در مورد شکل‌های ۲ و ۳

FCCI2012-2010

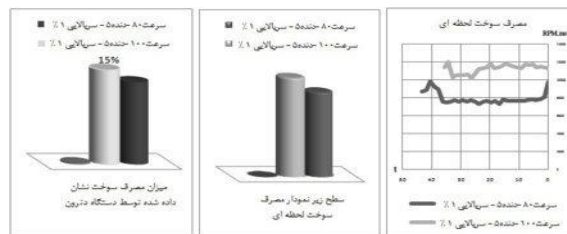
بیان شد و به نوعی دیگر می توان گفت که تاثیر افزایش سرعت بر روی افزایش مصرف سوخت با سبک کردن دنده ها کاهش می یابد.



شکل ۴- تاثیر سرعت خودرو بر مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ در دنده های ۳ و سرعت های ۸۰ و ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت



شکل ۵- تاثیر سرعت خودرو بر مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ در دنده های ۴ و سرعت های ۸۰ و ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت



شکل ۶- تاثیر سرعت خودرو بر مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ در دنده های ۵ و سرعت های ۸۰ و ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت

به عنوان یک نتیجه گیری کلی در این سری آزمایشات در تمامی حالات مشاهده گردید که تاثیر دور موتور در افزایش یا کاهش یافتن مصرف سوخت به مقدار قابل ملاحظه ای بیشتر از اثر بار بر روی موتور می باشد، بنابراین حرکت در دنده های سبک با وجود تحت فشار بیشتر قرار گرفتن موتور باعث کاهش مشهود در مصرف سوخت خودرو می شود.

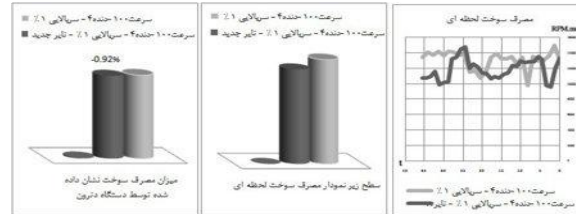
۲-۳- تاثیر فشار و ابعاد تایر:

در شکل های ۷ و ۸ تاثیر تغییر اندازه تایر بر مصرف سوخت در سرعت ثابت و در دنده های مختلف در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ نشان داده شده است. ابعاد تایر استاندارد R15/185/65 و به قطر ۶۲/۱۵ سانتیمتر و ابعاد تایر جدید R15/195/65 به قطر ۶۳/۴۵ سانتیمتر که منجر به افزایش قطر به میزان ۱/۳ سانتیمتر گردید. مشاهده می شود با تغییر ابعاد تایر در سرعت ثابت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و در دنده های ۴ و ۵ مصرف سوخت خودرو به ترتیب ۰/۹۲٪ و ۵/۳٪ کاهش یافته است. بنابراین تاثیر افزایش قطر تایر بر روی کاهش مصرف سوخت در شیب های ملایم و سرعت ثابت در دنده های سبک محسوس تر است ولی باید به این نکته نیز توجه کرد که تاثیر تغییر ابعاد تایر در سیستم های تعلیق، ترمز، فرمان و سیستم انتقال قدرت بسیار حیاتی بوده و بدون در نظر گرفتن آنها نباید اقدام به تغییر ابعاد تایر کرد.

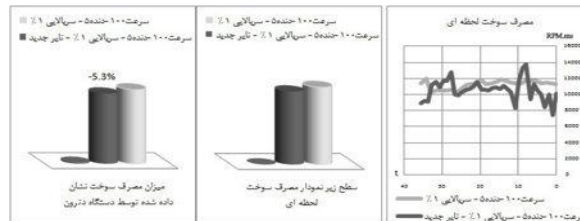
شکل های ۹ و ۱۰ تاثیر فشار باد تایر را بر مصرف سوخت خودرو در مسیر با شیب ملایم، دنده و سرعت ثابت نشان می دهند. (فشار باد استاندارد تنظیم شده برای آزمایش ها ۳۰ psi می باشد) مشاهده می شود با کاهش فشار باد تایر به ۲۰ psi

FCCI2012-2010

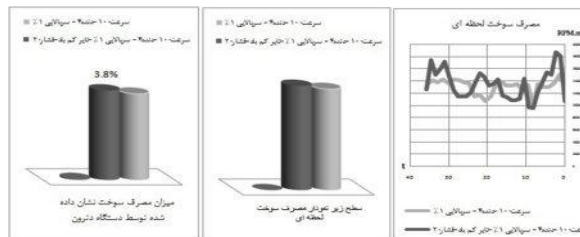
یعنی ۱۰ psi کمتر از مقدار استاندارد و افزایش فشار باد تایر به ۴۰ psi یعنی ۱۰ psi بیشتر از مقدار استاندارد، مصرف سوخت خودرو نسبت به حالت استاندارد به ترتیب ۳/۸٪ افزایش و ۴/۳٪ کاهش یافته است. بنابراین افزایش یا کاهش فشار باد لاستیک منجر به کاهش و یا افزایش مقاومت غلتشی لاستیک میگردد که تاثیر محسوسی در کاهش یا افزایش مصرف سوخت دارد. از طرفی ذکر این نکته ضروری است با تغییر فشار باد تایر تغییراتی در میزان لغزش بین تایر و زمین، سایش تایر و نرخ انتقال ارتعاشات ایجاد می شود که بر پایداری خودرو و راحتی سرنشین تاثیر داشته از اینرو تغییر در فشار باد تایر باید با در نظر گرفتن این مطالب باشد.



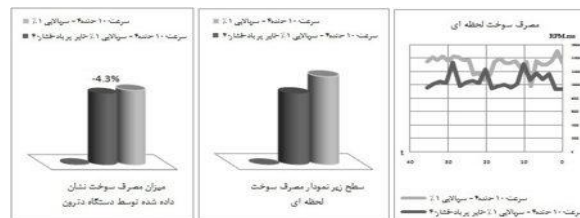
شکل ۷- تاثیر تغییر اندازه تایر بر روی مصرف سوخت در مسیر با شیب ملایم ۱٪، سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و در دنده ۴



شکل ۸- تاثیر تغییر اندازه تایر بر روی مصرف سوخت در مسیر با شیب ملایم ۱٪، سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و در دنده ۵



شکل ۹- تاثیر تایر کم باد بر مصرف سوخت خودرو در مسیر با شیب ملایم ۱٪، دنده ۴ و سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت



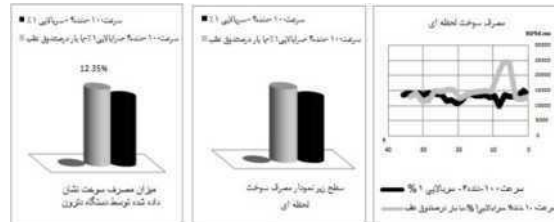
شکل ۱۰- تاثیر تایر پر باد بر مصرف سوخت خودرو در مسیر با شیب ملایم ۱٪، دنده ۴ و سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت

۳-۳- تاثیر بار:

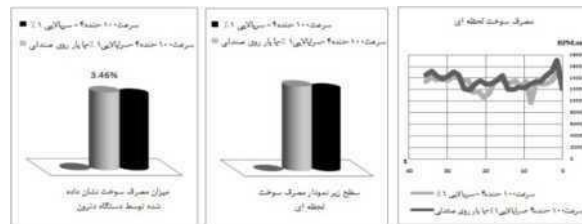
با توجه به شکل های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می شود که با قرار دادن ۲۱۰ کیلوگرم بار در صندوق عقب خودرو و داخل خودرو (به صورت توزیع بار در کف خودرو و روی صندوق عقب) مصرف سوخت خودرو در دنده های ۴ و ۵ با سرعت ثابت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، طی یک مسیر ثابت به ترتیب به میزان ۱۲/۳۵٪ و ۳/۴۶٪ نسبت به طی مسیر مشابه با شرایط مشابه ولی

FCCI2012-2010

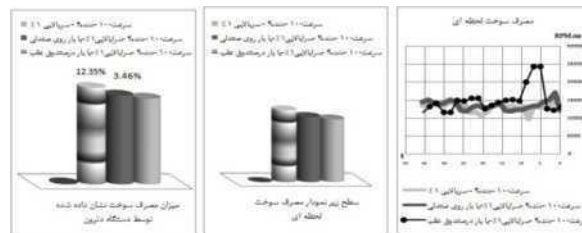
بدون بار افزایش یافته است. در شکل ۱۳ نیز مقایسه بین حالت بدون بار اضافه، حالت قرار دادن بار در صندوق عقب خودرو و حالت توزیع بار در کف خودرو و روی صندلی عقب خودرو به نمایش درآمده است. بنابراین ملاحظه می گردد که هرچه راننده باری را که قصد حمل آنرا دارد یکنواخت تر گسترده تر و نزدیک تر به نقطه ثقل خودرو توزیع کند، نسبت به حمل متمرکز بار در صندوق عقب، مصرف سوخت به میزان قابل توجهی پایین می آید.



شکل ۱۱- اثر بار و توزیع آن در افزایش مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و دنده ۴ (بار داخل صندوق عقب)



شکل ۱۲- اثر بار و توزیع آن در افزایش مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و دنده ۴ (روی صندلی عقب)



شکل ۱۳- اثر بار و توزیع آن در افزایش مصرف سوخت در یک مسیر با شیب ملایم ۱٪ با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت و دنده ۴ در سه حالت

جدول ۱ نتایج حاصل از این تحقیق را نسبت به حالت سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت در دنده ۵ به ترتیب میزان تاثیر در مصرف سوخت نشان می دهد.

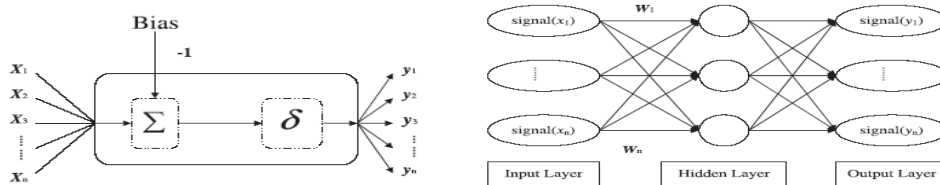
جدول ۱- مقایسه میزان مصرف سوخت در شرایط مختلف

درصد	وضعیت	ردیف
٪۶۳	سرعت ۱۰۰ km/h - دنده ۳	۱
٪۴۷	سرعت ۱۰۰ km/h - دنده ۴ - بار ۲۱۰ kg داخل صندوق عقب	۲
٪۳۴	سرعت ۱۰۰ km/h - دنده ۴ - باد تایر ۲۰ psi	۳
٪۳۲	سرعت ۱۰۰ km/h - دنده ۴ - بار ۲۱۰ kg روی صندلی عقب	۴
٪۲۹	سرعت ۱۰۰ km/h - دنده ۴	۵
٪۲۵	سرعت ۸۰ km/h - دنده ۳	۶

FCCI2012-2010

۲۵٪	سرعت ۱۰۰km/h - ۴-دنده اندازه تایر : R۱۵/۶۵	۷
۲۴٪	سرعت ۱۰۰km/h - ۴-دنده باد تایر ۴۰psi	۸
۱۵٪	سرعت ۱۰۰km/h - ۵-دنده	۹
۱۰٪	سرعت ۸۰km/h - ۴-دنده	۱۰
۱۰٪	سرعت ۱۰۰km/h - ۵-دنده اندازه تایر : R۱۵/۶۵	۱۱
۷٪	سرعت ۸۰km/h - ۵-دنده	۱۲

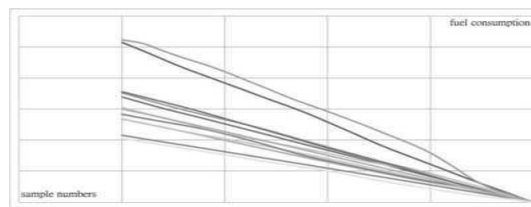
پس از تحلیل نتایج اولیه که بوسیله دستگاه های دیاگ و دترومن کسب شد، در این قسمت با استفاده از سیستم های شناسایی الگو، عملیات دسته بندی و جداسازی اطلاعات انجام میگردد. نوعی از شبکه های عصبی BP بر مبنای واحد محاسباتی به نام پرسپترون ساخته می شود. پرسپترون، برداری از ورودی ها با مقادیر حقیقی را گرفته و یک ترکیب خطی از این ورودی ها را محاسبه می کند و حاصل آن اگر از حد آستانه بیشتر باشد خروجی پرسپترون را یک در نظر می گیرد. با توجه به شکل ۱۴ شبکه های عصبی مصنوعی یاد می گیرند که مسئله ای را حل کنند و در واقع برنامه ریزی قبلی نمی شوند. کار شبکه عصبی تنظیم وزن های ورودی هر نرون عصبی می باشد تا باعث یادگیری کل شبکه بشود. شبکه های عصبی می توانند با ناظر یا بدون ناظر باشند و نیز می توانند دارای لایه های متعدد بوده و یا تک لایه باشند. در این پژوهش از شبکه عصبی با ناظر و دارای یک لایه پنهان استفاده شده است.



شکل ۱۴- شبکه عصبی با لایه مخفی و مدل ریاضی نرون

با توجه به مطالب فوق اطلاعات کسب شده از تست هایی که روی خودرو انجام شده را جمع آوری کرده و ۱۲ حالت از آنها جداسازی شد.

شکل ۱۵ اطلاعات ورودی شبکه عصبی را نشان می دهد. هر کدام از این حالت ها پس از دسته بندی و پیش پردازش اطلاعات بدست آمده است و به کمک این اطلاعات جداسازی شده، شبکه عصبی، آموزش و سپس آزمایش شده است.



شکل ۱۵- اطلاعات ورودی پیش پردازش شده شبکه عصبی

با توجه به محدود بودن تعداد آزمایش های واقعی انجام شده، از ۱۲ حالت اطلاعات موجود به نحوی استفاده شد که هر دسته به دو یا سه بخش تقسیم شده و با یک بخش آموزش داده و نهایتاً با بخش های دیگر شبکه عصبی آزمایش شد و نتایج موجود در جدول ۲ به دست آمد.

جدول ۲- نتایج حاصل از آموزش و آزمایش شبکه عصبی

حالت های آموزش و آزمایش شبکه عصبی	شبکه عصبی یک	شبکه عصبی دو	شبکه عصبی سه
۱۲ حالت (هر حالت کل پارامترها برای آموزش و تست)	٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
۱۲ حالت (هر حالت نیمی از پارامترها برای آموزش و نیمی برای تست)	٪۹۱	٪۹۵/۵	٪۹۱
۱۲ حالت (هر حالت یک سوم پارامترها برای آموزش و دو سوم برای تست)	٪۹۱	٪۹۵/۵	٪۹۵/۵

اطلاعات موجود در جدول ۲ میانگین ۲۰ آزمایش می باشد. ویژگی های شبکه های عصبی استفاده شده در این پژوهش به شرح زیر می باشد.

ویژگی شبکه عصبی یک : لایه میانی ۱۵ نرون - تعداد تکرار برای آموزش ۳۰۰ مرتبه - ضریب خطا ۰/۳.

ویژگی شبکه عصبی دو : لایه میانی ۱۲ نرون - تعداد تکرار برای آموزش ۱۰۰ مرتبه - ضریب خطا ۰/۱.

ویژگی شبکه عصبی سه : لایه میانی ۲۰ نرون - تعداد تکرار برای آموزش ۴۰۰ مرتبه - ضریب خطا ۰/۰۵.

از نتایج شبکه عصبی آموزش دیده شده، می توان به شکل های مختلفی استفاده کرد. به عنوان مثال دو دسته از اطلاعات را با یکدیگر مقایسه کرده و میزان تغییر در مصرف سوخت را با توجه به شرایط موجود به راننده یا کاربر اعلام کند.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، تاثیر فشار باد و ابعاد تاثیر بر روی مصرف سوخت خودرو بررسی گردید و مشخص شد که افزایش فشار باد که منجر به کاهش مقاومت غلتشی لاستیک می شود باعث کاهش مصرف سوخت شده و از سوی دیگر کاهش باد لاستیک تاثیر محسوس روی افزایش مصرف سوخت دارد. در مورد تغییر ابعاد تاثیر نتیجه حاصل شده این بود که افزایش قطر (ارتفاع) تایر که منجر به افزایش محیط تایر می شود، کاهش مصرف سوخت را در بر داشت.

در این سری آزمایشات مشخص گردید که تاثیر افزایش سرعت بر روی افزایش مصرف سوخت در دنده های سبک کاهش می یابد، این مطلب تاییدی بر این نکته می باشد که تاثیر افزایش دور موتور بر افزایش مصرف سوخت به صورت مشهودی بیشتر از تاثیر تحت بار قرار گرفتن موتور می باشد. بنابراین برای کاهش مصرف سوخت به شرط اینکه موتور کشش کافی در آن دنده را داشته باشد، بهتر است مسیر با دنده های سبکتر پیموده شود و از افزایش دور موتور در دنده های سنگین بشدت اجتناب گردد.

نتیجه بدست آمده در آزمایش تاثیر نحوه توزیع بار بر روی مصرف سوخت بسیار قابل توجه بود و مشاهده شد که هر چه راننده باری را که قصد حمل آنرا دارد یکنواخت تر، گسترده تر و نزدیک تر به نقطه ثقل خودرو توزیع کند، نسبت به حمل متمرکز بار در صندوق عقب، مصرف سوخت به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

تشکر و قدردانی

لازم است سپاس گذاری و قدردانی ویژه ای از تمامی زحمات برادر بزرگوار جناب آقای مهندس علیرضا کرمی ریاست محترم دانشگاه علمی کاربردی واحد ساپکو که قطعاً در تمامی مراحل این پژوهش مشوق اصلی و قوت قلب بوده اند و همچنین تمامی همکاران آن واحد داشته باشیم. همچنین از همکاری شرکت های مهاده صنعت شرق، توان سازان و ایتراک در انجام آزمایش های این پژوهش تشکر می شود.



FCCI2012-2010

چهارمین کنفرانس سوخت و احتراق ایران

کاشان - دانشگاه کاشان - بهمن ماه ۱۳۹۰



مراجع

- 1- Thomas D.Gillespie, (1992) "Fundamental of vehicle dynamic" SAE.
- 2- Wong, J. Y, (1993). "Theory of Ground Vehicle". Publisher: Wiley.
- 3- Hans B. Pacejka, (2006), Tire and Vehicle Dynamics, second edition, Elsevier.
- ۴ - فرهاد کاشانی، (دیماه ۱۳۸۸)، "برای کاهش مصرف سوخت باد لاستیک های اتومبیلان را تنظیم کنید"، مجله ماشین، سال ۳۱، شماره ۳۲۴.
- ۵ - جواد مرزبان راد و سجاد بیگ مرادی، (۱۳۸۹)، "بررسی تاثیر استفاده از تکنولوژی (TPM) در کاهش مصرف سوخت خودروهای کشور"، کنفرانس بهینه سازی مصرف انرژی.
- 6- V.I.Konoroz, (1968), The influence of tyre rolling resistance on vehicle fuel consumption, Avtom.Prom. March, 11-14 1968, Journal of terramechanics, volume 5, Issue 3, page 88-89.
- 7- Burgess, S.C., Choi, J., 2003. A parametric study of the energy demands of car transportation: a case study of two competing commuter routes in the UK .Transportation Research Part D 8, 21-36.
- 8- Tolouei, Reza, & Titheridge, Helena. (2009). Vehicle mass as a determinant of fuel consumption and secondary safety performance. Transportation Research Part D, 14, 385-399
- 9- Saboohi, Y., & Farzaneh, H. (2009). Model for developing an eco-driving strategy of a passenger vehicle based on the least fuel consumption. Applied Energy, 86, 1925-1932.
- 10- Jian-Da Wu, Jun-Ching Liu (2010). Development of a predictive system for car fuel consumption using an artificial neural network
- 11- Pelkmans, L., Debal, P., 2006. Comparison of on-road emissions with emissions measured on chassis dynamometer test cycles. Transportation Research Part D 11, 233-241.
- ۱۲ - سازمان بهینه سازی مصرف سوخت ایران، <http://www.ifco.ir/transportation/tips/info.asp>
- ۱۳ - ابوالفضل معصومی، مسعود شریعت پناهی و علیرضا معتمدی، (دیماه ۱۳۸۵)، "طراحی بهینه جعبه دنده خودرو براساس شاخص های عملکرد و مصرف سوخت"، نشریه دانشکده فنی، جلد ۴۰، شماره ۶.
- ۱۴ - بهروز مشهدی، رضا بقائی لاکه و علی نصیری طوسی، (۱۳۸۶)، "طراحی منطق تعویض دنده در گیربکس های اتوماتیک برای کاهش مصرف سوخت خودرو".
- 15- Zhang, K., Frey, H.C., 2006. Road grade estimation for on-road vehicle emissions modeling using light detection and ranging data. Journal of Air and Waste Management Association 56, 777-788.
- 16- Haikun Wang, Lixin Fu, Yu Zhou, He Li, 2008, Modeling of the fuel consumption for passenger cars regarding driving characteristics
- 17- Chen, C., Huang, C., Jing, Q., Wang, H., Pan, H., Li, L., Zhao, J., Dai, Y., Huang, H., Schipper, L., Streets, D.G., 2007. On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. Atmospheric Environment 41, 5334-5344.
- 18- El-Shawarby, I., Ahn, K., Rakha, Hesham, 2005. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. Transportation Research D 10, 13-30.
- 19- Parlak A, Islamoglu Y, Yasar H, Egrisogut A. Application of artificial neural network to predict specific fuel consumption and exhaust temperature for a diesel engine. Appl Therm Eng 2006; 26:824-8.
- 20- Wang SW, Yu DL, Gomm JB, Page GF, Douglas SS. Adaptive neural network model based predictive control for air fuel ratio of SI engines. Eng Appl Artif Intel 2006; 19:189-200.
- 21- Necla Kara Togun, Sedat Baysec, (2009), Prediction of torque and specific fuel consumption of a gasoline engine by using artificial neural networks.