

## بررسی اثرات سیکل شهری بر روی میزان مصرف سوخت خودرو

محمود سعادت فومنی<sup>۱</sup>، علی امین بیدختی<sup>۲\*</sup>

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>با توجه به قوانین محدود کننده آلودگی و مصرف سوخت خودروها، تحقیقات وسیعی برای کاهش این دو مورد انجام شده است. این مقادیر علاوه بر مشخصات خودرو به نحوه رانندگی در شهرها نیز بستگی دارد، که آن را با سیکل‌های شهری بیان می‌کنند. بررسی اثر مشخصات این سیکل با نتایج تجربی صحیح بسیار مشکل است. بدین لحاظ الگوریتمی ارائه می‌گردد، که با معلوم بودن نتایج آزمایش موتور بر روی دینامومتر و مشخصات خودرو، میزان مصرف سوخت و آلاینده‌های خودروها را در سیکل‌های استاندارد تخمین می‌زند. این الگوریتم در چهار چوب یک برنامه به زبان Matlab ارائه می‌شود، که پس از تأیید نتایج برنامه، با مقایسه آن با نتایج تجربی صحیح، برای بررسی اثرات سیکل که شامل تغییر در مدت زمان و مقدار شتابگیری، مدت زمان سرعت ثابت، مقدار سرعت تعویض دنده و مدت زمان توقف خودرو در سیکل شهری مورد بررسی قرار گرفته است.</p>	<p>دریافت مقاله: فروردین ۱۳۸۸ پذیرش مقاله: آذر ۱۳۸۸</p> <p><b>واژگان کلیدی:</b> مصرف سوخت خودرو سیکل استاندارد رانندگی آلاینده‌های خودرو نتایج آزمایش موتور</p>

اندازه‌گیری مصرف سوخت خودرو در دو حالت انجام

می‌گیرد [۱]:

الف) اندازه‌گیری مصرف سوخت در سرعت‌های ثابت.  
ب) اندازه‌گیری مصرف سوخت در سیکل‌های استاندارد درون شهری، برون شهری یا ترکیب آن دو می‌باشد.  
چندین سیکل استاندارد در کشورهای مختلف تدوین شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در این تحقیق از سیکل استاندارد ECER-83 که یک سیکل درون شهری است در محاسبه مصرف سوخت یک خودرو استفاده شده است. این سیکل‌های استاندارد، برآیند حالت‌های مختلف حرکت خودرو در سطح شهر و یا خارج شهر می‌باشد که بر روی شاسی دینامومتر و یا به کمک نرم‌افزارهای طراحی شبیه‌سازی می‌گردند.

### ۱- مقدمه

از مهمترین مسایل صنعت خودروسازی در دو دهه اخیر بحث میزان مصرف خودروها به لحاظ کاهش ذخایر منابع انرژی فسیلی و میزان آلاینده‌های ایجاد شده بوسیله آنها در محیط اطراف به لحاظ مسایل زیست محیطی است. در همین راستا با توجه به افزایش شدید قیمت سوخت و قوانین محدود کننده آلودگی و مصرف سوخت، تحقیقات وسیعی برای کاهش مصرف سوخت و در نتیجه آلاینده‌های خودروها انجام شده است.

\* پست الکترونیک نویسنده مسئول: ali.amin.be@gmail.com

۱. استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف  
۲. دانشجوی کارشناسی مکانیک-حرارت و سیالات دانشکده مهندسی، دانشگاه سمنان

آلاینده‌گی خودروها [۱]، مدلسازی مصرف سوخت در سیکل‌های شهری و سرعت ثابت [۲]، بهینه کردن مصرف سوخت و کاهش توان مورد نیاز با استفاده از گیربکس چند سرعت [۳]، اشاره نمود.

در این تحقیق با استفاده از روش سوم و به کمک نرم‌افزار Matlab برنامه‌ای تهیه گردیده است، که با دریافت نتایج آزمایش موتور و مشخصات خودرو، میزان مصرف سوخت و آلودگی خودرو را در وضعیت‌های مختلف رانندگی تخمین می‌زند. نتایج این برنامه برای یک مدل خودرو بدست آمده و با برخی داده‌های تجربی موجود مقایسه و تأیید گردیده است. با توجه به امکانات این برنامه، تأثیر پارامترهای مختلفی نظیر تغییر در مدت زمان شتابگیری، مقدار شتابگیری، مدت زمان سرعت ثابت، مقدار سرعت تعویض دنده و مدت زمان توقف خودرو در سیکل شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- معرفی یک سیکل استاندارد نمونه

شرایط رانندگی یکی دیگر از عواملی است که به طور مشخص بر روی مصرف سوخت تأثیر می‌گذارد. این موضوع ثابت شده است که مصرف سوخت در داخل شهر با سرعت‌های پایین و توقف و حرکت مداوم، خیلی بالاتر از مصرف سوخت در رانندگی‌های خارج شهری با سرعت‌های معین و بالاست. برای به دست آوردن اساس و پایه‌هایی برای مقایسه مصرف سوخت خودروهای مختلف، سیکل‌های استاندارد اراسته شده است که خودروسازان موظفند در انجام تست‌های مصرف سوخت این سیکل‌ها را در نظر بگیرند. از سال ۱۹۷۸، مصرف سوخت در کشورهای اروپایی طبق استاندارد EEC ۸۰/۱۲۶۸ [۴]، اندازه‌گیری می‌شود. مطابق این استاندارد مصرف سوخت خودرو در یک سیکل رانندگی ارزیابی می‌گردد.

در این تحقیق از سیکل درون شهری ECER-83 استفاده شده است. در شکل ۱ این سیکل شهری نشان داده شده

اندازه‌گیری مصرف سوخت خودرو در این دو حالت به سه طریق انجام می‌گیرد:

الف) اولین روش با استفاده از شبیه‌سازی وضعیت‌های مختلف رانندگی و آزمایش خودرو بر روی شاسی دینامومتر انجام می‌پذیرد. از آنجا که در نتایج بدست آمده علاوه بر مشخصات موتور، مشخصات دینامیکی، آئرو دینامیکی خودرو و نسبت دنده‌ها در سیستم انتقال قدرت خودرو نیز مؤثر هستند، در این صورت انجام این آزمایش‌ها باید پس از طراحی و ساخت کامل مدل خودرو انجام می‌گیرد.

ب) دومین روش، آزمایش موتور خودرو بر روی دینامومتر، در وضعیت‌های مختلف رانندگی است. این آزمایش تجهیزات پیچیده و گران قیمتی را برای کنترل همزمان دور و گشتاور خروجی موتور به همراه دارد.

ج) روش سوم که اخیراً بیشتر در مراکز تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از نتایج آزمایش موتور در حالت پایدار بر روی دینامومتر است، که با تخمین مشخصات دینامیک، آئرو دینامیک خودرو و نسبت دنده‌های جعبه دنده و دیفرانسیل، نتایج آزمایش کامل مجموعه پیش از ساخت مدل خودرو تخمین زده می‌شود. آلودگی خودرو نیز مشابه مصرف سوخت خودرو اندازه‌گیری می‌شود. این پارامتر در کشورهای مختلف بسیار متفاوت بوده و تابع قوانین حفظ محیط زیست، کیفیت سوخت‌های موجود و توانایی‌های مجریان قانون در اعمال کنترل بر روی عملکرد خودروهای در حال تردد در کشور می‌باشد و هدف از این تحقیق امکان بررسی مصرف سوخت و آلودگی‌های خودروها در هر سیکل مورد نظر و بدون انجام تست‌های تجربی می‌باشد که این تست‌ها مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی می‌باشد.

در سال‌های اخیر تلاش‌هایی در زمینه محاسبه و بهینه‌سازی مصرف سوخت با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف انجام شده است، از آن جمله می‌توان به شبیه‌سازی مصرف سوخت با استفاده از شبکه‌های عصبی، بررسی الگوهای رانندگی و تأثیر آن بر مصرف سوخت و

که روی جاده صاف و بدون شیب حرکت می‌کند، نیروهای مقاوم بر حرکت خودرو شامل نیروی مقاوم آئرودینامیکی و نیروی مقاومت غلتشی می‌باشد، که از روابط زیر محاسبه می‌شوند [۵]:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho_{Air} \cdot C_D \cdot A_f \cdot S_V^2 \quad (1)$$

$$F_r = f_r \cdot m \cdot g \quad (2)$$

در این رابطه  $\rho_{Air}$  چگالی هوا،  $C_D$  ضریب درگ،  $A_f$  سطح عمود بر جریان،  $S_V$  سرعت خودرو،  $f_r$  ضریب مقاومت غلتشی،  $m$  وزن خودرو است. معمولاً ضرایب معادلات فوق از نتایج آزمایشی که خودرو در سرعت‌های بالا با دنده خلاص رها می‌گردد، تا این که متوقف شود [Test Coast Down] بدست می‌آیند. اختلاف بین نیروی پیش رانش کلی  $F_x$  و نیروهای مقاوم، نیروی پیش رانش خالص  $F_{net}$  را به وجود می‌آورد، این نیرو عامل مؤثر در شتابگیری و شیب روی خودرو می‌باشد، که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_{net} = F_x - F_d - F_r \quad (3)$$

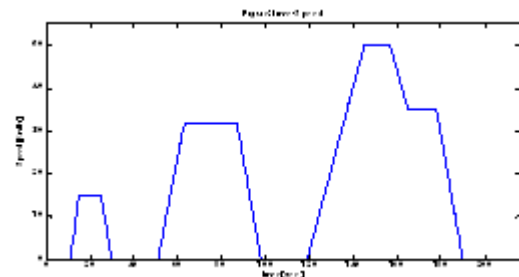
این نکته را باید در نظر داشت که با فرض عدم لغزش حرکت انتقالی خودرو و حرکت چرخشی اجزاء متصل به چرخ‌ها از جمله میل لنگ، فلاپویل و ... به هم وابسته‌اند. هر تغییری در سرعت انتقالی خودرو باعث تغییر سرعت چرخشی اجزاء متصل به چرخ‌ها خواهد شد، برای معادل‌سازی اینرسی‌های دورانی به صورت اینرسی خطی از رابطه زیر استفاده می‌شود [۶]:

$$M_e = M + M_r = M[1.04 + 0.0025 N_{GD}^2] \quad (4)$$

که در آن  $M$  جرم خودرو، جرم معادل اجزاء دورانی خودرو، جرم مؤثر و نسبت ترکیبی دنده‌های جعبه دنده و دیفرانسیل است. در روابط اخیر واحد جرم‌ها kg و واحد نیروها نیوتن می‌باشد.

برای محاسبه مصرف سوخت و آلودگی خودرو در شتاب ثابت، باید مقدار دور و گشتاور موتور در هر لحظه از وضعیت‌های رانندگی در اختیار باشد، لذا با توجه به شرایط حرکت در وضعیت‌های رانندگی نیروی پیش رانش

است. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، سیکل ECER-83 یک منحنی است که از ۳ قسمت تشکیل شده است. وجود حالت‌های افزایش و کاهش سرعت و حرکت با سرعت ثابت در هر قسمت سیکل از مزیت‌های آن به شمار می‌رود. زمان انتهایی این سیکل ۱۹۷ ثانیه، سرعت ماکزیمم آن ۵۰ Km/hr، سرعت تعویض دنده خودرو از دنده یک به دنده دو ۱۵ Km/hr، از دنده دو به دنده سه ۳۰ Km/hr، از دنده سه به دنده چهار ۵۰ Km/hr می‌باشد. سه نوع حرکت معین در این سیکل وجود دارد که شامل حرکت با سرعت ثابت، افزایش سرعت و کاهش سرعت است. برای هر یک از این مسیرها، الگوریتم جداگانه ای برای محاسبه مصرف سوخت به کار رفته است که مصرف سوخت کلی از مجموع آن‌ها به دست می‌آید. با مشخص بودن سرعت خودرو و سایر مشخصات آن گشتاور و دور خروجی موتور تعیین می‌شوند. نحوه محاسبه این پارامترها در بخش بعدی توضیح داده شده است.



شکل ۱- سیکل شهری ECER-83

### ۳- محاسبه مشخصه‌های دور و گشتاور

#### موتور

مصرف سوخت یک خودرو به عواملی از قبیل مشخصه‌های عملکردی موتور، مشخصه‌های جعبه دنده، وزن خودرو، مقاومت غلتشی تایرها، مقاومت آئرودینامیکی، شرایط رانندگی و رفتار راننده بستگی دارد. این پارامترهای مهم را می‌توان در سه گروه دسته بندی نمود. برای خورویی

#### ۴- نحوه محاسبه میزان مصرف سوخت و آلاینده‌های تولید شده از خودرو

به طور کلی در هر خودرو با داشتن مشخصات دینامیکی و آئرویدینامیکی خودرو و مشخصه های عملکردی موتور می‌توان مصرف سوخت و آلاینده های خودرو را در مدت زمان  $t$  ثانیه بدست آورد:

$$m_{fuel} = \int_0^t bsfc \cdot P_b \cdot dt = \sum_{i=0}^n bsfc_i \cdot P_{b_i} \cdot \Delta t \quad (11)$$

در رابطه فوق  $m_{fuel}$  میزان مصرف سوخت خودرو برحسب gr، bsfc مصرف ویژه سوخت برحسب gr/kw.hr و توان خروجی موتور بر حسب kw است. روابط حاکم برای محاسبه آلاینده‌های تولید شده از خودرو با داشتن حجم آلودگی‌ها در مدت زمان  $t$  ثانیه به صورت زیر بیان می‌شوند [۸]:

$$m_{HC} = \int_0^t \frac{(DHC/10^4) \cdot m_{fuel}}{(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)} \cdot dt \quad (12)$$

$$m_{CO} = \int_0^t \frac{M_{CO} \cdot (DCO/10^4) \cdot m_{fuel}}{(M_C + \alpha \cdot M_H) \cdot [(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)]} \cdot dt \quad (13)$$

$$m_{NO_x} = \int_0^t \frac{M_{NO_x} \cdot (DKNO/10^4) \cdot m_{fuel}}{(M_C + \alpha \cdot M_H) \cdot [(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)]} \cdot dt \quad (14)$$

در این روابط  $m_{CO}$ ،  $m_{HC}$  و  $m_{NO_x}$  مقدار آلاینده‌های تولید شده از خودرو بر حسب gr،  $\alpha$  نسبت اتمی هیدروژن به کربن در سوخت،  $m_{fuel}$  دبی مصرف سوخت بر حسب gr/hr،  $M_H$  وزن اتمی هیدروژن،  $M_C$  وزن اتمی کربن،  $M_{NO_2}$  وزن مولکولی  $NO_2$ ،  $M_{CO}$  وزن مولکولی CO،  $DHC$  حجم آلودگی HC برحسب ppmC،  $DCO$  حجم آلودگی CO برحسب ppmC،  $DKNO$  حجم آلودگی  $CO_2$  برحسب Vol.،  $DCO_2$  حجم آلودگی  $NO$  بر حسب ppm (در حالت خشک و مرطوب اصلاح شده) است.

با آزمایش موتور بر روی دینامومتر، حجم آلاینده‌های تولید شده از خودرو در حالت خشک برای دورها و موقعیت‌های مختلف درجه سوخت بدست می‌آیند با حاصل ضرب فاکتور اصلاح شده رطوبت  $K_{NO_x}$  در حجم  $NO$  خشک اندازه‌گیری شده بر روی دینامومتر، مقدار

کلی که توسط خودرو تأمین می‌گردد، از معادله زیر بدست می‌آید:

$$F_x = F_d + F_r + M_e \cdot \dot{S}_V \quad (5)$$

در این رابطه  $\dot{S}_V$  شتاب خودرو بر حسب  $m/sec^2$  می‌باشد. نیروی پیش رانش کلی تابع گشتاور موتور، مشخصات سیستم انتقال قدرت است، برای محاسبه این نیرو می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$F_x = \frac{T_e \cdot N_G \cdot N_D \cdot \eta_G \cdot \eta_P \cdot \eta_D \cdot \eta_W}{R_W} \quad (6)$$

در رابطه فوق  $T_e$  گشتاور موتور در سرعت مربوطه  $(N \cdot m)$ ،  $N_G$  و  $N_D$  به ترتیب نسبت دنده جعبه دنده و دیفرانسیل،  $\eta_G$  راندمان جعبه دنده،  $\eta_P$  راندمان کاردان،  $\eta_D$  راندمان دیفرانسیل،  $\eta_W$  راندمان چرخ،  $R_W$  شعاع دینامیکی تایر (m) می‌باشد، با جایگذاری رابطه (۶) در رابطه (۵) گشتاور موتور بدست می‌آید:

$$T_e = \left[ \frac{R_W \times (F_d + F_r + M_e \cdot \dot{S}_V)}{N_G \cdot N_D \cdot \eta_G \cdot \eta_P \cdot \eta_D \cdot \eta_W} \right] \quad (7)$$

از طرفی رابطه حاکم بر موتورهای چهار زمانه به صورت زیر است [۷]:

$$T_b = \frac{bmep \cdot \nabla_d}{4\pi} \quad (8)$$

با معلوم بودن گشتاور موتور  $T_b$ ، حجم جابه جایی سیلندر  $\nabla_d$ ، فشار مؤثر متوسط ترمزی bmep بدست می‌آید.

با در اختیار داشتن سرعت خودرو  $S_V$ ، شعاع دینامیکی تایر  $R_W$ ، نسبت دنده‌های جعبه دنده و دیفرانسیل، سرعت زاویه‌ای موتور  $N_e$  با فرض عدم لغزش، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N_e (rpm) = \left[ \frac{60 \cdot N_G \cdot N_P}{2\pi \cdot R_W (m)} \right] \times \left[ \frac{S_V (km/hr)}{3.6} \right] \quad (9)$$

مشاهده می‌شود که علاوه بر سرعت خودرو، مشخصات سیستم انتقال قدرت نیز در تعیین دور موتور نقش دارند. با در دست داشتن دور و گشتاور موتور به راحتی می‌توان توان موتور  $P_b$  را بدست آورد [۶]:

$$P_b = T_b \cdot N_e \quad (10)$$

هر لحظه نیروی پیش رانش کلی محاسبه می‌شود و با معلوم بودن شعاع دینامیکی چرخ، نسبت کاهش کلی سیستم انتقال قدرت و ضرایب نیروهای مقاوم، گشتاور خروجی موتور به دست می‌آید. از طرف دیگر سرعت خودرو را می‌توان متناظر با یکی از نسبت های تبدیل جعبه دنده و دور مشخصی از موتور دانست. حال با در دست داشتن دور و توان خروجی، به کمک میان یابی خطی از جدول نتایج آزمایش موتور مصرف ویژه سوخت و حجم آلودگی های خودرو مشخص شده که با استفاده از روابط (۱۱) تا (۱۵) و با در نظر گرفتن زمان هر یک از حالت های حرکتی خودرو، مصرف سوخت و آلاینده های محاسبه می‌شوند. در این الگوریتم دبی مصرف سوخت و آلاینده های خودرو در حالت های سکون، شتابگیری منفی و دورهای کمتر از دور آرام موتور، معادل با دبی مصرف سوخت و آلودگی ها در دور آرام موتور در نظر گرفته شده است. محاسبه این پارامترها در بخش بعدی توضیح داده شده است.

#### ۶- مقایسه نتایج برنامه با داده های تجربی

الگوریتم طرح ریزی شده برای محاسبه مصرف سوخت و آلاینده های تولید شده پیکان 1600 cc آوینجر با موتور کاربراتوری شرکت ایران خودرو مورد استفاده قرار گرفته است. مشخصات عمومی سیستم انتقال قدرت و بدنه بر اساس مدارک فنی شرکت ایران خودرو بدست آمده است. جدول (۱) نسبت دنده های سیستم انتقال قدرت این خودرو را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات سیستم انتقال قدرت

۳/۳۵	دنده ۱	نسبت دنده های جعبه دنده
۲/۱۴	دنده ۲	
۱/۴۵	دنده ۳	
۱	دنده ۴	
۳/۸۹		نسبت دنده دیفرانسیل

NO بر حسب ppm (در حالت خشک و مرطوب اصلاح شده) بدست می‌آید [۸]:

$$DKNO = (\text{Volume NO}) \cdot K_{NO_x} \quad (15)$$

برای موتورهای بنزینی فاکتور اصلاح شده رطوبت  $K_{NO_x}$  برای اکسیدهای از نیتروژن به صورت زیر محاسبه می‌شود [۸]:

$$K_{NO_x} = 0.6272 + 0.000629G - 0.0000176G^2 \quad (16)$$

در این رابطه  $G$  رطوبت هوای ورودی در مقیاس آب در هر پوند هوای خشک است، که رابطه آن به صورت زیر بیان می‌شود [۸]:

$$G = \left( \frac{453.59}{0.0648} \right) H \quad (17)$$

$H$  رطوبت هوای مخصوص برحسب  $\left[ \frac{gm \ H_2O}{gm \ dry \ air} \right]$

است، که مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید [۸]:

$$H = \frac{k \cdot P_v}{P_{atm} - P_v}, k = 0.622 \left[ \frac{gm \ H_2O}{gm \ dry \ air} \right] \quad (18)$$

$P_v$  فشار جزئی آب بر حسب پاسکال،  $P_{atm}$  فشار اتمسفر بر حسب پاسکال است.

برای بدست آوردن فشار جزئی آب از رابطه زیر استفاده می‌شود [۹]:

$$P_v = Q \cdot P_g \Big|_{T_{db}(H_2O)} \quad (19)$$

$Q$  رطوبت نسبی شرایط آزمایشگاهی برحسب درصد و  $P_g$  فشار اشباع آب در دمای  $T_{db}$  بر حسب پاسکال است.

#### ۵- الگوریتم برنامه

با استفاده از نتایج آزمایش موتور و مشخصات خودرو می‌توان مقدمات برنامه ای را تهیه کرد، که به وسیله آن بتوان از میزان مصرف سوخت و آلاینده های تولید شده از خودرو، در کشور اطلاعاتی کسب نمود. با در نظر گرفتن مشخصات و خصوصیات حرکتی خودرو، در هر لحظه مقدار دور و گشتاور خروجی موتور محاسبه می‌شوند. بدین ترتیب که با معلوم بودن سرعت و شتاب خودرو در

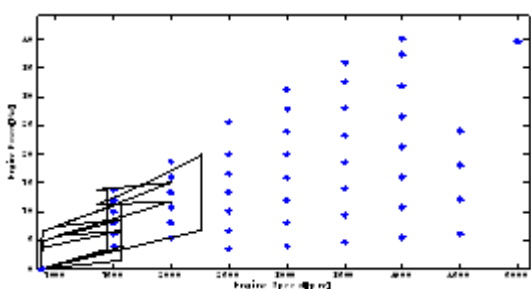
جدول (۶) نتایج مقدار مصرف سوخت محاسبه شده توسط برنامه و آزمایش‌های شرکت ایپکو را نمایش می‌دهد.

جدول ۶- میزان مصرف سوخت خودرو پیکان

خروجی برنامه	نتایج آزمایش شرکت ایپکو	آزمایش خودرو
۷/۷ Lit	۷/۵-۸/۳ Lit	با سرعت ثابت ۸۰ Km/hr
۱۲/۸۳ Lit	۱۳/۵-۱۴/۵ Lit	در سیکل شهری ECER-83

چنانچه مشاهده می‌گردد، نتایج برنامه تا حد زیادی، نتایج تجربی را تخمین می‌زند. علل اختلاف موجود در سیکل شهری را در موارد زیر می‌توان یافت:

۱- شکل ۲ نمودار دور بر حسب توان موتور را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار دور بر حسب توان موتور

در این نمودار خطوط رسم شده محدوده کارکرد دور و توان موتور در سیکل شهری و نقاط رسم شده در این نمودار نتایج آزمایش موتور بر روی دینامومتر را نشان می‌دهد. می‌توان نتیجه گرفت که به علت نداشتن نتایج آزمایش در محدوده کارکرد موتور می‌تواند باعث کاهش دقت نتایج گردد.

۲- رفتارهای غیرخطی موتور با تقریب‌های خطی که در برنامه استفاده شده است، از دیگر موارد بروز این اختلاف می‌تواند باشد.

۳- در لحظات اولیه حرکت خودرو در سیکل شهری، موتور خودرو سرد است، در حالی که در برنامه از نتایج آزمایش موتور گرم استفاده شده است.

با حاصل ضرب راندمان جعبه دنده، کاردان، دیفرانسیل و چرخ، راندمان ترکیبی خودرو بدست می‌آید، که این مقادیر در جدول (۲) مشاهده می‌شوند:

جدول ۲- راندمان ترکیبی خودرو پیکان

دنده ۱	دنده ۲	دنده ۳	دنده ۴
۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷۳

مشخصات بدنه خودرو و حجم موتور این خودرو را در جدول (۳) می‌توان مشاهده کرد.

جدول ۳- مشخصات خودرو پیکان

وزن خودرو	۹۹۰ Kg
حجم موتور	۱۵۹۸ cc
شعاع دینامیکی تایر	۰/۳۳۰۲m
ضریب درگ	۰/۴۴
ضریب مقاومت غلتشی	۰/۰۲۰۵
سطح عمود بر جریان	۲ m <sup>2</sup>

جدول (۴) دبی مصرف سوخت و آلاینده‌های تولید شده از خودروی پیکان را بر اساس آزمایش‌های شرکت ایپکو نشان می‌دهد.

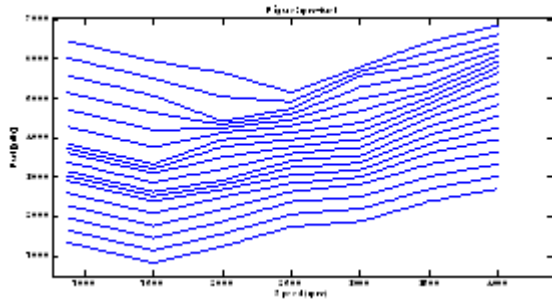
جدول ۴- مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو پیکان در حالت دور آرام

دبی مصرف سوخت	۱/۰۳ kg/hr
حجم HC تولید شده	۱۷۸۰ ppm
حجم CO تولید شده	۲/۴۶ % Vol
حجم CO <sub>2</sub> تولید شده	۱۳/۴۶ % Vol
حجم NO <sub>x</sub> تولید شده	۵۳ ppm

جدول (۵) شرایط آزمایشگاهی تست دینامومتر در شرکت ایپکو را نشان می‌دهد.

جدول ۵- شرایط آزمایشگاهی تست دینامومتر در شرکت ایپکو

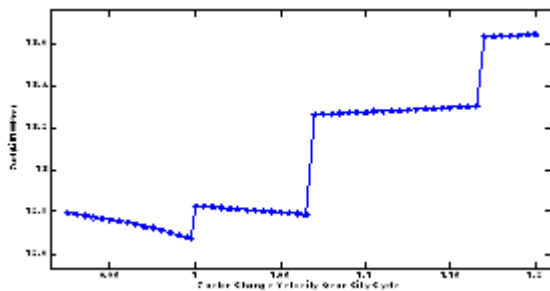
رطوبت نسبی	٪۶۰
فشار اشباع آب در دمای حباب خشک ۲۵ °C	۳۱۳۶ Pa
چگالی هوا	۱/۱۷۶ Kg/m <sup>3</sup>
فشار اتمسفر	۸۷۰۰۰ Pa
نسبت اتمی هیدروژن به کربن در سوخت	۱/۸۷



شکل ۴- نمودار دور موتور بر حسب مصرف سوخت در توان‌های ثابت

در این نمودار مشاهده می‌شود که با افزایش دور موتور در توان‌های ثابت، مقدار مصرف ویژه سوخت خودرو ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. به کمک این نمودار می‌توان اثراتی همچون افزایش و کاهش مقدار سرعت تعویض دنده، سرعت و شتاب خودرو در شهرها را مورد بررسی قرار داد.

شکل ۵ نمودار اثر سرعت تعویض دنده بر مصرف سوخت را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمودار اثر سرعت تعویض دنده بر روی مصرف سوخت

در این تصویر مشاهده می‌شود که با کاهش سرعت تعویض دنده، مصرف سوخت خودرو افزایش می‌یابد. این افزایش را این‌گونه می‌توان توجیه کرد که با کاهش محدوده دور موتور و افزایش زمان‌های کارکرد موتور در دورهای پایین مصرف ویژه سوخت افزایش می‌یابد. همانگونه در نمودار ۴ مشاهده شد، خودرو در یک محدوده از دور سوخت کمتری مصرف می‌کند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سرعت تعویض دنده، مدت زمان کارکرد موتور در محدوده دوری که کمترین مقدار مصرف سوخت را دارد، افزایش می‌یابد، که این

جدول ۷ خروجی های این برنامه را برای یک سیکل طی شده نمایش می‌دهد.

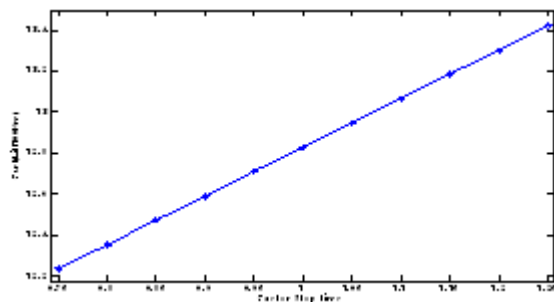
جدول ۷- خروجی برنامه در طی یک سیکل

۰/۱۲۹lit	مقدار مصرف سوخت در سیکل طی شده
۱/۰۰۲ Km	مسافت طی شده از سیکل
۰/۶۰۶ gr	مقدار HC تولید شده
۱۴/۶۵۵ gr	مقدار CO تولید شده
۲/۹۸۶ gr	مقدار NO <sub>x</sub> تولید شده

## ۷- بررسی اثرات سیکل شهری ECER-83

### بر روی مصرف سوخت خودرو پیکان

با استفاده از مدل خودرو، اثر پارامترهای مؤثر بر میزان مصرف سوخت در سیکل شهری ECER-83 مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۳ اثر زمان‌های توقف خودرو در سیکل شهری را بر میزان مصرف سوخت نشان می‌دهد.



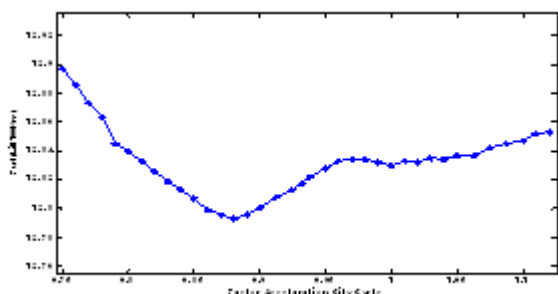
شکل ۳- نمودار اثر زمان‌های توقف خودرو بر روی مصرف سوخت

با مشاهده این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مدت زمان توقف‌های خودرو پشت چراغ قرمز در شهرها، بالا رفتن مقدار مصرف سوخت خودرو را به همراه دارد، به طوریکه افزایش ۱۰٪ این زمان‌ها موجب افزایش ۱/۹۲٪ مصرف سوخت می‌گردد.

شکل ۴ نمودار دور موتور برحسب مصرف سوخت در توان‌های ثابت را نشان می‌دهد.

در لحظه ای خودرو با سرعت ثابت حرکت می‌کند، در آن زمان، نوع دنده‌ای که خودرو با این سرعت سیکل را طی می‌کند، متفاوت است. همانگونه که در نمودار ۱ مشاهده شد خودرو در یک فاصله زمانی از قسمت اول سیکل شهری در دنده یک با سرعت ثابت  $15 \text{ km/hr}$  حرکت می‌کند. افزایش سرعت موجب می‌شود که خودرو این قسمت از سیکل را با دنده ۲ حرکت کند. متفاوت بودن نوع دنده در این قسمت از مسیر و پایین آمدن دور موتور، سبب جهش ناگهانی مصرف سوخت می‌شود. نمی‌توان به این نتیجه رسید که همیشه متفاوت بودن دنده و پایین آمدن دور موتور در این فاصله‌های زمانی موجب کاهش مصرف سوخت می‌شود. در شکل ۵ مشاهده شد که متفاوت بودن نوع دنده، در قسمت‌هایی از سیکل که سرعت خودرو ثابت است موجب افزایش ناگهانی مصرف سوخت می‌شود. حال می‌توان به این نتیجه رسید که با توجه به شکل ۴ کاهش ناگهانی دور موتور به همراه تعویض دنده صورت می‌گیرد، اگر بعد از محدوده دوری که خودرو کمترین مقدار مصرف سوخت را دارد قرار گیرد، سوخت خودرو به طور ناگهانی کاهش می‌یابد و اگر قبل از محدوده دوری که خودرو کمترین مقدار سوخت را مصرف می‌کند قرار گیرد، سوخت خودرو به طور ناگهانی افزایش می‌یابد.

شکل ۷ نمودار اثر افزایش و کاهش شتاب خودرو در شهر را بر مصرف سوخت نشان می‌دهد.

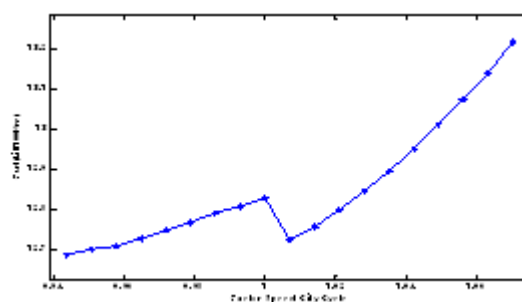


شکل ۷- نمودار اثر شتابگیری خودرو بر روی مصرف سوخت

این تغییرات بدین صورت است که با کاهش شتاب خودرو در سیکل شهری مدت زمان شتابگیری خودرو افزایش،

کاهش مصرف سوخت را به همراه دارد، سپس با فاصله گرفتن دور موتور از این محدوده و افزایش زمان‌های کارکرد موتور در دورهای بالا به وسیله افزایش سرعت تعویض دنده میزان مصرف سوخت خودرو افزایش می‌یابد. جهش‌های ناگهانی در نمودار ۵ به این علت است که در وضعیت‌های مختلف تعویض دنده، در لحظه‌ای که خودرو با سرعت ثابت حرکت می‌کند، در آن زمان، نوع دنده‌ای که خودرو با این سرعت سیکل را طی می‌کند، متفاوت است.

شکل ۶ نمودار اثر افزایش و کاهش سرعت خودرو در شهر را بر مصرف سوخت نشان می‌دهد.



شکل ۶- نمودار اثر سرعت خودرو روی مصرف سوخت

این تغییرات به گونه‌ای است که افزایش سرعت خودرو در سیکل شهری، موجب می‌شود که مدت زمانی که خودرو در وضعیت شتابگیری حرکت می‌کند، افزایش و در وضعیت سرعت ثابت کاهش می‌یابد، به طوریکه مقدار شتاب و مسافت طی شده توسط خودرو در سیکل شهری ثابت می‌ماند. با افزایش سرعت خودرو در شهر در این شکل مشاهده می‌شود، میزان مصرف سوخت افزایش می‌یابد، که این به علت افزایش توان و پایین آمدن محدوده کارکرد دور موتور در سیکل شهری است. با کاهش سرعت خودرو، میزان مصرف سوخت کاهش می‌یابد، این کاهش را می‌توان این‌گونه بیان کرد که با کاهش توان و محدوده دور موتور در سیکل شهری و با نزدیک شدن این محدوده به دوری که حداقل مصرف ویژه سوخت را دارد، خودرو سوخت کمتری مصرف می‌کند. تغییر ناگهانی مصرف سوخت خودرو به این علت است که،



۲. آزمایش موتور بر روی دینامومتر در دورها و توان‌هایی که خودرو سیکل شهری را طی می‌کند، سبب دقیق‌تر شدن تخمین میزان مصرف سوخت در وضعیت‌های مختلف رانندگی می‌شود.

۳. یکی دیگر از کاربردهای مهم این الگوریتم مطالعه اثر ترافیک شهری در سیکل‌های رانندگی بر روی مصرف سوخت است، سبک بودن ترافیک در شهرها و کاهش مدت زمان توقف خودرو در پشت چراغ قرمز، بیشترین تأثیر را بر کاهش میزان مصرف سوخت دارد. توقف‌های پی در پی خودروها در شهرها به علت سنگین بودن ترافیک، تأثیر کمتری بر افزایش مصرف سوخت دارد، در صورتی که افزایش سرعت خودرو (با شتاب ثابت) در شهرها بیشترین اثر را بر افزایش میزان مصرف سوخت دارد. افزایش و کاهش زمان شتابگیری خودرو (با ثابت بودن سرعت سیکل شهری) نسبت به سایر موارد بررسی شده تأثیر چندانی بر میزان مصرف سوخت ندارد.

۴. با توجه به شکل ۴ اگر تعویض دنده خودرو در سرعتی انجام گیرد، که کاهش دور موتور، در محدوده بعد از دوری که مینیمم مصرف سوخت را دارد قرار گیرد، مصرف سوخت خودرو کاهش می‌یابد.

مقدار شتابگیری کاهش و مدت زمانی که خودرو با سرعت ثابت حرکت می‌کند، کاهش می‌یابد. به طوری که مسافت طی شده توسط خودرو ثابت می‌ماند. با افزایش شتاب خودرو در شهر، توان و زمان‌های کارکرد موتور در دورهای بالا افزایش می‌یابد، که این منجر به افزایش مصرف سوخت خودرو می‌شود. با کاهش شتاب خودرو توان موتور کاهش می‌یابد و با نزدیک شدن محدوده دور موتور به دوری که مینیمم مصرف ویژه سوخت را دارد، مصرف سوخت خودرو کاهش می‌یابد، سپس با دور شدن از این محدوده، کاهش زمان‌های کارکرد موتور در دورهای بالا و افزایش آن در دورهای پایین، میزان مصرف سوخت خودرو افزایش می‌یابد.

## ۸- نتایج

طی این تحلیل‌ها به نتایج زیر می‌توان دست یافت:

۱. با استفاده از نتایج آزمایش موتور و تخمین مشخصات خودرو و سیستم انتقال قدرت قبل از ساخت خودرو، می‌توان میزان مصرف سوخت و آلودگی آن را به طور تقریبی تعیین کرد.

## مراجع

- [۱] رضائی، م. حسن نژاد، ر. و روزپیکر، س. (۱۳۸۴)، تدوین الگوریتم و تهیه برنامه کامپیوتری برای محاسبه مصرف سوخت خودرو در سیکل‌های استاندارد، مجموعه مقالات چهارمین همایش بین المللی موتورهای درونسوز، آبان ماه.
- [2] Nasser, V. Wei Bermel and J. Weik, (1998) Computer Simulation of Vehicle Performance and fuel Consumption under Steady and Dynamic Driving Conditions, SAE Technical Paper No.981089.
- [3] Luca Piancastelli and Andrea Cacciari (2001), " Fuel Consumption Optimization and Power Reduction Via Multiple Speed Gearbox and Automatic Selection For an Automotive Application " , XII ADM International Conference , Sept.
- [4] Council Directive of 16 December 1980 on the Approximation of the Laws Member State Relating to the Fuel Consumption of Motor Vehicles(80/1268/EEC).
- [5] J.Y.Wang,(2001), *Theory of Ground Vehicle*, Third Edition, John Wily & Sons , Inc.
- [6] Thomas D.Gillespie (1992), *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Second Printing.
- [7] John B.Heywood (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals* , MC Graw-Hill.

[8] Richard L. Claypoole (1996), Good of federal Regulations , Published by the Office of the Federal Register, July 1.

[۹] ملک زاده، غ. کاشانی حصار، م ح. معتمدی، غ م. (مترجمین)، (۱۳۷۹)، مبانی ترمودینامیک کلاسیک، چاپ دوازدهم، نشرنما.

## INVESTIGATION OF CITY CYCLE EFFECTS ON FUEL CONSUMPTION AMOUNT

M. Saadat Fumane<sup>1</sup>, A. Amin Beidokhti<sup>2,\*</sup>

1. Assistant Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Iran

2. B.S Student, Semnan University, Iran

\*Corresponding Author: ali.amin.be@gmail.com

---

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Vehicles' Fuel  
Consumption,  
Driving Standard  
Cycles,  
Vehicles' Pollution,  
Engine Test Result.

### ABSTRACT

According to the restrictive rules of pollution and vehicles' fuel consumption, extensive researches have been done for reduction them. These parameters not only depend on vehicle's characteristics, but also depend on driving in cities. These parameters are explained by driving city cycles. It is too difficult to obtain the results of cycle in experiment. So we innovate a new algorithm which estimates fuel consumption and pollution amount in standard cycles, having vehicle's characteristics and engine test results on dynamometer. A program was developed in MATLAB. Results of program for a typical vehicle has been compared and confirmed with experimental data and then we studied the effects of cycle that contains changing in accelerating duration, amount of accelerating speed, gear changing speed and duration of stopping vehicle in city cycle on fuel consumption.

---