بررسی اثرات سیکل شهری بر روی میزان مصرف سوخت خودرو

محمود سعادت فومنی[۱]، علی امین بیدختی[۲،*]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: فروردین ۱۳۸۸
پذیرش مقاله: آذر ۱۳۸۸

واژگان کلیدی:
مصرف سوخت خودرو
سیکل استاندارد رانندگی
آلایندگی خودرو
نتایج آزمایش موتور

چکیده

با توجه به قوانین محدود کننده آلودگی و مصرف سوخت خودروها، تحقیقات وسیعی برای کاهش این دو مورد انجام شده است. این مقادیرعلاوه 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 آلایندگی 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.

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 آلایندگی خودروها انجام شده است.

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 برروی شاسی دینامومتر و یا به کمک نرم‌افزارهای طراحی شبیه‌سازی می‌گردند.

* 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

Archive of SID
www.SID.ir

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، آئرودینامیکی 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، آئرودینامیک 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 سوخت های موجود و توانایی‌های مجریان قانون در اعمال کنترل برروی 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 تست های 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 آلایندگی 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 سرعته [۳]، اشاره نمود.

در این تحقیق با استفاده از روش سوم و به کمک نرم‌افزار Matlab برنامه ای 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 داده های تجربی موجود مقایسه و تأیید گردیده است. با توجه به امکانات این برنامه، تأثیر پارامتر های 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

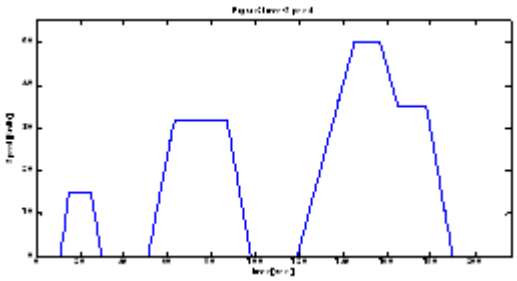
شرایط رانندگی یکی دیگر از عواملی است که به طور مشخص برروی مصرف سوخت تأثیر می‌گذارد. این موضوع ثابت شده است که مصرف سوخت در داخل شهر با سرعت‌های پایین و توقف و حرکت مداوم، خیلی بالاتر از مصرف سوخت در رانندگی‌های خارج شهری با سرعت‌های معین و بالاست. برای به دست آوردن اساس و پایه‌هایی برای مقایسه مصرف سوخت خودروهای مختلف، سیکل‌های استانداردی ارائه 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 خوروبی 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]:

$$F_d = \tfrac{1}{2}.\rho_{Air}.C_D.A_f.S_V{}^2 \qquad (۱)$$

$$F_r = f_r.m.g \qquad (۲)$$

در این رابطه ρ_{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:

$$F_{net} = F_x - F_d - F_r \qquad (۳)$$

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، فلایویل و ... به هم وابسته‌اند. هر تغییری در سرعت انتقالی خودرو باعث تغییر سرعت چرخشی اجزاء متصل به چرخ ها خواهد شد، برای معادل‌سازی اینرسی‌های دورانی به صورت اینرسی خطی از رابطه زیر استفاده می‌شود [۶]:

$$M_e = M + M_r = M[1.04 + 0.0025 N_{GD}{}^2] \qquad (۴)$$

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

$$F_x = F_d + F_r + M_e.\dot{S}_V \qquad (۵)$$

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:

$$F_x = \frac{T_e.N_G.N_D.\eta_G.\eta_P.\eta_D.\eta_w}{R_W} \qquad (۶)$$

در رابطه فوق T_e گشتاور موتور در سرعت مربوطه (N.m)، N_G و N_D به ترتیب نسبت دنده جعبه دنده و دیفرانسیل، η_G راندمان جعبه دنده، η_P راندمان کاردان، η_D راندمان دیفرانسیل، η_W راندمان چرخ، R_W شعاع دینامیکی تایر(m) می‌باشد، با جایگذاری رابطه (۶) در رابطه (۵) گشتاور موتور بدست می‌آید:

$$T_e = \left[\frac{R_W \times (F_d + F_r + M_e.\dot{S}_V)}{N_G.N_D.\eta_G.\eta_P.\eta_D.\eta_W}\right] \qquad (۷)$$

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

$$T_b = \frac{bmep.\forall_d}{4\pi} \qquad (۸)$$

با معلوم بودن گشتاور موتور T_b ، حجم جابه جایی سیلندر $\forall_d$، 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:

$$N_e(rpm) = \left[\frac{60.N_G.N_P}{2\pi.R_W(m)}\right] \times \left[\frac{S_V(^{km}/_{hr})}{3.6}\right] \qquad (۹)$$

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]:

$$P_b = T_b.N_e \qquad (۱۰)$$

۴-نحوه محاسبه میزان مصرف سوخت وآلاینده‌های تولید شده از خودرو

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

$$m_{fuel} = \int_0^t bsfc.P_b.dt = \sum_{i=0}^{n} bsfc_i.P_{b_i}.\Delta t \qquad (۱۱)$$

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]:

$$m_{HC} = \int_0^t \frac{(DHC/10^4)\cdot \dot{m}_{fuel}}{(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)} \cdot dt \qquad (۱۲)$$

$$m_{CO} = \int_0^t \frac{M_{CO}\cdot(DCO/10^4)\cdot \dot{m}_{fuel}}{(M_c + \alpha \cdot M_H)\cdot[(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)]} \cdot dt \qquad (۱۳)$$

$$m_{NO_x} = \int_0^t \frac{M_{NO_2}\cdot(DKNo/10^4)\cdot \dot{m}_{fuel}}{(M_c + \alpha \cdot M_H)\cdot[(DCO/10^4) + DCO_2 + (DHC/10^4)]} \cdot dt \qquad (۱۴)$$

در این روابط m_{CO}، m_{HC} و m_{NO_x} مقدار آلاینده‌های تولید شده از خودرو بر حسب gr ، α نسبت اتمی هیدروژن به کربن در سوخت، $\dot{m}_{fuel}$ 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 ppm، DCO_2 حجم آلودگی CO_2 برحسب Vol٪، DKNO 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 دریچه سوخت بدست می‌آیند با حاصل ضرب فاکتور اصلاح شده رطوبت K_{NO_x} در حجم NO خشک اندازه‌گیری شده برروی دینامومتر، مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

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

$$DKNO = (Volume \quad NO).K_{NO_x} \qquad (۱۵)$$

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

$$K_{NO_x} = 0.6272 + 0.000629G - 0.0000176G^2 \qquad (۱۶)$$

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]:

$$G = \left(\frac{453.59}{0.0648}\right).H \qquad (۱۷)$$

H رطوبت هوای مخصوص برحسب $\left[\frac{gm \quad H_2O}{gm \quad dry \quad air}\right]$ است، که مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید [۸]:

$$H = \frac{k.P_V}{P_{atm} - P_V}, k = 0.622\left[\frac{gm \quad H_2O}{gm \quad dry \quad air}\right] \qquad (۱۸)$$

P_V فشار جزیی آب بر حسب پاسکال، P_{atm} فشار اتمسفر بر حسب پاسکال است.

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

$$P_v = Q.P_g\Big|_{T_{db(H_2O)}} \qquad (۱۹)$$

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 برنامه‌ای را تهیه کرد، که به وسیله آن بتوان از میزان مصرف سوخت و آلاینده‌های تولید شده از خودرو، در کشور اطلاعاتی کسب نمود. با در نظرگرفتن 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 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 حالت‌های حرکتی خودرو، مصرف سوخت و آلایندگی‌های محاسبه می‌شوند. در این الگوریتم دبی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو در حالت های سکون، شتابگیری منفی و دورهای کمتر از دور آرام موتور، معادل با دبی مصرف سوخت و آلودگی‌ها در دور آرام موتور در نظر گرفته شده است. محاسبه این پارامترها در بخش بعدی توضیح داده شده است.

۶- مقایسه نتایج برنامه با داده‌های تجربی

الگوریتم طرح‌ریزی شده برای محاسبه مصرف سوخت و آلاینده‌های 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 دنده‌های سیستم انتقال قدرت این خودرو را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات سیستم انتقال قدرت

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

Archive of SID

www.SID.ir

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^2

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_2 تولید شده	۱۳/۴۶ %Vol
حجم NO_x 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 $^{\circ}C$	۳۱۳۶ Pa
چگالی هوا	۱/۱۷۶ Kg/m3
فشار اتمسفر	۸۷۰۰۰ Pa
نسبت اتمی هیدروژن به کربن در سوخت	۱/۸۷

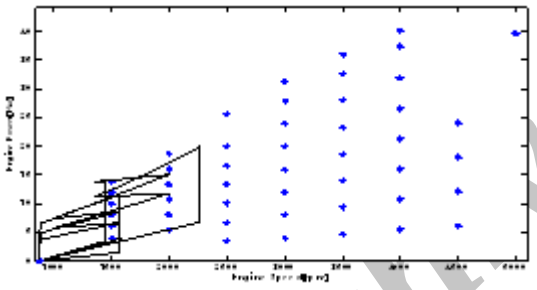
جدول (۶) نتایج مقدار مصرف سوخت محاسبه شده توسط برنامه و آزمایش‌های شرکت ایپکو را نمایش می‌دهد.

جدول ۶- میزان مصرف سوخت خودرو پیکان

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

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 تقریب های 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.

Archive of SID

www.SID.ir

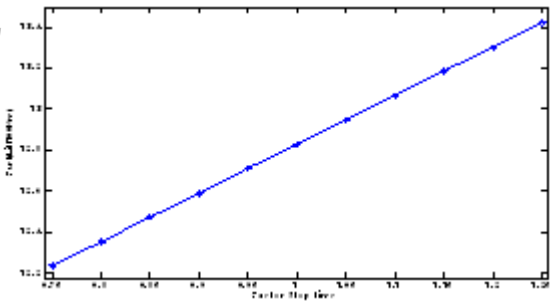
جدول ۷ خروجی های این برنامه را برای یک سیکل طی شده نمایش می‌دهد.

جدول ۷- خروجی برنامه در طی یک سیکل

مقدار مصرف سوخت در سیکل طی شده	۰/۱۲۹lit
مسافت طی شده از سیکل	۱/۰۰۲ Km
مقدار HC تولید شده	۰/۶۰۶ gr
مقدار CO تولید شده	۱۴/۶۵۵ gr
مقدار NO_x تولید شده	۲/۹۸۶ gr

۷-بررسی اثرات سیکل شهری ECER-83 بر روی مصرف سوخت خودرو پیکان

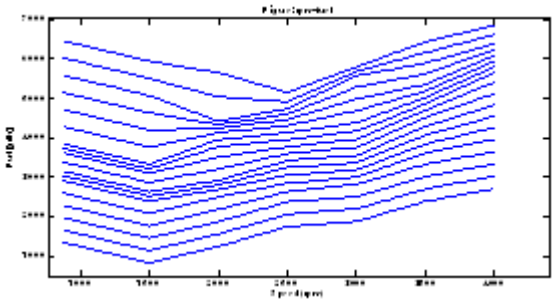
با استفاده از مدل خودرو، اثر پارامترهای مؤثر بر میزان مصرف سوخت در سیکل شهری ECER-83 مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۳ اثر زمان های توقف خودرو در سیکل شهری را بر میزان مصرف سوخت نشان می‌دهد.



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

با مشاهده این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مدت زمان توقف های 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.

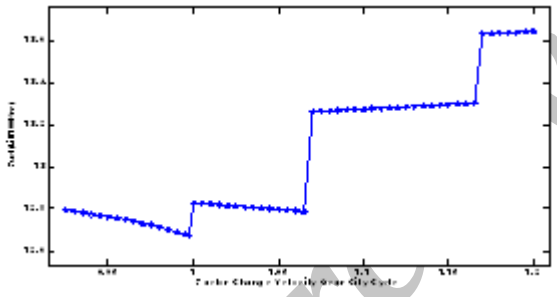
شکل ۴ نمودار دور موتور برحسب مصرف سوخت در توان‌های ثابت را نشان می‌دهد.



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

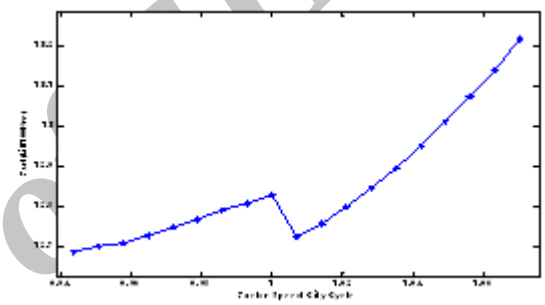
در این تصویر مشاهده می‌شود که با کاهش سرعت تعویض دنده، مصرف سوخت خودرو افزایش می‌یابد. این افزایش را این‌گونه می‌توان توجیه کرد که با کاهش محدوده دور موتور و افزایش زمان‌های کارکرد موتور در دورهای پایین مصرف ویژه سوخت افزایش می‌یابد. همانگونه در نمودار ۴ مشاهده شد، خودرو در یک محدوده از دور سوخت کمتری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

Archive of SID

www.SID.ir

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.

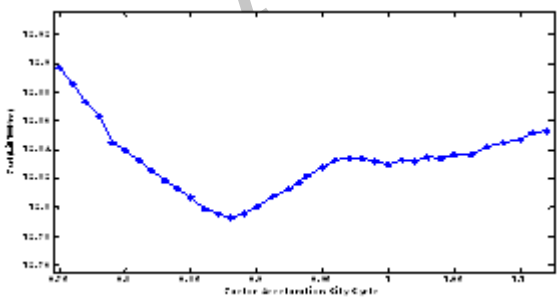
شکل ۶ نمودار اثر افزایش و کاهش سرعت خودرو در شهر را بر مصرف سوخت نشان می‌دهد.



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 دراین 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، 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 ۱۵ 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 فاصله های 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 محدودهٔ 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 تغیرات بدین صورت است که با کاهش شتاب خودرو در سیکل شهری مدت زمان شتابگیری خودرو افزایش،

Archive of SID

www.SID.ir

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.

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 برروی مصرف سوخت است، سبک بودن ترافیک در شهرها و کاهش مدت زمان توقف خودرو در پشت چراغ قرمز، بیشترین تأثیر را برکاهش 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.

مراجع

[۱] رضائی، م . حسن نژاد، ر . و روزبیکر، 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.

Archive of SID

www.SID.ir

[8] Richard L.Claypoole(1996), Good of fedral 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.

Archive of SID

www.SID.ir