



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

بررسی میزان آلاینده‌ی خروجی اگزوز چند خودروی سبک و مقایسه با استاندارد معاینه فنی و یورو ۲: مطالعه موردی در شهر شیراز

ریحانه دهقان^۱، سارا عبداللهی^۱، مهرانگیز رحیمی^۱، فرهاد نژادکورکی^۱، ملیحه امینی^{۲*}

۱- گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: به دلیل رشد فزاینده شهرنشینی یکی از معضلات زیست محیطی دنیای امروز وسایل نقلیه هستند که از مهمترین عوامل ایجاد آلودگی هوا محسوب می‌شوند. با توجه به مشکلات روز افزون آلودگی هوا و عواقب زیست محیطی آن به دلیل عدم رعایت استانداردها در ساخت خودروها و سوخت مصرفی آنها، آگاهی از میزان خروجی اگزوز خودروها و مقایسه آن با استانداردهای حفاظت محیط زیست و معاینه فنی به منظور کنترل و کاهش آلودگی هوا ضروری است. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه میزان آلاینده‌های CO، CO₂ و HC خروجی از اگزوز خودروهای سبک در فاصله سال‌های تولید ۱۳۸۳-۱۳۸۹ براساس استانداردهای معاینه فنی و محیط زیست در شهر شیراز انجام گردید. همچنین به بررسی ارتباط میان سال ساخت خودرو با میزان خروجی آلاینده‌های مذکور نیز پرداخته شد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی-مقطعی، غلظت آلاینده‌های هوا شامل CO، CO₂ و HC از خروجی اگزوز ۸۵۸ خودرو پژو ۴۰۵، ۲۰۶ و پارس تولید سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۸۹ مراجعه کننده به مرکز معاینه فنی ولیعصر شهر شیراز در طی ۵ ماه اندازه‌گیری شد و با استانداردهای حفاظت محیط زیست و معاینه فنی مقایسه شد. همچنین ارتباط بین سال تولید و میزان خروجی آلاینده‌های مذکور نیز مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های به‌دست آمده توسط نرم افزار SPSS مورد آنالیز آماری قرار گرفتند و گراف‌های مورد نیاز توسط نرم افزار Excel رسم گردیدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بین سال ساخت خودرو و میزان تولید CO و HC رابطه معنی‌دار و منفی وجود داشت به طوری که با افزایش سال ساخت خودرو میزان آلاینده‌های مذکور کاهش می‌یابند. همچنین بین سال ساخت و میزان تولید CO₂ نیز این رابطه مثبت و معنی‌دار بود. همچنین در بین خودروهای مورد بررسی آلاینده‌های خروجی (CO و CO₂) از اگزوز خودروی پژو GLX نسبت به پژو پارس و ۲۰۶ کمتر بود و کمترین میزان HC در پژو ۲۰۶ مشاهده شد. **نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی میزان آلاینده‌های خروجی اگزوز از هر سه خودرو در حد استاندارد یورو ۲ و معاینه فنی قرار داشتند.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۹
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۷/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۰
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: مونوکسید کربن، هیدروکربن‌های نسوخته، استاندارد معاینه فنی، یورو ۲، شیراز

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

Amini.malihe@gmail.com

مقدمه

هوا مهم‌ترین عنصر حیاتی محیط زیست به‌شمار می‌رود و آلودگی آن یکی از مشکلات قرن حاضر است که اکثر شهرهای بزرگ جهان با این پدیده روبه‌رو هستند (۱). با توجه به رشد روزافزون ترافیک شهری و ایجاد انواع آلودگی‌ها، بشر در معرض خطر قرار گرفته و اثرات آن در عرصه‌های سلامت جسمانی، روانی و ضررهای اقتصادی مشهود است (۲، ۳). گسترش بی‌رویه شهرها و همچنین رشد صنعت نه تنها باعث افزایش آلودگی هوای شهرها شده، بلکه تغییراتی را در اقلیم جهانی نیز به وجود آورده که در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه محققان و برنامه‌ریزان قرار گرفته است. منابع آلاینده‌های هوا بسیار متنوع و متغیرند، ولی می‌توان آنها را در چهار گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد: حمل و نقل متحرک (شامل وسایل نقلیه موتوری، وسایل نقلیه هوایی، ترن‌ها، کشتی‌ها و هر نوع استفاده و یا تبخیر بنزین)، احتراق ساکن (در برگیرنده تامین انرژی و حرارت لازم برای مقاصد مسکونی، تجاری و صنعتی)، فرایندهای صنعتی (مانند صنایع شیمیایی، متالوژی و پالایشگاه‌های تصفیه نفت) و دفع مواد زائد جامد (شامل بازیافت ناشی از مصارف خانگی و تجاری، زائدات زغال سنگ و خاکستر باقیمانده از سوزاندن بقایای کشاورزی) (۴، ۵). سهم منابع ثابت و منابع متحرک (وسایل نقلیه) در ایجاد آلودگی هوای شهرهای مختلف ایران به ترتیب برابر ۱۵-۱۰ درصد و ۹۰-۸۵ درصد مشخص شده است. بنابراین می‌توان این گونه بیان نمود که وسایل نقلیه یکی از اصلی‌ترین منابع آلودگی هوا در شهرها محسوب شده و بیشترین تاثیر ناشی از خودروهای سواری است (۶، ۷). براساس مطالعات صورت گرفته بیش از ۷۲ درصد آلودگی در کلان شهرها ناشی از تردد وسایل نقلیه است (۴). همچنین عامل انتشار چهار آلاینده عمده مونواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها و ذرات معلق هوا وسایل نقلیه هستند و به‌عنوان موثرترین عامل تخریب محیط‌زیست و مخاطرات بهداشتی ساکنان شهری شناخته شده‌اند (۸، ۹) و آلاینده‌های خروجی از آگروز اتومبیل‌ها به پارامترهای متعدد از قبیل نوع طراحی موتور، سیستم‌های کنترل کننده آلودگی، نوع سوخت،

نحوه استفاده از خودرو و عمر خودرو وابسته هستند (۱۰). سال ساخت خودرو تاثیر زیادی بر افزایش آلودگی هوای شهرها دارد و براساس آمارهای موجود، بیش از ۴۰ درصد خودروهای ایران بالای بیست سال عمر دارند. میانگین سنی بالا به همراه تکنولوژی پایین بکار گرفته شده در خودروهای ساخت داخل سبب شده است تا میانگین مصرف سوخت خودروها در ایران برابر ۱۵ لیتر در هر ۱۰۰ کیلومتر باشد در حالی که مصرف سوخت خودروها در دنیا کمتر از ۷ لیتر در ۱۰۰ کیلومتر است. نتیجه این مصرف بالا به دلیل احتراق ناقص و تنظیم نبودن موتور بیشتر خودروهای در حال تردد بنزینی، تولید هیدروکربن‌های نسوخته و مونواکسیدکربن است که از آلاینده‌های مهم هوا به حساب می‌آیند (۱۱). پژوهش‌های متعددی در ارتباط با پراکنش آلاینده‌ها انجام شده است. نتایج پژوهش Mozafari و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروهای بنزینی در شهر یزد بر مبنای سال ساخت انجام شده است، نشان داد که میزان درصد حجمی گازهای CO، HC و O₂ نسبت به خودروهای قدیمی‌تر کاهش یافته است (۱۲). Saraie و همکاران (۲۰۱۱) نیز پس از بررسی نقش سن خودروهای پژو ۴۰۵ در میزان انتشار آلاینده‌ها، نشان دادند که کاهش آلاینده‌ها با پایین بودن عمر استفاده از خودرو ارتباط مستقیم داشته و نداشتن معاینه فنی خودرو در طول حداقل یک سال موجب افزایش حدود ۷۰ درصد برخی آلاینده‌های خروجی مانند هیدروکربن‌ها (HC) می‌شود (۱۳). با توجه به مطالعه Dargahi و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که خودروهای ساخت خارج کشور از نظر تولید آلاینده‌های CO و HC در وضعیت بسیار مطلوب‌تری نسبت به خودروهای داخل قرار دارند (۸). البته خودروهای ساخت داخل کشور از نظر تولید آلاینده CO₂ در وضعیت مناسب‌تری نسبت به خودروهای خارجی هستند. Ashrafi و همکاران (۲۰۱۶) طی مطالعه‌ای به تعیین سهم انتشار گازهای منتشر شده از خودروها و برآورد میزان توزیع غلظت CO در محیط بسته پارکینگ پرداخته‌اند. نتایج نشان داد، بیشینه سهم انتشار مربوط به خودرو پراید به مقدار ۴۴/۴ g.S و کمینه مقدار

شهرداری تشکیل شده و در عرض جغرافیایی $29^{\circ} 41' N$ - $29^{\circ} 33'$ و طول جغرافیایی $52^{\circ} 36' E$ - $52^{\circ} 29'$ و در ارتفاع $1488 m$ بالاتر از سطح دریا واقع شده است. جمعیت شیراز در سال ۱۳۹۵ خورشیدی بالغ بر ۱۵۶۵۵۷۲ نفر بوده که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومه شهر به ۱۸۶۹۰۰۱ نفر می‌رسد. در کلان شهر شیراز که ۳۰۰ هزار خودرو در آن تردد می‌کنند بیشترین خودروها از نوع خودروهای سبک و ساخت داخل کشور است. تراکم صنایع در محدوده شهر و افزایش میزان تردد وسایل نقلیه منجر به افزایش سطح آلودگی هوا در این شهر گردیده است (۱۸).

- روش تحقیق

این تحقیق توصیفی و جامعه آماری آن شامل کلیه خودروهایی بود که به مرکز معاینه فنی ولیعصر شهر شیراز مراجعه کردند. از آنجایی که تعداد دقیق خودروها مشخص نبود از فرمول کوکران ویژه جامعه آماری نامشخص استفاده گردید. نمونه برداری از خودروهای پژو پارس، پژو ۲۰۶ و پژو GLX در بهمن ماه به مدت ۵ ماه با مراجعه به مرکز معاینه فنی شهر شیراز انجام شد. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران با دقت احتمالی $2/5$ درصد و سطح معنی داری 95 درصد و حداکثر واریانس $(S^2 = 0.25)$ برابر 1537 خودرو به دست آمد (معادله ۱ و ۲). با توجه به اینکه امکان داشت اطلاعات برخی از خودروها ناقص باشد، تعداد 1637 خودرو مورد بررسی قرار گرفت و با حذف خودروهایی با اطلاعات ناقص در مجموع 1622 خودرو بررسی شدند. خودروهای مراجعه کننده به مرکز معاینه فنی که مدل سال‌های $89-83$ بوده و از عمر متوسط این خودروها $5-10$ سال سپری شده و در بازه زمانی پژوهش دو بار به این مرکز مراجعه کردند، مورد مطالعه قرار گرفتند. علت انتخاب این خودروها این بود که خودروهایی باید به مراکز معاینه فنی مراجعه کنند که از عمر خودرو 5 سال سپری شده باشد.

$$n = \frac{t^2 S^2}{d^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (0.5)^2}{(0.025)^2} \cong 1537 \quad (2)$$

انتشار برای خودرو تویا $0.3 g.S$ بوده است (۱۴). Alkurdi و همکاران (۲۰۱۳) نیز با بررسی تولید گازهای گلخانه‌ای و استراتژی‌های کاهش حمل و نقل جاده‌ای در مالزی به این نتیجه رسیدند که علت اصلی تولید CO_2 ، NO_x و CO خودروهای مسافربری هستند و موتورسیکلت‌ها نیز منبع اصلی تولید گازهای حاوی هیدروکربن‌ها هستند (۱۵). به منظور کاهش آلاینده‌های منتشر شده از وسایل نقلیه، در بسیاری از کشورها، سیاست‌های گوناگونی مانند خارج کردن اتومبیل‌های فرسوده و جایگزین کردن اتومبیل‌های جدیدتر، تغییر سوخت و وسایل نقلیه و برنامه‌های دوره‌ای معاینه فنی اتخاذ شده است. برنامه‌های معاینه فنی با شناسایی سریع و تعمیر خودروهای دارای انتشارات بالا می‌تواند آلودگی خودروها را نسبتاً سریع کاهش دهد (۱۶).

با توجه به اینکه 80 درصد از آلودگی‌های هوای کلان شهرها ناشی از گازهای خروجی است و همچنین نرخ بالای تولید وسایل نقلیه موتوری در کشور (۱۷) و تأثیری که این وسایل نقلیه بر سلامت انسان و محیط زیست دارند، و همچنین با توجه به مشکلات روز افزون آلودگی هوا و عواقب زیست محیطی آن به دلیل عدم رعایت استانداردها در ساخت خودروها و سوخت مصرفی آنها، به کارگیری و استفاده از استانداردهای نوین دنیا، جهت جایگزینی با استانداردهای قدیمی الزامی است. همچنین تردد خودروهای فرسوده در سطح خیابان‌ها بر مشکلات آلودگی می‌افزاید. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسه میزان آلاینده‌های CO ، CO_2 و HC خروجی از آگروز خودروهای سبک در فاصله سال‌های تولید $1389-1383$ براساس استانداردهای معاینه فنی و محیط زیست در شهر شیراز انجام گردید. همچنین به بررسی ارتباط میان سال ساخت خودرو با میزان خروجی آلاینده‌های مذکور نیز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز مرکز استان فارس و پر جمعیت‌ترین شهر جنوبی ایران در دشتی با مساحتی حدود $17,889 ha$ از 9 منطقه

پیرسون (Pearson correlation multiplication) در سطح معنی داری ($p < 0.05$) استفاده گردید. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

یافته‌ها

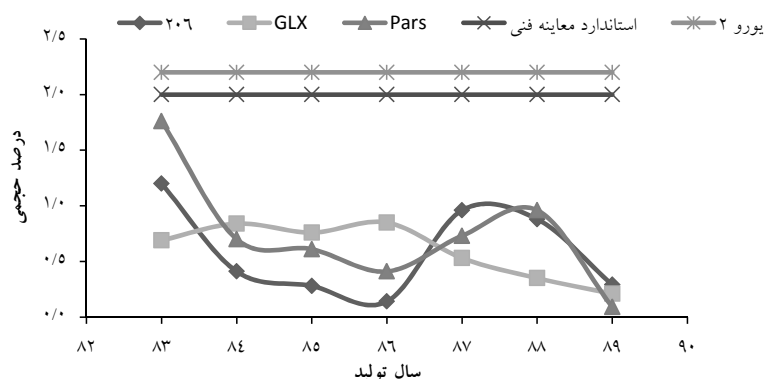
- میزان خروجی آلاینده مونواکسیدکربن از اگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها

بررسی روند تولید آلاینده‌های مورد مطالعه توسط خودروی ۲۰۶ در فاصله سال‌های ساخت ۱۳۸۶-۱۳۸۳ به وضوح نشان می‌دهد که میزان تولید آلاینده CO به طور معنی‌داری سیر نزولی داشته است اما از سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ این میزان افزایش یافته و در سال ۱۳۸۹ بار دیگر کاهش یافته است ($p < 0.05$). اما به طور کلی میزان CO خروجی از خودروی پژو ۲۰۶ در مدل سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ پایین‌تر از استاندارد معینه فنی (۲ درصد حجمی) و استاندارد یورو ۲ (۲/۲ درصد حجمی) بود. همچنین بیشترین میزان CO خروجی مربوط به مدل سال ۱۳۸۳ و کمترین میزان مربوط به مدل سال ۱۳۸۶ مشاهده گردید (نمودار ۱).

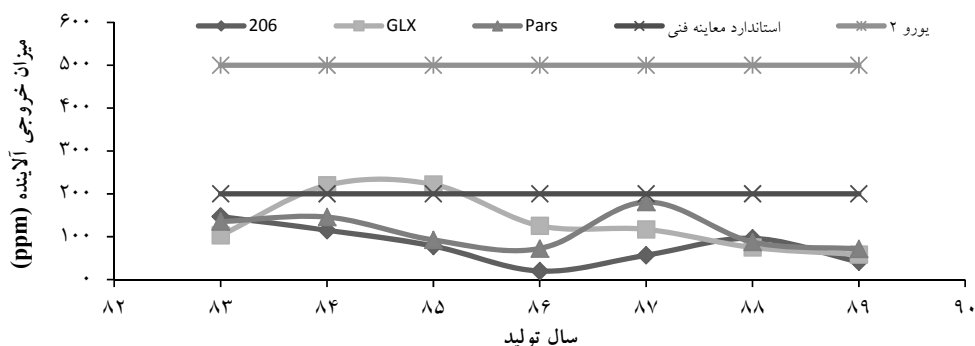
در مورد خودرو GLX، میزان تولید CO از سال ۱۳۸۹-۱۳۸۳ جز در سال ۱۳۸۶ دارای سیر نزولی بود. همچنین آمار مربوط به میزان CO خروجی از اگزوز خودرو پژو GLX مدل سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ پایین‌تر از استاندارد معینه فنی که برابر با (۲ درصد حجمی) و استاندارد یورو ۲ (۲/۲ درصد حجمی) بود. بیشترین میزان در مدل سال ۸۶ و کمترین میزان در مدل سال ۸۹ مشاهده شد (نمودار ۱).

همان‌طور که در نمودار ۱ قابل مشاهده است، میزان CO خروجی از اگزوز خودرو پارس در مدل سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ از استاندارد معینه فنی (۲ درصد حجمی) و استاندارد یورو ۲ (۲/۲ درصد حجمی) پایین‌تر بود و این در مدل سال‌های مختلف نوسانات زیادی داشت با این حال میزان CO خروجی از اگزوز خودرو پارس از وضعیت استاندارد خارج نشد. مدل سال ۸۸ با ۰/۰۹ درصد حجمی کمترین و مدل سال ۸۶ با ۰/۸۵ درصد حجمی بیشترین مقدار مربوط به CO را داشتند (نمودار ۱).

سپس خودروهای پژو پارس، پژو ۲۰۶ و پژو GLX مدل سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ با سوخت انژکتوری جدا گردیدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. علت انتخاب این سه نوع خودرو به دلیل تعداد زیاد آنها برای مراجعه به معینه فنی در مقایسه با سایر خودروها بود و سایر خودروها از تعداد کافی برای آنالیز در مراحل بعد برخوردار نبودند. همچنین سهم این خودروها نیز در خیابان‌های شهر شیراز بیش از سایر خودروها بود و بنابراین این خودروها مسئول ورود حجم چشمگیری از آلاینده‌های مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته و دی اکسید کربن به هوای شهر شیراز بوده و در نتیجه بر آلودگی هوای این شهر تاثیر چشمگیری دارند. در نهایت تعداد ۸۵۸ پژو GLX و ۱۱۷ خودروی پژو ۲۰۶ و ۱۰۷ خودروی پژو پارس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به منظور اندازه‌گیری خروجی مونواکسید کربن (CO)، هیدروکربن‌های نسوخته (HC) و CO₂ از دستگاه SAGEM GAS TESTER ساخت کشور فرانسه استفاده شد. نمونه‌برداری از خودروهای موردنظر برای اندازه‌گیری خروجی آلاینده‌های مذکور، در حالت روشن و ایستا (Stable) صورت گرفت. برای تست آلاینده‌های خروجی اگزوز پس از قرار گرفتن خودرو در جایگاه تست پروب، دستگاه در داخل اگزوز قرار گرفته و با انتخاب خودرو در نمایشگر، دستگاه شروع به مکش مقداری از دود خروجی از اگزوز و ارسال آن به اتاقک آنالیز دود می‌کند. نتایج آنالیز دود در صفحه نمایشگر رایانه قابل مشاهده است. در ابتدا مقادیر نشان داده شده متغیر هستند و پس از چند ثانیه مقادیر تقریباً ثابت می‌شوند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS و به منظور بررسی میزان پراکنش CO، HC و CO₂ خروجی اگزوز خودرو پژو پارس، پژو ۴۰۵ و پژو ۲۰۶ مربوط به سال‌های ساخت ۱۳۸۹-۱۳۸۳ و ارتباط بین پراکنش این گازها با سال ساخت خودرو و مقایسه این آلاینده‌ها با استانداردهای معینه فنی و یورو ۲ در این سه نوع خودرو از آزمون آماری t-test در سطح معنی‌داری ($p < 0.05$) استفاده شد و به منظور بررسی رابطه بین سال ساخت خودرو و میزان خروجی آلاینده‌های مورد مطالعه از آزمون ضریب همبستگی



نمودار ۱- میزان خروجی آلایندگی مونواکسید کربن از آگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹



نمودار ۲- میزان خروجی آلایندگی هیدروکربن از آگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹

۲ (۵۰۰ ppm) بود. اما در سایر مدل‌های مربوط به سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ پایین‌تر از استاندارد معاینه فنی و یورو ۲ مشاهده گردید. این میزان در سال ۸۹ به پایین‌ترین مقدار خود (۵۸/۳ ppm) رسید (نمودار ۲).

میزان خروجی دی‌اکسید کربن از آگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها

بررسی روند تولید CO_2 در خودرو ۲۰۶ طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۳ نشان داد که میزان تولید آلایندگی سیر صعودی داشته و فقط بین سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۷ یک سیر نزولی مشاهده شد. همچنین میزان CO_2 خروجی از آگزوز خودرو ۲۰۶ در مدل سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ از استاندارد معاینه فنی (۱۴ درصد حجمی) بالاتر بود این در حالی است که در مدل سال ۱۳۸۳

میزان خروجی آلایندگی هیدروکربنی از آگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها

خودروی ۲۰۶ در فاصله سال‌های ساخت ۱۳۸۳-۱۳۸۶ دارای میزان تولید آلایندگی HC با سیر نزولی به طور معنی‌داری بوده است اما از سال ۱۳۸۸-۱۳۸۹ افزایش یافت ($p < 0.05$) (نمودار ۲). اما به‌طور کلی میزان HC خروجی از خودروی پژو ۲۰۶ در مدل سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹ پایین‌تر از استاندارد معاینه فنی (۲۰۰ ppm) و استاندارد یورو ۲ (۵۰۰ ppm) بود. همچنین بیشترین میزان HC خروجی مربوط به مدل سال ۱۳۸۳ و کمترین میزان نیز در مدل سال ۱۳۸۶ مشاهده گردید. میزان HC تولیدی در پژو GLX دارای نوسانات زیادی بود. به‌طوری‌که مقدار آن در مدل سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ بالاتر از استاندارد معاینه فنی (۲۰۰ ppm) و پایین‌تر از استاندارد یورو

- بررسی رابطه بین سال ساخت خودروها و میزان خروجی آلاینده‌های CO، HC و CO₂ از اگزوز

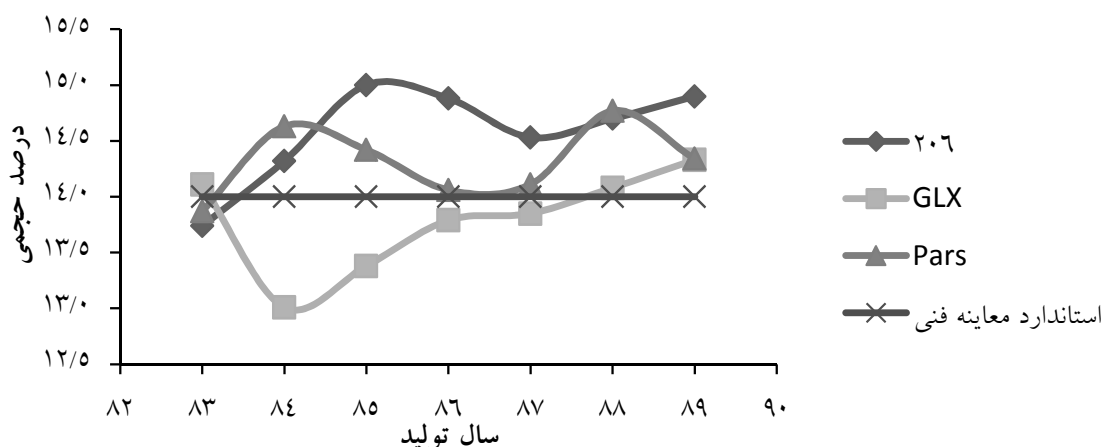
براساس ضریب همبستگی پیرسون بین ساخت خودرو و میزان CO و HC رابطه معنی‌داری وجود داشت. با توجه به منفی بودن ضریب، مشخص شد هر چه سال ساخت خودرو بالاتر یعنی جدیدتر شده باشد CO کمتری تولید خواهد شد (جدول ۱). همچنین بین سال ساخت خودرو و میزان CO₂ نیز رابطه مثبت معنی‌داری وجود داشت. مثبت بودن ضریب، نشان‌دهنده آن است که هر چه سال ساخت خودرو بالاتر رود و خودرو جدیدتر شود میزان CO₂ تولیدی نیز افزایش می‌یابد که نشانگر استفاده بهتر از سوخت در محفظه احتراق و تولید مقادیر بالاتر دی اکسیدکربن به جای مونواکسیدکربن است (جدول ۱).

- مقایسه میزان تولید آلاینده‌ها در خودروهای پژو ۲۰۶، GLX و پژو پارس مربوط به سال ساخت همزمان همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است بین خودروهای پژو مورد مطالعه در این پژوهش میزان آلاینده‌گی CO با

میزان CO₂ کمتر از استاندارد معاینه فنی بود. بیشترین میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پژو ۲۰۶ مربوط به مدل سال ۸۵ و کمترین میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پژو ۲۰۶ مربوط به مدل سال ۸۳ بود (نمودار ۳).

میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پژو GLX در مدل سال ۸۴ نسبت به سال ۸۳ دارای سیر نزولی چشمگیری بود ولی در ادامه در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ میزان تولید این آلاینده سیر صعودی یافت. همچنین در مدل‌های مربوط به سال ۸۳ و ۸۹-۸۵ میزان CO₂ اگزوز خروجی آنها بیشتر از استاندارد معاینه فنی مشاهده شد (نمودار ۳).

میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پارس در سال ۱۳۸۳ پایین‌تر از حد مجاز و در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ از استاندارد معاینه فنی (۱۴ درصد حجمی) بالاتر بود. بیشترین میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پارس مربوط به مدل سال ۸۸ (۱۴/۷۷ درصد) و کمترین میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودروی پارس مربوط به مدل سال ۸۳ (۱۳/۸۷ درصد حجمی) بوده است و در نتیجه میزان CO₂ خروجی از اگزوز خودرو پارس بیش از حد مجاز بوده است (نمودار ۳).



نمودار ۳- میزان خروجی آلاینده دی اکسید کربن از اگزوز خودروها و مقایسه با استانداردها در فاصله سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۹

گروهی و استناد به سطح معنی داری ۵ درصد ($p < 0/05$) می توان گفت میزان به دست آمده آلاینده های CO ، CO_2 و HC با اختلاف معنی داری از استانداردهای معاینه فنی و یورو ۲ کمتر بود. این نتایج با یافته های Mozafari و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی آلاینده های خروجی خودروهای پژو و سمند براساس استانداردهای شورای عالی حفاظت محیط زیست پرداختند، مطابقت داشت (۱۲). همان طور که نتایج نشان دادند نوساناتی در خروجی اگزوز خودروهای پژو ۲۰۶، GLX و پارس در سال های ساخت مختلف مشاهده شد اما به طور کلی در بیشتر موارد میزان خروجی اگزوز از آلاینده های CO ، HC و CO_2 پایین تر از استاندارد تعیین شده توسط یورو ۲ و معاینه فنی بود. در این بین میزان دی اکسید کربن با توجه به افزایش سال ساخت خودرو افزایش یافته بود که دلیل آن را می توان مناسب بودن میزان اکسیژن و درجه حرارت، زمان ماند

میانگین درصد حجمی $0/59$ در خروجی اگزوز پژو ۲۰۶ کمتر از خودروهای پارس و GLX است و از این نظر خودروی پژو پارس میزان آلاینده گی بیشتری را نسبت به دو خودروی دیگر داشت این در حالی است که کمترین میزان CO خروجی در مدل ۲۰۶ مربوط به سال های ۱۳۸۵-۱۳۸۶ بود (جدول ۲). همچنین میزان خروجی هیدروکربن در پژو ۲۰۶ نسبت به پژو GLX و پارس کمتر بود و با افزایش سال ساخت میزان HC کاهش قابل توجهی یافت (جدول ۲). در دو خودروی پژو GLX و ۲۰۶ میزان خروج آلاینده CO_2 تقریباً مشابه بود و در این بین پژو پارس نسبت به خودروهای ذکر شده CO_2 کمتری را به جو وارد می کند (جدول ۲ و نمودار ۴).

بحث

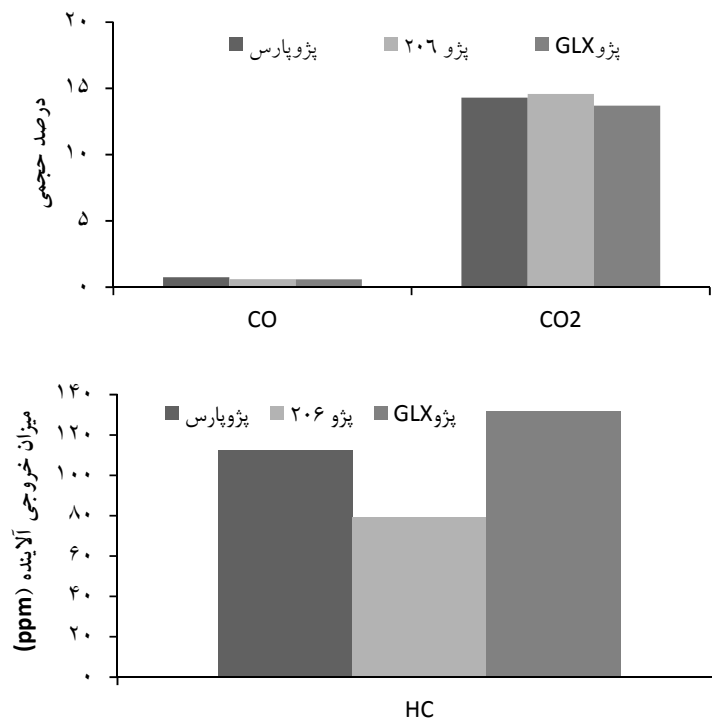
با توجه به نتایج ارائه شده و انجام آزمون آماری T-Test تک

جدول ۱- بررسی رابطه ضریب همبستگی پیرسون و سال ساخت خودرو در مقدار تولید CO ، HC و CO_2

متغیر	ضریب پیرسون	سطح معنی داری
CO	$-0/473$	$0/000$
HC	$-0/397$	$0/000$
CO_2	$0/417$	$0/000$

جدول ۲- آلاینده های خروجی از اگزوز خودرو پژو ۲۰۶، GLX و پارس در یک سال ساخت و میزان معنی داری

نوع فاکتور	نام خودرو	میانگین	انحراف معیار	آزمون تی	درجه آزادی	سطح معنی داری
CO	پژو پارس	$0/75$	$0/52$	$0/727$	857	$0/000$
	پژو ۲۰۶	$0/59$	$0/41$			
	پژو GLX	$0/61$	$0/24$			
HC	پژو پارس	$112/18$	$42/03$	$1/603$	857	$0/02$
	پژو ۲۰۶	$79/16$	$43/99$			
	پژو GLX	$131/55$	$65/29$			
CO_2	پژو پارس	$14/31$	$0/32$	$13/301$	857	$0/000$
	پژو ۲۰۶	$14/58$	$0/45$			
	پژو GLX	$13/7$	$0/43$			



نمودار ۴- مقایسه میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروهای پژو ۲۰۶، GLX و پارس

است. از طرف دیگر با افزایش میزان CO_2 میزان HC کاهش چشمگیری می‌یابد که این کاهش با وضوح بهتری در پژو ۲۰۶ قابل مشاهده است. پس با انجام احتراق کامل هیدروکربن‌های نسوخته کمتری وارد هوا می‌گردد و در عوض در خروجی اگزوز گاز دی اکسید کربن که نشان از عملکرد درست محفظه احتراق است، مشاهده می‌شود (۸). این امر می‌تواند به دلیل تولید تیپ‌های سازگارتر این خودرو با استانداردهای زیست محیطی در سال‌های اخیر نیز باشد علاوه بر این تغییرات ایجاد شده در تیپ‌های جدید ۲۰۶، موجب بالارفتن بازده سیستم سوخت‌رسانی و کارایی بهتر موتور در محفظه احتراق گردیده است.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش در بررسی روند تولید آلاینده‌های HC، CO_2 و CO توسط خودروهای پژو ۲۰۶، GLX و پارس در فاصله سال‌های ساخت ۱۳۸۹-۱۳۸۳ با یکسری استثنائات در پژو ۲۰۶ در مدل سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ و پژو GLX در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ همچنین پژو پارس در

کافی و اختلاط کامل سوخت با هوا در اتاقک احتراق دانست که از جمله عوامل موثر در احتراق کامل سوخت و در نتیجه تولید CO_2 است که نشان از بهبود یافتن فرایند سوخت موتور خودروهای ذکر شده با افزایش سال ساخت خودرو است. احتراق ناقص نیز زمانی رخ می‌دهد که عکس عمل فوق اتفاق افتد که این امر سبب تولید HC و CO بیشتر خواهد شد (۱۱). با توجه به اینکه میزان CO و HC خروجی از اگزوز خودروی پژو ۲۰۶ نسبت به خودروی پارس و GLX کمتر بود احتراق ناقص با درصد کمتری در این خودرو اتفاق می‌افتد که نشان از کارایی خوب موتور پژو ۲۰۶ و سازگاری آن با محیط زیست است. همچنین میزان CO_2 خروجی از اگزوز این خودرو نیز کمتر از حد استاندارد و خودروهای GLX و پارس گزارش گردید. Dargahi و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودرو در شهر کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که CO_2 در خودروهای پژو آردی، پیکان، زامیاد و وانت پیکان با اختلاف معنی‌داری از استانداردهای محیط‌زیست کمتر

هوای برداشته شده و از آلودگی هوا در شهرها به خصوص کلان شهرها کاسته شود. مقایسه میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروهای پژو ۲۰۶، پارس و GLX نشان داد هر چه خودرو با استانداردهای جهانی بالاتری ساخته شده باشد میزان کمتری از آلاینده‌های هوا را نیز تولید خواهد کرد. نتایج Rhys-Tyler و همکاران (۲۰۱۱) نیز که به بررسی اهمیت استانداردهای تولید گازهای گلخانه‌ای برای آلاینده‌های خروجی از اگزوز وسایل نقلیه سبک در منطقه شهری پرداختند نشان داد پس از اعمال استاندارد یورو ۱ کاهش چشمگیر آماری در آلاینده‌های خروجی دیده می‌شود (۲۲). همچنین نتایج نشان‌گر روند کاهشی در میزان آلاینده‌های خروجی با افزایش سال ساخت خودرو بود که می‌توان آن را ناشی از بهبود فرایند سوخت در خودروهای جدید دانست و نشان‌دهنده تلاش خودروسازان برای ساخت خودروهای بهتر با آلاینده‌گی کمتر و سازگاری بهتر با محیط زیست دانست. این نتایج با پژوهش Rivors و همکاران (۲۰۰۲) که به بررسی اثر خودروهای فرسوده بر میزان آلودگی هوای مکزیکوسیتی پرداختند، مطابقت دارد. نتایج این پژوهش نشان داد هر چه از عمر یک خودرو می‌گذرد میزان آلاینده‌گی آن افزایش می‌یابد (۲۳). از طرفی نتایج ضریب همبستگی پیرسون نیز نشان داد با افزایش سال ساخت خودرو میزان CO و HC کاهش یافته و میزان CO_p افزایش می‌یابد، که علت افزایش این آلاینده همان طور که در بالا ذکر شد به دلیل اختلاط کامل سوخت با هوا در اتاقک احتراق بوده که منجر به افزایش تولید CO_p بیشتر می‌شود و بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت، با افزایش سال ساخت خودرو عملکرد احتراق در موتور خودروها نیز تا حدودی بهبود یافته و سبب افزایش احتراق کامل در موتور و کاهش احتراق ناقص خواهد شد که با نتایج پژوهش Yousofi Golbote و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی سنجش میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروهای پژو ۲۰۶، سمند معمولی و سمند تاکسی در شهر مشهد پرداختند نیز مطابقت داشت (۱۹). Zamboni و همکاران (۲۰۰۹) نیز با مطالعه بر روی برآورد گازهای خروجی از اگزوز خودرو و مقایسه آن با اندازه

مدل سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ نشان می‌دهد که روند تولید آلاینده‌های CO و HC به‌طور معنی‌داری سیر نزولی داشته (p < ۰/۰۵) در حالی که میزان CO_p دارای سیر صعودی بود که ناشی از رابطه عکس میان CO و CO_p است و بهبود کارایی موتور بیشترین نقش را در کاهش CO را ایفا می‌کند. نتایج پژوهش Yousofi Golbote و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که خودروهای سمند معمولی و تاکسی در مقایسه با پژو ۲۰۶، به‌طور معنی‌داری آلاینده‌های هیدروکربن و مونوکسید کربن بیشتری تولید می‌کنند در حالی که پژو ۲۰۶، میزان بیشتری از دی‌اکسید کربن را ایجاد می‌نماید. این مطالعه و مقایسه آن با بررسی حاضر، کارایی بالاتر و بهبود وضعیت طراحی سیستم موتور را در پژو ۲۰۶ نسبت به خودروی سمند نشان می‌دهد (۱۹). نتایج پژوهش Mozafari و همکاران (۲۰۱۱) نیز که به بررسی مقادیر آلاینده‌های خروجی از اگزوز وسایل نقلیه بنزینی در شهر یزد پرداختند، نشان داد که میزان آلاینده HC در خودروهای پژو و سمند برابر با استاندارد تعریف شده است (۱۲). Zamboni و همکاران (۲۰۱۳) نیز با مطالعه بر روی برآورد گازهای خروجی از اگزوز خودرو و مقایسه آن با کیفیت هوا در جنوب ایتالیا بود به این نتیجه رسیدند که با بهبود وضعیت موتور و اجبار در رعایت استانداردهای آلاینده‌های هوا در اروپا، حدود ۷۰ درصد HC و ۸۰ درصد CO ناشی از اگزوز خروجی خودروها کاهش یافته است (۲۰). همچنین Ong و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه خصوصیات، غلظت و میزان انتشار هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در گازهای خروجی از وسایل نقلیه دمشق به این نتیجه رسیدند که موثرترین سیستم پس احتراق برای کاهش آلاینده‌های خروجی از موتور، استفاده از مبدل کاتالیزوری است که بر روی اکثر خودروهای جدید یافت می‌شود (۲۱). لذا امیدواریم با ساخت خودروهای داخلی منطبق بر استانداردهای بین‌المللی در جهت طرح‌های رفع آلودگی هوا و تنظیم و سرویس به موقع موتور خودرو و متعلقات آن، جلوگیری از تردد خودروهایی با آلاینده‌گی زیاد، فرسوده و کاهش زمان معاینه فنی خودروها از ۵ سال به ۲ تا ۳ سال گام بزرگی در جهت کاهش میزان آلاینده‌های موجود در

گرمایش جهانی نقش دارد. به‌طور کلی با توجه به اینکه معاینه فنی در ایران شامل تست و چک کردن گازها و مواد خروجی از اگزوز (شامل CO , CO_2 , HC , O_2 , NO_x)، صدا، دور موتور و تست‌های ایمنی (تست ترمز) است، انجام به موقع معاینات فنی و بررسی داده‌های ثبت شده در این مراکز، ضروری به نظر می‌رسد زیرا سبب آگاهی از شرایط احتراق (نسبت سوخت به هوا) و ارتباط آن با انتشار گازهای خروجی از اگزوز می‌شود که خود مسئله مهمی است تا با تنظیم و کنترل این شرایط انتشار آلاینده‌ها کاهش داده شود. از طرفی شناخت تاثیر نوع سیستم تزریق سوخت و نوع کاربری وسیله نقلیه در میزان انتشار گازهای خروجی از اگزوز نیز امکان پذیر خواهد شد و سبب می‌شود تا مراکز معاینه فنی به طور آگاهانه میزان کنترل و تمرکز خود را بر روی خودروهایی که احتمال انتشار آلاینده‌ها با غلظت بالاتری را دارند، افزایش داده و از این طریق سهم موثری در کاهش آلودگی هوا و رعایت استاندارد آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها داشته باشند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی دوستان و همکارانی که در مرکز معاینه فنی ولیعصر شیراز در انجام این پژوهش یاری‌رسان بودند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

کیفیت هوا در جنوا ایتالیا بود به این نتیجه رسیدند که با بهبود وضعیت موتور اتومبیل و اجبار به رعایت قانون استاندارد اروپا، حدود ۷۰ درصد HC و ۸۰ درصد CO ناشی از اگزوز خروجی خودروها کاهش خواهد یافت (۲۴).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، میزان آلاینده‌های خروجی (مونوکسید کربن، دی‌اکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته) از اگزوز خودروهای پژو ۲۰۶، GLX و پارس در شهر شیراز در فاصله سال‌های ساخت ۱۳۸۳-۱۳۸۹ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در بین خودروهای بررسی شده مدل سال‌های ۸۳-۸۹ خودروی پژو ۲۰۶ میزان آلاینده خروجی کمتری نسبت به دو خودروی دیگر داشته است. همچنین با افزایش سال ساخت خودرو میزان پراکنش آلاینده‌های مونوکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته کاهش یافته که علت آن احتراق بهتر سوخت در موتور خودروها، تبدیل خودروهای کاربراتور به انژکتور، توجه بیشتر مسئولین به پراکنش آلاینده‌های خروجی از اگزوز خودروها از طریق کنترل در مراکز معاینه فنی است. همچنین از دیگر نتایج این پژوهش این بود که در اکثر سال‌ها میزان خروجی آلاینده‌ها در هر سه نوع خودرو از استاندارد معاینه فنی و یورو ۲ کمتر بوده و خطر جدی سلامتی افراد جامعه را تهدید نمی‌کند. نتیجه دیگر این پژوهش این‌که با افزایش سال ساخت خودرو و کاهش مونوکسید کربن، غلظت دی‌اکسید کربن افزایش یافته است که به دلیل احتراق بهتر بنزین در موتور بوده و دی‌اکسید کربن نیز آلاینده محسوب نمی‌شود و اندازه‌گیری این گاز بیشتر در

References

1. Khazaei E, Alesheikh A, Karimi M, Vahidnia MH. Comparison of two modeling methods for the prediction of carbon monoxide concentration using neuro-fuzzy system. *Journal of Environmental Studies*. 2013;38(4):-29-44 (in Persian).
2. Chaloulakou A, Duci A, Spyrellis N. Exposure to carbon monoxide in enclosed multi-level parking garages

- in the central Athens urban area. *Indoor and Built Environment*. 2002;11(4):191-201.
3. Kumar P, Fennell P, Britter R. Effect of wind direction and speed on the dispersion of nucleation and accumulation mode particles in an urban street canyon. *Science of the Total Environment*. 2008;402(1):82-94.
4. Ghiasuddin M. *Air Pollution*. Tehran: Tehran University

- sity Press; 2003 (in Persian).
5. Borrego C, Tchepel O, Costa A, Martins H, Ferreira J, Miranda A. Traffic-related particulate air pollution exposure in urban areas. *Atmospheric Environment*. 2006;40(37):7205-14.
 6. WHO's global air-quality guidelines. *The Lancet*. 2006;368(9544):1302.
 7. Ghobadi F, Hesami Z, Nia MS, Amy F. A survey of Tehrani citizens on the fifth axis of the comprehensive air pollution decrease plan (car technical examination). *The Sixth Biennial National Conference of the Iranian Environmentalists Association*; 2006; Tehran, Iran (in Persian).
 8. Dargahi A, Golestanifar H, Alawi Q. Determination of exhaust pollutant emissions from cars in Kermanshah and its impact on human health. *2nd National Conference on Health, Safety and Environment*; 2011; Mahshahr (in Persian).
 9. Salehi Tinoni H. Study of the optimal conditions of vehicle pollution testing in technical examination centers and the role of these centers in reducing air pollution [dissertation]. Kerman: Shahid Bahonar University; 2010 (in Persian).
 10. Joneidi Jafari A. A comparison of major pollutants emission from petrol and diesel car exhaust. *Avicenna Journal of Clinical Medicine*. 2003;9(4):43-49 (in Persian).
 11. Rezazadeh S. Determination of air pollution in gasoline cars in Qazvin. *2nd Environmental Engineering Conference and Exhibition*; 20-21 May 2008; Tehran, Iran (in Persian).
 12. Mozafari GA, Oshkazi M, Mavedat A. An analysis of air pollution from motor vehicles in Yazd. *5th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering*; 2011; Tehran, Iran (in Persian).
 13. Sara'i AT, Mansouri N, Jafari A, Seidi F, Rezaei-pour M. Determination of emission factors in Peugeot 405. *5th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering*; 2011; Tehran, Iran (in Persian).
 14. Ashrafi K, Shafie Pour Motlagh M, Mousavi M, Niksokhan M, Vosoughifar H. Determining the contribution of gas emissions from cars and estimating the distribution of CO emissions in enclosed parking. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;8(4):447-58 (in Persian).
 15. Alkurdi F, Karabet F, Dimashki M. Characterization, concentrations and emission rates of polycyclic aromatic hydrocarbons in the exhaust emissions from in-service vehicles in Damascus. *Atmospheric Research*. 2013;120:68-77.
 16. Yamamoto T, Madre J-L, Kitamura R. An analysis of the effects of French vehicle inspection program and grant for scrappage on household vehicle transaction. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2004;38(10):905-26.
 17. Motesaddi Zarandi S, Razzaghi A. Tehran air pollution reduction comprehensive plan with an emphasis on CO. 2009;11(3):51-60 (in Persian).
 18. Vaseghi E, Zibaei M. Reliability and Validity of Young's Schema. *Journal of Environmental Studies*. 2008;34(47):65-72 (in Persian).
 19. Yusefi Golboteh R, Sahrayi F, Mohammadi M, Houshmand S, Mohammadi M. Measuring Vehicle Exhaust Emissions from Peugeot 206, Samand and EL Samand in Mashhad. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2016;18(2):63-76 (in Persian).
 20. Zamboni G, Malfettani S, André M, Carraro C, Marelli S, Capobianco M. Assessment of heavy-duty vehicle activities, fuel consumption and exhaust emissions in port areas. *Applied Energy*. 2013;111:921-29.
 21. Ong H, Mahlia T, Masjuki H. A review on emissions and mitigation strategies for road transport in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(8):3516-22.
 22. Rhys-Tyler G, Legassick W, Bell M. The significance of vehicle emissions standards for levels of exhaust pollution from light vehicles in an urban area. *Atmospheric Environment*. 2011;45(19):3286-93.
 23. Riveros HG, Cabrera E, Ovalle P. Vehicle inspection and maintenance, and air pollution in Mexico City. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2002;7(1):73-80.
 24. Zamboni G, Capobianco M, Daminelli E. Estimation of road vehicle exhaust emissions from 1992 to 2010 and comparison with air quality measurements in Genoa, Italy. *Atmospheric Environment*. 2009;43(5):1086-92.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Investigation of exhaust pollutant emissions in light vehicles compared to technical examination standard and euro 2: case study in Shiraz city

R Dehghan¹, S Abdolahi¹, M Rahimi¹, F Nejad Koorki¹, M Amini^{2*}

1- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

2- Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 20 July 2019

Revised: 6 October 2019

Accepted: 12 October 2019

Published: 21 December 2019

Keywords: Carbon monoxide, Unburned hydrocarbons, Technical examination standard, Euro 2, Shiraz

***Corresponding Author:**
Amini.malihe@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: Due to the increasing growth of urbanization, vehicles are one of the most important environmental causes of air pollution in today's world. With the increasing problems of air pollution and its environmental consequences due to lack of compliance with standards in manufacturing cars and their fuel consumption, awareness of the exhaust of cars and its comparison with environmental protection standards and technical examination is essential for controlling and reducing air pollution. Therefore, the present study was carried out with the aim of studying and comparing the amount of CO, CO₂ and HC emissions from light vehicle exhausts in the period of 1383-1389 based on technical and environmental inspection standards in Shiraz. Also, the relationship between the year of construction of the car and the amount of output of these pollutants was discussed.

Materials and Methods: In this research, the amount of exhaust emissions (carbon monoxide, carbon dioxide and unburned hydrocarbons) from the exhaust of 858 vehicles included models Peugeot 206, GLX and Pars that were referred to the technical examination center during 5 months in Shiraz between the years 1383-1389 was investigated. Also, the relationship between the year of production and the amount of output of these pollutants was studied. Data analysis was done using SPSS software and Microsoft Excel software was used for drawing graphs.

Results: The results showed that there was a significant and negative correlation between the year of manufacture of the vehicle and the reduction of CO and HC. As the year of construction increases, the amount of pollutants is decreasing. Also, this relationship was positive and significant between the year of manufacture and CO₂. Also, the exhaust pollutants (CO and CO₂) from the Peugeot GLX exhaust system were lower than Peugeot Pars and 206, and the lowest amount of HC was observed in Peugeot 206.

Conclusion: In general, the exhaust emissions of all three cars were at the standard Euro 2 and technical examination.