فصلنامه علوم محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳

۳۴-۲۷

نحوه محاسبه ضرایب انتشار جرمی آلایندگی خودرو از داده‌های آلایندگی غلظت حجمی به‌روش همراه

احسان بنی‌طالبی[۱]* و وحید حسینی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد مکانیک، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
[۲]استادیار گروه تبدیل انرژی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸

چکیده

نتایج به‌دست آمده از آزمون آلایندگی همراه، به‌دلیل قرارگیری خودرو در شرایط واقعی رانندگی، بسیار قابل اطمینان‌تر از آزمون شاسی دینامومتر با سیکل‌های اروپا یا دیگر سیکل‌هایی است که تطابق آن‌ها با شرایط رانندگی ایران بررسی نشده‌است. در آزمون همراه دبی جرمی گازهای خروجی اگزوز و درصد حجمی آلاینده‌ها به‌صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. این‌دو ممکن است در یک نقطه از مسیر موتور تا اگزوز یا هرکدام در نقطه‌ای مجزا اندازه‌گیری شود. در حالت اول دبی جرمی و مقادیر آلایندگی در هرلحظه متناظرند ولی در حالت دوم نیاز است که داده‌ها هم‌زمان شوند و اولین قدم در تحلیل داده نیز تعیین دبی جرمی متناظر با درصد حجمی آلاینده‌هاست. مناسب‌ترین روش هم‌زمان‌سازی استفاده از رابطه مستقیم NOx و فشار مطلق راه‌گاه ورودی موتور می‌باشد. عدم استفاده از الگوریتم‌های هم‌زمان‌سازی موجب بروز خطا به بزرگی سی‌درصد در ضرایب انتشار محاسبه‌شده، می‌شود. اطمینان از پوشش کلیهٔ شرایط ترافیکی شهر در فرایند آزمون همراه ضروریست؛ لذا هر خودرو در مسیرهایی با سطح ترافیک و شیب مختلف، در دو حالت بدون کولر و کولردار آزمایش شده‌است. در نهایت ضرایب انتشار برای هر خودرو در شرایط ترافیکی مختلف بیان‌شده و اثر مواردی چون شیب و وضعیت کولر به‌صورت یک ضریب تصحیح در ضرایب انتشار مرجع لحاظ گردیده‌است.

کلمات‌کلیدی: آزمون آلایندگی همراه، سیکل رانندگی، هم‌زمان‌سازی، ضرایب انتشار.

Method of Calculating Emission Factors from Volume Concentration Data Acquired by Portable Emission Tests

Ehsan Banitalebi[1]* & Vahid Hosseini[2]

[1]MSc. Student of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran
[2]Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran

Abstract

Portable emission measurement tests get reliable data in comparison with chassis dynamometer tests. In portable emission tests, volume concentration and mass flow of exhaust gas measured second by second. This two series of data may be measured in one point of exhaust path from engine to tailpipe so mass flow correspond to volume concentration in each moment.
If they measure in different points, data should be synchronize. Same trend of NOx and Manifold absolute pressure(MAP) is used to syncing data. Unsynchronized data cause up to 30% error of final emission factors. Each vehicle is tested in different driving conditions, different road and manner, like uphill road or highly congested traffic to determine the real emission produced.

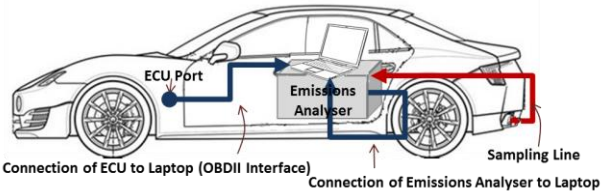
Keywords: Portable emission test; Driving cycle; Synchronizing; emission factors.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: e_banitalebi@mech.sharif.edu

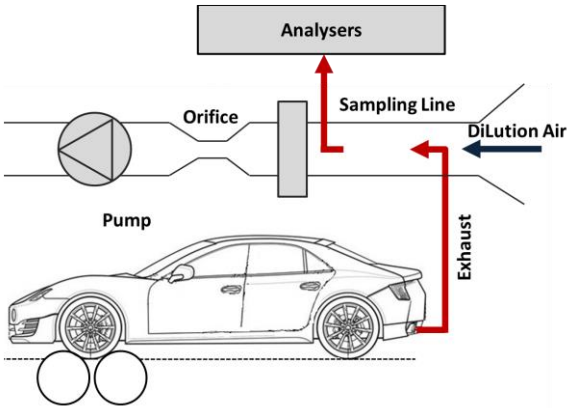
۱- مقدمه

آزمون همراه[۱] و شاسی دینامومتر[۲] دو روش اندازه‌گیری آلایندگی و مصرف سوخت هستند که در روش اول تجهیزات اندازه‌گیری داخل خودرو قرار گرفته و هم‌زمان با حرکت آن داده‌برداری انجام می‌شود. پراکندگی مسیرهای آزمون به‌گونه‌ای است که کلیهٔ شرایط رانندگی در شهر پوشش داده شود که در این راستا درنظر گرفتن مسیرهایی با میزان ترافیک و شیب مختلف ضروریست[۱]. هم‌چنین نیاز است که آزمون در وضعیت‌های متفاوتی چون کولر روشن/خاموش یا رانندگی خشن/معمولی انجام گیرد. از این‌رو خودرو در همه شرایط واقعی رانندگی آزمایش می‌شود و مصرف سوخت و آلایندگی به‌دست آمده کاملاً واقعی است[۲]. در روش دوم خودرو بر روی شاسی قرار گرفته و نیروهای جاده و هوا شبیه‌سازی می‌شوند. میزان اعتبار نتایج آزمون شاسی وابسته به درصد تطابق سیکل رانندگی[۳] طی شده در آزمون با شرایط رانندگی در شهر است. لذا استفاده از سیکل‌های اروپایی چون NEDC[۴] که تطابق آن با رانندگی در تهران بررسی نشده، نمی‌تواند معیار خوبی از مصرف سوخت و آلایندگی خودرو به‌دست دهد[۳].

در سیکل NEDC، عموما خودرو تحت بارهای کم است و بسیاری از شرایط کارکردی موتور نادیده گرفته می‌شود[۴]؛ علاوه‌بر آن، به‌واسطه رفتار لخت سیکل NEDC و کمبود شرایط گذرا نسبت به حالت واقعی، ضرایب انتشار[۵] به‌دست آمده از آن همواره کم‌تر از مقدار واقعی است[۵]. از این‌رو ضروریست که برای پژوهش‌های مرتبط با آلودگی هوا و تعیین سهم خودروها در آن، از آزمون همراه استفاده گردد.



شکل۱- شماتیک خودرو در آزمون همراه (گازهای خروجی نمونه‌برداری شده و آنالیز می‌شوند. کلیهٔ داده‌های سامانه کنترل موتور[۶] و آلایندگی نیز در کامپیوتر ذخیره می‌شود).



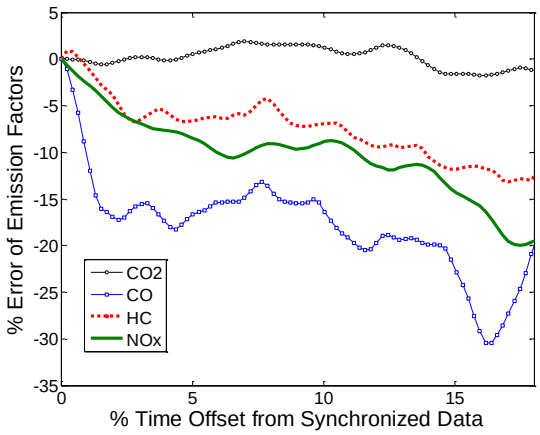
شکل۲- شماتیک خودرو در آزمون شاسی دینامومتر (گازهای خروجی به‌وسیله هوا رقیق شده و پس از نمونه‌برداری، به دستگاه‌های اندازه‌گیری فرستاده می‌شود).

دستگاه‌های اندازه‌گیری آلاینده که در آزمون همراه استفاده می‌شوند، عموماً درصد حجمی آلاینده‌ها را گزارش می‌کنند؛ برای گزارش میزان آلایندگی یک خودرو برحسب گرم‌برکیلومتر(کیلوگرم سوخت یا کیلووات) نیاز است که دبی جرمی گازهای خروجی نیز اندازه‌گیری گردد که برای این کار می‌توان از دبی‌سنج جریان یا داده‌های سامانه کنترل موتور استفاده کرد. استفاده از دبی‌سنج به‌دلیل مشکلات نصب چون محدودیت فضا در انتهای اگزوز، امکان برخورد با زمین و تفاوت در لوله اگزوز خودروها و هم‌چنین نیاز به کالیبراسیون پی درپی رایج نیست. روش دوم بسیار ساده و رایج است و در آن از داده‌های حس‌گرهای فشار و دمای موجود در راه‌گاه ورودی موتور استفاده می‌شود و با استفاده از قانون گاز کامل، جرم گاز ورودی به موتور با دقت خوبی محاسبه می‌شود.

در صورتی که اندازه‌گیری دبی و آلایندگی در یک نقطه از مسیر موتور تا اگزوز انجام شود، دبی اندازه‌گیری‌شده

در هر لحظه دقیقاً به درصدهای حجمی همان لحظه مربوط است و درصدهای جرمی آن لحظه قابل محاسبه‌اند. اما از آن‌جایی‌که دبی جرمی در راه‌گاه ورودی و آلاینده‌ها در انتهای اگزوز اندازه‌گیری‌شده‌اند، دبی اندازه‌گیری‌شده در هر لحظه، متناظر با درصدهای حجمی اندازه‌گیری‌شده چندثانیه بعد از آن است. درصورتی‌که شروع داده‌برداری این‌دو پارامتر در یک زمان نباشد مسئله پیچیده‌تر می‌شود. از این‌رو برای تحلیل داده‌ها و به‌دست آوردن ضرایب انتشار، هم‌زمان‌سازی[۷] دبی جرمی و آلایندگی ضروریست. روش‌های متفاوتی برای هم‌زمان‌سازی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها استفاده از رابطه مستقیم درصد حجمی NOx[8] و فشار ورودی موتور[۹] است.

در شکل ۳ دیده می‌شود که با انحراف از حالت هم‌زمان شده داده‌ها، خطای بزرگی در ضرایب انتشار ایجاد شده که عموماً مربوط به آلاینده‌های CO و NOx است.



شکل ۳- نمایش خطای ناشی از انحراف از حالت هم‌زمان شده داده‌ها.

جدول ۱- گستره اندازه‌گیری، دقت و روش اندازه‌گیری هر پارامتر با دستگاه سنجش آلایندگی[۶]

پارامتر	گستره اندازه‌گیری	دقت	روش
CO	۰-۱۰ %Vol.	۰/۰۱ %Vol.	NDIR[10]
CO_2	۰-۲۰ %Vol.	۰/۰۱ %Vol.	NDIR
HC	۰-۲۰۰۰۰ ppm Vol.	۱ ppm Vol.	NDIR
NOx	۰-۵۰۰۰ ppm Vol.	۱ ppm Vol.	NDIR
O_2	۰-۲۵ %Vol.	۰/۰۱ %Vol.	NDIR
Lambda	۰-۹/۹۹۹	۰/۰۰۱	-

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- سنجش آلایندگی با دستگاه

در این پژوهش از دستگاه سنجش آلایندگی AVL Dicom4000 برای اندازه‌گیری درصد حجمی گازهای آلاینده استفاده شده‌است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از روش، گستره و دقت اندازه‌گیری هر پارامتر ارائه شده‌است.

گازهای خروجی پس از عبور از رابط اتصال اگزوز و دو فیلتر رطوبت‌گیر، وارد دستگاه می‌شوند. دستگاه سنجش آلایندگی و کامپیوتر نیز از طریق کابل RS232 با نرخ داده‌برداری یک هرتز در ارتباطند[۶].

برای ارتباط با سامانه کنترل موتور از یک دستگاه عیب یابی موتور[۱۱] استفاده شده که قابلیت ذخیره‌سازی داده‌های حس‌گرهای موتور و خودرو را بر روی کامپیوتر نیز دارد.[۶]. برای تعیین شیب لحظه‌ای پیموده شده و سرعت خودرو، از یک سامانه مکان‌یاب جغرافیایی (GPS) استفاده شده که با پورت USB به کامپیوتر متصل می‌شود و داده‌ها را هر ثانیه یک‌بار ذخیره می‌کند[۶]. برق مورد نیاز کامپیوتر و دستگاه سنجش آلایندگی در داخل خودرو نیز از یک باتری ۱۲ولتی و مبدل ۱۲ولت DC به ۱۲۰ولت AC تأمین شده‌است[۶].

۲-۲- روش انجام آزمون همراه

مهم‌ترین مشخصه آزمون همراه نسبت به آزمون شاسی دینامومتر، قرارگیری خودرو در شرایط رانندگی واقعی است. لذا ضروریست که خودروی مورد آزمون در کلیهٔ شرایط رانندگی پرتکرار مشهود در شهر، آزمایش شود[۳]. می‌توان کلیهٔ شرایط رانندگی در تهران را با دو پارامتر میزان ترافیک (شهری و بزرگراهی) و شیب جاده (شیب‌دار و بدون شیب) دسته‌بندی کرد. لذا آزمون در چهار دسته جاده و هرکدام در دو حالت کولر روشن و کولر خاموش انجام می‌گیرد. بنابراین برای هر خودرو هشت‌نوع آزمون مورد نیاز است. در جدول ۲ مسیرهای انتخاب شده برای هر نوع شرایط رانندگی آورده شده‌است. برای اطمینان از بروز کلیهٔ شرایط ترافیکی، هر آزمون حداقل دوبار تکرار گردیده‌است.

جدول ۲- مسیرهای انتخاب شده برای آزمون همراه

بزرگراه همت (در ساعات کم ترافیک)	بزرگراهی بدون شیب
بزرگراه یادگار امام شمال	بزرگراهی شیب‌دار
خیابان آزادی تا انقلاب	شهری بدون شیب
خیابان پاسداران (به‌سمت شمال)	شهری شیب‌دار

در طی هر آزمون، پس از قرارگیری کلیهٔ تجهیزات در خودرو، برقراری ارتباط با سامانه کنترل موتور، تعویض فیلترهای رطوبت‌گیر یا تمیز کردن آن‌ها و اتصال لوله رابط به اگزوز، داده‌برداری به‌وسیله نرم افزارهای مربوط به دستگاه سنجش آلایندگی و سامانه کنترل موتور و GPS شروع شده، پس از آن خودرو سی‌ثانیه درجا کارکرده و سپس مسیر آزمون طی شده‌است. سی‌ثانیه کارکرد درجای خودرو در ابتدای آزمون، هم‌زمان‌سازی داده‌ها را تسهیل می‌کند.

۲-۳- محاسبه ضرایب انتشار برای خودرو

محاسبه دبی گازها: داده‌های حس‌گرهای فشار و دمای راه‌گاه ورودی از خروجی سامانه کنترل موتور استخراج شده و باتوجه به رابطه گاز کامل جرم گازهای ورودی به موتور محاسبه‌شده‌است.

$$m = \frac{PV}{RT} \qquad (۱)$$

باتوجه به رابطه ۱، برای محاسبه جرم به R نیاز است. با درنظر گرفتن ترکیب گازهای ورودی با نسبت هم‌ارزی هوای مشخص[۱۲]، R محاسبه‌شده‌است. (نسبت هیدروژن به کربن سوخت، ۱/۸۷۵ درنظر گرفته شده‌است.)

$$xCH_{1.875} + x * \lambda(1 + \frac{1.875}{4})(O_2 + 3.76N_2)$$

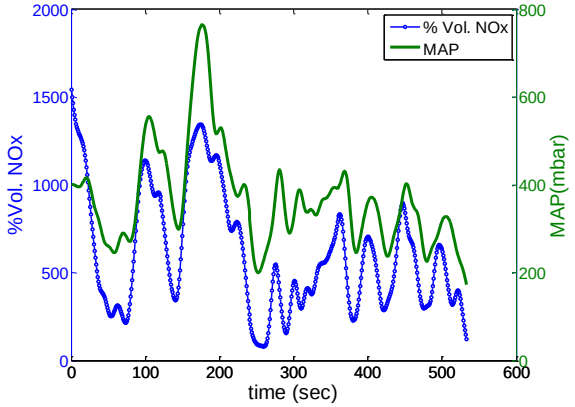
$$R = \frac{R_u * (1 + 4.76\lambda(1 + \frac{1.875}{4}))}{13.875 + \lambda(1 + \frac{1.875}{4})(137.28)} \qquad (۲)$$

R: ثابت گاز برای مخلوط هوا و سوخت ورودی به موتور

R_u: ثابت جهانی گاز

مقدار λ از داده‌های دستگاه سنجش آلایندگی به‌دست آمده است؛ ازاین‌رو هم‌زمان‌سازی داده‌ها، قبل از محاسبه دبی انجام می‌گیرد.

هم‌زمان‌سازی‌داده‌های‌دستگاه سنجش آلایندگی و داده‌های سامانه کنترل موتور: از آن‌جایی‌که دبی جرمی در راه‌گاه ورودی و درصد حجمی آلاینده‌ها در اگزوز اندازه‌گیری می‌شود، دبی اندازه‌گیری‌شده در هر لحظه متناظر با درصدهای حجمی اندازه‌گیری‌شده در چند ثانیه بعد است. بنابراین داده‌ها همواره مقداری اختلاف زمانی دارند. هم‌چنین زمان سپری شده برای سیال‌کاری موتور، طی مسیر راه‌گاه ورودی تا اگزوز، بسیار وابسته به ممنتم آن است. لذا اختلاف زمانی داده‌ها مقدار ثابتی نیست و باتوجه به شرایط کاری خودرو تغییر می‌کند. با افزایش فشار راه‌گاه ورودی موتور، دمای کل سیکل ترمودینامیکی موتور افزایش می‌یابد؛ عمده مکانیزم تولید NOx در موتورهای احتراق داخلی(زلدویچ)[۱۳] نیز به‌دما وابسته است و نرخ تولید آن در دماهای بالا به شدت افزایش می‌یابد. از این‌رو با افزایش فشار راه‌گاه ورودی(MAP)، درصد NOx گازهای خروجی افزایش می‌یابد. از این‌رو نمودارهای MAP و NOx برحسب زمان سیکل، فرم یکسانی دارند[۷]. شکل۴ همسانی تغییرات فشار مطلق مانیفولد ورودی موتور و NOx تولیدی را نشان می‌دهد.



شکل۴- نمایش تطابق رفتار NOx و MAP در طی زمان.

درصورت شناسایی اختلاف زمانی NOx و MAP، هم‌زمان‌سازی داده‌های دبی جرمی و درصد حجمی امکان‌پذیر است. برای پیدا کردن اختلاف زمانی، در ابتدا با ضرب عددی ثابت در داده‌های NOx، میانگین ماتریس داده‌های NOx و MAP یکسان شده‌است. در حالت ایده آل وقتی که این‌دو ماتریس هم‌زمان شوند، اختلاف بین آن‌ها صفر است و نمودار آن‌ها کاملاً بر هم منطبق خواهد شد. برای پیدا کردن جابجایی زمانی مورد نظر، جابجایی زمانی از مقدار صفر تا نصف طول آزمون بررسی شده و برای هرکدام از این حالات، شاخص T به صورت جذر میانگین مربعات[۱۴] ماتریس اختلاف MAP و NOx (با میانگین برابر) محاسبه‌شده‌است:

$$T(\lambda) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{l}(MAP(i) - NOx(i+\lambda))^2}{l}} \qquad (۳)$$

$T(\lambda)$: شاخص T برای جابجایی زمانی λ

باتوجه به داده‌برداری از سامانه کنترل موتور در مکانی قبل از اگزوز، هم‌چنین شروع فرایند آزمون با داده‌برداری از دستگاه سنجش آلایندگی و سپس سامانه کنترل موتور، برای اعمال جابجایی زمانی λ، مقدار λ ثانیه ابتدای داده‌های دستگاه سنجش آلایندگی حذف‌شده و داده‌های سامانه کنترل موتور بدون تغییر مانده‌است. در رابطه ۱ هم دیده می‌شود مؤلفه iام ماتریس MAP با مولفه λ+iام ماتریس NOx متناظر شده‌است.

با استفاده از اختلاف زمانی مربوط به کم‌ترین شاخص T، هم‌زمان‌سازی داده‌های دستگاه سنجش آلایندگی و سامانه کنترل موتور انجام شده‌است. شکل ۴ نمونه‌ای داده‌های هم‌زمان شده‌است. درصورتی‌که مقدار جذر میانگین مربعات اختلاف این‌دو ماتریس، در حالت بهینه بیش‌تر از باشد؛ طول داده‌های هم‌زمان شده تا جایی کاهش یافته که مقدار جذر میانگین مربعات به زیر کاهش یابد؛ ادامه داده‌ها نیز دو باره همرمان شده‌اند. این حالت در زمانی که رانندگی همراه با شتاب‌گیری‌های پیاپی باشد، محتمل است.

۲-۴- محاسبه ضرایب انتشار یک آزمون

با استفاده از معادله ساده شده احتراق داریم که:

$$xCH_{1.875} + x * \lambda(1.47)(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow r_1CO_2 + +r_2CO + r_3O_2 + r_4CH_2 + r_5NO + r_6H_2O + r_7N_2$$

مقادیر r1 تا r5 و λ از داده‌های دستگاه سنجش آلایندگی به‌دست آمده و با حل معادلات بقای اتم، ضرایب مجهول x، r6 و r7 محاسبه‌شده‌است (هیدروکربن‌های نسوخته، CH2 و کلیهٔ NOx تولیدی به‌صورت NO فرض شده‌است).

$$m_t = \sum_{i=1}^{7} r_i * M_i \qquad (۴)$$

$$y_i = \frac{r_i * M_i}{m_t} \qquad (۵)$$

M_i: جرم اتمی گونه متناظر با ضریب r_i

y_i: کسر جرمی گونه iام

باتوجه به کسر جرمی گونه ها و دبی جرمی به‌دست آمده در مرحله قبل، مقدار گرم تولیدی آلاینده در هر لحظه محاسبه‌شده و با تجمیع میزان آلاینده‌های تولید شده در یک آزمون، ضرایب انتشار به‌صورت گرم‌برکیلومتر به‌دست آمده است.

۲-۵- نحوه ترکیب و گزارش ضرایب انتشار شرایط رانندگی مختلف با هم

رفتار آلایندگی و مصرف سوخت خودرو به‌شدت وابسته به شرایط ترافیکی است. لذا ضرایب انتشار یک خودرو وابسته به درصد زمانی اختصاص‌یافته به هرکدام از شرایط ترافیکی در کارکرد روزانه آنست؛ برای فهم میزان پراکندگی شرایط ترافیکی در یک شهر نیاز به اطلاعات آماری خودروها و جاده‌های شهر است[۲].

$$EF_t = \sum EF_i * x_i \qquad (۶)$$

EF_t : ضریب انتشار کلی

EF_i : ضریب انتشار برای شرایط ترافیکی iام

x_i : درصد زمانی کارکرد خودرو در شرایط ترافیکی iام

۲-۶- تعیین ضریب تصحیح برای مقادیر ضرایب انتشار شرایط ترافیکی مختلف با استفاده از آزمون شاسی دینامومتر

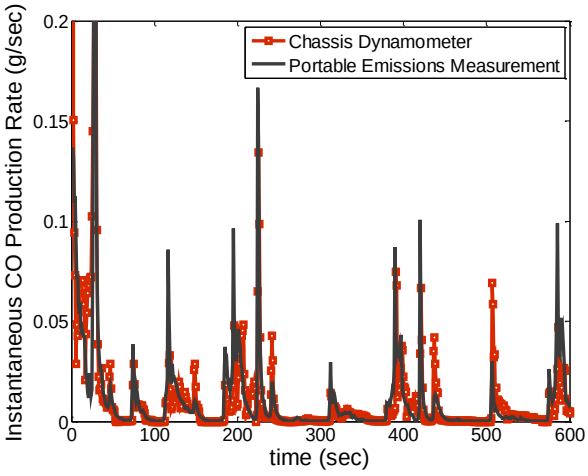
علی‌رغم کالیبره بودن دستگاه سنجش آلایندگی، به‌واسطه پاسخ زمانی[۱۵] نامناسب آن در اندازه‌گیری درصدهای حجمی، مقادیر ضرایب انتشار به‌دست آمده برای رانندگی در شرایط متغیر و گذرا، فاقد اعتبار است؛ که برای تصحیح آن به مقایسه مقادیر محاسبه‌شده با دستگاه سنجش آلایندگی و آزمون شاسی دینامومتر پرداخته شده‌است.

طی این آزمون، نمونه‌گیری از گازهای خروجی، هم‌زمان به‌وسیله دستگاه سنجش آلایندگی و دستگاه‌های سنجش آلایندگی آزمایشگاه شاسی دینامومتر شرکت تحقیقات و توسعه موتور ایران خودرو (ایپکو) انجام گرفته‌است. با محاسبه ضرایب انتشار در هر فاز سیکل رانندگی طی‌شده (شهری، بزرگراهی) و مقایسه آن با مقادیر گزارش‌شده از آزمایشگاه ایپکو، برای بیست‌ویک آزمون، ضرایب تصحیح انتشار آلاینده‌ها در شرایط رانندگی شهری و بزرگراهی به‌دست آمده‌است.

برای آزمون از مجموعه‌ای شامل بیست خودرو ساخت داخل با کیلومتر کارکرد متفاوت استفاده شده و سیکل‌های مورد استفاده نیز NEDC و FTP[۱۶] انتخاب شدند.

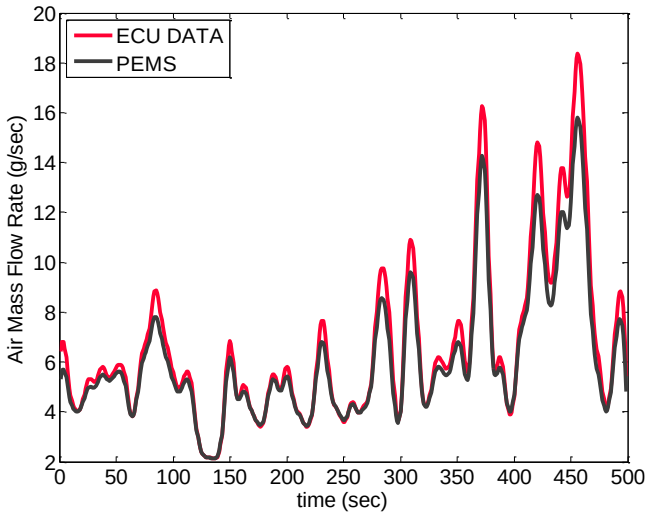
۲-۷- صحه‌گذاری

مقایسه دبی جرمی محاسبه‌شده با داده‌های دما و فشار راه‌گاه ورودی و مقادیر محاسبه‌شده توسط مدل‌های تخمین دبی در سامانه کنترل موتور، نشان می‌دهد که بیشینه خطا کم‌تر از سیزده‌درصد است، گرچه در حدود ۹۵ درصد زمان یک تست، مقدار خطا نزدیک به صفر است. شکل ۵ گویای این امر می‌باشد.



شکل۵- مقایسه دبی جرمی محاسبه‌شده با مقادیر به‌دست آمده از داده‌های سامانه کنترل موتور.

برای صحت سنجی هم‌زمان‌سازی داده‌ها و محاسبات گرم آلاینده تولیدشده در هر لحظه و ضرایب انتشار، از آزمون مدال شاسی دینامومتر استفاده شده‌است. برای حذف اثر پاسخ زمانی کند دستگاه سنجش آلایندگی، فقط انتشار CO مقایسه شده که دقت و پاسخ زمانی برای آن بهتر از بقیه آلاینده‌هاست. در شکل ۶ دیده می‌شود که گرم محاسبه‌شده برای CO در هر ثانیه تطابق خوبی با نتایج آزمون مدال دارد و جذر میانگین مربعات اختلاف این‌دو تقریباً صفر است. هرچند باتوجه به پاسخ زمانی نامطلوب دستگاه در تعداد محدودی بازه زمانی کوچک که تغییرات زیادی در شرایط حرکتی خودرو بوجود آمده، محاسبه گرم آلاینده‌ها با مقداری خطا همراه است.



شکل۶- نمایش مقدار گرم CO تولیدشده در هر ثانیه برای قسمتی از سیکل رانندگی NEDC.

۳- نتیجه گیری

هدف از این تحقیق محاسبه ضریب انتشار آلایندگی خودرو بر حسب g/km با استفاده از داده‌های غلظت حجمی یک دستگاه سنجش آلایندگی همراه خودرو بوده‌است. استفاده از داده فشار مطلق راه‌گاه ورودی موتور و NOx برای هم‌زمان‌سازی داده‌های سنجشگر آلایندگی و داده‌های سامانه کنترلی موتور پیشنهادشده و صحت روش مذکور با استفاده از داده‌های روش شاسی دینامومتر تأیید شده‌است. این تحقیق نشان می‌دهد تا چنان‌چه امکان هم‌زمان‌سازی داده فشار مطلق راه‌گاه ورودی و آلاینده NOx وجود داشته باشد، بقیه داده‌ها نیز به‌همین ترتیب هم‌زمان شده و می‌توان محاسبات جرمی تولید آلایندگی را برحسب غلظت های حجمی ارائه نمود.

تشکر و قدردانی

از معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران و شرکت کنترل کیفیت هوا به دلیل حمایت‌های مالی و تجهیزاتی از پروژه، قدردانی می‌شود.

پی‌نوشت

[1] Portable Emission Measurement System (PEMS)
[2] Chassis Dynamometer Test
[3] Driving Cycle
[4] New European Driving Cycle
[5] Emission Factors
[6] Engine Control Unit
[7] Synchronize
[8] Nitrogen Oxides
[9] Manifold Absolute Pressure (MAP)
[10] Non dispersive Infrared Sensor
[11] Engine Diagnostics
[12] Relative Air Fuel Ratio (Lambda): λ
[13] Zeldovich NOx Formation Mechanism
[14] Root Mean Square (RMS)
[15] Response Time
[16] Federal Test Procedure

منابع

[1] Esteghamat F, Hassani A, Hosseini V. Evaluation of emission measurement methods. Technical report. Fuel Combustion and Emission Research Center (FCE); 2012

[2] Andre M, Rapone M. Analysis and modeling of the pollutant emissions from European cars regarding the driving characteristics and test cycles. Atmospheric Environment; 2009;43: 986-995

[3] Banitalebi E, Hosseini V. National and international driving cycles. Technical report. Fuel Combustion and Emission Research Center (FCE); 2012

[4] Franco V, Kousoulidou M, Muntean M, Ntziachristos L, Hausberger S, Dilara P. Road vehicle emission factors development: A review. Atmospheric Environment; 2013; 70: 84-97

[5] Ntziachristos L, Samaras Z. Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters. Atmospheric Environment; 2000; 34: 935-942

[6] Reyhanian M, Esteghamat F, Banitalebi E, Mirshi S, Hassani A, Hosseini V. Pilot installation of portable emission measurement instrument. Technical report. Fuel Combustion and Emission Research Center (FCE); 2012

[7] Manchur B, Checkel D, Time resolution effects on accuracy of real-time NOx emissions measurements. SAE transactions; 2005; 114(4):259-275