

## آلودگی هوا و ترافیک

### Air pollution and traffic

ترافیک شهری در تولید آلودگی هوا نقش چشمگیری بازی می‌کند. دامنه تأثیر ترافیک در آلودگی هوای شهری به عوامل متعددی چون فناوری به کاررفته در ساخت خودروها و استاندارد آلاینده‌گی و میزان و نحوه تردد بستگی دارد. روش‌های گوناگون مهندسی یا ابزارهای متنوع سیاست‌گذاری نیز برای کاهش آلودگی هوا ناشی از ترافیک شهری وجود دارد.

زندگی شهرنشینی و نیاز به حمل‌ونقل و جابه‌جایی به

افزایش کاربرد از وسایل نقلیه با سوخت فسیلی

انجامیده است (ALD, 2012). سوخت‌های فسیلی

عمدتاً شامل بنزین و گازوییل و به مقدار کمتر گاز

طبیعی و سایر مشتقات نفتی اندک در موتورهای

درونسوز می‌سوزند و از طریق تبدیل کردن انرژی

شیمیایی به انرژی مکانیکی وسیله نقلیه را به حرکت

درمی‌آورند. سوخت‌های فسیلی هیدروکربنی که عمدتاً

از مشتقات نفتی‌اند، دارای ارزش حرارتی، یا به بیانی

انرژی درونی، زیادی هستند. یک کیلوگرم سوخت

هیدروکربنی مانند بنزین یا گازوییل بیش از ۴۰ مگاژول

انرژی تولید می‌کند. این سوخت‌ها عمدتاً به شکل مایع

در دسترس‌اند و به‌همین دلیل ارزش حرارتی حجمی

آنها نیز زیاد است. علی‌رغم بازده نسبتاً پایین موتورهای

درونسوز که چیزی در حدود سی درصد انرژی سوخت

را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند، به دلیل ارزش

حرارتی زیاد جرمی و حجمی سوخت‌های هیدروکربنی

فسیلی، عمدتاً از این منبع انرژی در وسیله‌های

حمل‌ونقلی مصرف می‌شود. این کاربرد موجب می‌شود

مسافت‌های نسبتاً طولانی بدون نیاز به سوخت‌گیری

مجدد طی شود و جرم و حجم سوخت همراه وسیله

نقلیه کوچک باشد. این جنبه، یکی از عمده‌ترین دلایل

مصرف سوخت‌های فسیلی هیدروکربنی در حوزه

حمل‌ونقل است.

در کنار اینها، احتراق سوخت‌های فسیلی

هیدروکربنی در شرایط آرمانی بخار آب، کربن

دی‌اکسید و نیتروژن تولید می‌کند که همه محصولات

احتراقی یادشده غیرسمی و بی‌ضررند. از سوی دیگر،

به دلیل فقدان احتراق آرمانی و کامل، مواد دیگری نیز

به‌عنوان محصولات فرعی احتراق تولید می‌شوند. این

مواد عمدتاً شامل هیدروکربن‌های نسوخته، کربن

مونوکسید، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق‌اند که

موادی سمی به شمار می‌آیند و آسیب‌های بسیاری به

محیط زیست و سلامتی وارد می‌آورند. مجموعه این

مواد را آلودگی ناشی از ترافیک یا حمل‌ونقل

می‌شناسند.

موتورها با دستگاه‌های مختلفی صورت می‌گیرد. در

فناوری‌های قدیمی‌تر از دستگاهی به نام کاربوراتور

برای آمیختن هوا و سوخت با نسبت مناسب استفاده

می‌شد. کاربوراتور از امکان تنظیم دقیق نسبت هوا به

سوخت برخوردار نیست و نهایتاً، احتراق از حالت

کامل و آرمانی خارج می‌شود. در فناوری‌های جدیدتر،

از شیربرقی کنترل شونده با سامانه الکترونیکی یا

انژکتور پاشش سوخت برای تنظیم نسبت هوا به

سوخت بهره می‌گیرند.

به دلیل ماهیت احتراق در موتورهای بنزینی به

شرحی که در بالا آمد، دمای احتراق بسیار زیاد است که

موجب تولید اکسیدهای نیتروژن (نیتروزها) می‌شود.

علاوه بر آن، به دلیل خاموش شدن شعله در جداره

محفظه احتراق و عدم پیشروی شعله در جداره‌ها، کربن

مونوکسید و سوخت نسوخته به صورت ترکیبی از

هیدروکربن‌ها تولید می‌شود. موتورهای بنزینی ذرات

معلق چندانی تولید نمی‌کنند، مگر اینکه نوع سامانه

سوخت‌رسانی کاربوراتوری باشد و جهت نسبت هوا به

سوخت به سمت سوخت اضافی متمایل شود که به

### آلودگی ناشی از خودروهای بنزینی

در خودروهای بنزین‌سوز که با موتور احتراق جرقه‌ای

کار می‌کنند، سوخت (عمدتاً بنزین و در موادی گاز

طبیعی، گازمایع، الکل یا سایر سوخت‌های مشابه)، پیش

قبل از ورود به محفظه احتراق با هوا مخلوط شده و در

محفظه احتراق با انرژی اولیه شمع به صورت جرقه

مشتعل می‌شود و شعله‌ای به نام پیش آمیخته محفظه

احتراق را دربرمی‌گیرد و انرژی شیمیایی سوخت به

انرژی مکانیکی مورد نیاز برای حرکت تبدیل می‌شود.

برای ایجاد بهترین احتراق ممکن، نسبت هوا به سوخت

باید اصطلاحاً استوکیومتری باشد؛ به این معنی که هوا

کاملاً با سوخت معادل و در محصولات احتراقی در

حالت آرمانی، سوخت یا هوای اضافی وجود نداشته

باشد. این نسبت برای سوخت‌های هیدروکربنی، بسته

به نسبت کربن به هیدروژن موجود در سوخت، بین

۱۴/۵ تا ۱۷ کیلوگرم هوا به ازای هر کیلوگرم سوخت

متغیر است. تنظیم نسبت هوا به سوخت در این

تولید کربن مونوکسید زیاد و ذرات معلق بسیار ریز

می‌انجامد (Shen, Yao et al. 2014). علی‌رغم این

امور، همزمان با بهره‌گیری از فناوری‌های انژکتوری، در

موتورهای بنزینی از صافی (فیلتر) کاهنده آلاینده‌گی به

نام واکنشگر سه راهه (Catalyst converter) نیز استفاده

می‌شود تا همزمان، آلاینده‌های کربن مونوکسید و

هیدروکربن‌های نسوخته اکسید و اکسیدهای نیتروژن

احیا شوند و سطح آلاینده‌گی کاهش یابد (استقامت و

همکاران، ۱۳۹۴; Farrauto and Hech, 1999).

واکنشگر سه راهه عبارت است از نوعی صافی که با

واکنش‌های شیمیایی سطحی با بهره‌گیری از ماده‌ای

کاتالیزگر چون پلاتین عمل صافش محصولات احتراقی

را انجام می‌دهد. عمر این واکنشگر بسته به نحوه

استفاده از خودرو و نوع و کیفیت سوخت متفاوت

است؛ اما عمدتاً تا ۸۰,۰۰۰ کیلومتر پیمایش وضعیت

مناسب آن حفظ می‌شود ( Amatayakul and Ramnäs

2001). این فناوری می‌تواند در موتورسیکلت‌های

بنزینی نیز به منظور کاهش انتشار آلاینده‌گی به کار گرفته

شود (حسنی و حسینی، ۱۳۹۴).

## آلوده‌سازی خودروهای دیزلی

در خودروهای گازوییل‌سوز، سوخت مستقیماً در

محفظه احتراق پاشیده و همزمان با احتراق با هوا

مخلوط می‌شود. این موتورها فاقد شمع‌اند و سوخت

به صورت خوداشتعالی به حالت احتراق درمی‌آید.

موتورهای گازوییل‌سوز، رقیق‌سوز (هوای اضافی)

هستند و با افزایش بار موتور جهت نسبت هوا به

سوخت به سمت استوکیومتری منحرف می‌شود؛ اما

موتور همواره رقیق‌سوز است. علی‌رغم اینها، به دلیل

عدم آمیختگی مناسب هوا و سوخت، این موتورها

ذرات معلق بسیار زیادی تولید می‌کنند که عمدتاً

به صورت کربن سیاه (دود سیاه) از آگزوز خارج می‌شود

(Burtscher, 2001). دمای بالای احتراق نیز باعث

می‌شود نیتروز اکسیدهای زیادی در این موتورها تولید

شود. موتورهای گازوییل‌سوز کربن مونوکسید و

هیدروکربن‌های نسوخته زیادی تولید نمی‌کنند

(Majewski and Khair, 2006).

دیگری هم دارند. سوخت موجود در مخزن سوخت و سامانه‌های سوخت‌رسانی خودرو، پیوسته در حال تبخیر است و به صورت هیدروکربن‌های نسوخته گسیل می‌شود (Yang et al. 2015). سایش لاستیک خودروها و سایش قطعاتی مانند لنت ترمز و لنت کلاچ نیز سهم چشمگیری در آلاینده ذرات معلق دارد. افزون‌بر اینها، رفت‌وآمد خودروها موجب برخاستن مجدد ذرات معلق ته‌نشسته روی خیابان شده و به سهم ذرات معلق موجود در هوا می‌افزاید (شهبازی، حسینی و همکاران، ۱۳۹۴). سوخت‌گیری خودروها نیز همیشه موجب ورود بخارات سوخت به هوا می‌شود ( Yamada et al. 2015). از این رو، سهم ترافیک در انتشار انواع آلاینده‌ها به دلیل تعداد و تنوع منابع قابل ملاحظه است.

### استانداردهای آلاینده‌ها

استانداردهای آلاینده‌ها ترافیک (خودروها) به تدریج و با افزایش آلودگی هوای شهرها تدوین شده‌اند و سازمان‌های حفاظت محیط زیست در کشورهای پیشرفته، به تدوین حدود مجاز آلاینده‌ها برای انواع

کاهش آلاینده‌ها موتورهای دیزلی به سادگی و ارزانی موتورهای بنزینی اتفاق نمی‌افتد. با افزایش نیاز به کاهش آلاینده‌ها این موتورها و سخت گیرانه‌تر شدن استانداردهای آلاینده‌ها، نحوه پاشش سوخت به تدریج از شکل مکانیکی با فشار کم به حالت الکترونیکی قابل تنظیم با فشار زیاد، و در سال‌های اخیر به سامانه ریل مشترک ارتقا یافته است. طراحی محفظه احتراق تغییر کرده و نحوه آمیختگی هوا و سوخت بهبود چشمگیری یافته است. از بازخوران محصولات احتراقی برای کاهش نیتروزها استفاده می‌شود. صافی‌های کاهنده ذرات معلق و نیتروزها نیز در نمونه‌های جدید این خودروها به کار گرفته شده است. علی‌رغم آن، آلاینده‌ها ذرات معلق و نیتروزها در این موتورها یک معضل جدی است (دوزندگان، حسینی و همکاران، ۱۳۹۴؛ دوزندگان، اروجلو و همکاران، ۱۳۹۴).

### سایر آلاینده‌های خودرویی

علاوه بر آلاینده‌های ناشی از احتراق که از آگروز خودرو گسیل می‌شود، آلوده‌سازهای ترافیکی منابع

## آلودگی هوا و ترافیک

خودروهای سواری بنزینی در کشورهای عضو اتحادیه اروپا درج شده است. مجموع آلاینده‌های مجاز این خودروها از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۱۴ به میزان ۶۷ درصد کاهش یافته است.

خودروها اقدام کرده‌اند. این حدود مجاز و سخت‌گیری سازمان‌های مسئول موجب شد فناوری خودروهای بنزینی و دیزلی به تدریج ارتقا پیدا کند و سطح آلاینده‌ها به مقدار چشمگیری کاهش یابد. مثلاً، در جدول ۱، سطح مجاز و سال اعمال استانداردهای آلاینده‌ها برای



استانداردهای اروپایی گسیل آلاینده‌ها برای اتومبیل‌های سواری (g/km)								
تایر	زمان	کربن مونوکسید	THC	NMHC	نیتروزها	نیتروز + HC	ذرات معلق	P [# /km]
<b>Petrol (Gasoline)</b>								
Euro 1	ژوئیه 1992	2.72	-	-	-	0.97	-	-
Euro 2	ژانویه 1996	2.2	-	-	-	0.5	-	-
Euro 3	ژانویه 2000	2.3	0.20	-	0.15	-	-	-
Euro 4	ژانویه 2005	1.0	0.10	-	0.08	-	-	-
Euro 5	سپتامبر 2009	1.0	0.10	0.068	0.060	-	0.005	-
Euro 6	سپتامبر ۲۰۱۴	1.0	0.10	0.068	0.060	-	0.005	$6 \times 10^{11}$

جدول ۱. سال اعمال و حدود مجز استانداردهای آلاینده‌های اروپایی برای خودروهای سبک

استانداردهای اروپایی گسیل آلاینده‌ها برای موتورهای دیزی HD ، g/kWh (دود بر حسب $m^{-1}$ )							
تایر	زمان	کربن مونوکسید	HC	نیتروز	ذرات معلق	دود	
Euro I	1992, < 85 kW	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW	4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	اکتبر ۱۹۹۶	4.0	1.1	7.0	0.25		
	اکتبر ۱۹۹۸	4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	1999 EEVs only	1.0	0.25	2.0	0.02	0.15	
	اکتبر 2000	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13	0.8	
Euro IV	اکتبر ۲۰۰۵	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5	
Euro V	اکتبر ۲۰۰۸	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5	
Euro VI	31 دسامبر 2013	1.5	0.13	0.4	0.01		

جدول ۲. سال اعمال و حدود مجز استانداردهای آلاینده‌های اروپایی برای خودروهای سنگین دیزلی

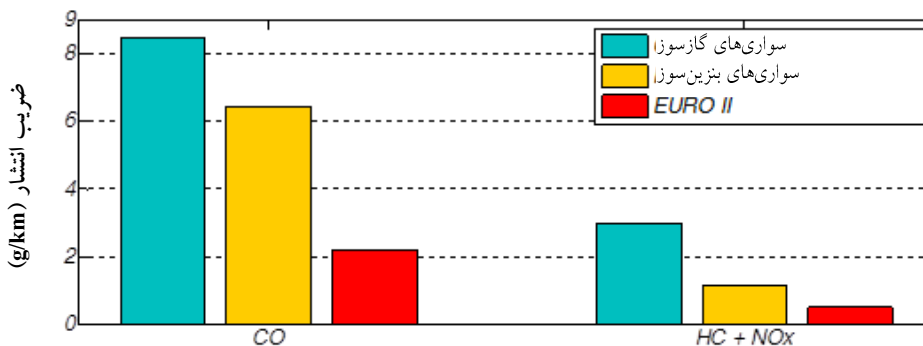
در جدول ۲، میزان نیتروزها و ذرات معلق مجاز است.

خودروهای دیزلی براساس مصوبات اتحادیه کشورهای در ایران نیز مانند کشورهای اروپایی، اعمال اروپایی درج شده است. از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۱۳ استانداردهای آلاینده‌های خودرویی از سال ۱۳۸۲ و با مجموع میزان آلاینده‌های مجاز تا ۹۵ درصد کاهش یافته است. استاندارد آلاینده‌های یورو ۱ آغاز شد. در جدول ۳،

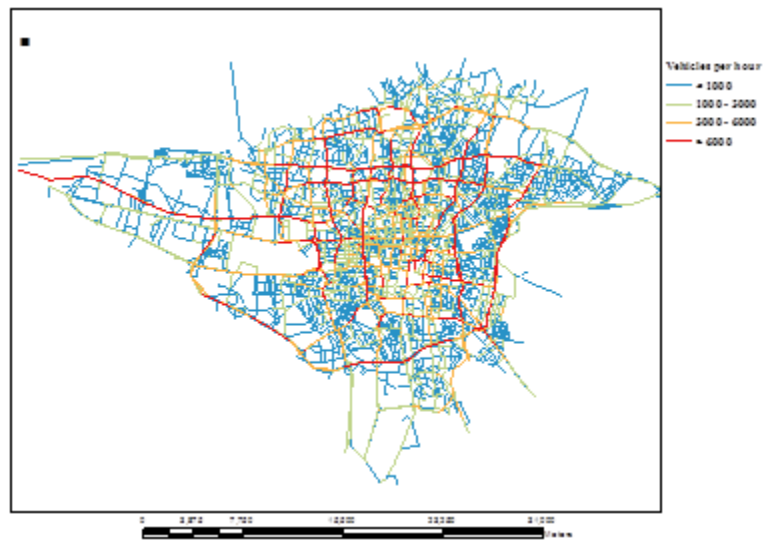
سال اعمال استاندارد در اروپا	سال اعمال استاندارد در ایران	استانداردهای اروپایی
1992	2003	EURO 1
1993	---	EURO 1
1996	2005	EURO 2
1998	2005	EURO 2
2000		EURO 3
2005	2014	EURO 4
2009		EURO 5
2014		EURO 6

جدول ۳. سال اعمال استانداردهای آلایندهای اروپایی در ایران

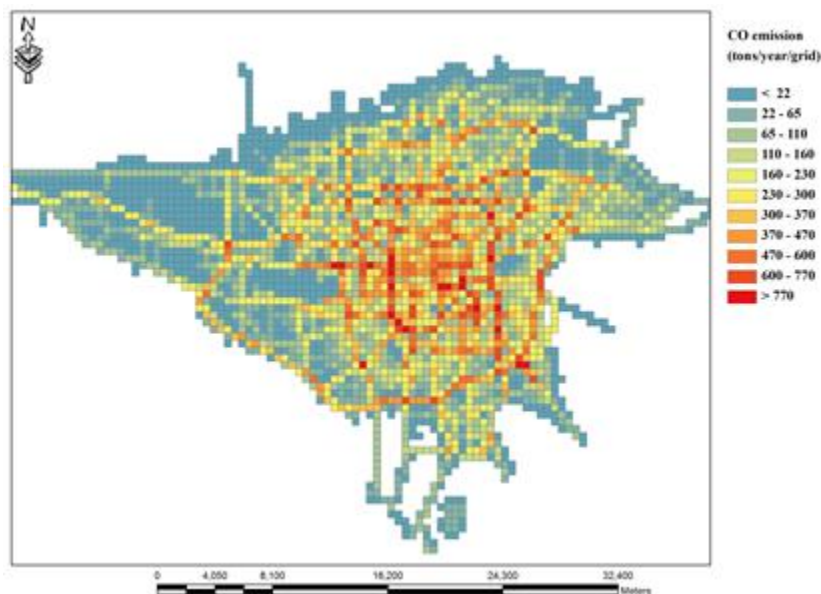
زمان بندی اعمال استانداردهای خودروی سواری بنزینی ضریب انتشار نامیده می شود. مثلاً برای موتور و سال اعمال استاندارد درج شده است. درونسوز، ضریب انتشار آلایندهی برحسب گرم بر انرژی (گرم بر کیلووات ساعت) تعریف می شود. برای خودرو، ضریب انتشار می تواند برحسب گرم آلایندهی بر کیلومتر پیمایش یا گرم آلایندهی بر کیلوگرم مصرف میزان تولید آلودگی یک منبع آلاینده در واحد کار، ضریب انتشار، فعالیت و انتشار



شکل ۱. مقایسه میزان انتشار آلایندهای خودروهای تولید داخل دارای استاندارد آلایندهی یورو ۲ با حدود مجاز



شکل ۲. میزان تردد دسته‌های مختلف ناوگان وسایل نقلیه شهر تهران در ساعت اوج ترافیک صبحگاهی در معابر شهر



شکل ۳. توزیع انتشار سالانه آلاینده کربن مونوکسید در شهر تهران (برحسب تن)

متعددی بستگی دارد. مهم‌ترین عوامل عبارت‌اند از: فناوری خودرو، سطح مجاز استاندارد آلاینده‌ها در زمان تولید، نحوه تعمیر و نگهداری، نحوه رانندگی، کیفیت

سوخت باشد (بنی‌طالبی و حسینی، ۱۳۹۳). هر خودرو به‌عنوان جزیی از ترافیک شهری به‌ازای هر آلاینده دارای یک ضریب انتشار آلاینده‌ها است که به عوامل



## آلودگی هوا و ترافیک

انتشار سالانه آلاینده‌ها در شهر تهران (بر حسب تن)						
آلاینده	اکسیدهای گوگرد	نیتروژنها	کربن مونوکسید	هیدروکربنها	ذرات معلق	مجموع آلاینده‌ها
کل انتشار سالانه	37522	86673	508809	84017	8601	725622

جدول ۴. میزان انتشار سالانه آلاینده‌های مختلف در شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲ (شهبازی، مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴)

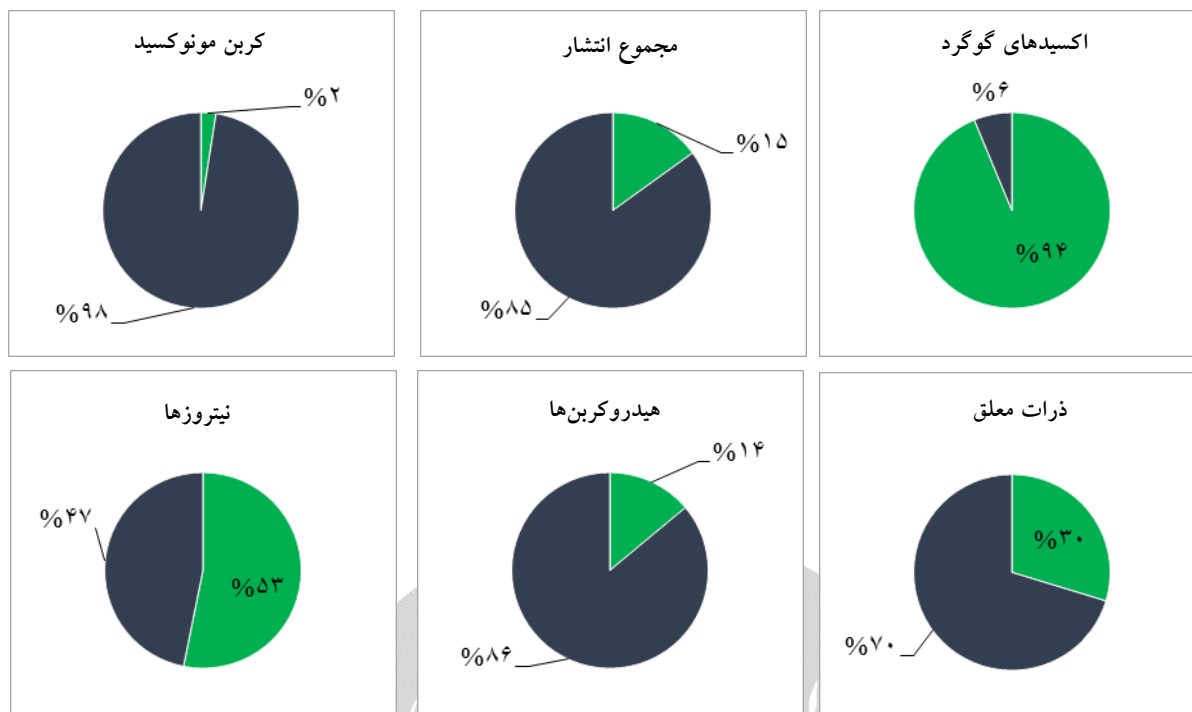
سوخت و روغن موتور مصرفی و نوع ترافیک و شرایط جاده (استقامت و همکاران، ۱۳۹۲). در شکل ۱، ضریب انتشار آلاینده‌های خودروهای بنزین‌سوز ساخت ایران با استاندارد آلاینده‌های یورو ۲ را به‌عنوان نمونه مشاهده می‌کنید.

فعالیت، عبارت است از میزان تردد یا میزان کار گرفته شده از وسیله نقلیه. هرچه میزان فعالیت بیشتر باشد، انتشار آلاینده‌ها که حاصلضرب ضریب انتشار آلاینده‌ها در فعالیت است نیز افزایش می‌یابد. در شکل ۲، نمونه‌ای از فعالیت (ترافیک) را برای شهر تهران مشاهده می‌کنید. برای یک شهر، کل آلاینده‌های ناشی از خودروها حاصل نوع خودروها (ترکیب ناوگان)، ضرایب انتشار هر نوع و میزان فعالیت (تردد) در شهر است. در شکل ۳ توزیع انتشار کل سالانه آلاینده کربن

مونوکسید را برای شهر تهران مشاهده می‌کنید. اطلاعات ضرایب انتشار آلاینده‌ها از آزمون‌های استاندارد یا انجام آزمون‌های متعدد بر انواع خودروها به‌دست می‌آید (Hosseini et al. 2013). فعالیت نیز عمدتاً توسط پایگاه‌های داده شماره‌گذاری پلاک و مدل‌های ریاضی ترافیکی به دست می‌آید. از این اطلاعات برای محاسبه بار انتشار آلاینده‌ها ترافیک استفاده می‌شود (Shahbazi, Reyhanian et al. 2016).

**سهم ترافیک در آلودگی هوا: مورد پژوهی شهر تهران**

براساس مطالعات سیاهه انتشار تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲، میزان کل انتشار آلودگی ناشی از منابع آلاینده اصلی در شهر تهران بالغ بر ۷۲۵ هزار تن برآورد شده



شکل ۴. سهم منابع ساکن و متحرک در انتشار آلودگی سالانه شهر تهران در سال مبنای ۱۳۹۲ (شهبازی، مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴)

بابایی و همکاران (۱۳۹۴). این برآورد برای شهر تهران معتبر است و به سایر شهرها قابل تعمیم نیست. بسته به نوع و میزان ترافیک و ترکیب ناوگان و وجود، نوع و میزان آلاینده‌گی گسیلیده از منابع ساکن چون کارخانجات صنعتی، سهم تولید آلاینده‌گی می‌تواند متغیر باشد.

سهم ترافیک از آلودگی هوا برای آلاینده‌های مختلف، متفاوت است. شکل ۵ درصد سهم آلاینده‌های ترافیکی را از کل انتشار آلاینده‌گی تهران و به تفکیک

است. در جدول ۴، میزان انتشار سالانه آلاینده‌های اکسیدهای گوگرد، نیتروژنها، کربن مونوکسید، هیدروکربنها و ذرات معلق در شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲ درج شده است. همچنین، در شکل ۴ سهم منابع ساکن و متحرک در انتشار آلودگی سالانه شهر تهران به تفکیک آلاینده‌های مختلف و کل انتشار آلودگی را مشاهده می‌کنید. بنابر این شکل، سهم انتشار آلودگی ناشی از ترافیک برای هوای تهران و برای همه آلاینده‌ها بالغ بر ۸۵ درصد برآورد شده است (شهبازی،

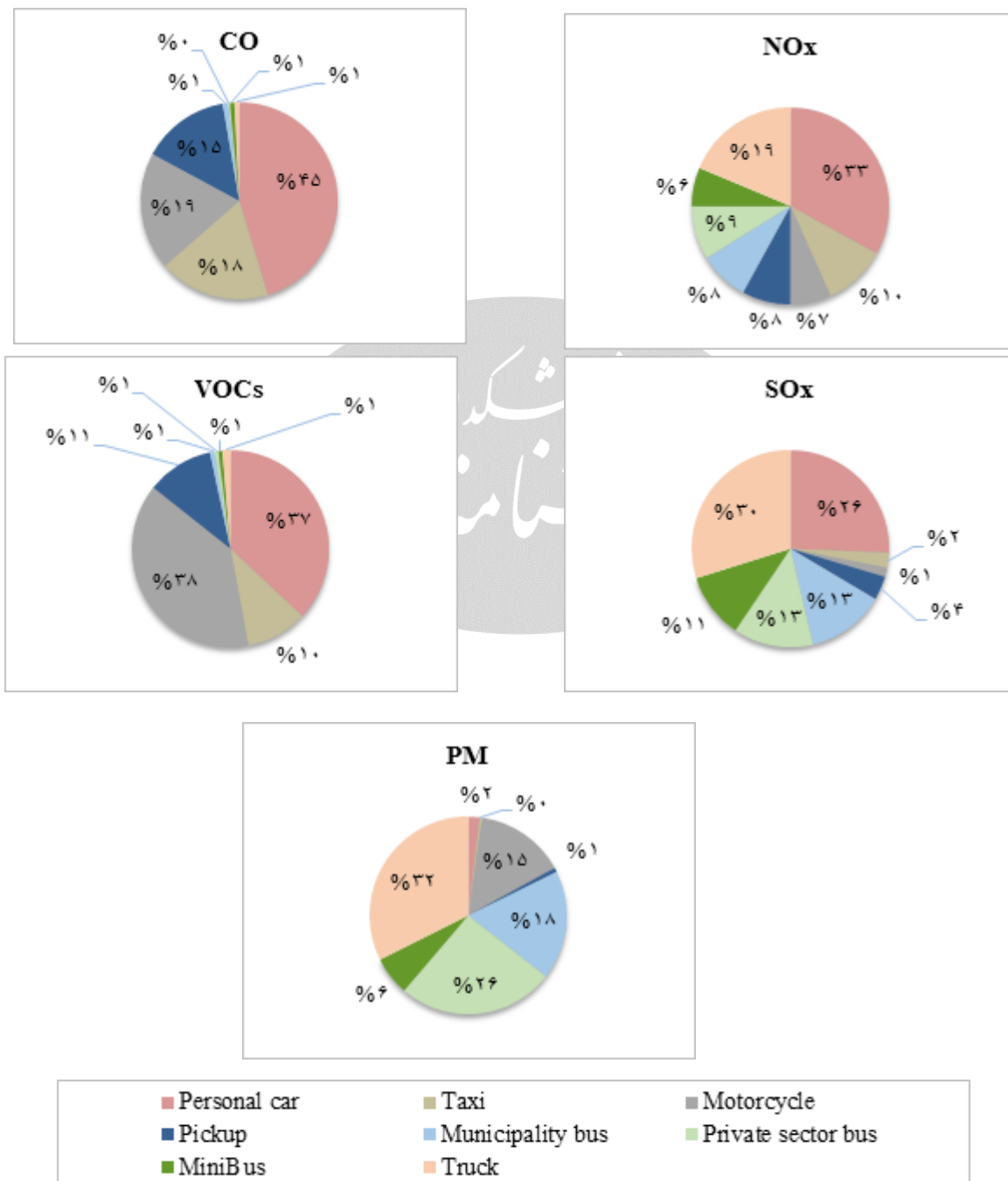
## آلودگی هوا و ترافیک

نوع آلاینده نمایش می‌دهد. آلودگی دارد. در شکل ۵ میزان تولید انواع آلاینده را به

علاوه بر آن، ترکیب ناوگان سهم بسزایی در میزان

تفکیک ناوگان مشاهده می‌کنید. انتشار آلودگی نموده

انتشار آلودگی نموده



شکل ۵. سهم ناوگان‌های مختلف وسایل نقلیه در انتشار آلودگی سالانه منابع متحرک شهر تهران به تفکیک آلاینده‌های مختلف (شهبازی، بابایی و همکاران، ۱۳۹۳)

(Reyhanian et al. 2016).

### کاهش آلودگی ناشی از ترافیک

از آنجا که انتشار آلاینده‌های حاصل‌ضرب ضرایب انتشار در

فعالیت است، کاهش هر کدام از این عوامل می‌تواند به

کاهش آلودگی ناشی از ترافیک انجامد ( Zhang et al. 2013).

یکی از عوامل عمده مؤثر بر ضریب انتشار،

فناوری خودرو و سطح استاندارد آلاینده‌های پایه خودرو

و سرانجام عمر خودرو است. تغییر این عوامل، به تغییر

ضرایب انتشار آلاینده‌های و کاهش انتشار کل منجر

خواهد شد (استقامت و همکاران، ۱۳۹۲؛ Banitalebi

(Haug et al. 2013 ; and Hosseini, 2015

سختگیرانه‌تر شدن دریافت استاندارد آلاینده‌های

خودرویی می‌تواند سهم بسزایی در کاهش آلودگی

ناشی از ترافیک داشته باشد ( Rhys-Tyler et al. 2011).

مثلاً، با اجباری شدن استاندارد یورو ۲ در سال

۱۳۸۲ (جدول ۶)، و ورود خودروهای انژکتوری به

ناوگان شهری، سطح آلاینده کربن مونوکسید در شهر

تهران به تدریج کاهش یافته است. در شکل ۶ تغییرات

شده در این شکل، انتشار کلی و ترکیبی از ضرایب

انتشار ضرب در میزان فعالیت مستخرج از مدل ترافیکی

تهران است (شهبازی، تقوایی و همکاران، ۱۳۹۴؛

شهبازی، بابایی و همکاران، ۱۳۹۴).

بنابر نتیجه پژوهش‌های شهبازی و همکارانش در

سال ۲۰۱۶، ناوگان کاربوراتوری و فرسوده شهر تهران

(تولید سال ۱۳۸۲ و پیش از آن)، علی‌رغم تعداد اندک،

سهم بسزایی در تولید آلودگی ترافیکی دارند

(Shahbazi, Reyhanian et al. 2016).

موتورسیکلت‌های کاربوراتوری نیز با بیش از ۱۶

درصد، سهم چشمگیری در آلودگی ترافیکی تهران ایفا

می‌کنند. سهم خودروهای دیزلی در تولید ذرات معلق

ترافیکی ۸۲ درصد است. می‌بینیم که علی‌رغم تعداد

زیاد خودروهای ناوگان در حال تردد در شهر تهران،

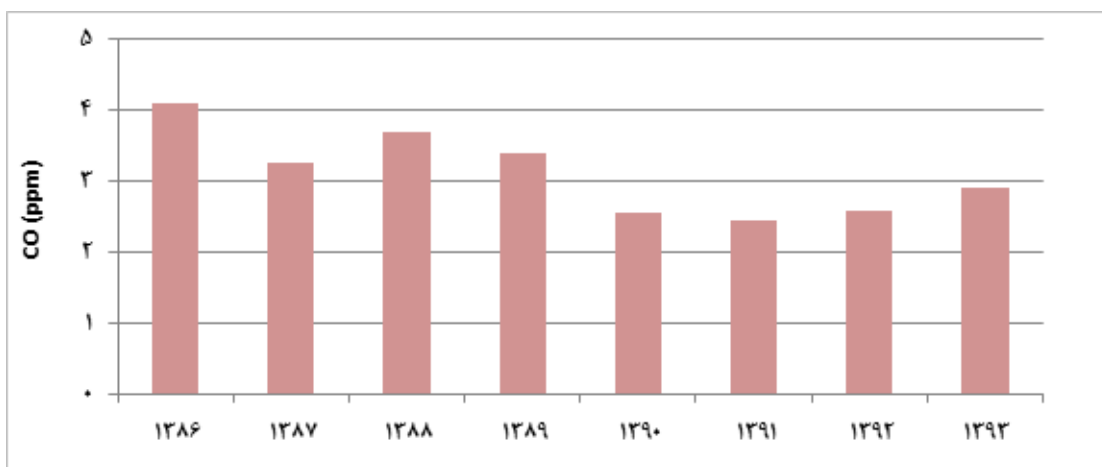
تعداد اندکی از خودروهای ناوگان، شامل خودروهای

کاربوراتوری و فرسوده، خودروهای دیزلی و

موتورسیکلت‌های کاربوراتوری، سهم چشمگیری در

انتشار کل آلودگی دارند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳؛

شهبازی، بابایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Shahbazi,



شکل ۶. میانگین غلظت سالانه‌ها آلاینده کربن مونوکسید در شهر تهران از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۳

میانگین غلظت کربن مونوکسید در هوای تهران در هشت سال اخیر را مشاهده می‌کنید. کاهش حدود مجاز آلاینده‌گی خودرو، حرکت به سوی به‌کارگیری فناوری‌های نو و منابع انرژی غیر فسیلی مانند برق می‌تواند در کاهش آلودگی ناشی از وسایل نقلیه تأثیر بسزایی بگذارد.

علاوه بر راهکارهای مهندسی برای ارتقای کاهش آلاینده‌گی خودروهای نو، ناوگان در حال تردد را نیز می‌توان با ابزارهای سیاست‌گذاری پالایش کرد (Shahbazi, Hosseini et al. 2014). سازوکار معاینه فنی سالیانه خودرو یکی از این راهکارهاست که طی آن با مراجعه دارندگان خودرو به مراکز مجاز معاینه فنی،

سطح آلاینده‌گی خودرو آزمون می‌شود و در صورت تجاوز آلاینده‌گی آن از حدود مجاز، خودرو برای تعمیر و رفع نقص و کاهش آلاینده‌گی به تعمیرگاه اعزام می‌شود. علاوه بر آن، بهره‌گیری از سیاست‌های پالایش ناوگان با منع یا محدودیت تردد خودروهایی که آلاینده‌گی بیشتری دارند، یکی از راهکارهای آزمون شده دنیاست. مناطق کم انتشار آلاینده‌گی در شهرهای بزرگ دنیا، مناطقی‌اند که بخش یا تمام شهر را دربر می‌گیرند و ورود و تردد خودروها براساس میزان آلاینده‌گی تابع مقررات خاصی است. خودروهای آلاینده یا وارد این مناطق نمی‌شوند و یا برای ورود باید عوارض آلاینده‌گی پرداخت کنند (Holman et al. 2015). سود جستن از

راهکار افزایش عوارض سالیانه خودرو براساس افزایش عمر آن، نیز یکی از راهکارهای سیاست‌گذاری و آزموده دنیاست.

مهم‌ترین راهکار کاهش آلودگی ناشی از ترافیک، افزایش و توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی پاک، ارزان و در دسترس است. با وجود سامانه جامع حمل‌ونقل عمومی شهری که به راحتی و با قیمت مناسب در اختیار شهروندان قرار گیرد، می‌توان محدودیت‌های بیشتری در تردد خودروهای شخصی اعمال کرد. در این صورت، با کاهش سفرهای شهری با خودروهای شخصی سوخت فسیلی و جایگزینی سفرها با حمل‌ونقل عمومی پاک، مقدار چشمگیری از تولید آلودگی از طریق ترافیک کاهش خواهد یافت.

### کتاب‌شناسی

بنی‌طالبی، احسان، حسینی، وحید، (۱۳۹۳). «نحوه محاسبه انتشار جرمی آلاینده‌های خودرو از داده‌های آلاینده‌گی غلظت حجمی به روش همراه». فصلنامه علوم محیطی، پژوهشکده علوم محیطی.

حسینی، امین، حسینی، وحید، (۱۳۹۴). «بررسی اثر استفاده از کاتالیست و تغییر سیستم سوخت رسانی بر انتشار آلاینده‌ها از موتورسیکلت‌ها». نهمین همایش بین‌المللی موتورهای درونسوز و

نفت، تهران.

حسینی، امین، حسینی، وحید، (۱۳۹۴). «توسعه توابع انتشار برای موتورسیکلت‌های شهر تهران و مقایسه سهم آن‌ها در انتشار آلاینده‌ها با خودروهای سواری و تاکسی‌های شهر تهران». چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.

حسینی، امین، حسینی، وحید، احترام، محمدعلی، (۱۳۹۳). «بررسی آلاینده‌گی موتورسیکلت‌های شهر تهران». سومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.

دوزندگان، مهدی، اروجلو، امید، حسینی، وحید، (۱۳۹۴). «بررسی عملکرد فیلتر جاذب دوده هسته فلزی برای سوخت‌های دیزلی با سطح گوگرد بالا». بیست‌و چهارمین همایش سالانه بین‌المللی مهندسی مکانیک ایران.

دوزندگان، مهدی، حسینی، وحید، معصومی، علی، اروجلو، امید، (۱۳۹۴). «تحلیل دمایی آگروز اتوبوس‌های تندرو تهران برای امکان سنجی نصب صافی جاذب دوده». نهمین همایش بین‌المللی موتورهای درون سوز و نفت، تهران.

استقامت، سیدفرزاد، ریحانیان، مسعود، حسینی، وحید، (۱۳۹۲). «بررسی پارامترهای موثر بر انتشار آلاینده‌های گازی و مصرف سوخت خودرو با استفاده از روش آماری طراحی آزمایش». دومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.

استقامت، سیدفرزاد، مظفر، میثم، شهبازی، حسین، حسینی، وحید، (۱۳۹۴). «مطالعه و بررسی کمی اثربخشی پروژه تعویض کاتالیست ۵۰۰۰ تاکسی شهر تهران». چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.

شهبازی، حسین، مصطفی‌زاده، علی، احدی، مسعود، تقوایی، سینا، بابایی،

## آلودگی هوا و ترافیک

- of Hot Exhaust Emission Factors for Iranian-Made Euro-2 Certified Light-Duty Vehicles." *Environmental science & technology* 50(1): 279-284.
- Burtscher, H. (2001). Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines. Swiss contribution to GRPE PMP.
- Farrauto, R. J. and R. M. Heck (1999). "Catalytic converters: state of the art and perspectives." *Catalysis Today* 51(3): 351-360.
- Holman, C., R. Harrison and X. Querol (2015). "Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities." *Atmospheric Environment* 111: 161-169.
- Hosseini, V., M. Reyhanian, E. Banitalebi, F. Esteghamat, S. Mirshi, A. Hasani and M. Ettehadian (2013). "Iranian National Mobile Source Emission Inventory Development." Section 3. Case Studies on Specific Urban Areas: Understanding the Roles of Key Economic, Geographic, and Urban Design Inputs in the Pollution Characterization or Mitigation Scenarios.. 87: 66.
- Huang, C., D. Lou, Z. Hu, Q. Feng, Y. Chen, C. Chen, P. Tan and D. Yao (2013). "A PEMS study of the emissions of gaseous pollutants and ultrafine particles from gasoline-and diesel-fueled
- مهدی، سلامت، یاسمین، افشین، حسین، حسینی، وحید، (۱۳۹۴). سیاهه انتشار آلاینده‌گی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲، جلد اول: گزارش جامع سیاهه انتشار شهر تهران. شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.
- شهبازی، حسین، تقوایی، سینا، حسینی، وحید، افشین، حسین، (۱۳۹۴). «سیاهه انتشار آلاینده‌گی مقدماتی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲». چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.
- شهبازی، حسین، بابایی، مهدی، افشین، حسین، حسینی، وحید (۱۳۹۴). سیاهه انتشار آلاینده‌گی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲ - جلد دوم: منابع متحرک. شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.
- شهبازی، حسین، بابایی، مهدی، حسینی، وحید، افشین، حسین، (۱۳۹۳). «سیاهه انتشار مقدماتی منابع متحرک آلاینده‌گی شهر تهران». سومین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.
- شهبازی، حسین، حسینی، وحید، افشین، حسین، (۱۳۹۴). «بررسی اهمیت ذرات معلق سایشی در آلودگی هوای شهری - مطالعه موردی: شهر تهران». چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.
- ALD, K. (2012). "Air pollution in the urban atmosphere: sources and consequences." *Metropolitan Sustainability: Understanding and Improving the Urban Environment*: 231.
- Amatayakul, W. and O. Ramnäs (2001). "Life cycle assessment of a catalytic converter for passenger cars." *Journal of Cleaner Production* 9(5): 395-403.
- Banitalebi, E. and V. Hosseini (2015). "Development

of vapor liquefied collection system." Atmospheric Environment 120: 455-462.

Yang, X., H. Liu, H. Cui, H. Man, M. Fu, J. Hao and K. He (2015). "Vehicular volatile organic compounds losses due to refueling and diurnal process in China: 2010–2050." Journal of Environmental Sciences 33: 88-96.

Zhang, Q., G. Sun, S. Fang, W. Tian, X. Li and H. Wang (2013). "Air pollutant emissions from vehicles in China under various energy scenarios." Science of the Total Environment 450: 250-258.

وحید حسینی، حسین شهبازی

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف

vehicles." Atmospheric Environment 77: 703-710.

Majewski, W. A. and M. K. Khair (2006). Diesel emissions and their control, Society of Automotive Engineers.

Rhys-Tyler, G., W. Legassick and M. Bell (2011). "The significance of vehicle emissions standards for levels of exhaust pollution from light vehicles in an urban area." Atmospheric Environment 45(19): 3286-3293.

Shahbazi, H., V. Hosseini and M. Hamed (2014). Investigating the Effect of Odd-Even Day Traffic Restriction Policy on Tehran Air Quality. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.

Shahbazi, H., M. Reyhanian, V. Hosseini and H. Afshin (2016). "The Relative Contributions of Mobile Sources to Air Pollutant Emissions in Tehran, Iran: an Emission Inventory Approach." Emission Control Science and Technology 2(1): 44-56.

Shen, X., Z. Yao, H. Huo, K. He, Y. Zhang, H. Liu and Y. Ye (2014). "PM 2.5 emissions from light-duty gasoline vehicles in Beijing, China." Science of the Total Environment 487: 521-527.

Yamada, H., S. Inomata and H. Tanimoto (2015). "Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect