تأثیر حمل و نقل الکتریکی بر شاخص‌های آلودگی هوای کلان شهر تهران

شاهین ریاحی نیا[۱] ، معین معینی اقطاعی[۲] ، محمود فتوحی فیروزآباد[۳]، هادی مدقق[۴]

۱- دانشجو دکتری مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشجو دکتری مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

۳- استاد دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

۴- معاونت اندازه گیری سیستم‌های هوشمند سابا، سازمان بهره وری انرژی ایران

چکیده

امروزه با پیشرفت صنایع و توسعه شهرنشینی که منجر به افزایش جمعیت و شلوغی در کلان شهرها شده است، آلودگی هوا مسئله بغرنجی شده است. آلودگی هوا اثرات منفی زیادی بر روی سلامت جسم و روان انسان‌ها و محیط زیست دارد. در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه حمل و نقل صورت گرفته است. یکی از این فناوری‌ها، استفاده از باتری الکتریکی در خودروهای بنزینی و موتورسیکلت‌هاست. با توجه به اینکه انرژی الکتریکی انرژی پاکی است، انتظار می‌رود که با جایگزینی این وسایل نقلیه الکتریکی در حمل و نقل، آلودگی هوای کلان شهرها کاهش یابد. در این مقاله این موضوع برای شهر تهران بررسی شده است. سه سناریوی مختلف با در صد نفوذهای کم، متوسط و زیاد خودروها و موتورسیکلت‌های الکتریکی در نظر گرفته شده و شاخص‌های آلودگی هوا محاسبه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی موتورسیکلت‌های الکتریکی می‌تواند به عنوان راه حلی سریع و موثر برای کاهش آلودگی در آینده نزدیک و جایگزینی خودروهای الکتریکی به عنوان راه حلی موثر برای بلند مدت در کاهش آلودگی می‌باشد.

کلید واژه: حمل و نقل الکتریکی، آلودگی هوا، خودروی هیبریدی، موتورسیکلت برقی.

۱- مقدمه

توسعه صنعتی و پیشرفت تکنولوژی، دستاوردهای متنوعی را برای زندگی انسان به همراه داشته است اما متأسفانه گاهی در روند پیشرفت و اجرای برنامه‌های توسعه صنعتی، پس‌ماندهایی به شکل ترکیباتی ناخواسته و اغلب زیان‌آور در محیط رها می‌شوند به گونه‌ای که اثرات منفی بسیاری بر محیط زیست می‌گذارند. پدیده آلودگی هوا نیز یکی از اثرات توسعه صنعتی است که با افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و مصرف بیشتر سوخت‌های فسیلی، روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود و با توجه به خطراتی که این آلودگی برای سلامت افراد ساکن در مناطق آلوده دارد، لازم است با آگاهی و شناخت از این مسئله، در راستای جلوگیری و یا کاهش خطرات آن اقدام نمود.

هوا یکی از پنج عنصر ضروری (هوا، آب، غذا، گرما و نور) برای ادامه حیات انسان است. هر فرد روزانه نزدیک ۲۲۰۰۰ بار تنفس می‌کند و تقریباً به ۵۱ کیلوگرم هوا در روز نیاز دارد. معمولاً انسان می‌تواند به مدت ۵ هفته بدون غذا و مدت ۵ روز بدون آب زنده بماند، اما نمی‌تواند بدون هوا حتی ۵ دقیقه زنده بماند [۱].

با پیشرفت بشر در ابعاد گوناگون، خودرو نیز به سمت صنعتی شدن حرکت کرده و در نتیجه صنعت حمل و نقل در دنیا در بسیاری از کشورها متولد گردید [۲]. تولید هر چه بیشتر این تکنولوژی، نیاز به مصرف بیشتر انرژی و در نتیجه بیشتر شدن مضرات آن را به دنبال داشته است. تکنولوژی، نیاز به مصرف بیشتر انرژی و در نتیجه بیشتر شدن مضرات آن را به دنبال داشته است.

مطالعات گوناگون نشان می‌دهد که صنعت حمل و نقل در مناطق شهری یکی از اصلی‌ترین منابع تولید آلایندگی های مختلف هوا و همچنین تشدید کننده آلودگی‌های

۱- دانشجو دکتری، riahinia@ee.sharif.edu

۲- دانشجو دکتری، m.moeini@ieee.org

صوتی می‌باشند. با پیشرفت تکنولوژی در ساخت موتورهای الکتریکی برای حمل و نقل و همزمان پیشرفت انواع ذخیره کننده های انرژی، امکان گذر از خودروهای بنزینی به خودروهای الکتریکی از یک رویا آهسته به سمت عملی شدن پیش می‌رود. نقشه راه کشورهای گوناگون در حرکت به سمت صنعت حمل و نقل الکتریکی گواه این مدعا است [۳].

۲- آلودگی هوا

انجمن مشترک مهندسین آلودگی هوا و کنترل آن، آلودگی هوا را به صورت ذیل تعریف کرده است [۴]." آلودگی هوا یعنی وجود یک یا چند آلوده کننده مانند گرد و غبار، فیوم ها، گازها، غبار، بو، دود و بخار در هوای آزاد با کمیت‌ها، ویژگی‌ها و زمان حضور خاص که برای زندگی انسان، گیاه و حیوانات، خطرناک و برای اموال مضر باشد و یا به طور غیر قابل قبولی مخل استفاده‌ی راحت از زندگی و اموال گردد". این تعریف، بازه‌ی وسیعی دارد و غالباً مورد مراجعه برای نوشتن قوانین حقوقی قرار گرفته است.

۲-۱- ترکیب جو

جو زمین مخلوطی گازی در اطراف کره‌ی زمین است که تا ارتفاع هزاران کیلومتر اطراف آن پراکنده شده است. این مخلوط دارای ترکیب نسبتاً پایدار و ثابتی است که در نزدیکی سطح زمین و محل زندگی ما انسان‌ها، تغییرات اجزای آن در حالت طبیعی بسیار کم و در حد چند هزارم درصد می‌باشد. تنها استثنای مربوط به این امر، بخار آب است که دامنه تغییرات آن از تقریباً صفر تا چهار درصد حجمی هوا می‌رسد. جدول ۱ ترکیب عناصر اصلی هوای خشک در سطح دریا را نشان می‌دهد.

نیتروژن و اکسیژن به تنهایی بیش از ۹۹٪ حجم هوا را به خود اختصاص داده‌اند. گاز بسیار مهم و حیاتی دی اکسید کربن که کاهش یا افزایش آن، حیات در کره‌ی زمین را تهدید می‌کند، تنها حدود ۰/۳۰٪ از حجم هوا را تشکیل می‌دهد. گازهای دیگری نیز به مقدار اندک و متغیری در جو وجود دارند که هیدروکربن‌های مختلف، ازن، منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروژن، آمونیاک، پراکسید هیدروژن، هالوژن‌ها، رادون، دی اکسید گوگرد، سولفید هیدروژن؛ سولفیدهای آلی و مرکاپتان ها از آن جمله‌اند. جدول ۲ نیز مقایسه ترکیب هوای پاک و آلوده را نشان می‌دهد.

نام ترکیب	درصد حجمی	غلظت (ppm)
نیتروژن	۷۸/۰۴	۷۸۰۴۰۰
اکسیژن	۲۰/۹۴۶	۲۰۹۴۶۰
آرگون	۰/۹۳۴	۹۳۴۰
دی‌اکسید کربن	۰/۰۳۲۱	۳۲۱
نئون	۰/۰۰۱۸۲	۱۸
هلیم	۰/۰۰۰۵۲	۵/۲
متان	۰/۰۰۰۱۲۵	۱/۲
کریپتون	۰/۰۰۰۱۱	۱/۱
منو اکسید ازت	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۲
هیدروژن	۰/۰۰۰۰۵	۰/۵
منواکسید کربن	۰/۰۰۰۰۱	۰/۱
گزنون	۰/۰۰۰۰۰۸۷	۰/۰۸
دی اکسید ازت	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۱
دی‌اکسید گوگرد	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲

جدول ۱: ترکیب طبیعی جو زمین بر فراز اقیانوس و نزدیکی قطب جنوب [۴]

آلاینده	هوای پاک (ppm)	هوای آلوده (ppm)
دی اکسید گوگرد	۰/۰۰۱ – ۰/۰۱	۰/۲-۲
دی‌اکسید کربن	۳۱۰-۳۳۰	۳۵۰-۷۰۰
منواکسید کربن	< ۱	۵ -۲۰۰
اکسیدهای نیتروژن	۰/۰۰۱ – ۰/۰۱	۰/۱۰-۰/۵
هیدروکربن‌ها	< ۱	۱ -۲۰
ذرات معلق (m/gμ)	۱۰-۲۰	۷۰-۷۰۰

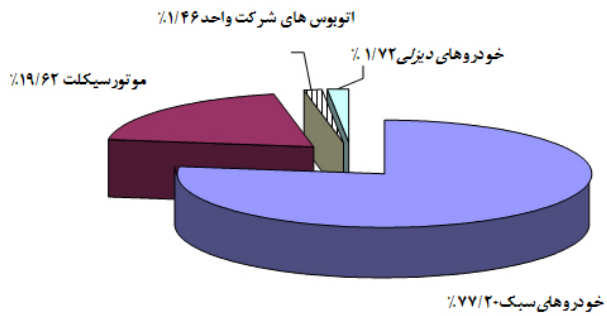
جدول ۲: مقایسه ترکیب هوای پاک و آلوده [۵]

۲-۲- تقسیم بندی آلاینده ها

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا شش آلاینده اصلی را به عنوان معیار انتخاب نموده و آن‌ها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده است [۶]. آلاینده‌های اولیه موادی هستند که از منابع به طور مستقیم در مقادیر زیاد به هوای محیط وارد می‌شوند و موجب بروز اثرات سوء بهداشتی و مزاحمت در رفاه عمومی در مقیاس مکانی نسبتاً بزرگ می‌شوند و به اصطلاح افراد زیادی را در یک منطقه‌ی وسیع تحت تأثیر قرار می‌دهند که برای این آلاینده ها، استانداردهای ملی وضع نموده‌اند. این گروه آلاینده ها شامل پنج آلاینده منواکسید کربن(CO)، دی‌اکسید نیتروژن(NO2)، ذرات معلق (MP) دی‌اکسید گوگرد (SO2) و سرب (Pb) می‌باشد. آلاینده‌های ثانویه به موادی اطلاق می‌شود که در اثر فعل و انفعالات موجود در هوای اطراف زمین به وجود می‌آید و در این گروه می‌توان از ازن (O3) نام برد.

۳- آلودگی هوای تهران ناشی از سیستم حمل و نقل

مطالعات انجام شده همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، نشان می‌دهد بیش از ۸۰ درصد آلودگی هوای تهران ناشی از منابع متحرک یا وسایل نقلیه است. بر همین اساس، میزان کل آلودگی هوای ناشی از منابع متحرک برابر ۵۰۴,۷۱۹,۱ تن در سال می‌باشد. در صورتی که سیستم حمل و نقل به زیر گروه‌هایی خودروهای سبک، موتورسیکلت‌ها، اتوبوس‌های شرکت واحد و سایر خودروهای دیزلی (شامل اتوبوس‌ها، مینی‌بوس‌ها و کامیون‌ها و کامیون‌های سبک) تقسیم‌بندی شود، سهم هر گروه در کل انتشار آلودگی ناشی از سیستم حمل و نقل در هوای شهر تهران به صورت شکل ۲ خواهد بود.



شکل ۱: سهم گروه‌های مختلف سیستم حمل و نقل در آلودگی منابع متحرک هوای تهران در سال ۱۳۸۳ [۵]

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، خودروهای سواری عمده‌ترین سهم یعنی بیش از ۷۷ درصد از کل انتشار آلودگی ناشی از منابع متحرک را دارا هستند، که یکی از عمده‌ترین دلایل آن را می‌توان به وجود تعداد قابل توجه این بخش از سیستم حمل و نقل نسبت به سایر گروه های دیگر دانست..

۴- تأثیر حمل و نقل الکتریکی بر شاخص‌های آلودگی هوای تهران

در این بخش، به سنجش توانایی این پدیده نوظهور، حمل و نقل الکتریکی، بر شاخص های آلودگی کلان شهر تهران پرداخته می شود. بدین منظور، در ابتدا، از اطلاعات وضعیت آلودگی هوای کلان شهر تهران در چند سال اخیر و نیز سهم انواع حمل و نقل الکتریکی (انواع مدل های خودروهای موجود در بازار و موتورسیکلت‌ها) بر این شاخص ها برای تجزیه و تحلیل استفاده شده است. سپس، با معرفی چند سناریوی ممکن برای آینده حمل و نقل الکتریکی در این کلان شهر، به تحلیل اثرات ممکن حضور آن‌ها بر شاخص های آلودگی هوای تهران پرداخته می شود.

۴-۱-اطلاعات آماری خودروهای کلان شهر تهران

بر طبق اطلاعات پلیس راهور ناجا، تعداد خودروهای شماره گذاری شده در تهران از ابتدا تا سال ۱۳۸۶ مطابق جدول ۳ می‌باشد [۷]. همچنین تعداد خودروهای شماره گذاری شده در سال‌های بعد از ۱۳۸۶، به ترتیب در جداول ۴ تا ۶ ارائه شده است.

نوع وسیله	تعداد وسایل نقلیه شماره گذاری شده شهر تهران از بدو تأسیس تا سال ۱۳۸۶					
	شخصی	دولتی	عمومی	تاکسی	سیاسی	جمع
موتورسیکلت	۱۸۳۵۵۶۱	۶۸۹۹۴	۰	۰	۰	۱۹۰۴۵۵۵
سواری	۳۱۰۸۰۵۳	۸۶۴۲۵	۵۶۳۷۸	۶۱۲۷	۹۶۵۲	۳۲۶۶۶۳۵
اتوبوس	۳۰۷۴	۲۷۸۶	۲۱۸۷۹	۰	۰	۲۷۷۳۹
مینی بوس	۶۶۹۳	۶۸۲۴	۲۹۰۴۶	۰	۰	۴۲۵۶۳
وانت بار	۲۶۷۴۰۰	۴۰۷۷۲	۴۳۶۰۲	۰	۰	۳۵۱۷۷۴
کامیونت	۴۸۰۳۳	۲۴۲۶	۱۰۴۵۴	۰	۰	۶۰۹۱۳
کامیون	۴۴۶۶۴	۲۴۲۶	۸۲۵۸۱	۰	۰	۱۲۹۶۷۱
کشنده	۵۴۷۶	۵۰۸۹	۴۴۶۷۵	۰	۰	۵۵۲۴۰

جدول ۳: تعداد خودروهای شماره گذاری شده از ابتدا تا سال ۱۳۸۶ در تهران [۷]

موتور سیکلت		سواری				اتوبوس			مینی بوس			وانت بار			کامیونت			کامیون			کشنده			آمبولانس	آتش نشانی	کشاورزی	جمع کل
شخصی	دولتی	شخصی	عمومی	دولتی	تاکسی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی				
206010	430	270085	679	506	11592	1	2	921	32	4	452	27579	428	31	4732	482	1832	32	55	5225	7	3	1693	179	0	-	۵۳۲۹۹۲

جدول ۴: تعداد خودروهای شماره گذاری شده در سال ۱۳۸۷ در تهران [۷]

موتور سیکلت		سواری				اتوبوس			مینی بوس			وانت بار			کامیونت			کامیون			کشنده			آمبولانس	آتش نشانی	کشاورزی	جمع کل
شخصی	دولتی	شخصی	عمومی	دولتی	تاکسی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی				
114035	342	315365	581	226	11332	1	0	623	8	2	50	19650	495	8	3638	52	3445	2	78	5291	0	4	1608	267	0	441	۴۷۷۵۴۴

جدول ۵: تعداد خودروهای شماره گذاری شده در سال ۱۳۸۸ در تهران [۷]

موتور سیکلت		سواری				اتوبوس			مینی بوس			وانت بار			کامیونت			کامیون			کشنده			آمبولانس	آتش نشانی	کشاورزی	جمع کل
شخصی	دولتی	شخصی	عمومی	دولتی	تاکسی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی	شخصی	دولتی	عمومی				
95274	51	77572	310	48	1248	1	2	79	0	1	2	5807	76	7	479	8	533	0	6	1316	0	0	495	33	0	165	۱۸۳۵۱۳

جدول ۶: تعداد خودروهای شماره گذاری شده در شش ماهه اول سال ۱۳۸۹ در تهران [۷]

هم اکنون طبق گزارش‌های ارائه شده از پلیس راهور نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران، تعداد خودروهای سواری در تهران به تعداد حدود ۴,۲۰۰,۰۰۰ و موتورسیکلت تقریباً به تعداد ۳,۰۰۰,۰۰۰ رسیده است. آخرین آمار و اطلاعات منتشر شده در سال ۱۹ نشان می‌دهد که تقریباً به ازای هر پنج نفر یک دستگاه خودرو در ایران وجود دارد [۷].

۴-۲- آلودگی خودروهای الکتریکی و هیبریدی

از آنجایی که خودروهای هیبریدی نیز مشابه خودروهای مرسوم بنزین را به عنوان یک سوخت مصرف می‌کنند تا بتوانند بخشی از انرژی مورد نیاز برای حرکت خود را تأمین نمایند، تولید انواع آلایندگی ها و گازهای گلخانه ای مشابه خودروهای مرسوم چندان غیر محتمل به نظر نمی رسد. اما، از آنجایی که خودروهای هیبریدی نسبت به خودروهای مرسوم دارای توانایی در استفاده از انرژی الکتریکی به منظور تولید انرژی لازم برای حرکت نیز می باشند، احتیاج به مصرف سوخت کمتری نسبت به خودروهای سنتی برای پیمودن مسافت یکسان دارند. بدین صورت که میانگین مصرف سوخت یک خودروی نمونه هیبریدی شش 100km/lit می‌باشد در صورتی که برای خودروی مرسوم بنزینی این مقدار برابر 8.87 (100km/lit) می‌باشد [۸].

۵- مطالعه موردی

به منظور طراحی یک چارچوب مناسب و عملی برای تحلیل اثرات انواع سیاست‌های ممکن در زمینه حمل و نقل الکتریکی بر شاخص های آلودگی برای کلان شهر تهران در این بخش فرضیات زیر به عنوان مبنای مطالعات مد نظر قرار می‌گیرند.

۵-۱- درصد نفوذ انواع موتور سیکلت ها و خودروهای بنزینی در سال هدف مطالعات (سال ۱۴۰۰)

جدول ۷ نشان دهنده تعداد و درصد انواع خودروهای بنزینی موجود در کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۱ می‌باشد. همچنین میزان موتور سیکلت های موجود در کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۱ بالغ بر ۳,۰۰۰,۰۰۰ می‌باشد که این تعداد برای خودروهای سواری برابر ۴,۲۰۰,۰۰۰ اتومبیل می‌باشد.

نوع خودرو	درصد نوع خودرو	تعداد در سال ۹۱
پراید	۴۴/۷	۱۸۷۷۴۰۰
پژو RD	۱۰/۷	۴۴۹۴۰۰
پژو ۵۰۴	۸/۹	۴۱۱۶۰۰
سمند	۹/۱	۳۸۲۲۰۰
پژو ۶۰۲	۸/۳	۳۴۸۶۰۰
پژو پارس	۶/۴	۲۶۸۸۰۰
تندر ۹۰	۷/۲	۱۱۳۴۰۰
ریو	۱/۶	۶۷۲۰۰
زانتیا	۱/۱	۴۶۲۰۰
خودروهای خارجی	۵/۶	۲۳۵۲۰۰

جدول ۷: تعداد خودروهای سواری موجود در کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۱

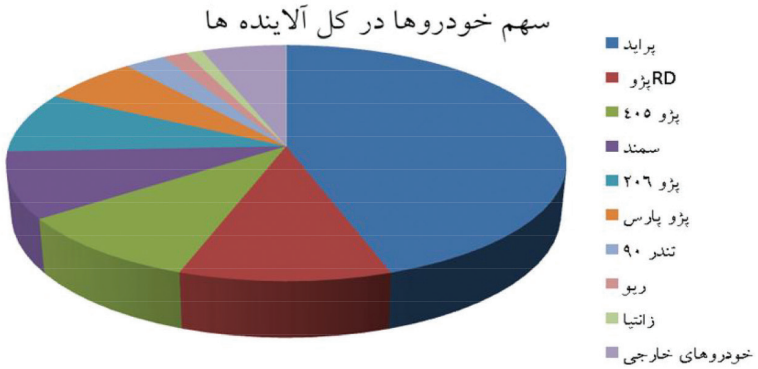
نوع خودرو	درصد نوع خودرو	تعداد در سال ۹۱
پراید	۴۴/۷	۳۱۷۳۳۵۰
پژو RD	۱۰/۷	۷۵۹۶۱۶
پژو ۵۰۴	۸/۹	۳۹۵۷۲۳
سمند	۹/۱	۶۴۶۰۲۹
پژو ۶۰۲	۸/۳	۵۸۹۲۳۵
پژو پارس	۶/۴	۴۵۴۳۵۰
تندر ۹۰	۷/۲	۱۹۱۶۷۹
ریو	۱/۶	۱۱۳۵۸۷
زانتیا	۱/۱	۷۸۰۹۱
خودروهای خارجی	۵/۶	۳۹۷۵۵۶

جدول ۸: تعداد خودروهای سواری موجود در کلان شهر تهران در سال ۱۴۰۰

میزان رشد سالیانه خودرو ها و موتور سیکلت ها در کلان شهر تهران برابر میانگین میزان رشد سالیانه در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۷ لحاظ شده است (۶٫۰۰۵۶% برای خودروها ۵٫۵۵۷۶% برای موتورسیکلت‌ها) [۷]. بر مبنای این میزان رشد تعداد و میزان نفوذ انواع خودروهای بنزینی و موتور سیکلت ها به صورت جدول ۸ بدست می‌آید. از این به بعد، به مطالعات در سال هدف، سناریوی صفر اطلاق می‌گردد.

۵-۲- سهم انواع موتور سیکلت ها و خودروهای بنزینی در شاخص‌های آلایندگی برای سال هدف مطالعات (سال ۱۴۰۰)

با توجه به اینکه انواع خودروها و موتور سیکلت ها در ایران (ساخت داخل و ساخت خارج از کشور) دارای استاندارد های مختلف آلودگی می‌باشند (استاندارد EURO2 و EURO4)، بر مبنای نوع استاندارد آلایندگی خودروها میزان سهم هر خودرو در شاخص کل آلاینده ها محاسبه گردید که نتایج آن شکل ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۲: سهم هر یک از خودروها در کل آلایندگی ها

نوع آلایندگی	Co	PM	SO2	NOx	THC
سمبل	EI_1	EI_2	EI_3	EI_4	EI_5

جدول ۹: تعداد خودروهای سواری موجود در کلان شهر تهران در سال ۱۴۰۰

طریقه محاسبات آلایندگی های انواع خودروهای سواری موجود به صورتی که در روابط زیر نشان داده شده است، بدست می‌آید. به منظور سهولت در ارائه روابط از علائم اختصاری ارائه شده در جدول ۹ استفاده شده است. میزان سهم هر نوع خودرو در تولید انواع آلایندگی ها به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$EI_{i-k} = \frac{EI_i^{U2} \times n_{V2-k}}{WS_{EI_i}} \quad k \in T_{U2} \qquad (۱)$$

$$EI_{i-k} = \frac{EI_i^{U4} \times n_{V4-k}}{WS_{EI_i}} \quad k \in T_{U4} \qquad (۲)$$

که در آن EI_{i-k} شاخص آلاینده هوای iام برای خودروی kام می‌باشد که همان‌طور در رابطه ۱ و ۲ نشان داده شده است مقدار ، متعلق به مجموعه و انواع خودروهای موجود در محاسبات می‌باشد. با توجه به اینکه در مطالعات ما که کلان شهر تهران می‌باشد، اغلب خودروهای موجود دارای استاندارد EURO2 و EURO4 می‌باشند؛ لذا خودروهای نیز در این رابطه با اندیس $U2$ و $U4$ برای انواع خودروهای این دو گروه استاندار آلایندگی اروپا بدست آمده و محاسبه می‌شود. همچنین T و n انواع و تعداد خودروها را نشان می‌دهند. WS_{EI_i} مجموع وزنی را نشان می‌دهد که در رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$WS_{EI_i} = \sum_{k=1}^{T_{EA}} n_{V2-k} \times EI_i^{U2} + \sum_{j=1}^{T_{EA}} n_{V4-k} \times EI_i^{U4} \qquad (۳)$$

۵-۳- انواع سناریو های در نظر گرفته شده برای حضور موتور سیکلت ها و خودروهای الکتریکی در سال هدف مطالعات (سال ۱۴۰۰)

برای اینکه بتوان تأثیر سیاست‌های مختلف و ممکن حمل و نقل الکتریکی را بر شاخص‌های آلایندگی هوای کلان شهر تهران به خوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار داد، سه سناریوی مختلف برای انجام مطالعات فرض گردیده است که در جدول ۱۰ نشان داده شده اند.

انواع سناریو	درصد نفوذ خودروهای هیبریدی	درصد نفوذ موتورسیکلت‌های برقی
سناریو اول(نفوذ کم)	%۱۰	%۳۰
سناریو دوم (نفوذ متوسط)	%۲۵	%۴۵
سناریو (نفوذ زیاد)	%۳۵	%۷۰

جدول ۱۰: سناریو های مختلف از درصد نفوذهای مختلف خودروهای هیبریدی و موتورسیکلت‌های برقی

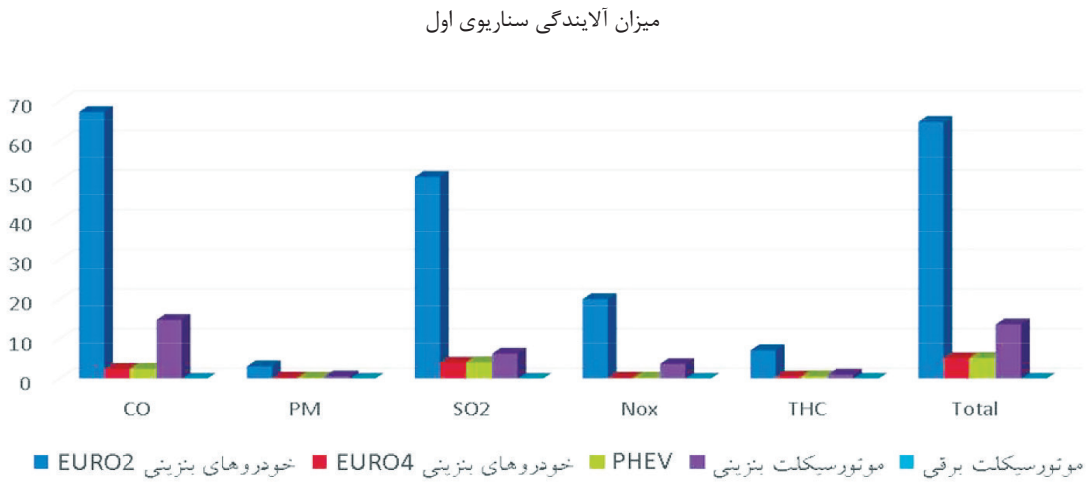
میزان آلایندگی خودروهای هیبریدی با توجه به استاندارد ارایه شده در مرجع [۹] و هم چنین متوسط میزان مصرف بنزین در این نوع خودروها در مقایسه با خودروهای بنزینی به دست می‌آید. نحوه محاسبه میزان آلایندگی تولیدی توسط خودروهای هیبریدی در رابطه ۴ نشان داده شده است.

$$EI_{i-Hy} = \frac{EI_i^{U4} \times n_{Hy}}{WS_{EI_i}} \qquad (۴)$$

لازم به یادآوری است که موتورسیکلت های برقی هیچ گونه آلایندگی تولید نمی نمایند. لذا، در محاسبات میزان آلایندگی آن‌ها صفر لحاظ شده است.

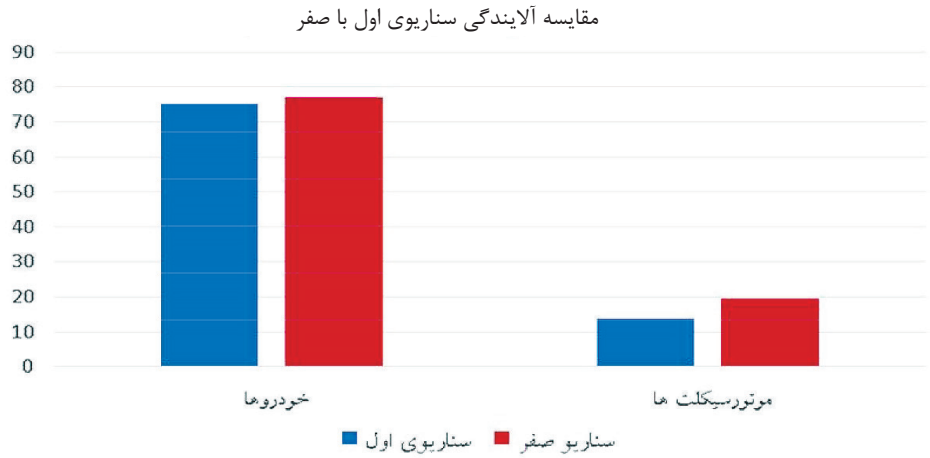
۵-۴- نتایج محاسبات آلودگی برای سناریوی اول

در این سناریو میزان نفوذ حمل و نقل الکتریکی (خودروهای هیبریدی و موتورسیکلت های برقی) به نسبت بقیه سناریوها پایین در نظر گرفته شده است. میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در این سناریو در شکل ۳ ارائه گردیده است.



شکل ۳: میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در سناریوی اول

شکل ۴ نشان دهنده میزان کل آلایندگی تولیدی (آلایندگی متحرک) توسط خودروها و موتورسیکلت ها در سناریوهای صفر و اول می باشد. همان‌طور که مشاهده می شود حضور خودروهای هیبریدی در نفوذهای پایین (۱۰%) نتوانسته است میزان تولید آلایندگی های خودروها را به میزان چشمگیری کاهش دهد.

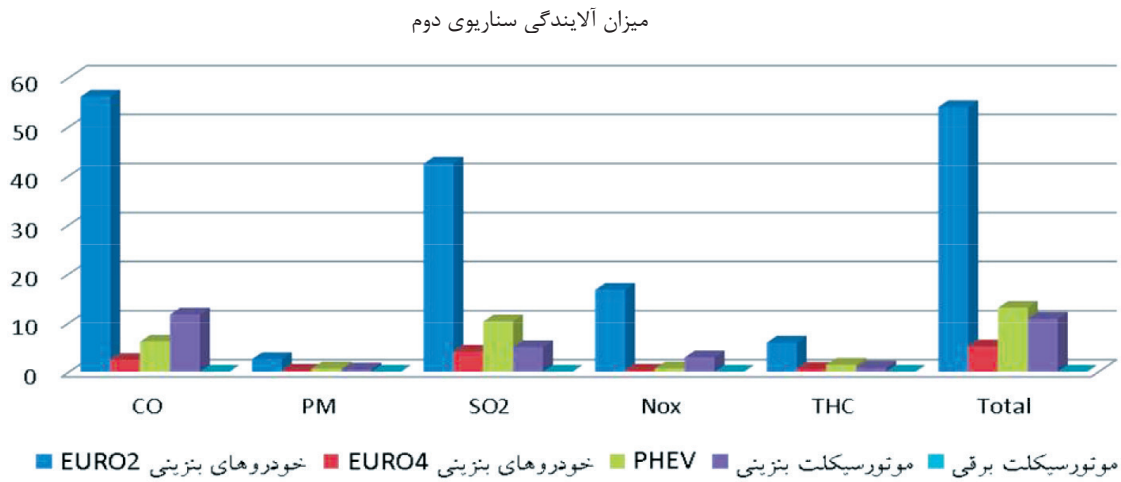


شکل ۴: میزان کل آلایندگی تولیدی توسط خودروها و موتورسیکلت‌ها در سناریوهای صفر و اول

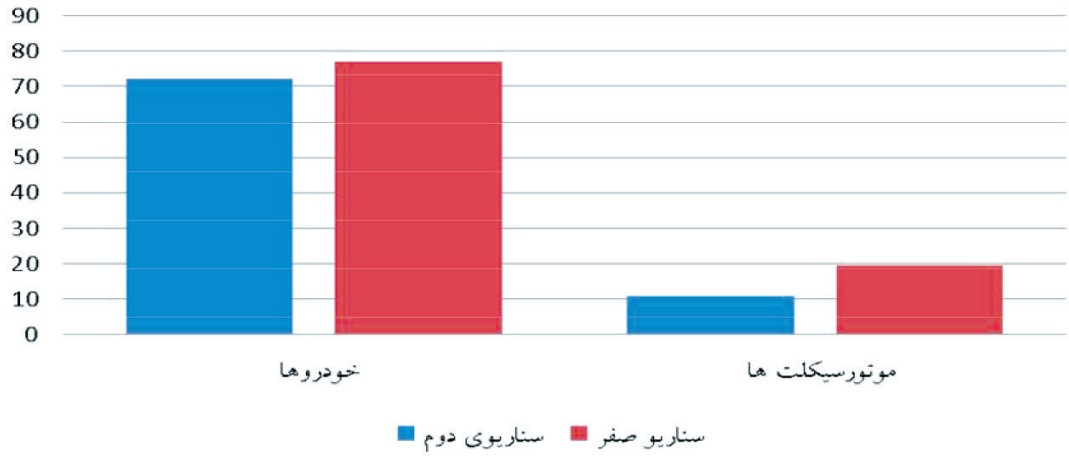
علت این امر را این‌گونه می توان بیان نمود که خودروهای هیبریدی نیز به دلیل مصرف سوخت (هر چند که کمتر) تولید آلایندگی داشته و این در نفوذهای پایین نمی تواند عاملی برای جلوگیری از حجم تولیدی آلاینده ها توسط خودروها باشد. در مقابل، همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است میزان آلایندگی موتورسیکلت ها که یکی از منابع اصلی تولید آلایندگی می باشند به نسبت قابل توجهی کاهش نشان می دهد. از این تحلیل می توان نتیجه گیری نمود که استفاده از خودروهای هیبریدی به تنهایی در نفوذهای پایین نمی تواند ما را به سمت کاهش آلایندگی ها به عنوان دلیل اصلی به‌کارگیری خودروهای الکتریکی سوق دهد. در مقابل، در گام اول حرکت به سمت حمل و نقل الکتریکی، حمایت از موتورسیکلت های برقی می تواند در کوتاه مدت نتایج قابل توجهی در بحث آلودگی به بار آورد.

۵-۵- نتایج محاسبات آلودگی برای سناریوی دوم

در این سناریو میزان نفوذ حمل و نقل الکتریکی (خودروهای هیبریدی و موتورسیکلت های برقی) نسبت به سناریو اول بیشتر شده است. میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در این سناریو در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵: میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در سناریوی دوم

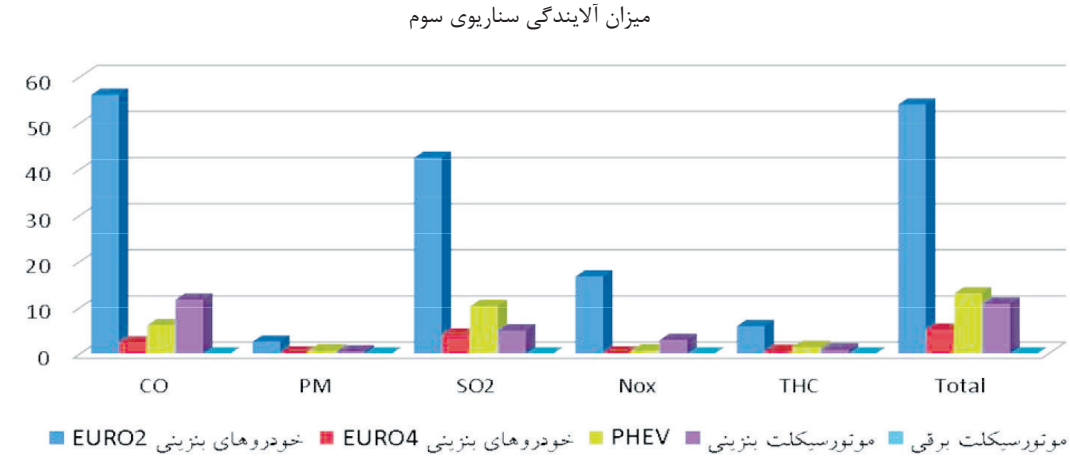


شکل ۶: میزان کل آلایندگی تولیدی توسط خودروها و موتورسیکلت‌ها در سناریوهای صفر و دوم

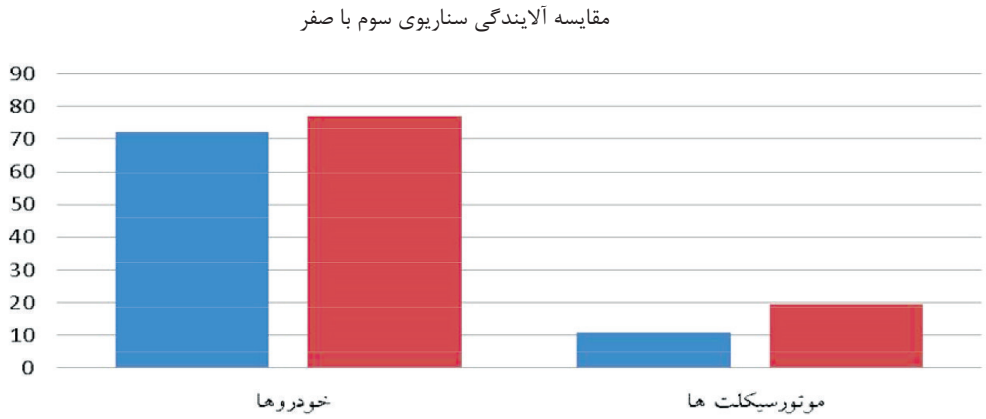
۵-۶- نتایج محاسبات آلودگی برای سناریوی سوم

شکل ۶ نشان دهنده میزان کل آلایندگی تولیدی (آلایندگی متحرک) توسط خودروها و موتورسیکلت ها در سناریوهای صفر و دوم می باشد. همان‌طور که مشاهده می شود در این سطح نفوذ خودروهای هیبریدی (۲۵%)، سهم تولید آلاینده ها توسط خودروها به میزان قابل توجهی کاهش داشته است. در این حالت، بیش از پیش ارزش به‌کارگیری خودروهای هیبریدی در بخش حمل و نقل را می توان به خوبی مشاهده نمود. علاوه بر این، همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است میزان آلایندگی موتورسیکلت ها که یکی از منابع اصلی تولید آلایندگی می باشند به نسبت قابل توجهی کاهش یافته است. این میزان کاهش خیلی بیشتر از توانایی سناریوی اول در کاهش این سطح از آلودگی می باشد.

در این سناریو میزان نفوذ حمل و نقل الکتریکی (خودروهای هیبریدی و موتورسیکلت های برقی) نسبت به سناریو اول بسیار زیاد شده است به گونه ای در این حالت ۷۰% موتورهای شهر را از نوع الکتریکی فرض کرده ایم. میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در این سناریو در شکل ۷ ارائه گردیده است.



شکل ۷: میزان آلایندگی تولیدی انواع وسایل حمل و نقل در سناریوی سوم



شکل ۸: میزان کل آلایندگی تولیدی توسط خودروها و موتورسیکلت ها در سناریوهای صفر و سوم

۶ – نتیجه گیری

شکل ۸ نشان دهنده میزان کل آلایندگی تولیدی (آلایندگی متحرک) توسط خودروها و موتورسیکلت ها در سناریوهای صفر و سوم می باشد. همان‌طور که مشاهده می شود در این سطح نفوذ برای خودروهای هیبریدی (۵۳%) نسبت به حالت‌های قبلی، آلایندگی هوا کاهش بیشتر و قابل توجه ای داشته است. همچنین، همان‌طور که در این شکل قابل مشاهده است میزان آلایندگی تولیدی موتورسیکلت ها کاهش چشم گیری نسبت به سناریوهای قبلی داشته است که این موضوع از اینجا ناشی می‌شود که نفوذ موتورسیکلت‌های برقی در این حالت زیاد و ۷۰% موتورسیکلت‌ها را شامل می‌شود. از آنجا که موتور سیکلت ها سهم زیادی در تولید آلاینده های هوا در کلان شهر تهران دارد، لذا با افزایش نفوذ موتور سیکلت های پاک برقی به جای نوع بنزینی مرسوم، خود می‌توان کاهش زیادی در آلایندگی های هوای شهر تهران داشت.

در این مقاله، به منظور بررسی هر چه دقیق تر اثرات انواع سیاست های ممکن در زمینه صنعت حمل و نقل الکتریکی بر آلودگی هوای کلان شهرهای ایران، کلان شهر تهران به عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به تعداد خودروها و موتورسیکلت های موجود در این شهر و میزان رشد آن‌ها در سال هدف مطالعات، سه نوع سیاست مختلف در زمینه حمل و نقل الکتریکی معرفی شد. این سیاست ها به خوبی می تواند روند ممکن در زمینه حضور خودروها و موتورسیکلت های الکتریکی در ایران را نشان دهد. با انجام مطالعات و استخراج نتایج مختلف در زمینه تأثیر حضور حمل و نقل الکتریکی، به مقایسه این نتایج با سناریوی بدون حضور حمل و نقل الکتریکی پرداخته شد.

نتایج حاصل از این پژوهش همان‌طور که در تحلیل نتایج نیز با جزئیات کافی بیان شد، بدین صورت بیان می‌شود که استفاده از خودروهای هیبریدی در نفوذهای پایین نمی تواند اثر قابل توجهی بر شاخص های آلودگی هوا داشته باشد و لذا می توان این نوع تکنولوژی از حمل و نقل الکتریکی را یک گزینه بلند مدت در راستای آلودگی مد نظر قرار داد. در مقابل، می توان موتورسیکلت های الکتریکی را به عنوان یک راه حل فوری و کوتاه مدت برای بحث آلودگی کلان شهرها در ایران مطرح نمود. هزینه کمتر در بحث زیر ساخت های سخت افزاری و نرم افزاری، هزینه پایین در تولید و جذابیت بیشتر در قیاس با خودروهای الکتریکی از دید مشتری در کنار هم سبب می گردد که بتوان با قطعیت بیشتری موتورسیکلت های الکتریکی را آغازگر روند رو به رشد حمل و نقل الکتریکی در ایران معرفی نمود.

۷-- مراجع

1- Lave LB, Seskin EP, Air pollution and human health, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.

2- [Online]. Available: http://www.history.com/topics/automobiles/

3- D. Bodson, “Standardization Roadmap for Electric Vehicles [Standards],” Vehicular Technology Magazine, IEEE, vol. 8, no. 3, pp. 114-116, Sept. 2013.

4- [Online]. Available: http:// www.doe.ir/

5- [Online]. Available: http://air.tehran.ir/Default.aspx?tabid=111

6- [Online]. Available: http://www.epa.gov/

7- [Online]. Available: http:// www.traffic19.ir/editor/uploadfiles/gozideh.pdf/

۸- احمد صادقیه و محمد صالح اولیاء، " مقایسه مصرف انرژی در ماشین‌های برقی و فسیلی" ، سومین همایش ملی انرژی ایران.

9- [Online]. Available: http://www.greenvehicleguide.gov.au/GVGPublicUI/home.aspx