

ارائه رهیافت سیستمی در برنامه‌ریزی محیط‌زیستی آلودگی هوا با استفاده از چارچوب نیروی محرکه، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ (DPSIR) (مطالعه موردی: شهر تهران)

لعبت زبردست^{۱*}؛ اسماعیل صالحی^۲؛ محمودرضا مؤمنی^۳؛ هادی افراسیابی^۴؛ مروارید محمدامینی^۵

۱. استادیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران
tehranssaleh@ut.ac.ir

۳. کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست پژوهشکده خودرو، سوخت و محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران
mrzmomeni@ut.ac.ir

۴. کارشناس ارشد مدیر پژوهشی مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی تهران
info@rpc.tehran.ir

۵. کارشناس ارشد مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی تهران
mor.amini@gmail.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۸/۱۹

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۲/۲۰

چکیده

آلودگی هوا از معضلات اصلی کلان‌شهرهایی مانند تهران است و کاهش آن به سطح قابل قبول به مسئله بسیار مهم زیست‌محیطی در این شهر تبدیل شده است. با توجه به پیچیدگی و تعدد عوامل دخیل در آلودگی هوای تهران، برای شناسایی و مدیریت بهتر این عوامل به روش‌های همه‌جانبه‌نگر نیاز است. استفاده از مدل‌های علی- معلولی از روش‌های چندبعدی و سیستمی برای مطالعه علل ایجاد مشکلات محیط‌زیستی و رابطه بین سیستم‌های محیط‌زیستی در جهت ارائه راه‌حل‌های مناسب است. در این میان مدل «نیروی محرکه- فشار- وضعیت- اثر- پاسخ» (DPSIR) رهیافت سیستمی است که ارتباطات کلیدی و مهم بین انسان و محیط‌زیست را مشخص می‌کند و از آن به‌منزله برداشتی فلسفی برای ساختاردهی و برقراری ارتباط با سطوح سیاستی و مطالعات محیط‌زیستی یاد می‌شود. این تحقیق، بخشی از نتایج دومین گزارش وضعیت محیط‌زیستی تهران (بخش مربوط به آلودگی هوا) است که در دوره زمانی سه ساله ۱۳۸۷-۸۹ تهیه شده است. در این تحقیق، با استفاده از مدل (DPSIR) ابتدا به تحلیل اجزای مختلف مؤلفه هوا در تهران پرداخته می‌شود. در این راستا، مهم‌ترین نیروهای محرکه مؤثر در آلودگی هوای تهران، شامل مسائل اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی، وسایل نقلیه موتوری و استقرار نامناسب صنایع است که شاخص‌های آن‌ها به صورت کمی ارائه شده است. در بخش فشارها نیز به مسائلی نظیر میزان مصرف سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای آلاینده، میزان پیمایش، خودروهای فرسوده و ترافیک پرداخته شده است. در بخش وضعیت، شاخص‌های کیفیت هوا و نقشه غلظت آلاینده‌ها ارائه و در بخش اثر نیز هزینه‌های خارجی مرتبط آلودگی هوای تهران محاسبه شده است. در نهایت با استفاده از همین چارچوب مفهومی، پاسخ‌های مناسب به تفکیک اجزای مدل ارائه شده است.

کلیدواژه

آلودگی هوا، رهیافت سیستمی در برنامه‌ریزی محیط‌زیست، مدل «نیروی محرکه- فشار- وضعیت- اثر- پاسخ».

۱. سرآغاز

دومین شهر آلوده جهان بعد از دهلی نو معرفی شد و در سال ۱۳۸۸، به‌منزله هشتمین پایتخت جهان از لحاظ آلودگی هوا شناخته شده است (آمار و اطلاعات شهر و

یکی از معضلات اصلی شهرهای صنعتی و بزرگ مانند تهران است، به طوری که این شهر در برهه‌ای

معلولی به علت داشتن ساختار سیستمی برای مطالعه علل ایجاد مشکلات محیط‌زیستی و رابطه بین سیستم‌های محیط‌زیستی در جهت ارائه راه‌حل‌های مناسب می‌توانند در این جهت راهگشا باشند. در این میان مدل «نیروی محرکه- فشار- وضعیت- اثر- پاسخ»^۲ (DPSIR) رهیافت سیستمی است که ارتباطات کلیدی و مهم بین انسان و محیط‌زیست را مشخص می‌کند و از آن به‌منزله برداشتی فلسفی برای ساختاردهی و برقراری ارتباط با سطوح سیاستی و مطالعات محیط‌زیستی یاد می‌شود (Atkins et al., 2011). چارچوب (DPSIR) یک طرح تحلیل عملکردی برای ساختاردهی به ارتباطات سیستمی در مدیریت موضوعات و مسائل محیط‌زیست و منابع طبیعی است (EEA, 1999). این مدل، ابزاری برای تلفیق اطلاعات اقتصادی، اجتماعی و طبیعی در یک چارچوب و به منظور ایجاد پایه و اساسی برای تحلیل‌های دقیق‌تر (Bidone and Lacerda, 2004) و مهم‌ترین هدف آن، تعیین گزینه‌های سیاستی و ارزیابی کارایی راهکارها برای حذف مشکلات محیط‌زیستی است (EEA, 1999). با استفاده از این چارچوب، می‌توان علاوه بر ساختاردهی به اطلاعات، به تعیین ارتباطات مهم و دستیابی به درک همه‌جانبه از مشکلات محیط‌زیستی (Ness et al., 2010) و در نهایت به راهکارهای عملی و مدیریتی محیط‌زیستی دست یافت (Gabrielsen and Bosch, 2003).

۲. مواد و روش‌ها

در چارچوب (DPSIR) به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق، نیروهای محرکه عوامل اغلب انسانی‌اند که به مسئله محیط‌زیستی منجر می‌شوند. این عوامل معمولاً با توسعه‌های اقتصادی- اجتماعی مرتبط‌اند که به مصرف منابع محیط‌زیستی نیاز دارند (EEA, 2007). مصرف منابع و تولید پسماند به ایجاد فشار بر محیط‌زیست منجر می‌شود و در نتیجه وضعیت پارامترهای محیط‌زیستی را دچار تغییر می‌کند. این تغییرات آثار نامطلوبی در رفاه

شهرداری تهران، ۱۳۹۱). وضعیت جغرافیایی این شهر به گونه‌ای است که هوای آلوده به علت پدیده‌هایی مثل وارونگی و سایر موارد امکان تخلیه به اطراف را پیدا نمی‌کند. لذا آلودگی هوا و به خصوص کاهش آن به یک سطح قابل قبول، به مسئله بسیار مهم محیط‌زیستی در تهران تبدیل شده است (مرکز تحقیقات خودرو، سوخت و محیط‌زیست، ۱۳۹۰).

مطالعات مختلفی در زمینه بررسی وضعیت آلودگی هوای تهران و عوامل تأثیرگذار در آن صورت گرفته است که برخی از آن‌ها با استفاده از روش‌های فنی و مهندسی به تحلیل و پیش‌بینی شرایط آلودگی هوای تهران پرداخته (قسامی و همکاران ۱۳۸۶؛ زارعی فرد و جعفری خالدی، ۱۳۸۸؛ قنبری و عزیزی، ۱۳۸۸؛ احمدی مقدم و محمودی، ۱۳۹۲) و برخی دیگر به دنبال تحلیل‌های هزینه‌ها و خسارات حاصل (بیران و غمخوار، ۱۳۸۶)، همچنین بررسی لزوم بازنگری طرح‌ها و قوانین موجود بوده است (متصدی‌زرنندی و رزاقی، ۱۳۸۸).

اهمیت مسئله آلودگی هوا در کنار سایر معضلات محیط‌زیستی در تهران، مسئولان را به فکر چاره‌اندیشی انداخته و در این راستا، دو نوبت گزارش وضعیت محیط‌زیستی^۱ برای تهران تهیه شده است که در هر دو گزارش، مؤلفه هوا و کیفیت آن، جزو مهم‌ترین پارامترهای تحت بررسی بوده است. مقاله حاضر، به ارائه مهم‌ترین نتایج مربوط به مؤلفه هوا در دومین گزارش وضعیت محیط‌زیستی تهران می‌پردازد.

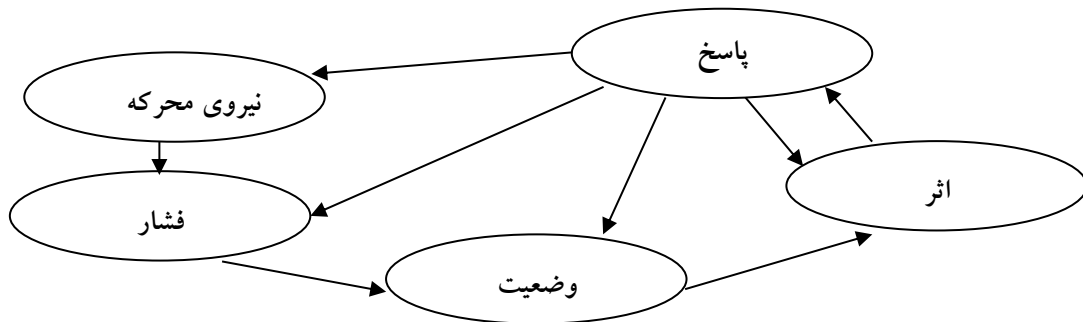
علاوه بر عوامل متعدد طبیعی مانند خصوصیات هواشناسی، شکل توپوگرافی، خصوصیات آلاینده‌ها و روش آزادسازی آلاینده‌ها (شفیع‌پورمطلق، ۱۳۸۷) نقش مسائل اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی، همچنین سیاست‌گذاری در مسئله آلودگی هوای تهران انکارناپذیر و همه این مسائل نشان‌دهنده پیچیدگی و تعدد عوامل دخیل در مسئله آلودگی هوای این شهر است. به همین علت، برای شناسایی و مدیریت بهتر عوامل مؤثر در این پدیده، به روش‌های همه‌جانبه‌نگر نیاز است که مدل‌های علی-

سپس، با استفاده از همین چارچوب مفهومی، پاسخ‌های مناسب به تفکیک اجزای مدل ارائه شده است. برای دستیابی به رهیافتی کمی برای تجزیه و تحلیل عوامل علی- معلولی مؤثر در پدیده آلودگی هوای تهران، برای هر یک از اجزای مدل (DPSIR) شاخص‌های کمی تعیین شد. برای تعیین این شاخص‌ها، از مرور منابع و بررسی کلیه شاخص‌ها در بحث آلودگی هوای کلان‌شهرهای دیگر و مطالعات و بررسی اسناد مشابه استفاده و پس از آن شاخص‌های مناسب برای هر یک از اجزای مدل انتخاب شد که در شکل ۲ اجزای این مدل به صورت اختصار نشان داده شده است.

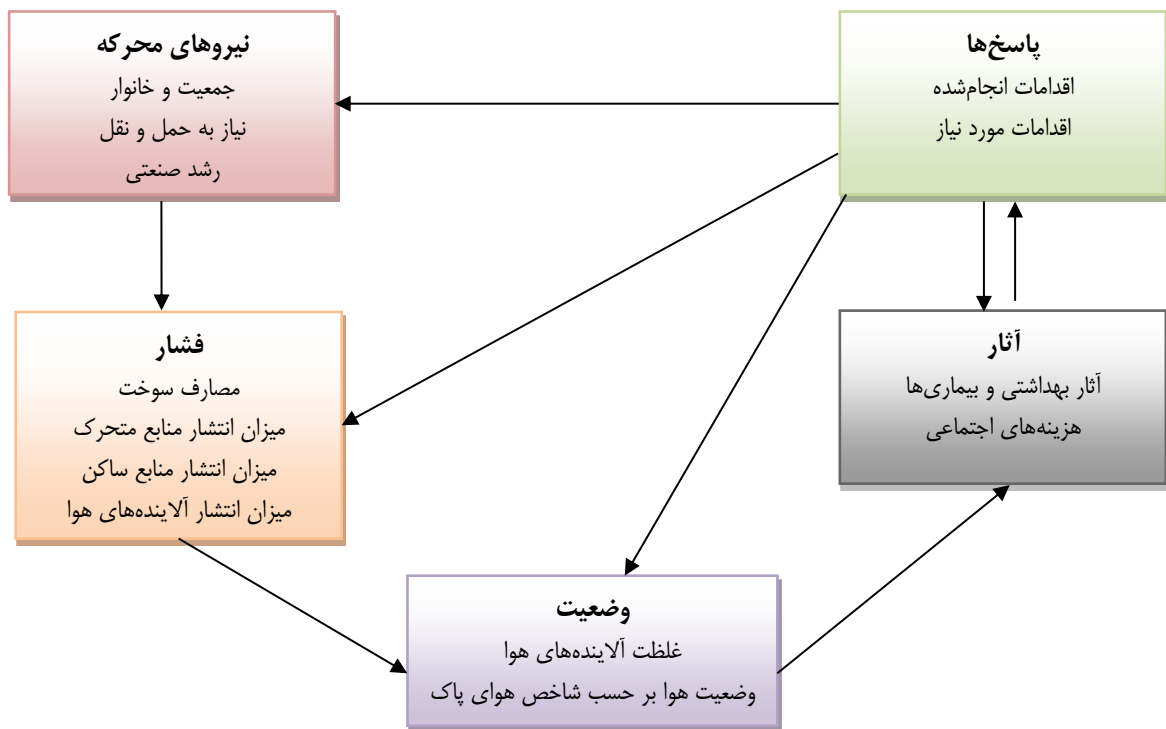
انسان و اکوسیستم می‌گذارند و برای رفع آن‌ها به ارائه پاسخ مناسب از سوی جامعه و دستگاه‌های ذی‌ربط نیاز است.

همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، پاسخ‌ها می‌توانند به همه اجزای زنجیره (DPSIR) بازگردند. بر این اساس، پاسخ‌های کلیدی و مؤثرتر، به بخش ابتدایی زنجیره علی- معلولی یا نیروهای محرکه باز می‌گردند.

همان‌طور که ذکر شد، این تحقیق، بخشی از نتایج دومین گزارش وضعیت محیط‌زیستی تهران (بخش مربوط به آلودگی هوا) است که در دوره زمانی سه ساله ۱۳۸۷-۸۹ تهیه شده و در آن با استفاده از مدل (DPSIR) ابتدا به تحلیل اجزای مختلف مؤلفه هوا در تهران پرداخته می‌شود.



شکل ۱. مدل نیروی محرکه- فشار- وضعیت- اثر- پاسخ (DPSIR) (EEA, 1999)



شکل ۲. مدل (DPSIR) آلودگی هوای تهران

۳. نتایج

۱.۳. شناسایی و تحلیل نیروهای محرکه

تراکم بیش از ظرفیت جمعیت تهران در کنار توسعه برنامه‌ریزی نشده آن موجب افزایش روزافزون تقاضا برای حمل و نقل و مصرف سوخت‌های فسیلی شده است که می‌تواند به تشدید آلودگی هوا منجر شود. افزایش جمعیت و تراکم روی داده در تهران در فاصله زمانی مورد مطالعه می‌تواند به معنی نیاز بیشتر به حمل و نقل و مصارف انرژی و در نتیجه پتانسیلی برای ایجاد آلودگی هوا باشد. علاوه بر آن، تهران به طور روزانه شاهد ورود تعداد قابل ملاحظه‌ای از جمعیت غیرساکن است که برای کار و فعالیت از مناطق مجاور به این شهر وارد می‌شوند و در آمارها ثبت نمی‌شوند.

بیشتر آلودگی هوای تولیدشده در تهران مربوط به منابع متحرک (وسایل نقلیه موتوری) است (جایکا، ۱۳۷۶) و از دیگر نیروهای محرکه در زمینه آلودگی هوا می‌توان به تعداد قابل توجه وسایل نقلیه موتوری در این شهر اشاره کرد. مطالعه در زمینه تعداد ناوگان انواع مختلف وسایل نقلیه در تهران، بیانگر وجود ۴/۱۳۰/۰۴۴ وسیله نقلیه در

شش ماه اول سال ۱۳۸۹ در تهران است که بیشترین تعداد آن‌ها مربوط به خودروهای سواری به تعداد ۳/۶۲۱/۳۴۶ دستگاه است (پژوهشکده حمل و نقل طراحان پارسه، ۱۳۹۲).

با توجه به جمعیت ۸/۰۸۴/۴۷۷ نفری تهران در سال ۱۳۸۹، می‌توان گفت به ازای هر شهروند تهرانی ۰/۵۱ دستگاه خودرو در تهران وجود داشته است. علاوه بر این، با توجه به ورود بار ترافیکی روزانه از مناطق اطراف به تهران، تعداد خودروهای موجود در این شهر طی روز، بسیار بیشتر از رقم ذکر شده خواهد بود.

از دیگر نیروهای محرکه قابل ذکر در زمینه آلودگی هوا، حضور صنایع است. تقریباً ۲۳ درصد از کل کارگاه‌های صنعتی بیش از ۱۰ کارکن کشور، در تهران قرار دارند، اما آمار این کارگاه‌ها (از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹) تقریباً هر سال از نظر تعداد کاهش نشان داده است. به طور کلی می‌توان گفت با توجه به انتقال تدریجی صنایع آلاینده و مزاحم از تهران و پیرنگ‌ترشدن سهم آلاینده‌های متحرک، سهم صنایع در ایجاد آلودگی هوا کمتر شده است.

جدول ۱. نیروهای محرکه مؤثر در آلودگی هوای تهران

موضوعات	شاخص	توضیح
مسائل اجتماعی	تعداد کل جمعیت (نفر)	۸۱۵۴۰۵۱
	متوسط رشد سالانه (درصد)	۰/۸۶
	خالص تغییرات (نفر)	۳۴۱۹۸۴
	تعداد کل خانوار	۲۵۴۳۳۱۳
	متوسط بعد خانوار (نفر)	۳/۲
وسایل نقلیه موتوری	نرخ شهرنشینی	۹۹ درصد
	تعداد کل وسایل نقلیه موتوری در تهران	۴۱۳۰۰۴۴ دستگاه
	تعداد خودروهای سواری	۳۶۲۱۳۴۶ دستگاه
	تعداد خودرو به ازای هر شهروند تهرانی	۰/۵۱ دستگاه
صنعت	درصد تعداد کارگاه‌های صنعتی در تهران از کل کشور	۲۳ درصد
	متوسط رشد سالانه کارگاه‌های صنعتی دارای ده کارکن و بیشتر در فاصله (۱۳۸۷-۸۹) در تهران	۱/۸۳- درصد

(سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۳۹۰)، (معاونت برنامه‌ریزی دفتر آمار و اطلاعات استانداری تهران، ۱۳۸۹)

۶۵/۷۲ درصد و پس از آن SPM به میزان ۲۲/۳۲ درصد بوده است. در دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۸۷-۸۹) تولید ذرات معلق به میزان ۲۵ هزار تن افزایش و مقدار منو کسید کربن به میزان ۳۹ هزار تن کاهش یافته است.

میزان پیمایش از عوامل تأثیرگذار در آلودگی هواست. در تهران، متوسط میزان پیمایش در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ با ادامه روند افزایشی به ترتیب ۴۱۳۱۰، ۴۶۸۰۰ و ۴۷۴۰۰ هزار کیلومتر در روز بوده است. این میزان پیمایش با توجه به سرعت متوسط حرکت در سال، موجب افزایش میزان انتشار از وسایل نقلیه جاده‌ای می‌شود. بیشترین میزان تولید سفر بین مناطق ۲۲ گانه تهران مربوط به منطقه ۶ و پس از آن منطقه ۲ است. در خصوص جذب سفر نیز بالاترین نرخ مربوط به منطقه ۶ و پس از آن ۱۲ است (آمار حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۹۰).

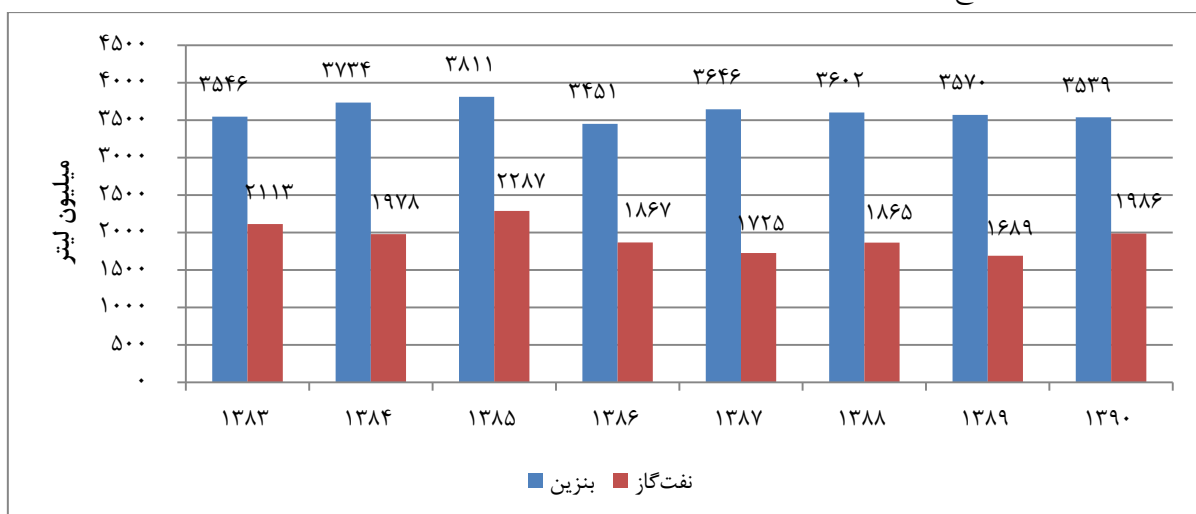
خودروهای فرسوده یکی از عوامل اصلی ایجاد آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران به شمار می‌روند. بر اساس مطالعات، تعداد تجمعی خودروهای بالای ۱۲ سال در تهران حدود ۱۵۳ هزار دستگاه بوده است که سهمی برابر با ۴/۲۳ درصد از خودروهای سواری فعال در تهران را تشکیل می‌دهد (پژوهشکده حمل و نقل طراحان پارسه، ۱۳۹۲). در جدول ۲، خلاصه‌ای از فشارهای مؤثر در ایجاد آلودگی هوای تهران ارائه شده است.

۲.۳. شناسایی و تحلیل فشارها

در نمودار ۱، روند تغییرات مصرف بنزین از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰ نشان داده شده است. همان‌طور که در این نمودار مشخص است، میزان مصرف تقریباً روند ثابتی داشته است. همچنین، مصرف نفت-گاز از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰، دارای نوساناتی بوده، اما روند عمومی آن کاهش است. در دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۸۷-۸۹) میزان مصرف کاهش یافته و از ۱۷۲۵ به ۱۶۸۹ میلیون لیتر در سال رسیده است.

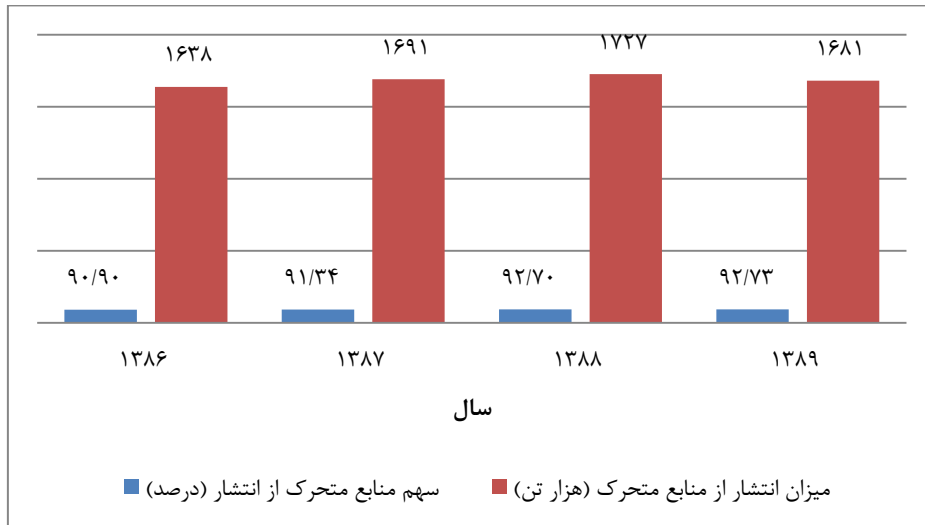
از جمله مهم‌ترین فشارهای وارده بر مؤلفه هوا، میزان انتشار گازهای آلاینده است که با توجه به نوع آمار و اطلاعات، ضرایب انتشار از مقادیر ارائه‌شده جایکا و اطلاعات مربوط به میزان سوخت مصرفی در تهران و کشور از آمارنامه و ترازنامه انرژی برای سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ استخراج شده است.

همان‌طور که در نمودار ۲ نشان داده شده است، سهم منابع متحرک از ۹۱/۳۴ درصد در سال ۱۳۸۷ به ۹۲/۷۳ درصد در سال ۱۳۸۹ رسیده است. همچنین، میزان انتشار از منابع متحرک در سال ۱۳۸۸ بیشترین مقدار در میان سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ است. روند کلی این شاخص در دوره زمانی مورد مطالعه کاهش یافته و از ۱۶۹۱ به ۱۶۸۱ هزار تن رسیده است. همچنین، در سال ۱۳۸۹، بیشترین میزان تولید آلاینده از منابع متحرک مربوط به CO به میزان



نمودار ۱. مصارف نفت، گاز و بنزین موتور تهران در سال‌های ۱۳۸۳-۹۰

(شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹)



نمودار ۲. سهم و میزان انتشار از منابع متحرک در سال‌های ۱۳۸۶-۸۹ [گروه تحقیق]

جدول ۲. فشارهای مؤثر در آلودگی هوای تهران

موضوعات	شاخص	مقدار	فشارها (P)
مصارف سوخت‌های فسیلی	بنزین	-۰,۸۷ درصد	
	نفت- گاز	۳,۲۴ درصد	
	متوسط رشد سالانه مصارف در فاصله زمانی ۱۳۸۷-۸۹	-۸,۸۲ درصد	
	نفت کوره	-۱۲,۵۷ درصد	
	گاز طبیعی	۰,۹۰ درصد	
	گاز مایع	۳,۸۵ درصد	
انتشار گازهای آلاینده	سهم منابع متحرک	۹۲,۷۳ درصد	سهم سال ۱۳۸۹
	درصد انتشار آلاینده‌های مختلف از منابع متحرک در سال ۱۳۸۹	۰,۷۶ درصد	متوسط رشد دوره ۱۳۸۷-۸۹
		۶۵,۷۲ درصد	منو کسید کربن
		۲۲,۳۲ درصد	ذرات معلق
پیمایش و سفر	سفر	۱۵,۸	تعداد سفرهای روزانه درون شهری (میلیون سفر روزانه)
	پیمایش	۴۷۴۰۰	میزان پیمایش (هزار کیلومتر در روز) در سال ۱۳۸۹
		۷,۳۱ درصد	متوسط رشد سالانه
خودروهای فرسوده		۴,۲۳ درصد	درصد خودروهای بالای ۱۲ سال از کل خودروهای تهران در سال ۱۳۸۹
	ترافیک	۳۱,۴ درصد	درصد شبکه‌های معابر کند و بحرانی تهران در سال ۱۳۸۹

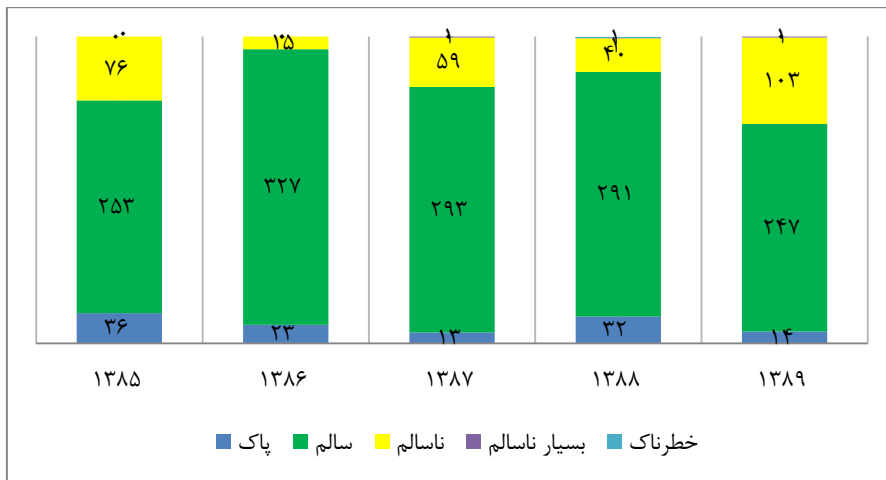
(سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۳۹۰)، (معاونت برنامه‌ریزی دفتر آمار و اطلاعات استانداری تهران، ۱۳۸۹)،

(شرکت مطالعات حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰)

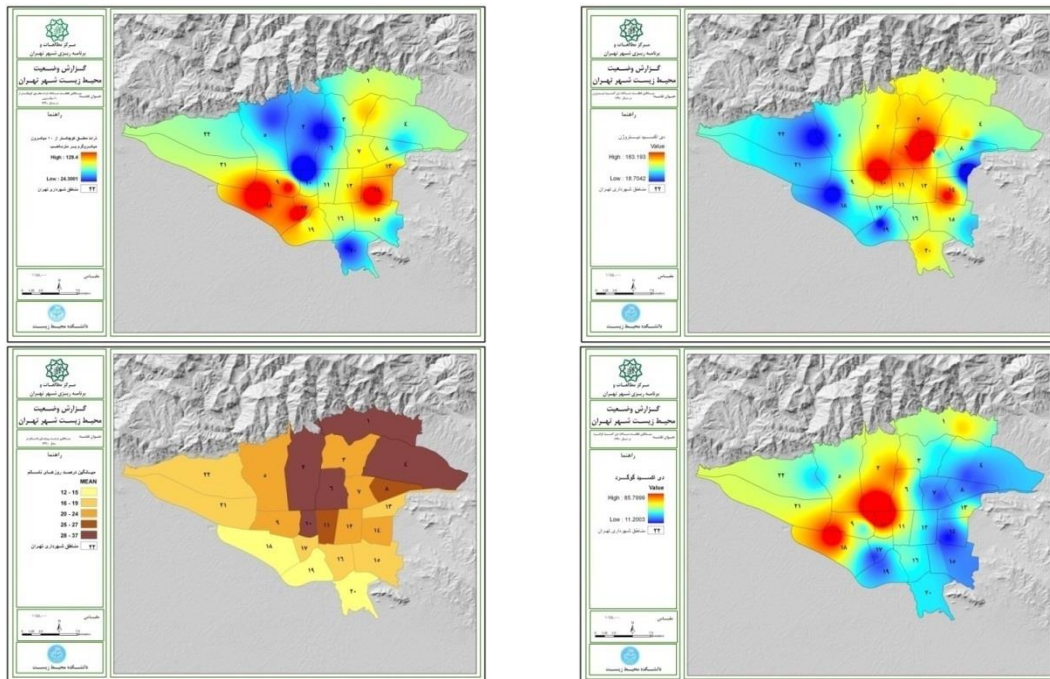
خطرناک فقط در سال ۱۳۸۸ و در ۱ روز رخ داده است. به صورت کلی با توجه به شاخص PSI در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷، وضعیت آلودگی هوای تهران دارای روندی رو به ناسالم شدن است (نمودار و جدول ۳). همچنین، در شکل ۲ نقشه‌های میانگین غلظت دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق کوچک‌تر از ده میکرون، دی اکسید گوگرد و درصد روزهای ناسالم هوا در سال ۱۳۹۰ نشان داده شده است.

۳.۳. بررسی و تحلیل وضعیت

تعداد روزهای پاک بر اساس شاخص PSI در سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ به ترتیب ۲۳، ۱۳، ۳۲ و ۱۴ روز بوده است. همچنین، وضعیت سالم در این سال‌ها به ترتیب در ۲۹۳، ۲۹۱ و ۲۴۷ روز رخ داده است. در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ به ترتیب ۱۵، ۵۹، ۴۰ و ۱۰۳ روز دارای وضعیت ناسالم بوده است. وضعیت «بسیار ناسالم» در سال ۱۳۸۶ رخ نداده و در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ در هر سال ۱ روز و وضعیت



نمودار ۳. مقایسه شاخص کیفیت هوای تهران در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۹ (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۰)، (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی تهران، ۱۳۷۷-۸۶)، (۱۳۹۰)



شکل ۳. نقشه‌های میانگین غلظت دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق کوچک‌تر از ده میکرون، دی اکسید گوگرد و درصد روزهای ناسالم هوا در سال ۱۳۹۰ (پریور، ۱۳۹۲)

۴.۳. بررسی و تحلیل آثار

آلودگی هوا می‌تواند علاوه بر پیامدهایی چون تهدید جدی سلامت انسان، آسیب به جانوران و گیاهان، سبب ایجاد خوردگی در فلزات و پوشش‌های حفاظتی، ایجاد فرسودگی و خوردگی بناها و آثار فرهنگی می‌شود. با این حال فقط برخی از این آثار قابل کمی‌سازی‌اند و آمارهای رسمی در خصوص آن‌ها وجود دارد.

بیماری‌های قلبی - عروقی مهم‌ترین دلیل مرگ و میر در تهران است که با آلودگی‌های محیط‌زیستی به خصوص آلودگی هوا ارتباط مستقیم دارند، به گونه‌ای که بر اساس نتایج طرح سنجش عدالت در شهر، این شاخص در سال ۱۳۹۰، معادل ۴۵/۵ درصد از کل مرگ‌ها بوده است.

هزینه‌های خارجی نیز یکی از شاخص‌های محاسبه آثار آلودگی هوا محسوب می‌شوند که برای محاسبه آن، به کمی کردن اثر آلاینده‌ها و فعالیت‌ها در محیط‌های اثرپذیر (انسانی و طبیعی) نیاز است (آمارنامه تهران، ۱۳۸۶). برای کمی کردن این آثار از ضرایب هزینه ارائه شده از سوی دفتر بررسی آلودگی هوای تهران در سازمان حفاظت محیط‌زیست استفاده شده است. میزان هزینه‌های خارجی از رابطه ۱ تعیین می‌شود.

$$EC_{i,j,k} = EF_{i,j,k} \times PC_i \quad (1)$$

که در آن، $EC_{i,j,k}$ هزینه‌های خارجی آلاینده i از بخش j با سوخت k مصرف سوخت i است.

همچنین، برای تعیین میزان کل هزینه‌های خارجی (EC_T) نیز از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

$$EC_T = \sum_k \sum_j \sum_i EC_{i,j,k} \quad (2)$$

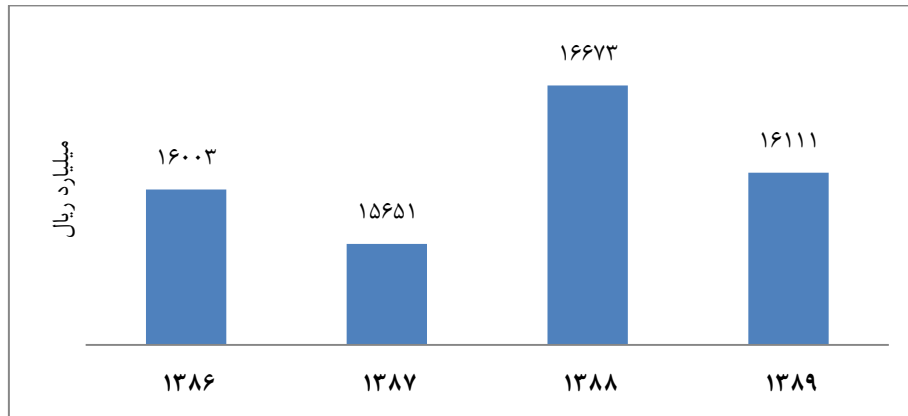
همان‌گونه که در نمودار ۴ مشخص است، هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌ها مقادیر بسیار بالایی را نشان می‌دهند، به گونه‌ای که مقدار این هزینه‌ها برای سال ۱۳۸۹، معادل ۱۶۱۱۱ میلیارد ریال بوده است که نسبت به سال آغازین دوره مطالعاتی (۱۳۸۷)، به میزان ۴۶۰ میلیارد ریال افزایش

نشان می‌دهد. بنابراین، در صورت کنترل آلاینده‌های هوا، مقدار هزینه‌های وارد بر جامعه از لحاظ بهداشت، درمان اقتصاد و ... کنترل خواهد شد.

۵.۳. شناسایی و تحلیل پاسخ‌ها

در این بخش به ارائه پاسخ‌های موجود دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۸۷-۸۹) پرداخته شده است. هرچند برخی از پاسخ‌ها در خصوص آلودگی هوا - به خصوص برنامه جامع کاهش آلودگی هوا - اهمیت بسزایی دارند، اما به علت آنکه در دوره زمانی این مطالعه قرار نمی‌گیرند، از پرداختن به آن‌ها خودداری می‌شود. از جمله مهم‌ترین پاسخ‌ها، می‌توان به قوانین و استانداردهای کنترل آلودگی هوا اشاره کرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، مصوب آذرماه ۱۳۸۹، مصوبه شماره ۹۲۳۰۸/ت ستاد مدیریت حمل و نقل و سوخت، مصوب ۱۳۸۷/۶/۷؛
 - استانداردهای هوای پاک برای سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، مصوب ۱۳۸۸/۵/۱۱؛
 - حد مجاز آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها و موتورسیکلت‌ها، مصوب ۱۳۸۹/۶/۳۱؛
 - استانداردهای حد مجاز آلاینده‌های انواع خودروهای بنزینی، گازوئیلی و دوگانه‌سوز ساخت داخل و وارداتی و موتورسیکلت، مصوب ۱۳۸۹/۹/۱۴؛
 - استاندارد حد مجاز آلاینده‌های انواع خودروهای بنزینی، گازوئیلی و دوگانه‌سوز ساخت داخل و وارداتی و موتورسیکلت‌ها، مصوب ۱۳۸۸/۷/۴؛
 - استانداردهای هوای پاک برای سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، مصوب ۱۳۸۸/۵/۱۱.
- همچنین، در جدول ۳، اهم فعالیت‌های صورت‌گرفته در حوزه آلودگی هوا ارائه شده است.



نمودار ۴. هزینه‌های اجتماعی بر اساس قیمت سال ۱۳۸۱ در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ [گروه تحقیق]

جدول ۳. اهم فعالیت‌های ارگان‌های مختلف در جهت کاهش آلودگی هوای تهران در دوره زمانی ۱۳۸۷-۸۹

موضوعات	پاسخ‌ها (R)	مقدار
	شاخص	
معاینه فنی	صدور برچسب معاینه فنی خودروهای سبک	تعداد در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
	صدور برچسب معاینه فنی خودروهای سنگین	تعداد در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
حمل و نقل عمومی	صدور برچسب معاینه فنی موتورسیکلت	تعداد در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
	درصد سهم حمل و نقل عمومی در سفرهای درون‌شهری	مقدار در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
	درصد سهم حمل و نقل ریلی در سفرهای درون‌شهری	مقدار در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
	درصد سهم حمل و نقل با اتوبوس در سفرهای درون‌شهری	مقدار در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
	توسعه شبکه اتوبوس‌رانی تندرو	مقدار در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
خودروهای فرسوده	تعداد کل گواهی فرسودگی خودروهای سبک صادره در دوره مطالعاتی ۱۳۸۷-۸۹	۷۱۱۵
پایش آلودگی هوا	تعداد ایستگاه فعال	تعداد در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
فضای سبز	نسبت مساحت فضای سبز به مساحت مناطق	مقدار در سال ۱۳۸۹
		متوسط رشد سالانه ۱۳۸۷-۸۹
مسیرهای دوچرخه	مسیرهای دوچرخه موجود تا پایان سال ۱۳۸۹	۱۱۲ کیلومتر

(سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، ۱۳۹۰)، (معاونت برنامه‌ریزی دفتر آمار و اطلاعات استانداری تهران، ۱۳۸۹)،

(شرکت مطالعات حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۰)

برای دستیابی به راهکارهای مناسب و اصولی، این پاسخ‌ها به ترتیب اجزای مدل در شکل ۴ ارائه شده است.

۴. ارائه راهکارهای پیشنهادی به تفکیک شاخص‌ها
با توجه به اینکه هدف نهایی مدل (DPSIR) ارائه پاسخ‌هایی در جهت رفع نواقص به صورت اصولی و با توجه به ارتباطات علی- معلولی است، در این تحقیق،



شکل ۴. ارائه راهکارهای مؤلفه هوا به تفکیک اجزای مدل (DPSIR)

۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ کاهش داشته و در سال ۱۳۸۹ قابل توجه بوده است. تعداد روزهای پاک نیز در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ کمترین مقدار در بین سال‌های ذکر شده است. با توجه به روزهای پاک و سالم، وضعیت آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ نامطلوب‌تر شده است.

آثار آلودگی هوا نیز در سلامتی انسان واضح و مشخص است. بیماری‌های قلبی - عروقی مهم‌ترین دلیل مرگ و میر در تهران است که با آلودگی‌های محیط‌زیستی به خصوص آلودگی هوا ارتباط مستقیم دارد، به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۰، ۴۵/۵ درصد از کل مرگ‌ها به این علت بوده است.

بررسی پاسخ‌های موجود نیز نشان‌دهنده تمرکز بر توسعه حمل و نقل عمومی و مترو در تهران بوده است، اما مهاجرت روزافزون جمعیت به تهران و نواحی اطراف آن و رفت و آمد این جمعیت به شهر، به کاهش اقدامات صورت‌گرفته منجر می‌شود.

شایان ذکر است که علاوه بر مسائل انسانی، ویژگی‌های طبیعی مانند شرایط اقلیمی، توپوگرافی و مسئله ریزگردها به‌منزله معضل محیط‌زیستی در مقیاس کشوری از جمله عوامل مهم در ایجاد آلودگی هوای تهران به شمار می‌روند که باید در برنامه مدیریت آلودگی هوای تهران مورد توجه قرار داده شوند.

به طور کلی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹، آلودگی هوای کلان‌شهر تهران بیشتر شده و از طرفی اقدامات صورت‌گرفته برای کاهش این آلودگی روند مثبتی نداشته است.

شاید دلیل این مسئله به ریشه‌یابی نکردن صحیح معضل آلودگی هوای تهران بازمی‌گردد، زیرا همان‌طور که اشاره شد، تمرکز بیش از حد و روزافزون جمعیت و فعالیت‌ها در این شهر و در نتیجه نیاز روزافزون به حمل و نقل سرمنشأ مسئله آلودگی هوای تهران است که لازم است برای آن چاره‌اندیشی شود و اتخاذ سیاست‌های

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

آلودگی هوا نیز از معضلات اصلی شهرهای صنعتی و بزرگ مانند تهران است. در این مطالعه بر اساس مدل علی - معلومی (DPSIR) مشخص شد که تمرکز و تراکم جمعیت (ساکن و غیر ساکن) در تهران و به دنبال آن نیاز به حمل و نقل و در نتیجه استفاده از سوخت‌های فسیلی، از جمله مهم‌ترین نیروهای محرکه ایجادکننده آلودگی هواست. تهران با بیش از ۸ میلیون نفر جمعیت از جمله کلان‌شهرهای آلوده دنیا محسوب می‌شود. همچنین، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی به خصوص بنزین در دوره زمانی مورد مطالعه تا حدی افزایش نشان می‌دهد.

تعداد وسایل نقلیه موجود در شهر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در آلودگی هوای تهران است. مطالعات در زمینه تعداد ناوگان انواع مختلف وسایل نقلیه در تهران، بیانگر وجود ۰/۵۱ دستگاه خودرو شهروند تهرانی در تهران بوده است که این آمار بدون احتساب ورود و خروج وسایل نقلیه از مبادی ورودی به شهر است. در میان این محورها، اتوبان کرج با بیش از ۱۸ درصد ورودی و خروجی، بیشترین سهم را دارد. بر این اساس، وجود و حضور خودروها در سطح شهر از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در آلودگی هوای تهران است که با وجود اقداماتی نظیر محدوده‌های طرح ترافیک و زوج - فرد، باز هم حجم وسیعی از خودروها در سطح تهران حضور دارند که لازم است برای این معضل چاره‌اندیشی ریشه‌ای صورت گیرد.

در بحث فشار، میزان انتشار از منابع متحرک در سال ۱۳۸۸ بیشترین مقدار در میان سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ است. بر اساس سوخت مصرفی، بیشترین سهم انتشار از منابع متحرک در کلان‌شهر مربوط به بنزین است و بعد از آن به ترتیب نفت - گاز، گاز طبیعی و گاز مایع در رده‌های بعدی قرار دارند. در میان بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف نیز، بیشترین میزان انتشار مربوط به بخش حمل و نقل بوده است.

در بخش وضعیت، تعداد روزهای سالم در سال‌های

تحقیق مشابهی در مجلات داخلی منتشر نشده است. در مجلات خارجی نیز از این چارچوب عمدتاً در خصوص مدیریت خاک و اجزای ثابت اکوسیستم استفاده شده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش بر اساس مطالعات انجام‌شده در راستای تدوین دومین گزارش بررسی وضعیت محیط‌زیست تهران (SoE) (۱۳۸۷-۸۹) تدوین شده است که نویسندگان بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را از دست‌اندرکاران و کارفرمای محترم طرح «مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران» اعلام می‌دارند.

یادداشت‌ها

1. State of Environment (SoE)
2. Driving force- Pressure- State- Response (DPSIR)

تمرکززدایی از تهران در اولویت برنامه‌ها قرار گیرد. این مطالعه، در راستای تکمیل سایر بررسی‌ها در خصوص آلودگی هوای تهران، علاوه بر بررسی وضعیت و روندها از گذشته تاکنون، با استفاده از مدل علی- معلولی (DPSIR) سعی در ریشه‌یابی و ارائه تصویری از عوامل در هم تنیده و به هم پیوسته دخیل در وضعیت هوای تهران و آثار و نتایج آن داشته است. سایر بررسی‌ها در زمینه آلودگی هوای تهران، اغلب با تأکید بر موضوعات فنی و مدل‌سازی و با ارتباط کمتر با بخش سیاست‌گذاری بوده است. این در حالی است که این تحقیق سعی در ارائه مدلی یکپارچه و جامع‌تر در جهت بررسی مسائل محیط‌زیستی کلان‌شهرها با تأکید بر آلودگی هوا دارد. در این تحقیق برای اولین بار با استفاده از مدل نیروی محرکه- فشار- وضعیت- اثر- پاسخ (DPSIR) به بررسی عناصر کلیدی و مؤلفه‌های مهم و مؤثر در معضل آلودگی هوای تهران پرداخته شده است. با استفاده از چارچوب ذکرشده،

منابع

- آمارنامه شهر تهران. ۱۳۸۶. سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- آمار و اطلاعات شهر و شهرداری تهران. ۱۳۹۱. بازیابی در ۱۳۹۲، از <http://www.tehran.ir>.
- احمدی‌مقدم، م. و محمودی، پ. ۱۳۹۲. تحلیل داده‌های آلودگی هوای تهران در دهه اخیر (۱۳۷۹-۱۳۸۸)، شماره ۶ (۱)، صص ۳۳-۴۴.
- بیران، ص. و غمخوار، ع. ر. ۱۳۸۶. خسارات آلودگی هوای تهران، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره ۱۵، صص ۲۵-۳۱.
- پریور، پ. ۱۳۹۲. تدوین چارچوب منسجم ارزیابی راهبردی محیط‌زیستی برنامه‌های توسعه شهری بر اساس تفکر تاب‌آوری و اصول اکولوژی شهری، رساله دکتری در رشته برنامه‌ریزی محیط‌زیست، استاد راهنما: خانم دکتر شهرزاد فریادی، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران.
- پژوهشکده حمل و نقل طراحان پارسه. ۱۳۹۲. مطالعه و تعیین نظام محاسبه تعرفه بهینه و متناسب عوارض مالکیت خودرو در تهران بزرگ، ویرایش اول، شهرداری تهران.
- جایکا. ۱۳۷۶. چکیده گزارش طرح جامع کنترل آلودگی هوای تهران بزرگ، شرکت کنترل کیفیت هوا.
- زارعی‌فرد، ح. ر. و جعفری‌خالدی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی و کاربرد مدل فضایی گاوسی- لگ گاوسی برای پیشگویی بیزی استوار داده‌های آلودگی هوای تهران، مجله پژوهش‌های آماری ایران، شماره ۶ (۱)، صص ۱-۲۳.
- سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران. ۱۳۹۰. آمارنامه شهر تهران، تهران، شهرداری تهران.
- شرکت مطالعات حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران. ۱۳۹۰. آمار حمل و نقل و ترافیک شهر تهران.

شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۳۹۰. گزیده آمار حمل و نقل و ترافیک شهر تهران.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۳. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۴. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۵. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۶. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۷. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۸. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۸۹. آمارنامه انرژی.
 شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران. ۱۳۹۰. آمارنامه انرژی.
 شفیع‌پورمطلق، م. ۱۳۸۷. مهندسی آلودگی هوا، مؤسسه نشر شهر.

قسامی، ط.، علی‌اکبری بیدختی، ع.، صداقت‌کردار، ع. و صحرائیان، ف. ۱۳۸۶. بررسی شرایط هم‌مدیدی حاکم در چند دوره بحرانی آلودگی هوای شهر تهران، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۹ (۳)، صص ۲۲۹-۲۳۸.

قنبری، ح. ع. و عزیزی، ق. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران بر اساس الگوی باد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۸، صص ۱۵-۳۲.

متصدی زرنندی، س. و رزاقی، آ. ۱۳۸۸. پیشنهاد بازنگری طرح جامع کاهش آلودگی هوای شهر تهران در خصوص منو اکسید کربن، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۱۱ (۳)، صص ۵۱-۶۰.

مرکز تحقیقات خودرو، سوخت و محیط‌زیست. ۱۳۹۰. طرح جامع آلودگی هوای تهران.

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران. ۱۳۹۰. گزارش وضعیت محیط‌زیست شهر تهران (SoE) (۱۳۷۷-۸۶).

معاونت برنامه‌ریزی دفتر آمار و اطلاعات استانداری تهران. ۱۳۸۹. سالنامه آماری استان تهران، استانداری تهران.

Atkins, J. P., Burdon, D., Elliott, M. and Gregory, A. J. 2011.. Management of the marine environment: Integrating ecosystem services and societal benefits with the DPSIR framework in a systems approach 62, 215-226.

Bidone, E. D. and Lacerda, L. D. 2004. The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil. Regional Environmental Change. 4, 5-16.

EEA. 1999. Environmental Indicators: Typology and Overview.

EEA. 2007. Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. European Environment Agency.

Gabrielsen, P. and Bosch, P. 2003. Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting. European Environment Agency.

Ness, B., Anderberg, S., and Olsson, L. 2010. Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. Geoforum. 41, 479-488.