

برآورد خسارات ناشی از پدیده ریزگردها بر سلامت افراد در ایران (مطالعه موردی: استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان)

داود دانش‌جعفری^۱، حمید آماده^۲، شادیه خون‌سیاوشان^{۳*}

daneshjafari@yahoo.com

۱. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی،

amadeh@gmail.com

۲. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی،

۳. کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۶/۲۸

تاریخ وصول مقاله: ۹۳/۸/۴

چکیده

پدیده گرد و غبار دارای آثار سوئی در سلامت افراد همانند مرگ و میر، بیماری‌هایی نظیر برونشیت مزمن، آسم و عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان است. هدف مطالعه حاضر برآورد تعداد موارد مرگ و میر زودرس، عوارض بیماری و هزینه‌های اقتصادی این آثار ناشی از ذرات معلق PM_{10} در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان در سال ۱۳۸۹ بوده که با استفاده از روش‌های واکنش دز، ارزش آماری زندگی و هزینه بیماری محاسبه شده است. نتایج نشان‌دهنده ۲۷۸۳، ۷۵۲ و ۳۷۰ مورد مرگ و میر به ترتیب در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان است و ۱۲۳۶۱ مورد پذیرش بیمارستان، ۲۴۴۱۵۷ ویزیت اورژانس، ۴۴۵۳۴۷۹۳ روز فعالیت محدودشده، ۴۴۶۰۰۸ عفونت تنفسی خفیف در کودکان، ۵۹۷۵۱۵۹۸ حملات آسم و ۶۳۰۴۷ برونشیت مزمن در استان‌های منتخب بوده است. کل هزینه مرگ و میر مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} با استفاده از روش ارزش آماری زندگی در استان‌های منتخب به ترتیب ۳۵۰۶۵۸۰۰۰۰، ۹۴۷۵۲۰۰۰۰ و ۴۶۶۲۰۰۰۰۰ دلار و با استفاده از روش دیه به ترتیب ۱۰۰۰۰۰، ۲۰۷۱۵ و ۱۰۳۳۲ میلیون تومان برآورد شده است. هزینه‌های مستقیم پزشکی بیماری‌های آسم، برونشیت مزمن و عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان در استان‌های منتخب به ترتیب ۳۵۶۴۵، ۳۷ و ۲۶۶ میلیارد تومان و متوسط هزینه فرصت هر بیمار ۸۵۷۷۵ تومان محاسبه شده است.

کلیدواژه

آلودگی هوا، آثار سلامتی، ارزش آماری زندگی، تابع واکنش دز، هزینه بیماری.

۱. سرآغاز

آلودگی آب و هوا، حمایت محیط‌زیست از زندگی انسان به صورت کاهش ابتلا به بیماری‌ها و کاهش ناتوانی‌های افراد و افزایش امید به زندگی جلوه می‌کند. هر ساله بشر با دست خود میلیون‌ها تن از آلوده‌کننده‌ترین و سمی‌ترین مواد را وارد محیط‌زیست می‌کند. این مواد پس از انباشته شدن و گاهی انتشار به صورت باران‌های اسیدی بر سر مردم و محیط‌زیست فرو می‌ریزند و دیگر مرزهای سیاسی و جغرافیایی مفهوم خود را از دست می‌دهند. کمترین عوارض این هوای آلوده پیدایش آلرژی‌ها و نارسایی‌های تنفسی، قلبی و سرطان است.

هم‌اکنون مقوله محیط‌زیست از جمله عمده‌ترین دل‌مشغولی‌های اقتصاددانان به شمار می‌آید، زیرا هدف نهایی علم اقتصاد تأمین بالاترین سطح کیفی مصرف در قبال منابع محدود و صرفه‌جویی در این منابع است. دسترسی به محیط‌زیست سالم و پاک به منزله افزایش توان اقتصادی جامعه است و تقریباً منشأ تمام اقلام مصرفی بشر منابع طبیعی کره زمین است، از این‌رو حفظ محیط‌زیست مبنای اولیه تداوم تولید و در نتیجه مصرف به شمار می‌آید و از سوی دیگر متوسط طول عمر هر انسان کاملاً با محیطی که در آن زندگی می‌کند پیوستگی دارد. با کاهش

ژنتیکی در ساختار DNA ویروس‌ها و ایجاد ویروس‌های نوپدید یا بازپدید در قسمت‌های تحتانی دستگاه تنفسی می‌شود و در نتیجه خطر ابتلا به سرطان‌های تنفسی را نیز در پی دارد. همچنین، در بلندمدت روی افرادی که در معرض این پدیده قرار دارند به صورت بیماری انسداد مزمن مجاری تنفسی و چسبندگی ریه ظاهر می‌شود. بروز عفونت‌های تنفسی و ایجاد حملات تنفسی در بیماران مبتلا به آسم یا برونشیت از جمله عوارض کوتاه‌مدت پدیده گرد و غبار بر سلامت افراد است. اثر ذرات در انسان اساساً به علت سمی بودن ذاتی ذره یا تداخل ذرات با مکانیسم‌های تنفسی بدن است. ذرات ریزتر گرد و غبار آثار بالقوه مهمی در سلامت انسان دارند، به طوری که بسیاری از مواد سرطان‌زا در این ذرات ریز یافت شده‌اند که سبب ایجاد اسکارینگ یا فیروز می‌شوند و بیشتر در افرادی که دچار حساسیت‌های راه‌های تنفسی یا همان بیماری آسم هستند تأثیر می‌گذارند، در این افراد حالاتی نظیر تنگی نفس، سرفه، خس خس سینه مشاهده می‌شود (فخیمی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به پیامدها و آثار سوء گرد و غبار در سلامتی انسان و تحمیل هزینه‌های سنگین بر دولت‌ها و جامعه در این زمینه، اهمیت و ضرورت شناسایی این پدیده و نیاز به برآورد خسارات ناشی از این پدیده بر سلامتی را به منظور ایجاد بینشی وسیع‌تر نسبت به پیامدهای توفان‌های گرد و غبار افزایش داده است. مطالعه حاضر با هدف برآورد تعداد مرگ و میرهای زودرس و عوارض بیماری و برآورد هزینه‌های اقتصادی این آثار منتسب به آلودگی ذرات معلق هوای استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان در سال ۱۳۸۹ انجام شده و PM_{10} نیز به‌منزله شاخص آلودگی هوا به کار رفته است.

کریم‌زادگان و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات‌شان هزینه‌های خسارت سلامتی آثار انواع آلاینده‌ها؛ دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ذرات معلق و مونو اکسید کربن را با استفاده از توابع غلظت پاسخ برای تهران در

یکی از آلودگی‌های هوا که در سال‌های اخیر گاهی در مناطق غرب و جنوب‌غربی و به‌تازگی در مرکز ایران شاهد آن بوده‌ایم، پدیده گرد و غبار است. این پدیده که در اثر تغییرات آب و هوایی به دلیل کاهش بارندگی و خشکسالی در مناطق صحرائی اکثر کشورها مانند عراق، عربستان، ایران، پاکستان و ... در فصول گرم سال رخ می‌دهد و می‌توان از آن به‌منزله یک فرایند طبیعی جغرافیایی نام برد، در چند سال اخیر در اثر گسترش بیابان‌ها و فعالیت‌های انسانی سبب خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها و جابه‌جایی توده عظیمی از خاک دانه‌ریز در کشور عراق، سوریه و عربستان و به صورت جبهه عظیمی از گرد و غبار و آلودگی شدید هوا در مناطق گسترده‌ای از ایران شده است. آثار پدیده گرد و غبار ممکن است تا فاصله ۴۰۰۰ کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته باشد و سبب بروز آثار نامطلوب زیستی و بروز خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی شود. همچنین، سبب مسدود کردن قنات‌ها و کانال‌های آبیاری، آلوده کردن آب‌های سطحی، گسترش بیابان‌ها و نواحی خشک، تصادف و برخورد وسایل نقلیه و تلفات جانی مرتبط با آن، از کار انداختن سیستم‌های رایانه‌ای می‌شود (زلفی، ۱۳۹۰).

ذرات گرد و غباری که ابعاد بسیار ریزی در حد ۱۰ میکرون دارند، وارد بخش‌های انتهایی دستگاه تنفسی می‌شوند و پس از وارد شدن به جریان خون به ارگان‌های مختلف بدن آسیب می‌رسانند و موجب بیماری‌های قلبی و تنفسی مختلفی مانند فیروزیس ریوی، سرطان ریه، بروز حساسیت و برونشیت، آسم، نیومونی و آمفیزم، التهاب ریوی و کاهش مکانیسم دفاعی بدن، ایجاد سرفه‌های طولانی در کودکان و تشدید حملات تنفسی می‌شوند. گرد و غبار عوارض بلندمدت و کوتاه‌مدت را موجب می‌شود. عوارض بلندمدت این پدیده بر سلامتی، ناشی از جایگزین شدن دائمی ذرات معلق و آلوده به ویروس‌ها در قسمت تحتانی دستگاه تنفسی است که سبب پدیده جهشی

حدود ۶۲۵۴۰ میلیون دلار امریکا بوده که ۱/۰۳ درصد تولید ناخالص است.

بانک جهانی در گزارشی در سال ۲۰۰۵ خسارات سلامتی ناشی از آلودگی هوا در اثر ذرات معلق را در شهرهای بزرگ ایران برای سال ۲۰۰۲ بررسی کرده است. در این گزارش عمدتاً آثار ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} روی سلامتی با استفاده از توابع دز واکنش در نظر گرفته شده و برای برآورد تعداد مرگ و میر یا موارد بیماری مرتبط با ذرات از یک شاخص با عنوان DALYs^۱ (سال‌های زندگی ناتوانی تعدیل‌شده) استفاده و کل تعداد DALYs از دست‌رفته (ترکیب مرگ و میر و آثار بیماری) حدود ۱۹۱۰۰۰ مورد در سال ۲۰۰۲ تخمین زده شده است. بنابراین، هزینه سالانه DALYs از دست‌رفته ناشی از آلودگی هوا در محدوده ۳۳۰ میلیون تا ۲ میلیارد دلار است. کل هزینه سالانه درمان پزشکی از طریق رویکرد هزینه بیماری ۶۸۲۱۵۰۰ دلار و کل هزینه سالانه زمان از دست‌رفته برای بیماری نیز ۱۹۴۱۶۱۰۰ دلار برآورد شده است.

دشنگ و شیکو (۲۰۰۲) در مطالعه خود اثر ذرات PM_{10} را در سلامتی با استفاده از تابع غلظت پاسخ در شهرهای دلتای رود مروارید در سال ۲۰۰۶ بررسی و برای پولی کردن این آثار از روش‌های ارزش‌گذاری مشروط (CV)، رویکرد سرمایه انسانی تعدیل‌شده^۵ (AHC) و روش هزینه بیماری (COI)^۶ استفاده کرده‌اند. کل خسارت اقتصادی وارده بر سلامتی از آلودگی PM_{10} در سال ۲۰۰۶ با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و هزینه بیماری، ۲۲۳۸۳ میلیارد یوان معادل ۱/۰۴ درصد کل تولید ناخالص داخلی این شهرها بوده است. همچنین، با استفاده از روش‌های سرمایه انسانی تعدیل‌شده و هزینه بیماری، ۱۱۷۳۰ میلیارد یوان معادل ۰/۵۴ درصد کل تولید ناخالص داخلی بوده است.

بانک جهانی در سال ۲۰۰۷ با استفاده از توابع غلظت پاسخ به محاسبه تعداد موارد مرگ و میر تمام علل و عوارض بیماری از قبیل تعداد پذیرش بیمارستان برای

۲۰۰۲ تعیین کرده‌اند. در این مطالعه کل هزینه‌های مستقیم پزشکی از تعداد کافی بیمارستان‌های عمومی انتخاب‌شده، ۳۲۵۸۲۵۵،۴۸ دلار امریکا و کاهش احتمالی مرگ و میر زودرس از طریق روش ارزش آماری زندگی (VOSL)^۱ ۲۳۲۵۳۸۶۸۴،۳۸ دلار تخمین زده شده و از روش ارزش‌گذاری مشروط^۲ برای تمایل به پرداخت اجتماعی جلوگیری از ۱۰ علائم مختلف بیماری استفاده شده است. در نهایت کل هزینه خسارت سلامتی آلودگی هوای تهران ۶۶۳۷۷۶۲۷۶ دلار امریکا تخمین زده شده است.

کوه و بون (۲۰۰۳) در مقاله خود با استفاده از رویکرد توابع دز واکنش آثار مرگ و میر و عوارض بیماری آلودگی هوا در سنگاپور را در سال ۱۹۹۹ تخمین زده‌اند که کل تعداد موارد مرگ و میر ۵۱۹ مورد که ۴/۲ درصد کل موارد مرگ و میر است، تخمین زده شده است. برای برآورد ارزش پولی مرگ زودرس ناشی از PM_{10} از روش ارزش آماری زندگی ۱۷۷۳ میلیون دلار به دست آمده است. هزینه عوارض بیماری نیز با استفاده از روش انتقال منافع^۳ و بر اساس ارزش واحد اقتصادی تخمین زده‌شده در امریکا از سوی رو و همکاران (۱۹۹۵)، ۱۸۸۹ میلیون دلار محاسبه و کل هزینه خسارات ۳۶۶۲ میلیون دلار تخمین زده شده است.

هنگ چن و کان (۲۰۰۴) آثار بهداشتی مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} شامل مرگ و میر (بلندمدت) و عوارض (برونشیت مزمن، بستری‌شدن در بیمارستان، ویزیت سرپایی، برونشیت حاد، حملات آسم و ...) را در شانگ‌های چین در سال ۲۰۰۱ با استفاده از تابع دز واکنش بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک و ضرایب به‌دست‌آمده از مطالعات انجام‌شده در چین محاسبه کرده‌اند. هزینه اقتصادی مرگ و میر زودرس بر اساس روش ارزش آماری زندگی ۵۱۸/۶۳ میلیون دلار تخمین زده شده است. همچنین، برای محاسبه هزینه پذیرش بیمارستان و ویزیت سرپایی از رویکرد هزینه بیماری استفاده شده است. کل هزینه‌های اقتصادی آثار سلامتی ناشی از آلودگی ذرات هوا

زندگی برای هزینه مرگ و میر و از روش انتقال منافع و ضرایب و ارزش‌های واحد اقتصادی بیماری برای تعیین هزینه عوارض بیماری استفاده شده است.

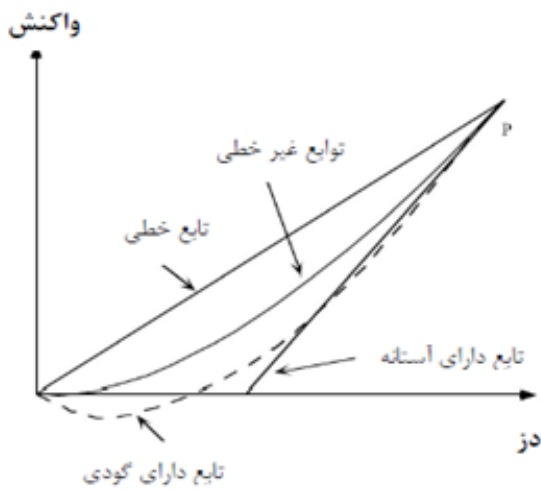
شین و همکاران (۲۰۱۱) هزینه خسارت $PM_{۲/۵}$ را ارزیابی کرده‌اند. ارزیابی ریسک سلامتی بر اساس تابع غلظت پاسخ برای تخمین ریسک جمعیت سالانه در سئول انجام شده است. همچنین، تمایل به پرداخت برای کاهش نرخ مرگ و میر به منظور ارزیابی ارزش آماری زندگی تخمین زده شده است. نتایج تخمین ریسک جمعیت $PM_{۲/۵}$ طی یک سال در سئول ۲۱۸۱ مرگ و میر زودرس برای موارد و بیماری‌های حاد و ۱۸۵۱۰ مرگ و میر زودرس برای موارد و بیماری‌های مزمن را نشان داده است. میانگین ماهانه تمایل به پرداخت برای کاهش مرگ و میر بالاتر از ۱۰ سال ۲۰۲۰ دلار آمریکا و ارزش آماری زندگی ۴۸۵۰۰۰ دلار تخمین زده شده است. هزینه خسارت ناشی از $PM_{۲/۵}$ در سئول حدود ۱۰۵۷ میلیون دلار برای موارد حاد و ۸۹۷۲ میلیون دلار برای موارد مزمن تخمین زده شده بوده است.

پاسکال و همکاران (۲۰۱۳) آثار بهداشتی در ۲۵ شهر اروپایی در دوره ۲۰۰۴-۲۰۰۵ برای آثار کوتاه‌مدت ازن در بستری شدن به علت بیماری تنفسی در بیمارستان، آثار بلندمدت ازن در مرگ و میر تنفسی، آثار کوتاه‌مدت $PM_{۱}$ در بستری شدن قلبی-تنفسی در بیمارستان و آثار بلندمدت $PM_{۲/۵}$ در مرگ و میر قلبی و تنفسی بر اساس تابع واکنش غلظت را ارزیابی کرده‌اند. برای ارزش‌گذاری کاهش مرگ و میر از روش آماری زندگی ارزش عمومی بین ۰/۰۶ و ۱۰ میلیون یورو را نشان داده است. برای بستری شدن در بیمارستان رویکرد هزینه بیماری به کار گرفته شده است. هزینه‌های مستقیم پزشکی مربوط به بستری شدن از میانگین هزینه هر روز بستری شدن و میانگین مدت اقامت در بیمارستان و هزینه‌های غیرمستقیم پزشکی از میانگین

بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی و برونشیت مزمن در مناطق شهری چین در سال ۲۰۰۳ پرداخته است. برای محاسبه هزینه پولی آلودگی هوا از رویکرد سرمایه انسانی تعدیل شده و تمایل به پرداخت برای ارزش هر دو مرگ و میر زودرس و برونشیت مزمن استفاده شده است. میانگین هزینه کل سلامتی مرتبط با آلودگی هوا در صورت محاسبه با روش سرمایه انسانی تعدیل شده ۱۵۷ و ۵۲۰ میلیارد یوان در صورت محاسبه با روش تمایل به پرداخت تخمین زده شده است.

ژنگ و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله خود از تابع دز واکنش برای رابطه آلودگی هوا و آثار بهداشتی در ۱۱۱ شهر چین در سال ۲۰۰۲ استفاده کرده‌اند. از روش ارزش آماری زندگی برای ارزش آثار مرگ و میر که از مطالعه ارزش‌گذاری مشروط انجام شده در چونگ کینگ برای ارزش آماری زندگی گرفته شده است، استفاده کرده است که هزینه اقتصادی مرگ و میر ۲۵۷۹۷۰۷ دلار محاسبه شده است. همچنین، هزینه اقتصادی برونشیت و آسم از نتایج شانگ‌های و تفاوت درآمد بین شانگ‌های و شهرهای موردنظر به ترتیب ۳۱۳۶۲ و ۱۰۰ دلار محاسبه شده‌اند. هزینه بستری شدن در بیمارستان و ویزیت سرپایی (طب داخلی و اطفال) با روش هزینه بیماری محاسبه شده‌اند. کل هزینه اقتصادی ناشی از آلودگی $PM_{۱}$ ، ۲۹۱۷۸۰۶ میلیون دلار تخمین زده شده است.

پیریس و کراودز (۱۹۹۱) در مقاله خود هزینه‌های اجتماعی اثر تولید گازهای گلخانه‌ای در افزایش مرگ و میر و بیماری در انگلستان را ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان داده است که موارد مرگ و میر زودرس در مناطق شهری انگلستان به تنهایی نزدیک به ۵۰۰۰ مورد در سال ۱۹۹۳ بوده و کل هزینه‌های اجتماعی از مرگ و میر و بیماری به علت ذرات موجود در هوا ۱۴ میلیارد پوند تخمین زده شده که حدود ۵۰ درصد به تولید گازهای گلخانه‌ای وسیله نقلیه جاده نسبت داده شده است. از روش ارزش آماری



شکل ۱. فرم تابعی توابع دز واکنش

اوسترو در مطالعاتی که در سال ۱۹۹۴ در جاکارتا پایتخت اندونزی انجام داد، رابطه زیر را برای برآورد آثار سلامتی ناشی از آلودگی هوا ارائه کرده است. در این مطالعه توابع واکنش دز شناسایی و بر اساس مطالعات موجود تا سال ۱۹۹۴ اصلاح شده‌اند.

تابع واکنش دز توسعه یافته استرو (۱۹۹۴) به صورت زیر است:

$$dH_{ij} = a_{ij} \times POP_i \times dA_i \quad (1)$$

dH_{ij} : تغییر در ریسک جمعیتی اثر سلامتی i ناشی از آلاینده j

a_{ij} : شیب منحنی واکنش دز برای اثر سلامتی i ناشی از آلاینده j

POP_i : جمعیت در معرض خطر و تحت تأثیر اثر سلامتی i

dA_i : تغییر در غلظت آلاینده هوای محیط.

از آنجا که اختلاف‌هایی بین ضرایب برآورد شده در مطالعات مختلف وجود دارد، سه برآورد در مورد آثار سلامتی (برآورد حد بالایی، حد پایینی و برآورد مرکزی) ارائه شده است.

ناخالص از دست دادن تولید در هر روز و میانگین مدت اقامت در بیمارستان محاسبه شده است.

۲. مواد و روش بررسی

در این مقاله از یک روش سه مرحله‌ای برای تخمین هزینه آلودگی ذرات معلق استفاده شده است. مرحله اول تعیین غلظت آلاینده‌های محیط (PM_{10})، مرحله دوم تخمین آثار سلامتی ناشی از قرارگرفتن در معرض آلاینده‌ها بر اساس یک روش شناسی پذیرفته شده - تابع خسارت - با استفاده از رویکرد تابع واکنش دز و مرحله سوم تعیین ارزش اقتصادی (پولی) این خسارت است.

۱.۲. آثار آلودگی ذرات هوا در سلامتی

استفاده از توابع واکنش دز به منظور بررسی روابط آماری بین آلودگی و پیامدهای سلامتی انسان، در مطالعات بسیار مرسوم است. تابع واکنش دز، مقدار یک آلاینده را که جمعیتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به اثر فیزیکی آن روی این جمعیت مرتبط می‌کند. براساس دانش کنونی، توابع دز واکنش در سطح یک جمعیت برای آثار سلامتی آلاینده‌های معمول (PM , Sox و NOx) به صورت خطی و بدون آستانه ظاهر می‌شود و یک محاسبات ساده برای آن‌ها کافی است. اکثر مطالعات همه‌گیرشناسی توابع دز واکنش صریحی را گزارش نمی‌کنند و برای بررسی ارتباط آلودگی هوا با آثار سلامتی بر مبنای یک تابع ریسک نسبی به فرم رگرسیون پواسن عمل می‌کنند. به علت فقدان مطالعات همه‌گیرشناسی برای اغلب کشورها، اکثر مطالعات مجبورند از اندک مطالعات بین‌المللی انجام شده در ایالات متحده و اروپا استفاده کنند. فرم تابعی برای توابع دز واکنش به صورت شکل ۱ است، به نظر می‌رسد خطی بودن بدون آستانه، پذیرفتنی‌ترین حالت برای آثار سلامتی ناشی از آلاینده‌های هوا باشد (مرفع و همکاران، ۱۳۹۰).

b: ضریب مرگ و میر ۰/۰۶۲، ۰/۰۹۶ و ۰/۱۳ به ترتیب برای برآورد پایین‌تر، مرکزی و بالاتر است.

۲.۱.۲. برآورد عوارض بیماری منتسب به PM_{10}
یک رویکرد مشابه معادله ۵ نیز برای تخمین آثار تغییرات در کیفیت هوا در بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا استفاده می‌شود.

$$\Delta \text{Morbidity} = C_i \times \text{POP} \Delta PM_{10} \quad (۶)$$

که در آن:

C_i : ضرایب عوارض بیماری برای واحد مجزای آثار عوارض؛
POP: جمعیت در معرض خطر.

آثار بیماری ناشی از آلودگی ذرات PM_{10} پذیرش بیمارستان برای بیماری‌های تنفسی، ویزیت اورژانس، روزهای فعالیت محدودشده، عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان، حملات آسم و برونشیت مزمن در نظر گرفته شده‌اند.

ضرایب عوارض بیماری برای واحدهای مختلف آثار عوارض غلظت PM_{10} که رو و همکاران (۱۹۹۵) تعمیم داده‌اند، به کار گرفته می‌شوند (Quah and Boon, 2003).

۱.۱.۲. برآورد مرگ و میر منتسب به PM_{10} در کوتاه‌مدت

بر اساس بررسی ادبیات استرو (۱۹۹۴) برآورد مرکزی تغییر در مرگ و میر مرتبط با تغییر در PM_{10} به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\%dH_{MT} = ۰/۰۹۶dPM_{10} \quad (۲)$$

dH_{MT} : تغییر در مرگ و میر (تخمین مرکزی) است.

این معادله بیان می‌کند که ۱ میکروگرم بر متر مربع تغییر در غلظت PM_{10} با ۱ درصد تغییر در مرگ و میر مرتبط است.

در مطالعات استرو (۱۹۹۴) برای برآوردهای بالاتر و پایین‌تر ضرایب ۰/۱۳ و ۰/۰۶۲ به ترتیب در نظر گرفته شده‌اند.

$$\%dH_{MT} = ۰/۱۳dPM_{10} \quad (۳)$$

$$\%dH_{MT} = ۰/۰۶۲dPM_{10} \quad (۴)$$

تعداد موارد مرگ و میر زودرس ناشی از PM_{10} پس از این به این صورت بیان می‌شود:

$$\Delta \text{Mortality} = b \times \Delta PM_{10} \times ۰/۰۱ \times \text{Crude Mortality Rate} \times \text{POP} \quad (۵)$$

Crude Mortality Rate × POP

POP: جمعیت در معرض خطر؛

جدول ۱. ضرایب بیماری برای هر اثر بیماری

تخمین بالاتر	تخمین مرکزی	تخمین پایین‌تر	عوارض بیماری
$۱/۷۳ \times ۱۰^{-۵}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۵}$	$۰/۶۶ \times ۱۰^{-۵}$	پذیرش بیمارستان بیماری تنفسی
$۳۵/۴ \times ۱۰^{-۵}$	$۲۳/۷ \times ۱۰^{-۵}$	$۱۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$	ویزیت اورژانس
۰/۰۷۸	۰/۰۵۸	۰/۰۲۹	روزهای فعالیت محدودشده
۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۰	عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان
۰/۱۹۶	۰/۰۵۸	۰/۰۳۳	حملات آسم
$۹/۳ \times ۱۰^{-۵}$	$۶/۱۲ \times ۱۰^{-۵}$	۳×۱۰^{-۵}	برونشیت مزمن

Euston Quah and Tay Liam Boon (2003)

۵: کاهش درآمدی تمایل به پرداخت.

به منظور دستیابی به دقت بیشتر در این مطالعه از سه کاهش درآمد ۱، ۱/۵ و ۲ استفاده می‌شود که این کاهش‌ها را بولد و بگین (۲۰۰۱) در محدوده ۱/۵۲ تا ۲/۲۶۹ تخمین زده‌اند.

بنابراین، کل هزینه مرگ و میر مرتبط با ذرات معلق مساوی است با:

$$dT = \sum V_i dH_i \quad (۸)$$

dT : هزینه مرگ و میر؛

V_i : ارزش آماری زندگی؛

dH_i : تعداد موارد مرگ و میر.

۲.۱.۲.۲. هزینه مرگ و میر بر اساس روش دیه

روش دیه تنها روش اجرایی جبران خسارت (غیر عمد) در کشور است. از آنجا که اصول حاکم بر آن برای قرون متمادی ثابت باقی مانده است، هر ساله ارزش ریالی آن طبق فتوای رهبری از طریق وزارت دادگستری به‌منزله مبنایی برای عملکرد محاکم قضایی و شرکت‌های بیمه اعلام می‌شود. مقدار ارزش در این روش متأثر از جنسیت متوفاست (مزرعتی و حسینی، ۱۳۸۳).

$$dT = P_1 F_1 + P_2 F_2 \quad (۹)$$

$$dT = + P_2 F_2 \quad (۹)$$

که:

dT : کل هزینه مرگ و میر؛

P_1 : دیه مرد ایرانی؛

P_2 : دیه زن ایرانی؛

F_1 : تعداد مردان ایرانی فوت‌شده در اثر آلودگی؛

F_2 : تعداد زنان ایرانی فوت‌شده در اثر آلودگی.

۲.۲.۲. هزینه عوارض بیماری

روش هزینه بیماری در مورد آلودگی هوا و مواردی چون مرگ و میر و بیماری‌های مزمن کاربرد دارد. دو نوع از

۲.۲. ارزیابی ارزش اقتصادی ریسک سلامتی

۱.۲.۲. هزینه مرگ و میر

اثر آلودگی هوا در مرگ و میر از طریق رویکرد ارزش آماری زندگی (VOSL) و روش دیه ارزیابی می‌شود.

۱.۱.۲.۲. هزینه مرگ و میر بر اساس روش ارزش آماری زندگی

روش ارزش آماری زندگی عبارت است از میزان تمایل به پرداخت افراد جامعه برای کاهش یک مورد مرگ از بین افرادی که می‌میرند. در این روش به وسیله تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری‌شده از افراد جامعه در خصوص تمایل به پرداخت وجه به منظور کاهش یک مورد مرگ، میزان ارزش آماری زندگی انسان محاسبه می‌شود. شکی نیست که این برآورد با توجه به نرم‌های فرهنگی، درآمدهای ناخالص ملی و تنوع روش‌های برآورد متفاوت خواهد بود. مزیت این روش در قابلیت تعمیم آن از یک کشور به سایر کشورهاست که با در نظر گرفتن برابری قوه خرید انجام می‌شود (طرح جامع ارزیابی خسارات وارده بر سلامتی ناشی از آلودگی هوای تهران، ۱۳۸۲).

تعداد زیادی از مطالعات ارزش آماری زندگی را برای کشورهای توسعه‌یافته تخمین زده‌اند، اما این تخمین برای کشورهای در حال توسعه وجود ندارد، بنابراین برای محاسبه ارزش آماری زندگی از روش انتقال منافع می‌توانیم به طور غیرمستقیم متوسط تمایل به پرداخت (WTP) برآوردشده از کشورهای توسعه‌یافته را به ایران با استفاده از فرمول زیر انتقال دهیم (Karimzadegan, et al, 2008).

$$VOSL_A = VOSL_B \times \left(\frac{Y_A}{Y_B}\right)^e \quad (۷)$$

$VOSL_A$: ارزش یک زندگی آماری در کشور سیاست

(ایران)؛

$VOSL_B$: ارزش یک زندگی آماری در کشور مطالعه

(امریکا)؛

Y : درآمد ناخالص ملی؛

برای هر روز بستری در کشورهای اروپایی، متغیر است (فرسیابی، ۱۳۸۳).

۳. نتایج

۱.۳. مرگ و میر

جمعیت در معرض آلودگی ذرات معلق هوا ۷۰ درصد استان‌ها در نظر گرفته شد که با توجه به سرشماری مرکز آمار جمعیت استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان در سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۴۵۳۱۷۲۰، ۱۹۴۵۲۲۷ و ۱۴۹۳۶۴۵ نفر برآورد شده است. میزان مرگ و میر خام در سال ۱۳۸۹ برای استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان به ترتیب ۳/۶، ۵/۵ و ۴/۷ در هر هزار نفر بود (خسروی، ۱۳۹۱) و با توجه به داده‌های سازمان حفاظت از محیط‌زیست میانگین سالانه غلظت PM_{10} در سال ۱۳۸۹ برای خوزستان، کرمانشاه و کردستان به ترتیب ۲۷۳/۹، ۱۲۴/۷ و ۹۸/۶۳ میکروگرم بر متر مکعب اندازه‌گیری شده است. همچنین، مقدار غلظت آستانه PM_{10} با توجه به غلظت پایه محاسبه‌شده از سوی سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2005) ۲۰ میکروگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شد. از معادله ۵ برای تخمین آثار مرگ و میر PM_{10} استفاده شد، بنابراین مقدار تغییر در PM_{10} برای خوزستان، کرمانشاه و کردستان به ترتیب ۲۵۳/۹، ۱۰۴/۷ و ۷۸/۶۳ در سال ۱۳۸۹ است. با استفاده از این اطلاعات کل موارد مرگ و میر ناشی از PM_{10} در جدول ۲ نشان داده شده است.

هزینه‌ها معمولاً در این روش بررسی می‌شوند:

۱. هزینه تولید ازدست‌رفته که به خاطر بیماری‌های مزمن که به وسیله عواملی چون آلودگی هوا ایجاد می‌شوند، بروز می‌یابد.

۲. هزینه درمان بیماری که در سیستم‌های بهداشت اثرگذار و بر بودجه خانواده سایه‌افکن است.

در مورد اول (کاهش تولید)، در صورتی که آلاینده به افزایش بیماری‌های حاد و مزمن بینجامد، تولید ازدست‌رفته هزینه‌ای واقعی را بر اقتصاد تحمیل خواهد کرد، اینکه چه کسی این هزینه‌ها را تحمیل می‌کند در عمل به نحوه عمل بازار بستگی دارد. ممکن است در حالتی کارگران متحمل هزینه‌ها شوند یا سیستم‌های بیمه‌ای پرداخت‌کننده هزینه‌های بیماری باشند، اما در هر صورت این میزان از حقوق و دستمزد کارمند و کارگر کسر خواهد شد. هانسن و سلت (۲۰۰۰) رابطه مستقیم را بین PM_{10} و غیبت از محل کار در اسلو به دست آوردند، که حاکی از آن است که افزایش ۱ میلی‌گرم در متر مکعب در غلظت PM_{10} به افزایش ۰/۶ درصد در غیبت از محل کار به علت مرخصی درمان منجر شده است.

در مورد دوم که مربوط به هزینه‌های درمانی و مراقبت‌های بهداشتی است، مطالعه روزهای بستری در بیمارستان و هزینه‌های درمان در مورد بیماری‌های خاص مرتبط با آلودگی هوا صورت می‌گیرد. برای مثال طی مطالعه پیرس (۱۹۹۹)، هزینه مربوط بین ۳۱۵ تا ۵۰۸ مورد

جدول ۲. تعداد موارد مرگ و میر متناسب به PM_{10}

تخمین بالاتر	تخمین مرکزی	تخمین پایین‌تر	موارد مرگ و میر
۳۷۶۹	۲۷۸۳	۱۷۹۷	استان خوزستان
۱۰۱۹	۷۵۲	۴۸۶	استان کرمانشاه
۵۰۲	۳۷۰	۲۳۹	استان کردستان

کرمانشاه و کردستان به ترتیب ۳۳۳۴۱۲۸، ۱۵۳۰۰۲۱ و ۱۱۴۶۹۹۱ نفر بودند. به طور مشابه برای برآورد تعداد موارد عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان، تنها جمعیت زیر ۱۵ سال به ترتیب برای خوزستان، کرمانشاه و کردستان ۱۱۹۷۵۹۲، ۴۱۵۲۰۶ و ۳۴۶۶۵۴ نفر در نظر گرفته شده است.

۲.۳. عوارض بیماری

در جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج برآورد آثار بیماری آلودگی ذرات PM_{10} با استفاده از معادله ۶ و ضرایب عوارض بیماری در جدول ۱ ارائه شده است. برای تخمین تعداد روزهای فعالیت محدودشده ناشی از PM_{10} تنها جمعیت بزرگسال (۱۵ سال به بالا) در نظر گرفته شد، زیرا آن‌ها شرکت‌کنندگان اصلی در نیروی کارند که در خوزستان،

جدول ۳. تعداد موارد آثار بیماری منتسب به PM_{10} استان خوزستان

عوارض بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
پذیرش بیمارستان بیماری تنفسی	۵۳۱۵	۹۶۶۵	۱۳۹۳۳
ویزیت اورژانس	۹۳۴۲۹	۱۹۰۸۸۵	۲۸۵۱۱۹
روزهای فعالیت محدودشده	۱۷۱۸۴۶۶۲	۳۴۳۶۹۳۲۵	۴۶۲۲۰۸۱۶
عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان	۲۱۲۸۴۸	۳۶۱۸۴۱	۵۱۰۸۳۵
حملات آسم	۲۶۵۷۱۹۴۵	۴۶۷۱۴۵۱۰	۱۵۷۸۶۲۸۲۸
برونشیت مزمن	۲۴۱۶۲	۴۹۲۹۱	۷۴۹۰۴

جدول ۴. تعداد موارد آثار بیماری منتسب به PM_{10} در استان کرمانشاه در سال ۱۳۸۹

عوارض بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
پذیرش بیمارستان بیماری تنفسی	۹۴۰	۱۷۱۰	۲۴۶۶
ویزیت اورژانس	۱۶۵۳۷	۳۳۷۸۸	۵۰۴۶۸
روزهای فعالیت محدودشده	۳۲۵۱۹۲۱	۶۵۰۳۸۴۳	۸۷۴۶۵۴۸
عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان	۳۰۴۳۰	۵۱۷۳۱	۷۳۰۳۳
حملات آسم	۴۷۰۴۶۶۷	۸۲۶۸۸۰۹	۲۷۹۴۲۸۷۴
برونشیت مزمن	۴۲۷۶	۸۷۲۵	۱۳۲۵۸

جدول ۵. تعداد موارد آثار بیماری منتسب به PM_{10} در استان کردستان

عوارض بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
پذیرش بیمارستان بیماری تنفسی	۵۴۲	۹۸۶	۱۴۲۲
ویزیت اورژانس	۹۵۳۶	۱۹۴۸۴	۲۹۱۰۲
روزهای فعالیت محدودشده	۱۸۳۰۸۱۴	۳۶۶۱۶۲۵	۴۹۲۴۲۵۵
عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان	۱۹۰۸۰	۳۲۴۳۶	۴۵۷۹۲
حملات آسم	۲۷۱۲۹۸۶	۴۷۶۸۲۷۹	۱۶۱۱۳۴۹۶
برونشیت مزمن	۲۴۶۶	۵۰۳۱	۷۶۴۵

از معادله ۱ برای به دست آوردن VOSL ایران، VOSL امریکا ضربدر نسبت درآمد ناخالص ملی سرانه در ایران به درآمد ناخالص ملی سرانه در امریکا به توان کشش درآمد تمایل به پرداخت شده است.

VOSL امریکا در قیمت‌های ۲۰۰۹، به وسیله تبدیل VOSL امریکا در سال ۲۰۰۲ - که ۵ میلیون دلار تخمین زده شده است - به قیمت ۲۰۰۹ با استفاده از تبدیل زیر تخمین زده شده است:

$$VOSL(US)_{2009} = VOSL(US)_{2002} \times (1 + \text{میانگین نرخ تورم از سال 2002 تا 2009})$$

درآمد ناخالص ملی سرانه بر حسب PPP در ایران و امریکا در سال ۲۰۰۹ به ترتیب، ۱۰۲۵۰ و ۴۷۲۴۰ دلار بوده است (بانک جهانی، ۲۰۰۹)، از این رو نسبت درآمد ناخالص ملی سرانه ایران به درآمد ناخالص ملی سرانه امریکا ۰/۲۱ است. کشش درآمد تمایل به پرداخت نیز ۱، ۱/۵ و ۲ در نظر گرفته شده است. نتایج محاسبه ارزش آماری زندگی در ایران در سال ۲۰۰۹ در جدول ۶ آمده است.

بر اساس نتایج، ۲۷۸۳، ۷۵۲ و ۳۷۰ مورد مرگ و میر (تخمین مرکزی) به ترتیب در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان متناسب به آلودگی هوای PM_{10} در سال ۱۳۸۹ رخ داده که به ترتیب ۱۲/۹، ۶/۷ و ۴/۶ درصد کل موارد مرگ و میر در این استان‌هاست. همچنین، جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج برآورد عوارض بیماری ناشی از PM_{10} را نشان می‌دهند. نتایج نشان داد ۱۲۳۶۱ مورد پذیرش بیمارستان، ۲۴۴۱۵۷ ویزیت اورژانس، ۴۴۵۳۴۷۹۳ روز فعالیت محدود شده، ۴۴۶۰۰۸ عفونت تنفسی خفیف در کودکان، ۵۹۷۵۱۵۹۸ حملات آسم و ۶۳۰۴۷ برونشیت مزمن در استان‌های منتخب در نتیجه پدیده گرد و غبار رخ داده است.

۳.۳. هزینه مرگ و میر

۱.۳.۳. برآورد هزینه اقتصادی مرگ و میر با استفاده از

روش ارزش آماری زندگی

به منظور برآورد هزینه مرگ و میر آلودگی ذرات PM_{10} با استفاده از ارزش آماری زندگی (VOSL) در امریکا، ارزش آماری زندگی ایران محاسبه شده است، بنابراین با استفاده

جدول ۶. محاسبه ارزش آماری زندگی

کشش درآمد تمایل به پرداخت	ارزش آماری زندگی (دلار) بر حسب PPP	ارزش آماری زندگی (دلار) بر حسب نرخ ارز
۱	۱۲۶۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰
۱/۵	۵۷۶۰۰۰	۱۳۲۰۰۰
۲	۲۶۴۶۰۰	۳۸۴۰۰

پرداخت ۱)، به ترتیب ۳۵۰۶۵۸۰۰۰۰، ۹۴۷۵۲۰۰۰۰ و ۴۶۶۲۰۰۰۰۰ دلار محاسبه شده است که به ترتیب ۰/۸، ۰/۲ و ۰/۱ درصد GDP کشور است.

کل هزینه مرگ و میر مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان با استفاده از معادله ۸، از ضرب کل موارد مرگ و میر مربوط به آلودگی PM_{10} ، به ترتیب ۲۷۸۳، ۷۵۲ و ۳۷۰، در ارزش آماری زندگی بر حسب PPP (با استفاده از کشش درآمد تمایل به

ترتیب ۲۲۵۰۰۰۰۰ و ۴۵۰۰۰۰۰۰ تومان بوده است بنابراین، با استفاده از داده‌های موجود و معادله ۹ کل هزینه‌های مرگ و میر متناسب به PM_{10} در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان در سال ۱۳۸۹ با استفاده از روش دیه به ترتیب ۱۰۰۰۰۰، ۲۰۷۱۵ و ۱۰۳۳۲ میلیون تومان (تخمین مرکزی) برآورد شده است.

۲.۳.۳. برآورد هزینه اقتصادی مرگ و میر با استفاده از روش دیه

به منظور برآورد هزینه مرگ و میر با استفاده از روش دیه، محاسبات بر اساس تعداد موارد مرگ و میر ناشی از آلودگی PM_{10} زنان و مردان تخمین زده شده در جدول ۷، انجام شده است. نرخ اعلام شده دیه از سوی وزارت دادگستری برای زنان و مردان بر مبنای سال ۱۳۸۹ به

جدول ۷. تعداد موارد مرگ و میر متناسب به PM_{10} بر حسب جنس در استان‌های منتخب (۱۳۸۹)

میزان مرگ و میر بر حسب جنس	خوزستان	کرمانشاه	کردستان
زن	۱۶۷۷	۲۹۷	۱۴۸
مرد	۱۱۰۶	۴۵۵	۲۲۲

هزینه هوتلینگ، سونوگرافی، ویزیت اورژانس، خدمات پزشکی اورژانس، خدمات پرستاری اورژانس و ... همچنین به طور میانگین درصد افرادی که این هزینه‌ها را پرداخت کرده‌اند، است.

با محاسبه تعداد بیماران آسم، برونشیت مزمن و عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان متناسب به آلودگی ذرات معلق (PM_{10}) استفاده‌کننده از خدمات پزشکی بیمارستان و ضرب آن‌ها در هزینه‌های نسبی این خدمات پزشکی، میانگین کل هزینه‌های مستقیم هر بیماری در استان‌های منتخب در سال ۱۳۸۹ تخمین زده شده است. نتایج در جداول ۸، ۹ و ۱۰ آورده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود با استفاده از شیوه‌های مختلف تخمین (روش‌های ارزش آماری زندگی و دیه) هزینه‌های مرگ و میر دارای اختلاف زیادی است که به دلیل مزایا و فراگیر بودن روش ارزش آماری زندگی به منزله شیوه برگزیده، انتخاب شده است.

۴.۳. هزینه عوارض بیماری

به منظور برآورد هزینه‌های مستقیم پزشکی با مراجعه به بیمارستان‌های عمومی و انتخاب چندین نمونه از بیماران تنفسی و با مطالعه مدارک پزشکی این بیماران اطلاعات لازم استخراج شد. این اطلاعات شامل هزینه دارو، ویزیت بستری، هزینه ویزیت دکتر، هزینه آزمایشگاه، رادیولوژی،

جدول ۸. هزینه‌های مستقیم پزشکی متناسب به PM_{10} در خوزستان (میلیون تومان)

بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
حملات آسم	۱۵۸۵۶۰۰۰	۲۷۸۶۷۰۰۰	۹۴۱۷۱۰۰۰
برونشیت مزمن	۱۴۴۱۳	۲۹۴۰۳	۴۴۶۸۲
عفونت تنفسی خفیف در کودکان	۱۲۶۹۷۰	۲۱۵۸۴۹	۳۰۴۷۲۹

جدول ۹. هزینه‌های مستقیم پزشکی متناسب به PM_{10} در کرمانشاه (میلیون تومان)

بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
حملات آسم	۲۸۰۷۰۰۰	۴۹۳۳۰۰۰	۱۶۶۶۹۰۰۰
برونشیت مزمن	۲۵۵۰	۵۲۰۴	۷۹۰۸
عفونت تنفسی خفیف در کودکان	۱۸۱۵۲	۳۰۸۵۹	۴۳۵۶۶

جدول ۱۰. هزینه‌های مستقیم پزشکی متناسب به PM_{10} در کردستان (میلیون تومان)

بیماری	تخمین پایین‌تر	تخمین مرکزی	تخمین بالاتر
حملات آسم	۱۶۱۹۰۰۰	۲۸۴۵۰۰۰	۹۶۱۳۰۰۰
برونشیت مزمن	۱۷۴۱	۳۰۰۱	۴۵۶۰
عفونت تنفسی خفیف در کودکان	۱۱۳۸۱	۱۹۳۴۹	۲۷۳۱۶

بنابراین، متوسط هزینه فرصت هر بیمار (طی اقامت در بیمارستان) ۸۵۷۷۵ تومان محاسبه شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پدیده گرد و غبار که از جمله بزرگ‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در نواحی مختلف جهان است، در اثر تغییرات آب و هوایی به دلیل کاهش بارندگی و خشکسالی در مناطق صحرایی اکثر کشورها مانند عراق، عربستان، ایران، پاکستان و ... در فصول گرم سال رخ می‌دهد. این پدیده در چند سال اخیر در اثر گسترش بیابان‌ها و فعالیت‌های انسانی سبب خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها و جابه‌جایی توده عظیمی از خاک دانه‌ریز در عراق، سوریه و عربستان و به صورت جبهه عظیمی از گرد و غبار و آلودگی شدید هوا در مناطق گسترده‌ای از ایران شده است. کاهش قدرت دید، آثار ناخوشایند بهداشتی، مشکلات تنفسی و ریوی برای انسان، مشکلات بینایی و بیماری‌های تنفسی مثل آسم و بیماری‌های عفونی از مهم‌ترین عوارض توفان‌های گرد و غباری به شمار می‌روند. بیشترین آثار گرد و غبار روی انسان در سیستم تنفسی و مخاط بینی و چشم است. آثار این پدیده در چشم به صورت خارش،

بنابراین، هزینه‌های مستقیم پزشکی بیماری‌های آسم، برونشیت مزمن و عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} در استان خوزستان در سال ۱۳۸۹ با استفاده از روش هزینه بیماری به ترتیب ۲۷۸۶۷۰۰۰، ۲۹۴۰۳ و ۲۱۵۸۴۹ میلیون تومان (تخمین مرکزی)، که به ترتیب ۵، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۴ درصد GDP است، در استان کرمانشاه به ترتیب ۴۹۳۳۰۰۰، ۵۲۰۳ و ۳۰۸۹۵ میلیون تومان (تخمین مرکزی) که ۱/۰۰۴، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۷ درصد GDP است، همچنین در استان کردستان به ترتیب ۲۸۴۵۰۰۰، ۳۰۰۱ و ۱۹۳۴۹ میلیون تومان (تخمین مرکزی)، که ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۴ درصد GDP است، محاسبه شده است.

به منظور برآورد هزینه‌های غیرمستقیم پزشکی، متوسط درآمد روزانه افراد ضرب در روزهای از دست‌رفته کاری شده است. با تقسیم متوسط روزانه یک خانوار برابر ۲۲۶۷۰ تومان بر متوسط تعداد افراد دارای درآمد در خانوارهای مذکور برابر ۱/۴۷ نفر متوسط درآمد روزانه یک فرد محاسبه شده است که برابر ۱۵۳۱۷ تومان است. به طور میانگین مدت زمان بستری شدن در بیمارستان برای بیماری‌های تنفسی ۵/۶ روز (خسروی، ۱۳۹۱) است.

شده است که به ترتیب ۰/۸، ۰/۲ و ۰/۱ درصد GDP کشور است و با استفاده از روش دیه به ترتیب ۱۰۰۰۰۰، ۲۰۷۱۵ و ۱۰۳۳۲ میلیون تومان برآورد شده است. هزینه‌های مستقیم پزشکی بیماری‌های آسم، برونشیت مزمن و عفونت‌های تنفسی خفیف در کودکان مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} در استان‌های منتخب در سال ۱۳۸۹ به ترتیب ۳۷، ۳۵۶۴۵ و ۲۶۶ میلیارد تومان (تخمین مرکزی) محاسبه شده است. هزینه درمان بیماری نیز نسبت به سال ۲۰۰۲ افزایش چشمگیری داشته و متوسط هزینه فرصت هر بیمار (طی اقامت در بیمارستان) ۸۵۷۷۵ تومان محاسبه شده است.

با توجه به اهمیت روزافزون موضوع آلودگی هوای ذرات معلق و آثار سوء گرد و غبار در سلامتی انسان و تحمیل هزینه‌های سنگین بر دولت‌ها و جامعه در این زمینه و نیاز به برآورد خسارات ناشی از این پدیده بر سلامتی، اهمیت و ضرورت شناسایی این پدیده افزایش یافته و باید پذیرفت که این امر نیازمند شناخت دقیق و مؤثر از منابعی است که موجب انتشار ذرات معلق را فراهم آورده است. یکی از مسائل مهم در این زمینه، جلوگیری از افزایش یا کاهش آلودگی هوا و یافتن علل و عوامل آن و پیش‌بینی عوامل کاهنده آلودگی است تا بتوان بر اساس نتایج مطالعات، برنامه‌ریزی مفید و مؤثر در خصوص کاهش ذرات معلق در کشور به عمل آورد.

یادداشت‌ها

1. Value Of Statistical Life
2. Contingent Valuation
3. Benefit Transfer
4. Disability Adjusted Life Years
5. Amended Human Capital
6. Cost of Illness

سوزش، آبریزش و افزایش حساسیت‌های ناحیه چشم و بینی، حلق و گلو، افزایش ترشحات دستگاه تنفسی فوقانی نمود پیدا می‌کند. این پدیده روی دستگاه تنفسی تحتانی، بیشتر در افراد مبتلا به حساسیت‌های تنفسی تأثیر می‌گذارد و در آن‌ها حالاتی نظیر تنگی نفس، سرفه، خس خس سینه و گاهی به صورت بیمای انسداد مزمن مجاری تنفسی و چسپندگی ریه مشاهده می‌شود.

بانک جهانی نیز در سال ۲۰۰۲ خسارات ناشی از آلودگی ذرات را در شهرهای بزرگ ایران برآورد و کل موارد مرگ و میر ناشی از ذرات معلق را برای اهواز ۳۴۲ مورد محاسبه کرده است. همچنین، هزینه درمان بیماری‌ها ۱۹۴۱۶۱۰۰ دلار و هزینه زمان ازدست‌رفته ناشی از بیماری ۲۶۲۳۷۵۰۰ دلار برای کل شهرهای ایران بوده است. هدف مطالعه حاضر برآورد تعداد موارد مرگ و میر زودرس و عوارض بیماری، هزینه‌های اقتصادی این آثار ناشی از ذرات معلق PM_{10} در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان در سال ۱۳۸۹ بوده که با استفاده از روش‌های واکنش دز، ارزش آماری زندگی و هزینه بیماری محاسبه شده است. نتایج نشان‌دهنده ۲۷۸۳، ۷۵۲ و ۳۷۰ مورد مرگ و میر (تخمین مرکزی) به ترتیب در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان متناسب به آلودگی هوای PM_{10} در سال ۱۳۸۹ است که افزایش چشمگیری را نسبت به سال ۲۰۰۲ (محاسبه بانک جهانی) داشته و ۱۲۳۶۱ مورد پذیرش بیمارستان، ۲۴۴۱۵۷ ویزیت اورژانس، ۴۴۵۳۴۷۹۳ روز فعالیت محدودشده، ۴۴۶۰۰۸ عفونت تنفسی خفیف در کودکان، ۵۹۷۵۱۵۹۸ حملات آسم و ۶۳۰۴۷ برونشیت مزمن در استان‌های منتخب در نتیجه پدیده گرد و غبار رخ داده است. کل هزینه مرگ و میر مرتبط با آلودگی ذرات PM_{10} با استفاده از روش ارزش آماری زندگی در استان‌های خوزستان، کرمانشاه و کردستان به ترتیب ۳۵۰۶۵۸۰۰۰، ۹۴۷۵۲۰۰۰ و ۴۶۶۲۰۰۰۰ دلار محاسبه

منابع

- خسروی، م. ۱۳۹۱. «سیمای مرگ و میر در ۲۹ استان کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹». تهران: وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی کشور.
- زلفی، ا. ۱۳۹۰. «بررسی اثرات گرد و غبار بر انسان و محیط‌زیست در استان خوزستان». پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران: انجمن مهندسی محیط‌زیست ایران.
- طرح جامع ارزیابی اقتصادی خسارات وارده بر سلامتی حاصل از آلودگی هوای تهران بزرگ. ۱۳۸۲. دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت.
- فخیمی، ز.، نوفرستی، ز.، صبوری، س. ۱۳۹۰. «تأثیر گرد و غبار در بروز و تشدید بیماری‌های تنفسی و راهکارهای پیشگیری از این بیماری‌ها»، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن، خوزستان: دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.
- فرسیابی، م. ۱۳۸۳. «بررسی روش‌های ارزش‌گذاری بر محیط‌زیست برای تحقق هدف درونی‌سازی آثار خارجی»، مجله تکاپو، شماره ۱۰، صص ۴۲-۵۲.
- مرفع، آ.، خیام‌طهرانی، ع.، هاشمی، ح. ۱۳۹۰. «ارزیابی روش‌های برآورد هزینه خسارات اجتماعی اقتصادی ناشی از پدیده گرد و غبار»، اولین کنگره بین‌المللی پدیده گرد و غبار و مقابله با آثار زیانبار آن، خوزستان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.
- مزرعتی، م.، حسینی، ن. ۱۳۸۳. «برآورد هزینه‌های اجتماعی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بر سلامت ساکنان تهران»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۳، صص ۲-۲۹.
- Bowland, B. J., and Begin, J. C. 2001. Robust estimates of value of a statistical life for developing economic. J. Policy Model. 11: pp.385-396
- Desheng, H., and Shiqiu. 2002. Assessment on Economic Loss of Health effect from PM10 Pollution in Pearl River Delta Region. Journal of College of Environmental Sciences and Engineering.
- Kan, H., and Heng Ch, E. 2004. Particulate air pollution in urban areas of Shanghai, China: healthbased economic assessment. Journal of Science of the Total Environment. 322: PP. 79-71.
- Karimzadegan, H., Rahmatian, M., Farhud, D., and Yunesian, M. 2008. Economic Valuation of Air Pollution Health Impacts in the Tehran Area, Iran. Iranian J Publ Health Journal.37: PP. 20-30.
- Ostro, B. 1994. Estimating the health effects of air pollutants—a method with an application to Jakarta (Policy Research Working Paper 1301). Washington, DC: Policy Research Department, Public Economics Division, The World Bank.
- Pascal, M., Corso, M., Chanel, O., Declercq, C., Badaloni, C., and Cesaroni, G. 2013. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities. Journal of Science of the Total Environment. 449: PP. 390-400.
- Pearce. 1999. A Social Discount Rate for the United Kingdom, in D.W.Pearce, Economics and Environment: Essays in Ecological Economics and Sustainable Development, Cheltenham: Edward Elgar
- Pearce, D., and Crowards, T. 1991. Assessing the Health Costs of Particulate Air Pollution in the UK. CSERGE Working Paper GEC. PP. 95-27.
- Quah, E., and Boon, T.L. 2003. The economic cost of particulate air pollution on health in Singapore. Journal of Asian Economics. 14: pp. 73-90.
- Rowe, R., Chestnut, L., Lang, C., Bernow, S., and White, D. 1995. The New York environmental externalities cost study: summary of approach and results. Paper presented to European Commission, International Energy Agency and Organization for Economic Cooperation and Development Workshop on External Cost of Energy, Brussels.
- Shin, D., Lee, Y., Lim, Y., Kim, CH., Yang, J., and Shin, Y. 2011. Evaluating the PM damage cost due to urban air pollution and vehicle emissions in Seoul, Korea. Journal of Environmental Management. 92: pp. 603-609.

WHO (World Health Organization). 2005. WHO air quality guidelines global update 2005.

World Bank. 2005. Islamic Republic of Iran Cost Assessment of Environmental Degradation. Water and Environment Departm Middle East and North Africa Region. Division. Report No: 32043-IR.

World Bank. 2007. Cost of pollution in China. Environmental and Social Development Unit East Asia & Pacific Region.

World Bank. 2009. Sustainable Development in a Dynamic World. (World Bank and Oxford University Press)

Zhang, M., Song, Y., Cai, X., and Zhou, J. 2008. Economic assessment of the health effects related to particulate matter pollution in 111 Chinese cities by using economic burden of disease analysis. *Journal of Environmental Management*. 88: pp. 954-947.