مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۹، سال ۷، شماره ٤ :٤٠١-٤٢٦

کاربست مدل‌های SWEEP و AERMOD در شبیه‌سازی ریسک انتشار PM_{10} از دپو مواد اولیه و پسماندهای صنایع کاشی سرامیک، خاک چینی و شیشه شهرستان اردکان یزد در سال ۱۳۹۷

سعید شجاعی برجوئی*، حمیدرضا عظیم زاده، اصغر مصلح آرانی

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۶

چکیده

مقدمه: کاربرد مدل‌های کیفیت هوا در سیستم ارزیابی ریسک سلامت به عنوان ابزاری موثر در ارزیابی مواجهه جمعیت انسانی با عوامل زیان آور محیطی تعریف شده است. این تحقیق با هدف ارزیابی ریسک سلامت مواجهه تنفسی با PM_{10} انتشاریافته از دپو مواد اولیه و پسماندهای تعدادی از صنایع کانی‌های غیرفلزی به روش مدل‌سازی انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی ابتدا برای تخمین میزان نشر PM_{10} از دپوهای صنایع کاشی سرامیک، خاک چینی و شیشه اطلاعات موردنیاز مدل SWEEP با بازدیدهای میدانی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی تهیه شد. سپس با ورود اطلاعات هواشناسی به AERMET، مدل رقومی ارتفاع به AERMAP، نرخ انتشار و ابعاد هندسی منابع آلاینده به AERMOD مقادیر مواجهه با PM_{10} در جمعیت تحت تاثیر شبیه‌سازی شد. ترکیب شیمیایی دپوها با استفاده از ICP-MS تعیین گردید. متعاقبا با استفاده از روابط پیشنهادی EPA ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی مواجهه با PM_{10} تخمین زده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج شبیه‌سازی مدل SWEEP بیشترین میزان نشر PM_{10} برای دپو کارخانه کاشی و سرامیک تخمین زده شد. بیشترین ماکسیمم‌های غلظت یک، هشت و ٢٤ ساعته شبیه‌سازی شده PM_{10} به ترتیب برابر با ۸۸٤۰، ۱۹٦۷ و ۱۲۷۲ $\mu g/m^3$ است. بیشترین میانگین مواجهه تنفسی یک (۵۲/۵۳)، هشت (۱۱/٦٤)، ٢٤ (۵/۸۵ $\mu g/m^3$) ساعته با PM_{10} برای کارکنان کارخانه فرآوری شن و ماسه تخمین زده شد. بیشترین درصد ترکیب شیمیایی دپوها، سیلیس بود. بر این اساس، مقادیر ریسک سرطان‌زایی (ILCR) مواجهه با PM_{10} کوچکتر از 10^{-4} و ریسک غیرسرطانزایی (HQ) کوچکتر از یک پیش‌بینی شد.

نتیجه گیری: اگرچه مقادیر عددی ریسک در محدوده مجاز پیش‌بینی شد اما می‌توان با ایجاد سنگفرش بر روی دپو صنایع تا حدودی میزان انتشار PM_{10} را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: PM_{10}، AERMOD، SWEEP، ارزیابی ریسک سلامت، مواجهه تنفسی

* **نویسنده مسئول:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
ایمیل: said.shojaee71@gmail.com -شماره تماس: ۰۹۱۳۸۲۶۸۴۳۶

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

مقدمه

صنایع کانی‌های غیرفلزی به عنوان صنایع اصلی در شکوفایی اقتصاد کشور، یکی از منابع عمده انتشار ذرات معلق در محیط به شمار می روند [1]. در واقع اجرای برنامه‌های توسعه این دسته از صنایع بدون در نظر گرفتن ملاحظات محیط‌زیستی در کنار نبود ضوابط روشن و همچنین اجرای ضعیف برخی قوانین موجود جهت حفاظت از محیط زیست، باعث قرارگیری آنها در لیست صنایع آلاینده شده است [2]. بنابراین پایش و نحوه انتشار ذرات معلق از این صنایع و نیز اثرات بهداشتی آن بر افراد و سایر خطرات محیطی بر تأسیسات و فرایند کنترل آنها از مباحث مهم مورد توجه پژوهشگران و کارشناسان حوزه محیطزیست و بهداشت محیط است.

بر اساس آمارهای جهانی ارائه شده، حدود ۸ ٪ مرگ‌های ناشی از سرطان ریه، ۳ ٪ مرگ‌های ناشی از عفونت‌های تنفسی و ۵ ٪ از مرگ‌هایی که به واسطه بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی رخ می‌دهد، به دلیل وجود ذرات معلق ریز در هوا است که این بار بیماری در کشورهای درحال توسعه محسوس تر است [3]. مطالعات بسیاری وجود دارد که تائیدکننده رابطه مستقیم معنی دار بین میزان مواجهه کوتاه مدت و بلند مدت با ذرات معلق و پیشرفت بیماری‌های تنفسی، قلبی، عروقی و افزایش بروز سرطان ریه، بیماری‌های انسداد مزمن ریوی (Chronic Obstructive Pulmonary Disease –COPD) در کودکان و بزرگسالان است [4]. zolghi و همکاران بیان داشتند با افزایش هر ۱۰ $\mu g/m^3$ غلظت PM_{10} خطر بیماری‌های قلبی – عروقی منتسب در شهر تبریز ۰/۹ ٪ افزایش می‌یابد [5]. طی مطالعه Pope و همکاران در ایالت متحده مشخص شد که غلظت‌های بالای ذرات با ریسک افزایش بستری شدن بیماران قلبی در ارتباط است [6]. در مطالعه دیگر، Geravandi و همکاران توانستند رابطه‌ای مستقیمی بین غلظت مواجهه با PM_{10} با اثرات بهداشتی آن برقرار کنند [7].

امروزه یکی از برنامه‌های اصلی جهت شناسایی خطرات ناشی از ذرات معلق در محیط و تخمین اثرات آنها روی افراد ارزیابی ریسک سلامت است. در واقع ارزیابی ریسک سلامت فرآیندی علمی برای شناسایی و تخمین اثرات بالقوه یک عامل شیمیایی، فیزیکی، میکروبیولوژیکی یا حتی روانشناختی روی یک جمعیت مشخص انسانی، تحت شرایط معین و در یک دوره زمانی خاص می‌باشد، که یک روش منطقی برای تعیین اندازه کمی و کیفی خطرات و بررسی پیامدهای بالقوه ناشی از خطرات احتمالی بر روی جمعیت انسانی در معرض است [8].

به طور کلی فرآیند ارزیابی ریسک سلامت شامل ٤ مرحله شناسایی خطر یا عامل خطر زا، روابط دوز – پاسخ یا دوز دوز – اثر، ارزیابی مواجهه، توصیف ریسک است. طبق بررسی‌های انجام شده، روش‌های متعددی از جمله پایش محیطی، پایش فردی و پایش بیولوژیکی جهت برآورد میزان مواجهه افراد با عوامل خطر محیطی وجود دارد. در تمامی این روش‌ها میزان مواجهه افراد با عامل زیان آور محیطی به طور مستقیم سنجیده می‌شود [8]. اما گاهی اندازه‌گیری مواجهه برای هر فردی در جمعیت مورد نظر به دلایل اقتصادی، فنی، لجستیکی و عملی امکان پذیر نیست. در سال‌های اخیر، کاربرد مدل‌سازی انتشار کیفیت هوا در سیستم ارزیابی ریسک سلامت به عنوان ابزاری موثر در تعیین میزان مواجهه افراد با عامل زیان آور تعریف شده است [9]. مدل‌سازی انتشار کیفیت هوا شامل شبیه سازی کامپیوتری است که غلظت آلاینده‌ها را از انواع منابع انتشار آلودگی پیش بینی می‌نماید [10]. استفاده از مدل در واقع یک توصیف ریاضی است که قابلیت پیش بینی مواجهه‌های انسانی و دیگر انواع مواجهات در غیاب داده‌های پایشی کامل یا دیگر داده‌ها دارد [8]. امروزه مدل‌سازی آلودگی هوا به ابزاری اساسی و قدرتمند در مطالعات آلودگی هوا خصوصا در پیش بینی وضعیت آلودگی هوا و نحوه انتشار آلاینده‌ها و غلظت آن‌ها تحت شرایط مختلف و مکان‌های

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

دلخواه تبدیل شده است [11]. به این ترتیب روش مدل‌سازی انتشار کیفیت هوا در سیستم ارزیابی ریسک سلامت این امکان را فراهم می‌آورد که سبب کاهش هزینه‌های اقتصادی و زمانی نمونه برداری از میزان مواجهه افراد شود.

مدل‌های آلودگی هوا در مطالعات متعددی با اهداف ویژه استفاده گردیده است. در برخی تحقیقات کاربرد مدل SWEEP جهت تخمین نرخ انتشار PM_{10} از منابع آلاینده‌های سطحی به منظور ارائه استراتژی‌های کنترل غبار، منعکس شده است. نمونه‌ای از چنین تحقیقات می‌توان به پژوهش Tatarko و همکاران جهت تخمین نرخ انتشار PM_{10} از اراضی مخروبه با طراحی چهار سناریوی مدیریتی اشاره نمود. نتایج این محققان نشان داد، نرخ انتشار PM_{10} از اراضی مخروبه درحالتی که بادشکن وجود ندارد برابر با ۰/۱۳ kg/m^2 است اما در سه حالت ایجاد بادشکن خلاف جهت باد غالب منطقه (upwind)، خلاف جهت باد غالب – وسط (upwind and mid-field)، خلاف جهت باد غالب – وسط – در جهت باد غالب (upwind, mid-field and downwind) به ترتیب نرخ انتشار PM_{10} برابر با ۰/۱۲، ۰/۰٦ و ۰/۰۵ kg/m^2 است [12]. Jia و همکاران توانستند با استفاده از مدل SWEEP نرخ انتشار PM_{10} از پسماندهای آیتیک Dam برابر با ۰/۲٦ kg/m^2 شبیه سازی نمایند. دستاورد تحقیق آنها نشان داد، نصب بادشکن‌های ۸۰۰ متری در کناره‌های غربی باطله‌ها در جهت باد غالب منطقه باعث کاهش انتشار ذرات معلق در هوا می‌شود [13]. Chung و همکاران توانستند با اجرا مدل SWEEP به مدل‌سازی کیفیت هوا جهت شبیه سازی غلظت ذرات معلق اتمسفری در طی رخداد طوفان‌های گرد و غبار در سراسر کشورهای شمال غربی اقیانوس آرام بپردازند [14]. همچنین در مطالعه Behbahani از مدل SWEEP جهت تخمین، ارزیابی ریسک و خطر PM_{10} انتشاریافته از خاک‌های دانمارک طی رخدادهای فرسایس بادی استفاده شده است [15].

در تحقیقات دیگر، محققین توانسته اند با استفاده از مدل AERMOD به یک ارزیابی جامع از میزان مواجهه افراد با PM_{10} و ارزیابی ریسک سلامت آن بر انسان دست یابند. در مطالعه Shojaee Barjoee و همکاران با استفاده از مدل AERMOD مواجهه تنفسی افراد با PM_{10} انتشاریافته از دودکش‌های صنایع کاشی و سرامیک پایین تر از حد مجاز استاندارد WHO تخمین زده شد. همچنین در این مطالعه احتمال وقوع ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی در افراد در محدوده مجاز پیش بینی شد [9]. در پژوهش Shafie Pour و همکاران بر روی پایانه مسافربری بیهقی از مدل AERMOD جهت شبیه سازی مواجهه تنفسی با PM_{10} در رانندگان، کارکنان محوطه، کارکنان اداری و مسافران استفاده شد و نتایج تحقیق آنها نشان داد ریسک‌های سرطانی رانندگان در سطوح غیر ایمن قرار دارد [16]. در تحقیقاتی، جهت ارزیابی ریسک مواجهه تنفسی با PM_{10} از روش نمونه برداری مستقیم از هوا استفاده شده است. نمونه‌ای از چنین مطالعات می‌توان به پژوهش Mohammed با هدف ارزیابی ریسک‌های سرطانی و غیرسرطانی مواجهه تنفسی کودکان و بزرگسالان با PM_{10} در شهر ماهاه عربستان سعودی اشاره نمود. نتایج تحقیقات Mohammed نشان داد ریسک‌های سرطانی و غیر سرطانی مواجهه با PM_{10} در کودکان و بزرگسالان قابل قبول است [17]. Shojaee Barjoee و همکاران ریسک‌های غیر سرطانی مواجهه شغلی کارگران یک واحد صنعتی تولید خاک چینی با ذرات معلق در گروه‌های شغلی اپراتور یک (٥/٣٤) و دو (٤/٧٩) دستگاه سنگ‌شکن، اپراتور بارگیری دستگاه سنگ‌شکن (٨/٤٩)، اپراتور درایر (١/٩١)، اپراتور دوغاب (٣/٠١) و اپراتور فیلترپرس (١/٧٨) بیش از حد مجاز به دست آوردند [18]. De Donno و همکاران ریسک‌های غیرسرطانی مواجهه تنفسی شهروندان با PM_{10} در سه شهر ایتالیا در سطوح ایمن پیش بینی نمودند [19]. همچنین نتایج بررسی Bhagia درباره ریسک‌های سرطانی مواجهه غیرشغلی با سیلیس کریستالی در PM_{10} انتشار یافته از معدن شن ماسه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

کالیفرنیا نشان داد گزارشی در ارتباط با بیماری سیلیکوزیس در ساکنین اطراف وجود ندارد [20].

اگر چه تاکنون مطالعه‌ای در کشور در رابطه ارزیابی ریسک مواجهه تنفسی با PM_{10} ناشی از منابع آلاینده سطحی انسان زاد به روش مدل‌سازی انجام نشده است، با این حال این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک مواجهه ساکنین منطقه با PM_{10} انتشاریافته از دپو مواد اولیه و پسماندهای صنایع کاشی سرامیک، خاک چینی و شیشه در شهرستان اردکان با استفاده از دومدل AERMOD و SWEEP انجام شده است. بدون شک نتایج این تحقیق نشان دهنده اثرات بهداشتی پسماندها و مواد اولیه بر ساکنین منطقه خواهد بود و رویکردی مدیریتی در راستای کاهش انتشار ذرات معلق از این منابع آلاینده سطحی ارائه خواهد داد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: این مطالعه توصیفی در بخش شمال غربی شهرستان اردکان استان یزد بر روی دپو مواد اولیه و پسماند تعدادی از صنایع کانی‌های غیرفلزی شامل صنایع شیشه، خاک چینی و کاشی سرامیک صورت گرفت. با بررسی عکس‌های هوایی منطقه در نرم افزار Google Earth، مختصات جغرافیایی صنایع مورد بررسی به صورت ″۱۹ ′۵۴ °۳۲ شمالی و ″ ۲۶ ′۵۵ °۵۳ شرقی برای صنایع شیشه، ″۰۸ ′۲۰ °۳۲ شمالی و ″۳۹ ′۵۵ °۵۳ شرقی برای صنایع خاک چینی و ″۵۳ ′۱۹ ° ۳۲ شمالی و ″۳۹ ′۵۵ °۵۳ شرقی برای صنایع کاشی سرامیک تعیین گردید (شکل ۱). همچنین مختصات جغرافیایی محدوده انتخابی با مساحت Km^2 ۸۴/۸۹ برای مدل سازی پراکندگی PM_{10} به صورت ″ ۵۰ ′۲۰ °۳۲ تا ″ ۴۴ ′۱۸ °۳۲ شمالی و″ ۲۳ ′۵۳ °۵۳ تا ″ ۰۴ ′۵۷ °۵۳ شرقی تعیین گردید که در برگیرنده انواع مختلفی از کاربری‌ها اعم از کشاورزی، پارک، مرتع و بیابان، منطقه مسکونی و شهرک صنعتی است. با اخذ اطلاعات هواشناسی از مرکز تحقیقات هواشناسی استان یزد، جهت باد غالب منطقه از سمت شمال به سمت جنوب با سرعتی برابر با ۸/۸۰ – ۵/۷۰ m/s تعیین گردید. بر اساس روش Dumbarton اقلیم منطقه خشک و فرا-سرد بوده و با متوسط بارش سالیانه کمتر از ۶۰ mm از کمترین پوشش گیاهی برخوردار است [2,9]. کمبود منابع آب در این منطقه به همراه تبخیر بسیار بالا باعث شده تا رفته رفته زمینه اشتغال در حوزه کشاورزی کاهش یابد و به موازات آن به دلیل وجود منابع سرشار معدنی، صنایع مختلفی ایجاد شود. تخلیه پسماندهای صنعتی و دپو مواد اولیه به همراه وقوع طوفان‌های گرد و غبار زمینه ورود آلودگی به سطح شهر شده است [2,21].

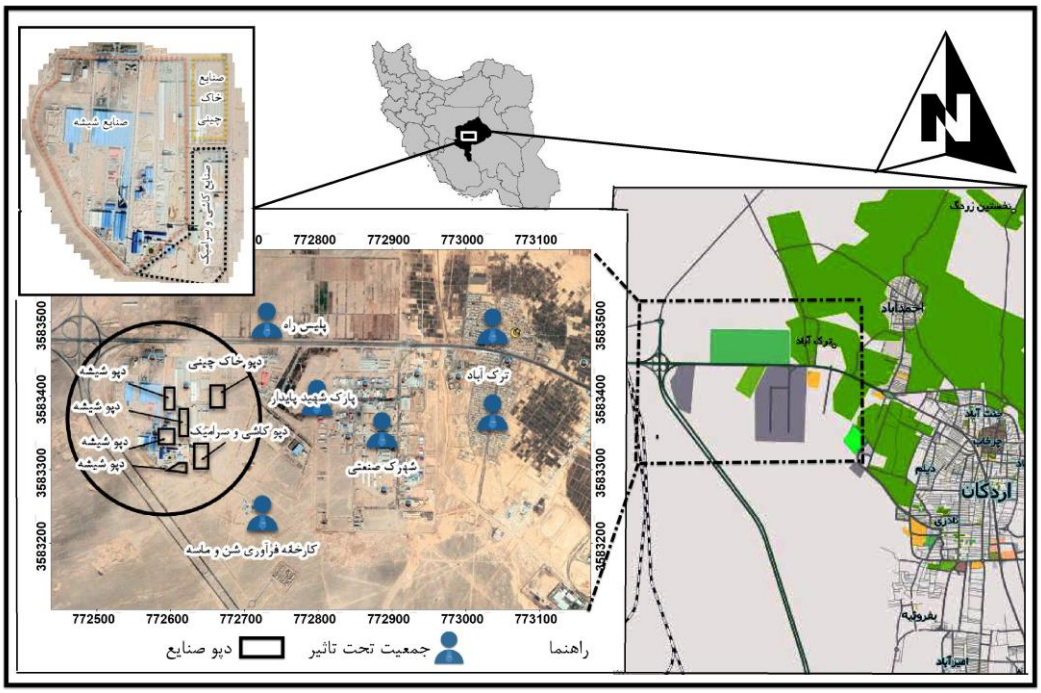
مدل ضریب انتشار SWEEP

زیر مدل تک رخداد فرسایش بادی (Single- – SWEEP Event Wind Erosion Evaluation Program) بخش مستقلی از مدل WEPS (Wind Erosion Prediction System) بوده که قادر به شبیه سازی مواد معلق در هوا (Suspended material)، میزان خزش (Creep) و جهش (Saltation) ذرات در یک ناحیه مستطیلی شکل شبکه‌ای در واکنش به سرعت و جهت باد، شرایط سطحی، جهت گیری ناحیه مستطیلی شکل است [22]. در این مدل تلفات خاک/رسوب به دو مولفه خزش/جهش و معلق در هوا تقسیم بندی می‌شوند. در نهایت سطح زمین به طور دوره‌ای برای شبیه سازی تغییرات ناشی از فرسایش به روز می‌شود [12]. جهت شبیه سازی، ابتدا مدل SWEEP سرعت اصطکاک آستانه را تخمین زده و سپس زمانی که سرعت اصطکاک بیشتر از سرعت اصطکاک آستانه باد باشد، شبیه سازی را آغاز می‌کند. سرعت اصطکاک از روی سرعت بسیار پایین باد، زبری آئرودینامیکی و پوشش گیاهی (در صورت وجود) قابل محاسبه است. سرعت اصطکاک آستانه در مدل SWEEP به عنوان سرعتی از باد

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

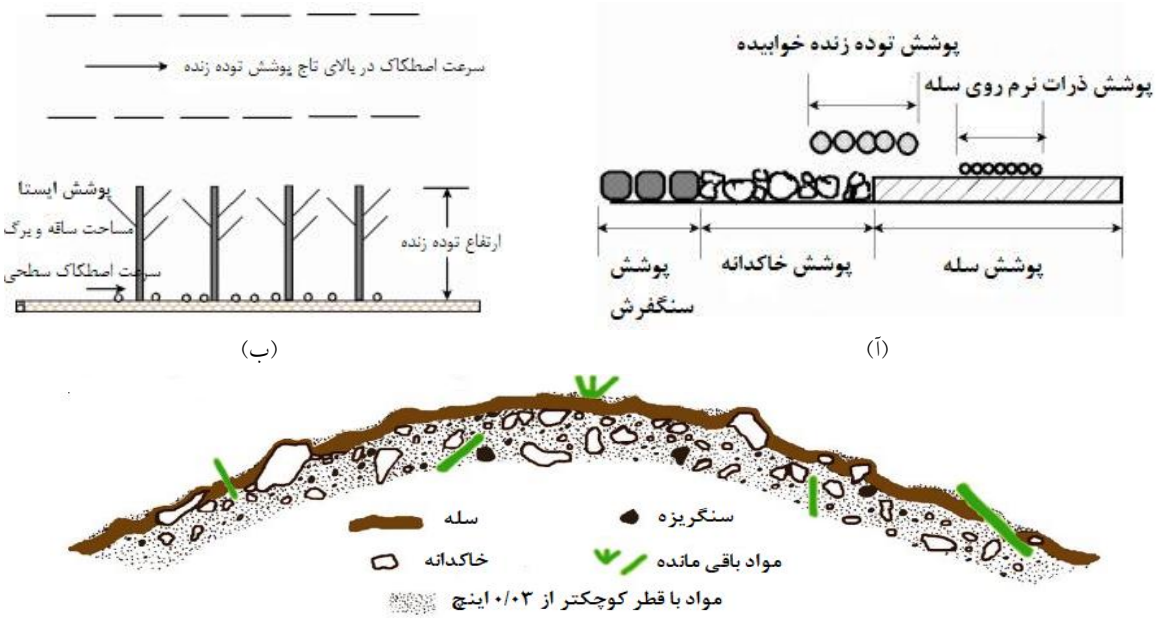
است که باعث جابجایی یا جهش خاکدانه‌های زیاد در سطح می‌شود [۲۳]. در مدل SWEEP زبری سطح (Surface Roughness) به دو شکل زبری تصادفی (Random Roughness) و زبری ردیفی یا جهت دار (Oriented Roughness) قابل تعریف است. زبری تصادفی از طریق انحراف استاندارد ارتفاعات سطح و زیری ردیفی یا جهت دار با توجه به جهت، ارتفاع، فاصله بین ردیف‌ها پوشش خاک قابل تعیین است. مطابق شکل (۲) بخش (آ) و (پ) پوشش سطح مستعد تولید غبار در سه سطح نشان داده شده است. سطح اول شامل پوشش سنگفرش (Surface rock)، خاکدانه (Aggregates) و سله (Crust) است که به صورت درصد پوشش بیان می‌شود. سطح دوم، شامل بخشی از پوشش سطحی سله با مواد نرم فرسایش پذیر است. در شرایطی که سله وجود ندارد این پارامتر صفر در نظر گرفته می‌شود. در سطح سوم، بخشی از کل سطح است که با توده زنده به طور تصادفی پوشانیده شده است. در صورت وجود پوشش گیاهی، این پارامتر به عنوان توده زنده در مدل قابل تعریف است. در این پارامتر توزیع یکنواخت توده زنده ایستاده ۵ تا ۱۰ بار نسبت به زیست توده خوابیده در کنترل فرسایش باد مؤثر است. سرعت تماسی باد در بالای توده زنده ایستا به دلیل وجود ساقه‌ها و برگ‌ها کاهش یافته و مقدار آن برای برآورد فرسایش در سطح خاک استفاده می‌شود. برگ‌ها با شاخص سطح برگ و ساقه‌ها با شاخص تعداد در واحد سطح بیان می‌شود (شکل ۲ بخش (ب)). رطوبت خاک سطحی از باعث افزایش سرعت اصطکاک آستانه (در آغاز فرسایش)، استفاده می‌شود. تراکم خاکدانه و توزیع اندازه آن‌ها تعیین کننده میزان تحرک خاک در سطح است. پایداری مکانیکی خشک کلوخه‌ها و سله از دیگر پارامترهای هستند که نشان دهنده مقاومت آنها در برابر سایش ناشی از برخورد ذرات فرسایش یافته است [۲۲].



شکل ۱: موقعیت دپو صنایع شیشه، کاشی سرامیک و خاک چینی، کاربری اراضی وجمعیت تحت تاثیر در نرم افزار Google Earth

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

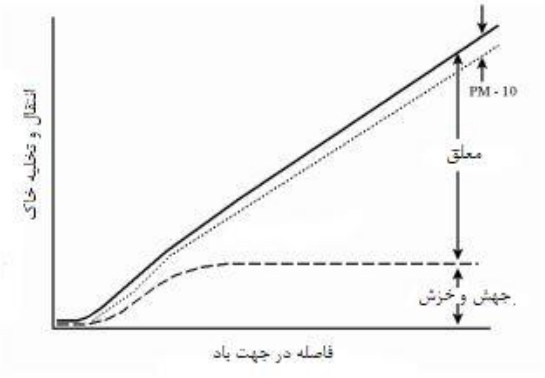
[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



شکل ۲: بخش (آ) نمایانگر اجزاء پوشش سطحی خوابیده خاک به عنوان ورودی‌های مدل SWEEP است [۲۲]. بخش (ب) سرعت اصطکاک سطحی در بالای توده زنده ایستا که با رشد ساقه و برگ نسبت به سرعت اصطکاک سطحی در زیر توده زنده ایستا کاهش می‌یابد [۲۲]. بخش (پ) نمایی از پروفیل خاک حاوی سله، سنگریزه، خاکدانه، مواد باقی مانده و بستر حاوی ذرات کوچکتر از ۰/۰۳ اینچ است [۲۴].

انتقال ذرات خاک در خلال فرسایش در سه حالت رخ می‌دهد: خاکدانه‌ها در اندازه خزشی (با قطر ۲- mm ۰/۸٤) که روی سطح خزش می‌کنند. خاکدانه‌های جهشی (mm ۰/۸٤-۰/۱) که روی سطح جهش می‌کنند و خاکدانه‌های معلق با اندازه کمتر از ۰/۱ mm که در اثر تلاطم جریان به صورت معلق جا بجا می‌شوند. با تغییر در سرعت تماسی و اصطکاکی، وزن مخصوص خاکدانه‌ها و رسوبات مقدار ماده انتقالی با حالت‌های مختلف تغییر می‌کند. بخش معلق اغلب به صورت ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) شبیه سازی می‌شود. متداول ترین حالت تخلیه و جابه جایی شبیه سازی شده در یک ترانسکت (مقطع طولی) خطی مطابق شکل (۳) است. انتقال ذرات به صورت معلق در جهت وزش باد حتی در شرایطی که محدودیت ظرفیت انتقال جهشی/خزشی وجود داشته باشد ادامه پیدا می‌کند. چرا که منشاء ذرات در اندازه معلق معمولا در سطح زمین فعال است و این ذرات را وارد هوا می‌کند. در مدل SWEEP ذرات معلق و PM_{10} در هر سلول از شبکه مستطیلی شکل محاسبه می‌شود. اطلاعات سلول‌های شبکه به صورت خروجی ارائه و متوسط آن در سطح مستطیل برای پریود زمانی مورد نظر ارائه می‌شود [۲۲].

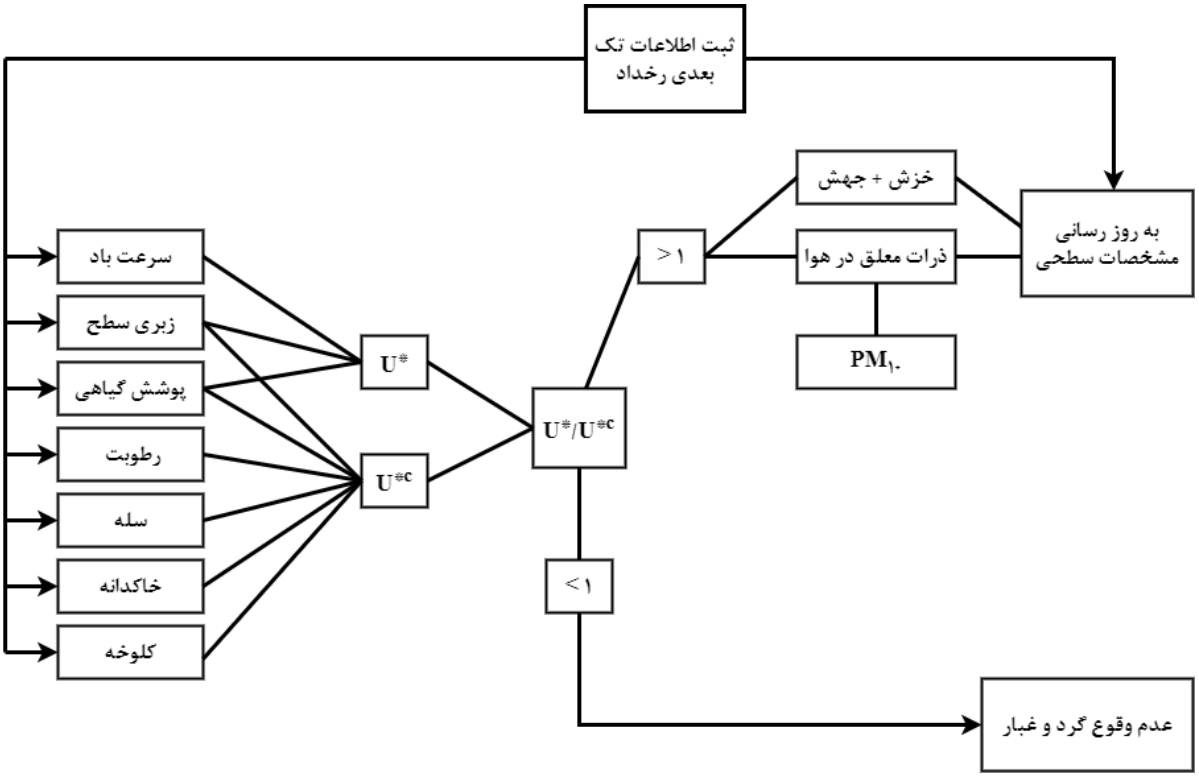
در شکل (٤) نمایی کلی از فرآیند شبیه سازی مدل SWEEP ارائه شده است.



شکل ۳: نمودار ترانسکت خطی ظرفیت انتقال برای ذرات جهشی/خزشی و معلق [۲۲]

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



شکل ٤: نمایی از ورودی‌های مدل SWEEP جهت تعیین دو پارمتر U^* سرعت اصطکاک (m/s) و U^{*c} سرعت اصطکاک آستانه (m/s) و نمایش خروجی‌های آن [۲۲].

کاربست مدل AERMOD

مدل AERMOD یک مدل پراکندگی گوسی در شرایط پایدار (Steady-state dispersion model) است که برای تعیین غلظت آلاینده‌های محیطی مختلف در مناطق صنعتی، شهری و روستایی، صاف و ناهموار و منابع آلاینده نقطه ای، حجمی و انواع مختلف منابع سطحی قابل استفاده است. دامنه مدل‌سازی در این مدل تا ۵۰ km است و بیشتر از ۵۰ km نتایج از دقت پایین تری برخوردار است [۲۵]. در این مدل فرض بر این است که توزیع غلظت در لایه مرزی پایدار (Stable Boundary Layer – SBL) در هر دو جهت قائم و افقی همانند توزیع غلظت در جهت افقی در لایه مرزی همرفتی (Convective Boundary Layer – CBL) گاوسی است. اما در CBL توزیع غلظت در جهت قائم با یک تابع توزیع چگالی دو گاوسی تعریف می‌شود. در زمین‌های ناهموار مدل AERMOD از مفاهیم تقسیم خطوط جریان استفاده کرده و غلظت نهایی را از مجموع وزنی غلظت‌های حاصل از دو حالت پلوم افقی و پیرو عوارض زمین تعیین می‌کند که در زمین‌های صاف هر دو حالت یکسان هستند. این مدل از هسته اصلی پردازش AERMOD جهت تخمین غلظت آلاینده و از پیش پردازنده‌های AERMET جهت تخمین پارامترهای لایه مرزی جو و AERMAP جهت تجزیه تحلیل اطلاعات توپوگرافی منطقه استفاده می‌کند [۲۶].

ماژول هواشناسی AERMET

این پیش پردازنده در واقع نسخه کامل شده پردازشگر هواشناسی برای مدل‌های تنظیمی (MPRM –

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

Meteorological Processor for Regulatory Models) بوده که با تغییراتی در محاسبات پارامترهای لایه مرزی و در نظر گرفتن الگوریتم‌های جدیدی به منظور تاثیرات فرونشست آلاینده‌ها به AERMET تغییر نام داده است [۲۷]. پیش پردازنده AERMET با گرفتن داده‌های خام هواشناسی سطحی و جو بالا، پس از کنترل کیفیت و ادغام داده ها، اقدام به محاسبات برخی پارامترهای لایه مرزی نظیر طول مونین – ابوخوف (Monin-Obukhov)، ارتفاع اختلاط همرفتی و مکانیکی، مقیاس سرعت همرفتی و غیره می‌نماید که به صورت خروجی وارد مدل AERMOD خواهند شد. در پیش پردازنده AERMET در شرایطی که اطلاعات جو بالا در دسترس نیست، این قابلیت وجود دارد که با توجه اطلاعات هواشناسی سطحی، محاسبات پارامترهای لایه مرزی صورت بگیرد که این مهم بر اساس فرمول‌های تجربی و نیمه تجربی ارائه شده انجام می‌شود [۹].

ورودی مدل‌های SWEEP و AERMOD

منابع سطحی آلاینده در این تحقیق شامل چهار دپو مربوط به صنعت شیشه سازی، یک دپو برای صنعت خاک چینی و یک دپو مربوط به صنعت کاشی سرامیک است. اطلاعات موقعیت مکانی و پارامترهای ژئومتریک دپوهای مورد بررسی در جدول (۱) ارائه شده است.

ابتدا با استفاده از فرمول حد کفایت نمونه کربز با خطای ۱۰ ٪، t برابر با ۱/۹٦ مجموعا ۱۸ نمونه خاک برای اجرای این تحقیق محاسبه شد [۲۸]. سپس نمونه‌های از خاک سطحی دپوها از لایه ۰– ۱۰ mm خاک به روش نمونه برداری تصادفی برداشت گردید. پس از انجام مراحل اندازه‌گیری‌های میدانی و عملیات آزمایشگاهی اطلاعات مورد نیاز برای تخمین نرخ انتشار PM_{10} بر حسب g/s به مدل SWEEP داده شد. در این تحقیق با بررسی اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۷ اطلاعات سرعت باد، جهت باد و میانگین دمای در روزهای که سرعت باد بیشتر از ۸ m/s بود استخراج گردید و به مدل SWEEP داده شد. همچنین قابل ذکر است پارامتر توده زنده به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی بر روی دپوها صفر در نظر گرفته شد. سایر اطلاعات ورودی مدل SWEEP در جدول ۲ ارائه شده است.

بعد از شبیه سازی نرخ انتشار، جهت ترسیم نقشه‌های پراکندگی، تخمین مواجهه افراد، بیشینه‌های غلظت و متوسط غلظت PM_{10} در منطقه برای بازده‌های زمانی یک، هشت و ۲٤ ساعته از سیستم مدل سازی AERMODاستفاده شد.

با اخذ اطلاعات هواشناسی از مرکز تحقیقات هواشناسی استان یزد، ابتدا داده‌های میانگین سه ساعته سرعت باد، جهت باد، ابرناکی، دمای هوای خشک، فشار ایستگاه و رطوبت نسبی توسط پیش پردازنده AERMET از فرمت اکسل به فرمت مناسب sam. تبدیل گردید. به دلیل عدم اندازه‌گیری داده‌های جو بالا توسط ایستگاه هواشناسی سینوپتیک از گزینه پیش فرض مدل (Upper Air Estimator) جهت تخمین این داده‌ها استفاده شد. همچنین مشخصات سطحی کاربری‌های موجود در منطقه برای ٤ فصل سال تا شعاع سه کیلومتری از صنایع به پیش پردازنده AERMET داده شد (جدول (۲)). با اجرای AERMET دو فایل به فرمت PFL. و SCF. تهیه و به مدل اصلی داده شد. با توجه به مسطح بودن منطقه مورد مطالعه و عدم وجود عوارض ارتفاعی ناهموار (Complex terrain) قابل توجه از DEM~90m برای اجرا AERMAPاستفاده شد. در نهایت برای اجرای AERMOD شبکه‌ای کارتزین با ٤٤٤ پذیرنده به همراه ٦ پذیرنده مجزا در نقاطی خاص که محل استقرار جمعیت تحت تاثیر بود، برای مدل مشخص گردید. همچنین اطلاعاتی دیگر نظیر ارتفاع و مساحت دپوها و نرخ انتشار PM_{10} بر حسب g/s برای مدل اصلی تعریف شد. در نهایت خروجی‌های یک، هشت و ۲٤ ساعته بر حسب میکروگرم بر متر مکعب برای روزهای طوفانی تهیه شد. اطلاعات بیشتر درباره ورودی‌های مدل

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

AERMOD در جـدول ۳ ارائـه شـده اسـت. کلیـه تجزیـه و تحلیل‌های آماری این پژوهش شامل حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

جدول ۱: اطلاعات موقعیت مکانی و پارامترهای ژئومتریک دپو صنایع مورد مطالعه

دپو	موقعیت مکانی		مساحت (m^2)	ارتفاع تقریبی (m)
	X	Y		
شیشه	۷۷۵٤۰۸	۳۵۸۰٤۱۹	۳۱	۲
شیشه	۷۷۵٦۹۷	۳۵۸۰٤٦۲	۱۹	۳
کاشی و سرامیک	۷۷۵۷۰۹	۳۵۸۰٦٤۹	٦۲	۲
شیشه	۷۷۵۲۳۱	۳۵۸۰۷٦٤	۳۲	۲
خاک چینی	۷۷۵٦۱۹	۳۵۸۱۳۳۱	٦	۲
شیشه	۷۷۵٤۷۸	۳۵۸۰۸۹۱	۲٦	۲

جدول ۲: مشخصات سطحی (آلبیدو، نسبت باوون و زبری سطح) کاربری اراضی منطقه در فصول مختلف سال

فصل	قطاع	ابتدا قطاع (درجه)	انتهای قطاع (درجه)	نوع کاربری اراضی	آلبیدو (بی بعد)	نسبت بوان (بی بعد)	زبری سطح (m)
زمستان	۱	٤۰	۷۵	زراعی	۰/٦	۱/۵	۰/۰۱
	۲	۷۵	۱۳۵	شهر	۰/۳۵	۱/۵	۱
	۳	۱۳۵	٤۰	بیابان	۰/٤۵	٦	۰/۱۵
بهار	۱	٤۰	۷۵	زراعی	۰/۱٤	۰/۳	۰/۰۳
	۲	۷۵	۱۳۵	شهر	۰/۱٤	۱	۱
	۳	۱۳۵	٤۰	بیابان	۰/۳	۳	۰/۳
تابستان	۱	٤۰	۷۵	زراعی	۰/۲	۰/۵	۰/۲
	۲	۷۵	۱۳۵	شهر	۰/۱٦	۲	۱
	۳	۱۳۵	٤۰	بیابان	۰/۲۸	٤	۰/۳
پاییز	۱	٤۰	۷۵	زراعی	۰/۱۸	۰/۷	۰/۰۵
	۲	۷۵	۱۳۵	شهر	۰/۱۸	۲	۱
	۳	۱۳۵	٤۰	بیابان	۰/۲۸	٦	۰/۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

جدول ۳: خلاصه‌ای از اطلاعات ورودی مدل‌های SWEEP و AERMOD و پیش پردازنده‌های AERMET و AERMAP

مدل/ پیش پردازنده	اطلاعات ورودی	روش جمع آوری اطلاعات	توضیحات
SWEEP	درصد رس، سیلت و شن، شن خیلی ریز، سنگریزه	آزمایشگاه	به روش هیدرومتری و GR گراف تعیین شد
	وزن مخصوص ظاهری	آزمایشگاه	به روش ارشمیدوس اندازه‌گیری شد
	حداقل، حداکثر و قطر میانه خاکدانه	آزمایشگاه	به روش سری الک و GR گراف تعیین شد
	مشخصات بادشکن شامل تعداد، تخلخل و عرض بادشکن	بازدید میدانی	-
	مساحت دپوها و زاویه آزیموت استقرار آن ها	بازدید میدانی	-
	زبری تصادفی المارس	بازدید میدانی	به روش پین متر تعیین شد
	اطلاعات اقلیمی شامل حداکثر سرعت و جهت باد (بیش تر از ۸ m/s) و میانگین دمای روزانه	اندازه‌گیری‌های میدانی	دریافت اطلاعات از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک میبد
AERMOD	تعریف مختصات ورتکس، مساحت، ارتفاع و نرخ انتشار از دپوها	تلفیقی از اندازه‌گیری‌های میدانی و شبیه سازی نرم افزار	نرخ انتشار PM_{10} در SWEEP شبیه سازی شد.
	تعریف موقعیت گیرنده‌ها به عنوان مراکز جمعیتی تحت تاثیر	تعریف در پردازنده اصلی	شش گیرنده مجزا به ارتفاع ۱/۵ m در مدل تعریف گردید.
پیش پردازنده AERMET	سرعت و جهت باد، ابرناکی، رطوبت نسبی، فشار ایستگاه هواشناسی، دمای هوای خشک	اندازه‌گیری‌های میدانی	دریافت اطلاعات از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک میبد
	تعریف تعداد قطاع و تخصیص یک کاربری به هر قطاع	تعریف در پیش پردازنده	سه قطاع با زوایای ۷۵-۴۰ برای کاربری‌های زراعی، ۱۳۵-۷۵ شهر و ۱۳۵-۴۰ بیابان تعریف شد.
پیش پردازنده AERMAP	تعیین مشخصات سطحی قطاع شامل آلبیدو، نسبت باوون، زبری سطح برای هر کاربری	تعریف در پیش پردازنده	مقادیر این پارامترها به طور مستقیم توسط پیش پردازنده برای چهار فصل سال تهیه شد
	DEM~90mSRTM3	سایت NASA	نقشه DEM به صورت آنلاین توسط پیش پردازنده تهیه شد

در این پژوهش برای انجام ارزیابی ریسک سلامت، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه مرکزی زرآزما ارسال گردید تا غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP-MS اندازه‌گیری شود.

ارزیابی ریسک سلامت

در این تحقیق جمعیت تحت تاثیر (مواجهه با PM_{10}) شامل بزرگسالان و کودکان ساکن در روستا ترک آباد و افرادی که اکثر اوقات فراغت خود را در پارک شهید پایدار می‌گذرانند، کارکنان کارخانه روباز فرآوری شن و ماسه، نگهبانی مستقر در بخش ورودی کارخانه کاشی و سرامیک، کارکنان در شهرک صنعتی اردکان و پلیس راه اردکان بود. برای ارزیابی ریسک سرطانی مواجهه با PM_{10} محاسبات بر اساس رابطه (۱) و ریسک غیرسرطانی بر اساس روابط (۲) و (۳) صورت گرفت. این روابط بر اساس مدل پیشنهادی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده استخراج شده است [۲۹].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

$$ILCR=[(C\times BR\times DS\times EF\times ED)\div(BW\times AT\times 365)]\times(SF) \quad (1)$$

$$EC=(CA\times ET\times EF\times ED)\div AT \quad (2)$$

$$HQ=EC\div RfC \quad (3)$$

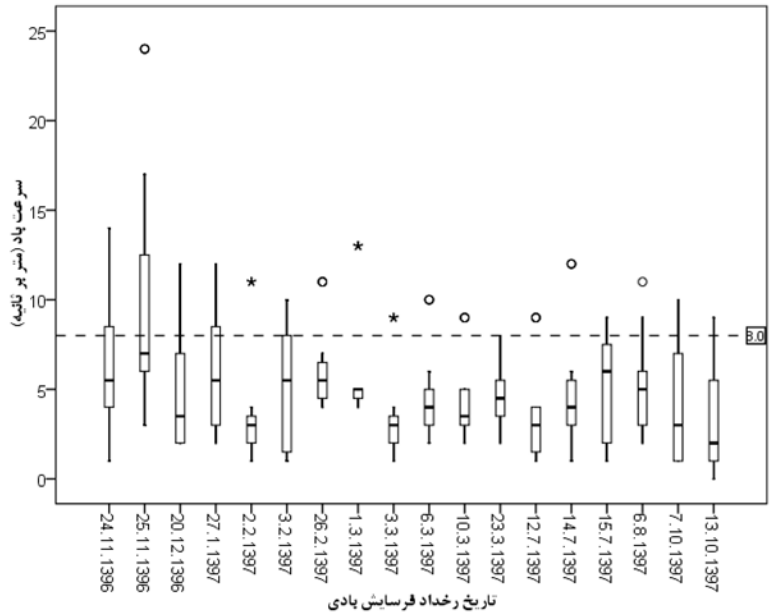
در روابط فوق پارامترهای ILCR (Deterministic Incremental Lifetime Cancer Risk) بیانگر ریسک ابتلا به سرطان در طول عمر (mg/kg/day)، C (Concentration) بیانگر غلظت مهمترین ترکیب شیمیایی زیان آور قابل‌استنشاق ($\mu g/m^3$)، BR (Breathing Rate) نرخ تنفس (m^3/hr)، DS (Daily exposure duration) معادل تعداد ساعات مواجهه روزانه (hr/day)، EF (Exposure Frequency) تعداد روزهای مواجهه ساکنین با مهمترین ترکیب شیمیایی زیان آور پسماند در سال (day/years)، ED (Exposure Duration) مدت زمان مواجهه (years)، BW (Body Weight) وزن بدن (kg)، AT (Average Time) که معمولاً به عنوان امید به زندگی توصیف می‌شود (years) برای ریسک‌های سرطانی ۳۶۵×۷۰ و برای ریسک‌های غیرسرطانی از رابطه تبدیل واحد زمان×years 365day/years× 24hr/day به دست می‌آید، عدد ۳۶۵ بیانگر تعداد روزهای سال (day/year)، SF (Cancer Slope Factor) فاکتور شیب سرطان ($mg/kg/day^{-1}$)، EC (Exposure Concentration) غلظت مواجهه ($\mu g/m^3$)، CA غلظت مهمترین عامل شیمیایی سرطان زا (Concentration the Air) که بیشترین درصد ترکیب شیمیایی در PM_{10} دارد ($\mu g/m^3$)، ET (Exposure Time) زمان مواجهه (hr/day)، RfC (Reference Concentration) غلظت مبنا یا غلظت استاندارد ($\mu g/m^3$) است که مقادیر آن برای ماده مورد نظر از مرجع پیشنهادی EPA به دست آمد. HQ (Hazard Quotient) درجه یا نسبت ریسک نامیده می‌شود. در این پژوهش مواجهه ساکنین بزرگسال و کودک به ترتیب برابر با ۲۴ و ۶ سال و در هر سال ۱۸ روز طوفانی و هر روز طوفانی برابر با یک، هشت و ۲۴ ساعت مواجهه با نرخ تنفس $0/83\ m^3/hr$ (بزرگسالان) و $0/30 m^3/hr$ (کودکان) [30] با امید به زندگی ۵۶ سال برای محاسبه ریسک‌های سرطانی در نظر گرفته شد. وزن بدن برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۱۵ و kg ۷۰ در نظر گرفته شد [30]. فاکتور شیب سرطان برای مهمترین عامل شیمیایی سرطان زا که بیشترین درصد در PM_{10} دارد. در ارزیابی ریسک بهداشتی غیرسرطانی اگر مقادیر ریسک بالاتر از عدد یک گردد، ریسک بالاتر از حد مجاز و غیرقابل قبول است و اگر مقادیر ریسک کمتر از یک شود، ریسک کمتر از حد مجاز و قابل قبول می‌گردد [1]. بر اساس مرجع پیشنهادی EPA، در صورتی که مقادیر عددی ILCR بیشتر از 10^{-4} شود، وقوع ریسک‌های سرطانی در منطقه زیاد است. در صورتی که مقادیر عددی ILCR در محدود 10^{-4} تا 10^{-6} باشد ریسک متوسط و اگر کوچکتر از 10^{-6} باشد، ریسک پایینی در منطقه وجود دارد [29].

یافته‌ها

نمودار جعبه‌ای سرعت باد، جهت باد و دما در روزهای که سرعت باد بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی (۸ m/s) است در شکل‌های (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده است. مطابق نتایج در مجموع ۱۸ روز وجود دارد که سرعت باد بیشتر از ۸ m/s است. بررسی توزیع فراوانی ماکسیمم‌های سرعت باد نشان داد تعداد روزهای که در آن‌ها سرعت باد برابر با ۱۴، ۲۴، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۱۳، ۹ و ۸ m/s است به ترتیب ۱، ۱، ۳، ۳، ۳، ۱، ۵ و ۱ روز می‌باشد. میانگین روزانه سرعت باد در محدوده ۹/۷۵ – ۳/۳۷ m/s متغیر است که بیشترین مقدار آن مربوط به روز ۲۵ بهمن ماه است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

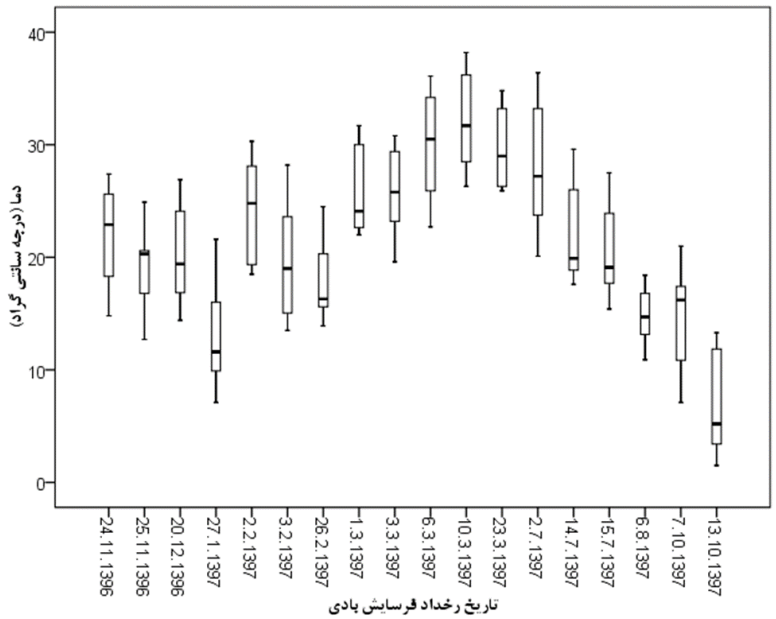
[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



شکل ۵: نمودار جعبه‌ای داده‌های سرعت باد در روزهای که سرعت باد بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی (۸ m/s) است.

همچنین در بین روزهای مورد بررسی بیشترین میانگین دما روزانه با مقادیر برابر با ۳۲/۳۲ °C مربوط به ۱۰ خرداد ماه و کمترین آن با مقادیر ۷ °C مربوط به ۱۳ دی ماه بود.

میانگین جهت باد روزانه از ۱۳۷° تا ۳۳۵° متغیر بوده و در اکثر روزها میانگین جهت باد از جنوب غرب تا جنوب شرق متغیر بود.



شکل ۶: نمودار جعبه‌ای داده‌های دما در روزهای که سرعت باد بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی (۸ m/s) است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

نتایج اندازه‌گیری اطلاعات خاک شناسی مورد نیاز مدل SWEEP در جدول ٤ ارائه شده است. مطابق نتایج بیشترین درصد شن با مقادیر ٨٦ ٪ مربوط به دپو کارخانه کاشی و سرامیک و کمترین درصد شن با مقادیر ٧٦ ٪ مربوط به دپو صنایع شیشه است. بیشترین و کمترین درصد شن خیلی ریز به ترتیب با مقادیر ٣٥ و ٢٣ ٪ برای دپو صنایع شیشه اندازه‌گیری شد. بیشترین درصد رس با مقادیر ٩ ٪ برای دپوهای شیشه و کمترین درصد رس با مقادیر ٤ ٪ برای دپو صنایع خاک چینی و کاشی سرامیک اندازه‌گیری شد. بیشترین درصد سیلت با مقادیر ١٨ ٪ مربوط به دپو کارخانه شیشه و کمترین آن با مقادیر ١٠ ٪ برای کارخانه کاشی و سرامیک به دست آمد. از لحاظ پایداری خاکدانه، مقادیر پایداری برای دپوها تقریبا نزدیک به یک دیگر بود اما بیشترین مقادیر این پارامتر برای دپو خاک چینی و و کمترین آن برای دپو کاشی و سرامیک اندازه‌گیری شد. حداقل (٠/٠١ mm) و حداکثر (٦ mm) اندازه خاکدانه برای دپو شیشه اندازه‌گیری شد. حداقل و حداکثر مقادیر میانگین هندسی اندازه خاکدانه برای دپوهای کاشی و سرامیک با مقادیر ٠/١ mm و شیشه با مقادیر ١ mm به دست آمد. بیشترین زبری تصادفی برای دپو شیشه و کمترین آن دپو صنایع کاشی و سرامیک و شیشه اندازه‌گیری شد.

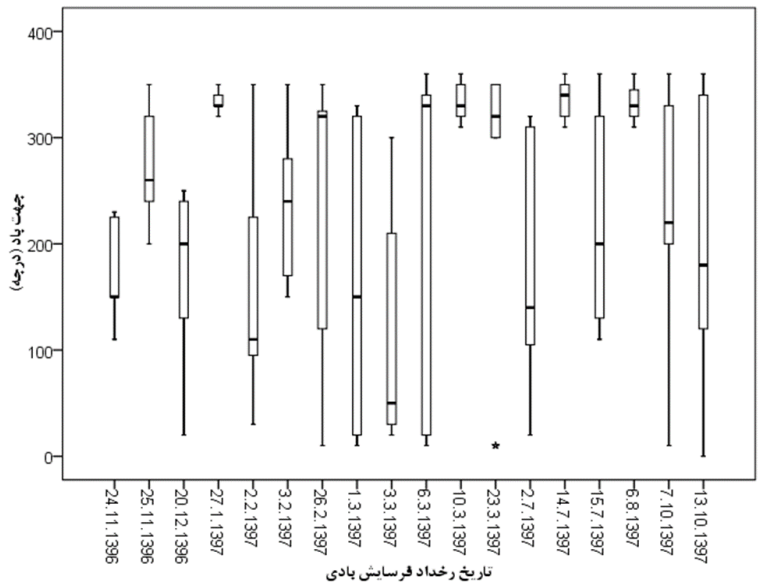
نتایج نرخ انتشار $PM_{١٠}$ شبیه سازی شده توسط مدل SWEEP برای هریک از روزهای رخدادهای فرسایش بادی در جدول (٥) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد، نرخ انتشار $PM_{١٠}$ از دپو کاشی و سرامیک به دلیل دارا بودن درصد شن بیشتر، پایداری، قطر میانگین خاکدانه و زبری تصادفی کمتر، بیشتر است. خاک‌های حاوی درصد ذرات شن بیشتر به دلیل عدم چسبندگی مستعد فرسایش بادی بوده و در نتیجه انتشار $PM_{١٠}$ از این سطوح بیشتر است. از طرف دیگر در بین روزهای مورد بررسی حداکثر سرعت باد اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی برابر با ٢٤ m/s است که در تاریخ ٩٦/١١/٢٥ اتفاق افتاده است. نرخ انتشار $PM_{١٠}$ از تمامی دپوهای مورد بررسی در این روز ٨٠×١٠^{-٤} است که در بین روزهای رخداد فرسایش بادی، بیشترین نرخ انتشار $PM_{١٠}$ را دارد. کمترین نرخ انتشار به میزان $٤/١٧ \times ١٠^{-٤}$ مربوط به روز ١٣٩٧ /٣/٢٣ است که حداکثر سرعت باد اندازه‌گیری شده در این روز برابر با ٨ m/s است. بیشترین نرخ انتشار سالانه $PM_{١٠}$ از دپوها در ١٨ روز رخداد فرسایش بادی مورد بررسی مربوط به کارخانه کاشی و سرامیک با مقدار $٣/٥٩ \ kg/m^2$ و کمترین $٠/٠٢٤ \ kg/m^2$ مربوط به یکی از دپوهای کارخانه شیشه بود.

جدول ٤: اطلاعات خاکشناسی وروی مدل SWEEP

دپو نمونه‌برداری شده	وزن مخصوص ظاهری (mg/m^3)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	شن خیلی ریز (٪)	پایداری ln (j/kg)	میانگین هندسی خاکدانه (mm)	حداقل اندازه خاکدانه‌ها (mm)	حداکثر اندازه خاکدانه‌ها (mm)	زبری تصادفی آلمارس (mm)
شیشه	١/٥٦	٦	١٨	٧٦	٢٣	٢/٥	١	٠/٠١	٤	١٠
شیشه	١/٦٢	٩	١٣	٧٨	٣٠	٢/٦	٢	٠/٠٥	٦	٦
کاشی و سرامیک	١/٦٠	٤	١٠	٨٦	٢٨	٢/٢	٠/١	٠/٠٣	٥	٥
شیشه	١/٥٥	٧	١٦	٧٧	٢٧	٢/٤	٠/٥	٠/٠١	٥	٥
خاک چینی	١/٥٥	٤	١٢	٨٤	٣٢	٢/٩	٠/٢	٠/٠٤	٢	٦
شیشه	١/٦١	٧	١٤	٧٩	٣٥	٢/٦	١	٠/٠٣	٣	٨

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



شکل ۷: نمودار جعبه‌ای داده‌های جهت باد در روزهای که سرعت باد بیش از سرعت آستانه فرسایش بادی (۸ m/s) است.

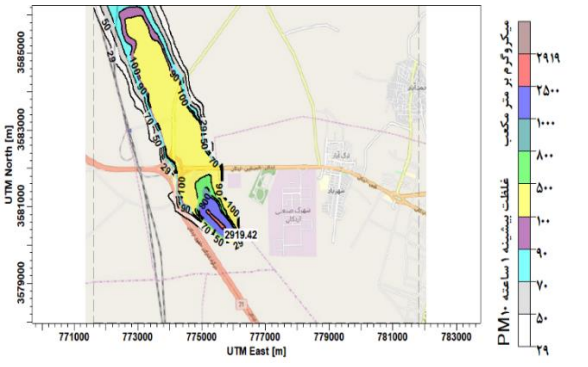
جدول ۵: نرخ انتشار PM_{10} شبیه سازی شده در روزهای رخداد فرسایش بادی توسط مدل SWEEP

دپو/تاریخ	شیشه	شیشه	کاشی سرامیک	شیشه	خاک چینی	شیشه
۱۳۹۶/۱۱/۲۴	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۶/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۶/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۶/۱۱/۲۵	$۳/۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۶ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۲}$	$۴/۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۶/۱۲/۲۰	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۱/۲۷	$۸/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۲/۲	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۲/۳	$۱/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۲/۲۶	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۳/۱	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۳ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۳/۳	–	–	$۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۳/۶	$۲/۰ \times ۱۰^{-۴}$	–	$۲/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۹/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۳/۱۰	–	–	$۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۳}$
۱۳۹۷/۳/۲۳	–	–	$۸/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۴}$	–	–
۱۳۹۷/۷/۲	–	–	$۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۷/۱۴	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۹/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۷/۱۵	–	–	$۱/۷ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۶/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۸/۶	$۴/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۳/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$	$۸/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۱۰/۷	$۱/۰ \times ۱۰^{-۴}$	–	$۲/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۴ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۵/۰ \times ۱۰^{-۴}$
۱۳۹۷/۱۰/۱۳	–	–	$۱/۰ \times ۱۰^{-۳}$	$۱/۲ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$	$۷/۰ \times ۱۰^{-۴}$
نرخ انتشار سالانه ($Kg/m^2.year$)	$۲/۴ \times ۱۰^{-۲}$	$۶/۰ \times ۱۰^{-۲}$	۳/۵۹	۱/۴۱	۱/۸۷	۰/۳۷

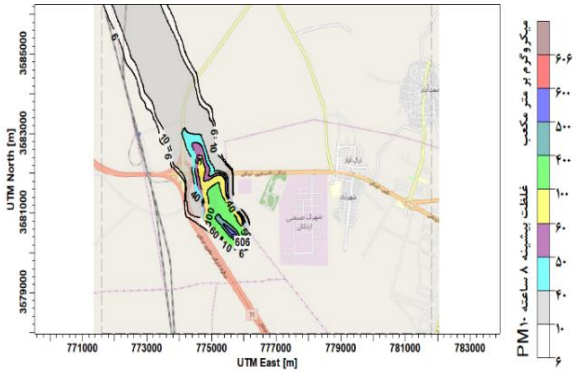
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

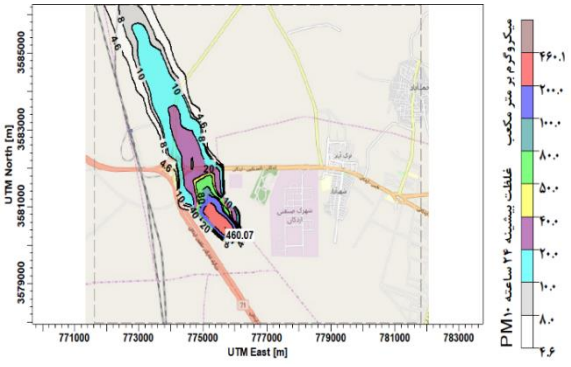
نتایج حاصل از پراکندگی PM_{10} از دپوهای سیلیکاتی صنایع مورد بررسی در برخی از روزهای رخداد فرسایش بادی برای بازده‌های زمانی یک، هشت و ۲۴ ساعته در شکل (۸) نشان داده شده است. همان طور که از نقشه‌های خروجی AERMOD پیداست، در میان روزهای رخداد فرسایش بادی بیشترین ماکسیمم غلظت یک، هشت و ۲۴ ساعته PM_{10} انتشاریافته از دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۱۴ و در ساعت یک شب، به ترتیب به مقدار ۸۸۴۰، ۱۹۶۷ و ۱۲۷۲ $\mu g/m^3$ است. در این روز در اکثر نقاط گیرنده محدوده مورد مطالعه، غلظت PM_{10} صفر بوده و سرعت باد برابر با ۱۲ m/s و جهت باد غالب از سمت شمال به سمت جنوب است. کمترین ماکسیمم غلظت یک و هشت ساعته PM_{10} شبیه سازی شده در بین روزهای مورد بررسی به ترتیب برابر با ۲۷۰ و ۱۷۴$\mu g/m^3$ بوده و در تاریخ ۹۷/۲/۲۶ است. ماکسیمم سرعت باد ثبت شده در این روز ۱۱ m/s بوده و جهت باد در این روز عمدتا به سمت جنوب و جنوب شرق منطقه است. همچنین نتایج دیگر این پژوهش نشان داد، کمترین ماکسیمم غلظت ۲۴ ساعته اتفاق افتاده برابر با ۹۹ $\mu g/m^3$ و در تاریخ ۹۷/۳/۱۰ است. با توجه به اینکه دپوهای صنایع مورد بررسی در منطقه مسطح بیابانی قرار گرفته اند، پراکندگی PM_{10} انتشاریافته در تمامی جهات صورت می‌گیرد؛ اما با توجه به اینکه جهت باد غالب منطقه از سمت شمال به سمت جنوب است در اکثر روزهای رخداد فرسایش بادی پراکندگی ذرات به سمت جنوب منطقه است. همان طور که مشاهده می‌کنیم ماکسیمم غلظت اتفاق افتاده در نزدیکی دپوها به ویژه دپو کاشی و سرامیک بوده و با افزایش فاصله از این منبع آلاینده سطحی از غلظت PM_{10} کاسته می‌شود.



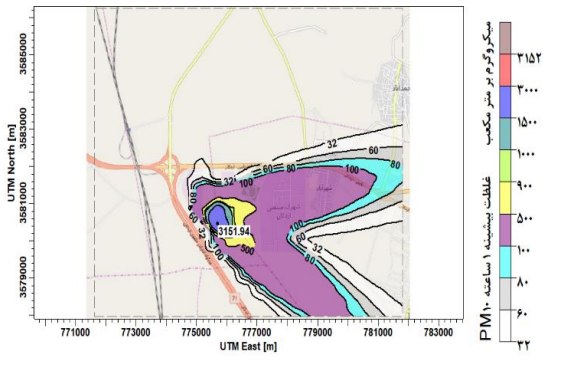
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۶/۱۱/۲۴



بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۶/۱۱/۲۴



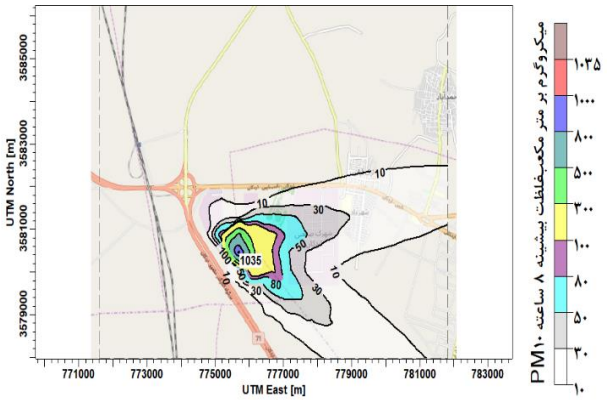
بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۶/۱۱/۲۴



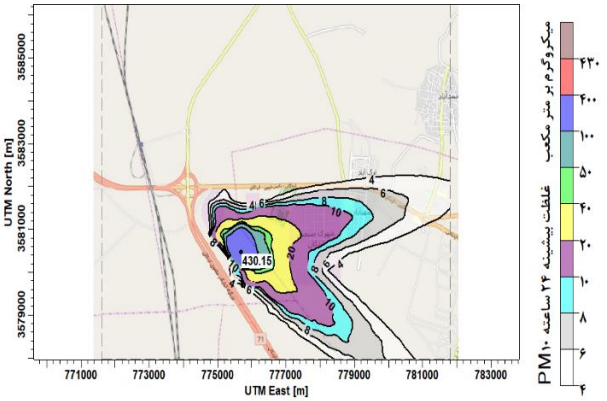
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

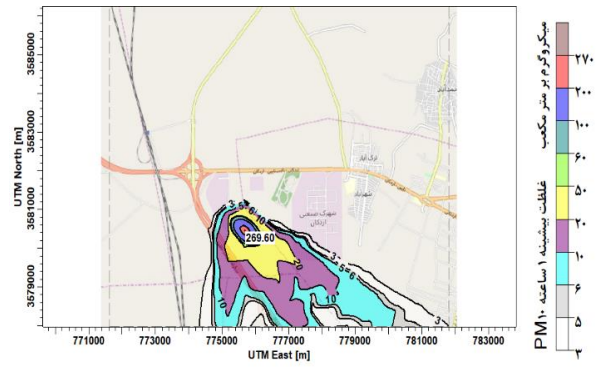
[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



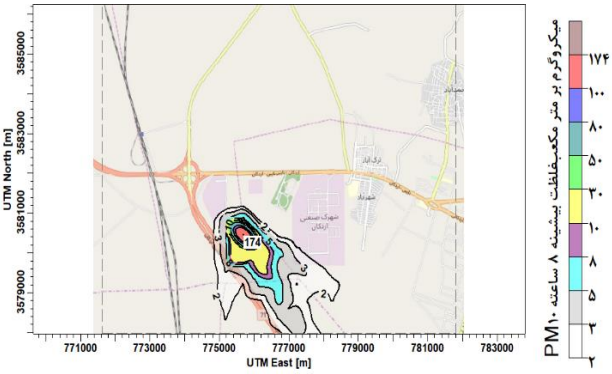
بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۳



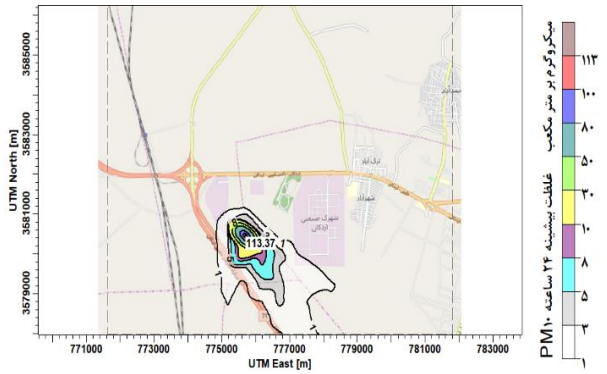
بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۳



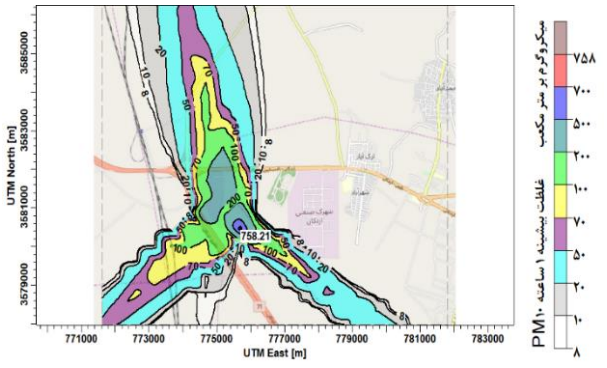
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۲۶



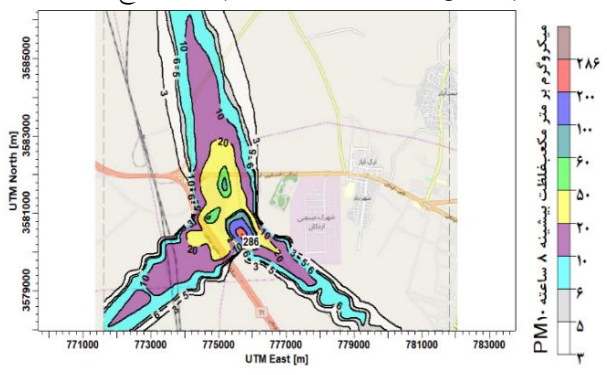
بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۲۶



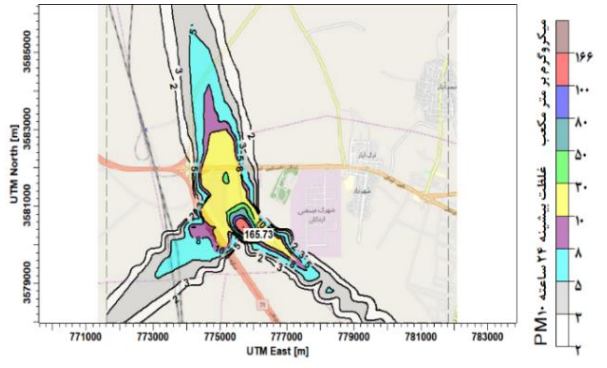
بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۲/۲۶



بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۳



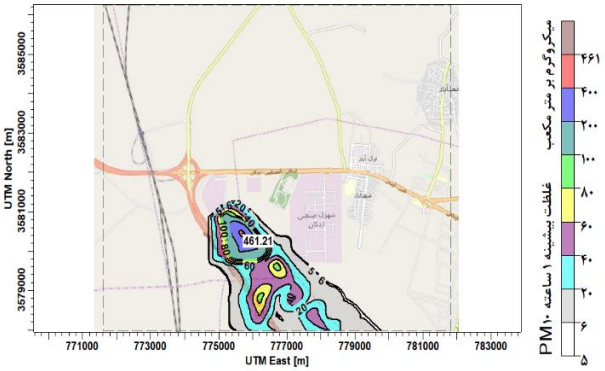
بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۳



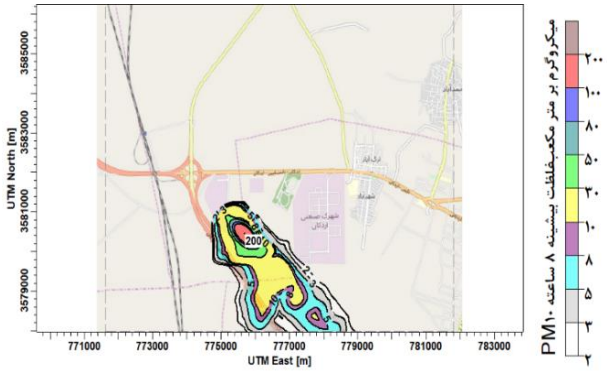
بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

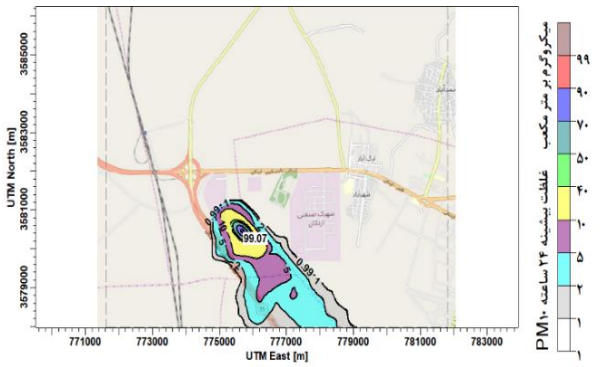
[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



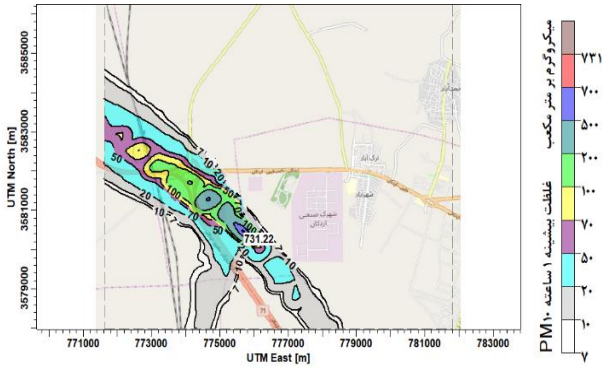
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۱۰



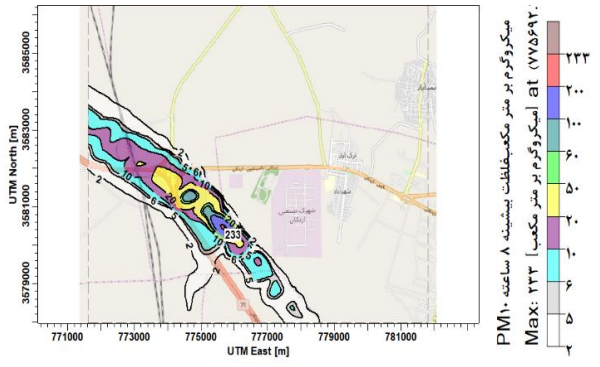
بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۱۰



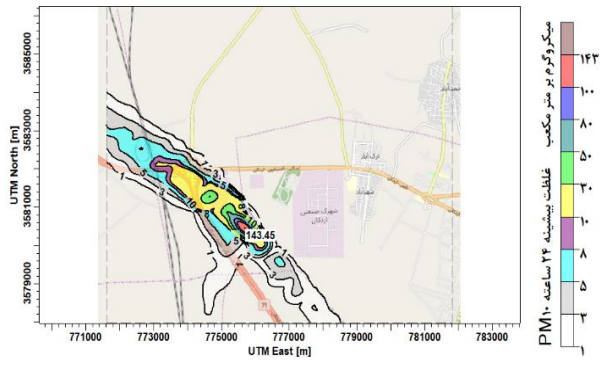
بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۳/۱۰



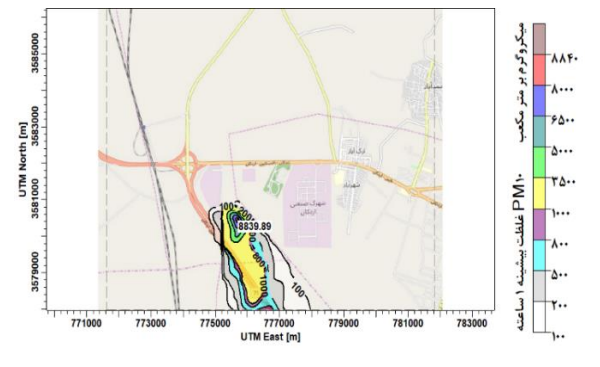
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۲



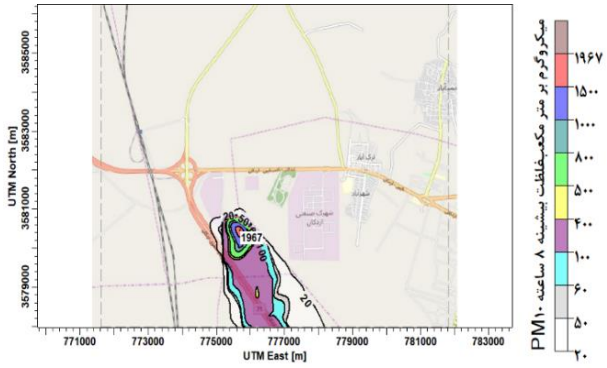
بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۲



بیشینه پراکندگی ۲۴ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۲



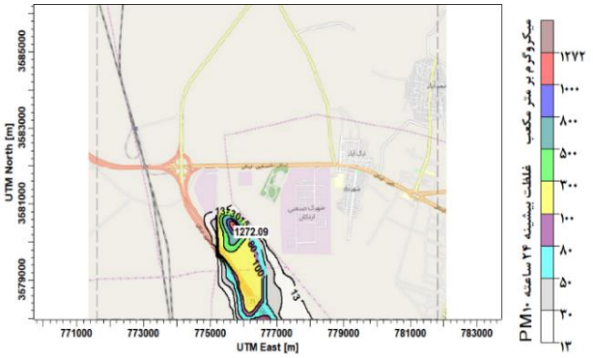
بیشینه پراکندگی یک ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۱۴



بیشینه پراکندگی هشت ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۱۴

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

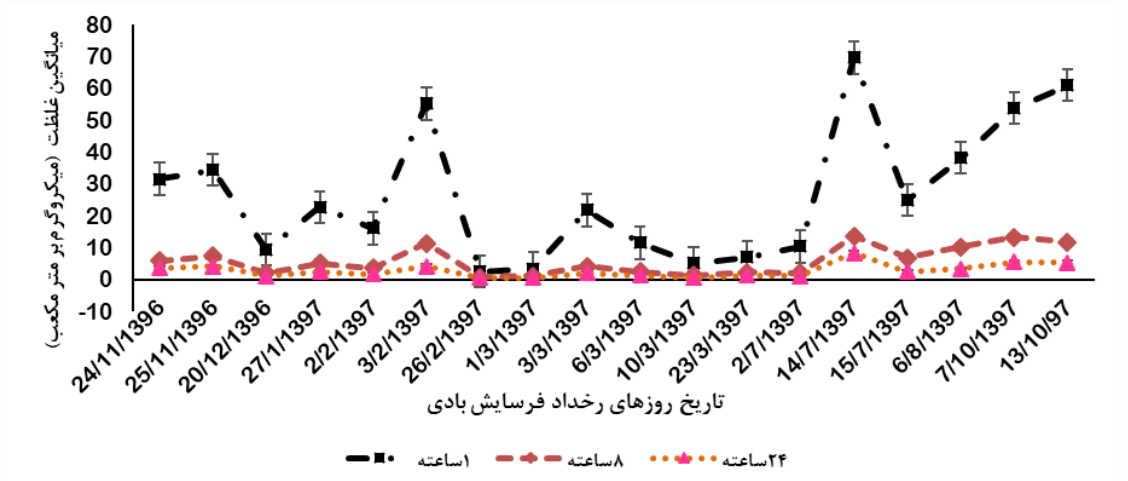


بیشینه پراکندگی ۲٤ ساعته PM_{10} از کلیه دپوها در تاریخ ۹۷/۷/۱٤

شکل ۸: ترسیم نحوه پراکندگی و ماکسیمم‌های غلظت PM_{10} رخ داده برای بازه‌های زمانی یک، هشت و ۲٤ ساعته در برخی روز های رخداد فرسایش بادی

نتایج تخمین غلظت متوسط PM_{10} انتشاریافته از دپوهای کارخانجات شیشه، خاک چینی و کاشی و سرامیک مربوط به روزهای رخداد فرسایش بادی در محدوده مدل‌سازی در شکل (۹) نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد بیشترین غلظت متوسط یک، هشت و ۲٤ ساعته PM_{10} در روز ۹۷/۷/۱٤ به ترتیب برابر با ٦۹/۷۳، ۱۳/۷۳ و ۸/۳۸ $\mu g/m^3$ است. در این روز ۱/۵۸ ٪ گیرنده‌ها معادل ۷ گیرنده دارای غلظت ۲٤ ساعته PM_{10} پیش بینی شده بالاتر از استاندارد ملی کیفیت هوا (۵۰ $\mu g/m^3$) می‌باشد. کمترین غلظت متوسط PM_{10} در تاریخ ۱۳۹۷/۲/۲٦ و برای هریک از بازه‌های زمانی مذکور به ترتیب برابر با ۲/۵۰، ۰/۸۳ و ۰/۵۲ $\mu g/m^3$ به دست آمد.

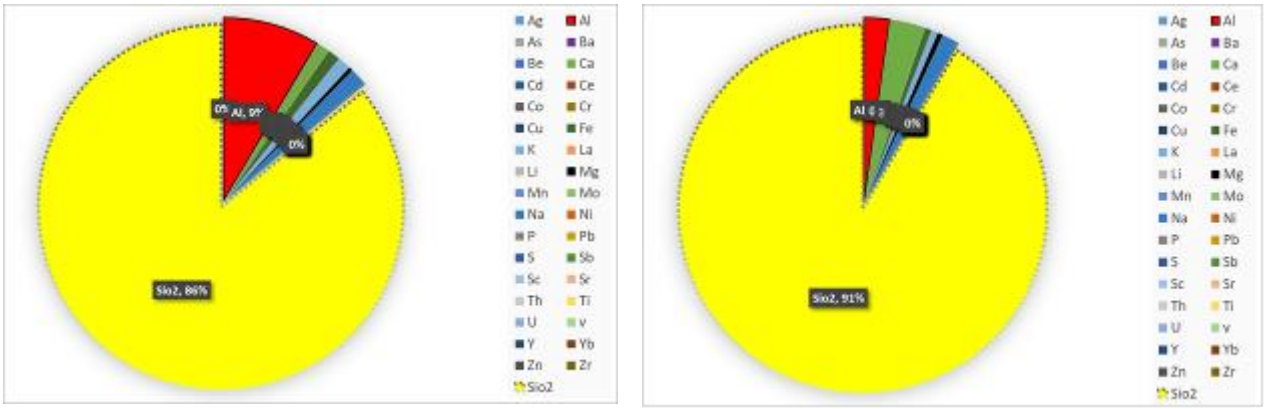
نتایج آنالیز درصد فلزات سنگین و سیلیس نمونه‌های خاک در شکل (۱۰) نشان داده شده است. چنانچه از شکل پیداست سیلیس در دپوهای مورد بررسی بیشترین درصد مواد تشکیل دهنده دپو صنایع شیشه (۹۱ ٪) و خاک چینی، کاشی و سرامیک (۸٦ ٪) را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۹: متوسط غلظت PM_{10} انتشاریافته از دپوهای صنایع شیشه، خاک چینی و کاشی و سرامیک در روزهای رخداد فرسایش بادی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]



(ب) (آ)

شکل ۱۰: آنالیز درصد فلزات سنگین و سیلیس در دپو صنایع شیشه (آ) و خاک چینی و کاشی سرامیک (ب)

نتایج میزان مواجهه یک، هشت و ۲٤ ساعته گروه‌های مورد مطالعه با PM_{10} انتشاریافته از دپوها در روزهای رخداد فرسایش بادی در جدول (٦) نشان داده شده است. مطابق نتایج حداکثر مواجهه یک و هشت ساعته با PM_{10} به ترتیب با مقادیر ۷۳٤/۷٤ و ۷۳/۳۵ $\mu g/m^3$ برای کارکنان پلیس راه اردکان – نائین و حداکثر مواجهه ۲٤ ساعته با مقادیر $\mu g/m^3$ ٤۸/۵٦ برای کارکنان کارخانه فرآوری شن و ماسه تخمین زده شد. همان طور که ملاحظه می‌گردد، بیشترین میانگین مواجهه یک، هشت و ۲٤ ساعته با PM_{10} در کارکنان کارخانه فرآوری شن و ماسه به ترتیب به مقدار ۵۲/۵۳، ۱۱/٦٤ و $\mu g/m^3$ ۵/۸۵ تخمین زده شد. ترتیب رتبه بندی افراد مواجهه با PM_{10} در جمعیت تحت تاثیر از نظر میانگین مواجهه یک ساعته با PM_{10} بر حسب میکروگرم بر متر مکعب به صورت کارکنان کارخانه فرآوری شن و ماسه (۵۲/۵۳)> کارکنان پلیس راه اردکان نائین (٤۲/۹۳)> پارک شهید پایدار (۱۰/۱۷) و سکونتگاه‌های روستای ترک آباد (۱۵/۱۷)> نگهبانی کارخانه کاشی و سرامیک (۹/۹۰)> کارکنان شهرک صنعتی (۹/٤۳)، از نظر میانگین مواجهه هشت ساعته به صورت کارخانه فرآوری شن و ماسه (۱۱/٦٤)، پلیس راه نائین – اردکان (۷/۲٦)، سکونتگاه‌های روستای ترک آباد (۵/۰۵)، پارک شهید پایدار (۲/٦٤)> نگهبانی کارخانه کاشی و سرامیک (۱/۷۸)> کارکنان شهرک صنعتی اردکان (۱/٦۰) و از نظر میانگین مواجهه ۲٤ ساعته به صورت کارکنان کارخانه فرآوری شن و ماسه (۵/۸۵)> کارکنان پلیس راه نائین – اردکان (٤/۰٤)> پارک شهید پایدار (۳/۱٦)> ساکنین روستای ترک آباد (۱/۹۰)> کارکنان شهرک صنعتی اردکان (۰/۸۷)> نگهبانی کارخانه فرآوری شن و ماسه (۰/٦٦) ارزیابی شد. با توجه به اینکه کارخانه فرآوری شن و ماسه یک صنعت روباز در پایین دست دپو صنایع مورد بررسی است و از سوی دیگر، منطقه مورد مطالعه دارای توپوگرافی خاصی برای به دام انداختن گرد و غبار نیست، کارگران شاغل در این صنعت علاوه بر مواجهه شغلی با گرد و غبار شن و ماسه، تحت تاثیر مواجهه غیرشغلی با گرد و غبار دپو صنایع شیشه، خاک چینی و کاشی و سرامیک در روزهای رخداد فرسایش بادی قرار دارند. با توجه به اینکه جهت باد غالب منطقه از سمت شمال به سمت جنوب است، بنابراین عامل اصلی مواجهه با PM_{10} در این گروه از افراد جهت باد غالب منطقه است. از آن جایی که سیلیس بیشترین درصد ترکیب شیمیایی دپو صنایع دارد، مقادیر مواجهه مذکور ممکن برای جمعیت تحت تاثیر بسیار خطرناک باشد. بنابراین مبنای محاسبات ارزیابی ریسک

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

سلامت بر اساس سیلیس در نظر گرفته شد. در سال ۲۰۱۱ بخش کیفیت هوا آژانس حفاظت محیط زیست نیوجرسی گزارشی تحت عنوان "مقادیر سمیت مواجهه تنفسی با آلاینده ها" ارائه داده است. در این گزارش مقادیر RfC برای سیلیس برابر با $3\ \mu g/m^3$ ارائه شده است [31]. در این پژوهش بر اساس مطالعات، مقادیر فاکتور شیب سرطان برای سیلیس برابر با $1/85\times10^{-5}$ در نظر گرفته شد [18]، نتایج ارزیابی ریسک مواجهه تنفسی در جمعیت تحت تاثیر با PM_{10} نشان داد، نسبت خطر و شاخص ریسک ابتلا به سرطان در طول زندگی در سطوح ایمن قرار دارد.

بحث

تخمین نرخ انتشار PM_{10} در SWEEP

نتایج این تحقیق نشان داد نرخ انتشار PM_{10} از دپو صنایع کاشی سرامیک بیشتر از سایر دپوها است. به طوری که میزان نشر سالانه PM_{10} از این دپو برابر با $3/59\ Kg/m^2.year$ تخمین زده شد.

جدول ۶: آمار توصیفی مقادیر مواجهه جمعیت تحت تاثیر با PM_{10} ، نسبت خطر (HQ) و ریسک ابتلا به سرطان در طول عمر (ILCR) برای کودکان و بزرگسالان

گروه‌های مواجهه	زمان مواجهه	حداقل	حداکثر	میانگین مواجهه	انحراف معیار	HQ کودکان	HQ بزرگسالان	ILCR کودکان	ILCR بزرگسال
نگهبانی کارخانه کاشی و	۱	۰	۱۶۱/۹۶	۹/۹۰	۳۶/۹۸	$6/7\times10^{-3}$	$6/7\times10^{-3}$	–	$3/67\times10^{-8}$
سرامیک	۸	۰	۲۶/۹۹	۱/۷۸	۶/۱۹	$5/4\times10^{-2}$	$5/4\times10^{-2}$	–	$2/93\times10^{-7}$
	۲۴	۰	۹	۰/۶۶	۲/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۶	–	$8/81\times10^{-7}$
پارک شهید پایدار	۱	۰	۲۳۳/۴	۱۵/۱۷	۵۳/۵۴	$1/0\times10^{-2}$	$1/0\times10^{-2}$	$2/45\times10^{-8}$	$5/62\times10^{-8}$
	۸	۰	۴۰/۳۷	۲/۶۴	۹/۲۶	$8/3\times10^{-2}$	$8/3\times10^{-2}$	$1/96\times10^{-7}$	$4/50\times10^{-8}$
	۲۴	۰	۱۳/۴۶	۳/۱۶	۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۲۴	$5/88\times10^{-7}$	$1/35\times10^{-6}$
ساکنین روستا ترک آباد	۱	۰	۳۵۹/۲۱	۱۵/۱۷	۵۳/۵۴	$1/8\times10^{-2}$	$1/8\times10^{-2}$	$4/46\times10^{-8}$	$1/02\times10^{-7}$
	۸	۰	۶۵/۹۳	۵/۰۵	۱۵/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۵	$3/57\times10^{-7}$	$8/18\times10^{-7}$
	۲۴	۰	۲۲/۷۴	۱/۹۰	۵/۳۵	۰/۴۵	۰/۴۵	$1/07\times10^{-6}$	$2/45\times10^{-6}$
کارکنان کارخانه فرآوری	۱	۰	۴۲۱/۱۷	۵۲/۵۳	۱۰۴/۴۴	$3/5\times10^{-2}$	$3/5\times10^{-2}$	–	$1/94\times10^{-7}$
شن و ماسه	۸	۰	۷۲/۸۴	۱۱/۶۴	۲۱/۷۸	۰/۲۸	۰/۲۸	–	$1/55\times10^{-6}$
	۲۴	۰	۴۸/۵۶	۵/۸۵	۱۱/۷۷	۰/۸۶	۰/۸۶	–	$4/67\times10^{-6}$
کارکنان شهرک صنعتی	۱	۰	۷۴/۸۱	۹/۴۳	۱۷/۷۰	$6/4\times10^{-3}$	$6/4\times10^{-3}$	–	$3/49\times10^{-8}$
اردکان	۸	۰	۱۲/۴۶	۱/۶۰	۲/۹۵	$5/1\times10^{-2}$	$5/1\times10^{-2}$	–	$2/79\times10^{-7}$
	۲۴	۰	۴/۵۷	۰/۸۷	۱/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۵	–	$8/39\times10^{-7}$
کارکنان پلیس راه نائین –	۱	۰	۷۳۴/۷۴	۴۲/۹۳	۱۰۴/۴۸	$2/9\times10^{-2}$	$2/9\times10^{-2}$	–	$1/59\times10^{-7}$
اردکان	۸	۰	۷۳/۳۵	۷/۲۶	۱۷/۶۶	۰/۲۳	۰/۲۳	–	$1/27\times10^{-6}$
	۲۴	۰	۴۱/۵۴	۴/۰۴	۹/۹۵	۰/۷۰	۰/۷۰	–	$3/82\times10^{-6}$

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

در پژوهش Jia و همکاران نرخ انتشار روزانه PM_{10} از سد باطله آیتیک، ۰/۲۶ kg/m^2 تخمین زده شد [۱۳]. در پژوهش‌های که در رابطه با فرسایش بادی در دنیا انجام شده، نشان می‌دهد کـه شـدت انتشـار PM_{10} از خـاک تـابع دو دسـته عوامـل فرسایندگی و فرسـایش پـذیری اسـت. فرسـایش پـذیری بـه ویژگـی‌هـای فیزیکـی و مکـانیکی خـاک و همچنـین شـرایط سطحی آن مربوط می‌شود، در حالی که فرسایندگی به فیزیـک باد مانند سرعت آن وابسته است [۳۲]. Alipour و همکاران بیان داشتند در حالتی فرسایش بادی و انتشار غبـار شـدیدتر اسـت که ذرات خاک به هم چسبیده نباشند و نیـز خـاک‌هـا سسـت، خشک و برهنه بوده و بادهای با سرعت و تکرار زیـاد وجـود داشته باشند. به عبارت دیگر خاک‌ها دارای سـاختمان ضـعیف و توده‌ای با تکامل کـم بـه راحتـی بـه وسـیله بـاد جابـه جـا می‌گردند [۳۳]. در پـژوهش حاضـر نتـایج انـدازه‌گیـری برخـی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک نظیر درصد رس، سـیلت و شن به عنوان پارامترهای بافت دپو صـنایع نشـان داد، ذرات شن بیشترین درصد فراوانی را نسبت به رس و سـیلت دارنـد. بیشترین درصـد فراوانـی شـن بـرای دپـو کارخانـه کاشـی و سرامیک اندازه‌گیری شد بنابراین می‌توان اذعان نمود شن سهم مهمی را در انتشار ذرات دارد. همچنین حداقل (۰/۰۱ mm) و حداکثر (٦ mm) اندازه خاکدانه به روش سری الک برای دپـو شیشه تعیین گردید. در پژوهش Kazemi و همکاران بـر روی تعیین حساسیت رسوبات دریاچه خشک مهـارلو نتـایج نشـان داد، ذرات سیلت بیشترین درصد فراوانـی را نسـبت بـه ذرات رس و ماسه دارند در نتیجه ذرات سیلت بیشترین سـهم را در انتشار غبار از سـطح دریاچـه دارنـد [۳٤]. در تحقیقـات Ono و همکاران بر روی دریاچهٔ خشـک شـده اونـز آمریکـا، بـاد بـه عنوان عامل مهم فرسـاینده خـاک معرفـی شـده اسـت. نتـایج تحقیقات Ono و همکاران نشان داد، وزش بـاد در عـرض ۲٤ ساعت از سطح دریاچه، ذرات PM_{10} را به غلظتی بـا بـیش از ۱۲۰۰۰ $\mu g/m^3$ می‌رساند [۳۵].

زبری تصادفی شاخص حساسیت خاک در برابر فرسـایش بادی بوده که از طریـق کنتـرل انتشـار و جهـش ذرات خـاک می‌تواند در پیش‌بینی نرخ انتشار PM_{10} استفاده کرد. در مطالعه حاضر کمترین و بیشترین مقادیر زبری تصـادفی انـدازه‌گیـری شده به روش پین متر برای دپو کاشی سرامیک با مقادیر برابـر بـا ۵ mm و شیشـه برابـر بـا ۱۰ mm انـدازه‌گیـری شـد. در تحقیقات afrasyabi و همکاران، زبـری تصـادفی خـاک‌هـای مسـتعد فرسـایش بـادی در منطقـه دشـت یـزد – اردکـان در محدوده ۲۳/۵ – ۷/۰٤ mm انـدازه‌گیـری نمودنـد. آنهـا بیـان داشتند، زبری سطح خاک با ایجاد مانع در مقابـل جریـان بـاد، باعث کاهش سرعت بـاد و پیـرو آن کـاهش میـزان فرسـایش بادی می‌گردد. از این رو اندازه‌گیری آن در بحث تخمین نـرخ انتشار PM_{10} حائز اهمیت است [۳٦]. در صورتی که سطح خاک عامل حفاظتی مناسبی نداشته باشد، در اثر نیـروی برشـی بـاد، فرسایش پیدا می‌کنـد. نـرخ انتشـار PM_{10} بـا افـزایش زبـری آئرودینامیکی کاهش می‌یابد و هر چقدر زبـری آئرودینـامیکی کوچکتر باشد، با افزایش سـرعت بـاد، نـرخ انتشـار PM_{10} بـا شدت بیشتری افزایش خواهد یافت [۳۷]. نتایج تحقیقـات Feng و همکاران [۳۸] و Mahmoodabadi و همکاران [۳۹] نشانی از آن دارد که اندازه خاکدانه‌های موجود در سطح دپوهـا، بـه ویـژه ذرات درشت بر کنترل زبری تصادفی نقش مهمی دارند.

در تحقیق حاضر کمترین و بیشترین مقـدار قطـر میـانگین خاکدانه به ترتیب برای دپو کاشی و سرامیک به مقـدار ۰/۱ و دپو شیشه به مقـدار ۰/۵ mm بـه دسـت آمـد. در واقـع قطـر میانگین خاکدانه از طریق تاثیر بر زبری تصادفی بر نرخ انتشار PM_{10} از دپـو کاشـی سـرامیک تـاثیر داشـته اسـت. پایـداری خاکدانه‌ها از دیگـر عوامـل مـوثر در تشـدید فرسـایش بـادی هستند. هر چقدر خاکدانـه‌هـا ناپایـدار و درشـتر باشـند نـرخ فرسـایش پـذیری و بـادبردگی آنهـا افـزایش مـی‌یابـد [٤۰]. Shahverdi و همکاران با بررسی توان رسوب زایی لنـدفرم‌هـا ارگ دامغان به این نتیجه دست یافتنـد کـه بیشـترین پـراکنش

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

ذرات ناپایدار در برابر باد در اراضی مرتعی و کمترین پراکنش در اراضی کشاورزی بوده به این ترتیب اراضی مرتعی توان رسوب زایی و تولید غبار بالاتری نسبت اراضی کشاورزی دارند [41]. در بین دپوهای مورد بررسی، پایداری خاکدانه‌های دپو کاشی و سرامیک از کمترین مقدار برخوردار بود بنابراین پایداری ضعیف خاکدانه دپو کارخانه کاشی و سرامیک نسبت به سایر دپوها نقش مهمی را در انتشار PM_{10} ایفا می‌کند.

ارزیابی پراکندگی و میزان مواجهه جمعیت تحت تاثیر با PM_{10} در AERMOD

مطابق خروجی‌های حاصل از شبیه سازی AERMOD، بیشترین ماکسیمم‌های غلظت یک، هشت و ۲۴ ساعته اتفاق افتاده در ۱۴ مهر به ترتیب برابر با ۸۸۴۰، ۱۹۶۷ و $\mu g/m^3$ ۱۲۷۲ و کمترین ماکسیمم غلظت یک و هشت به ترتیب با مقادیر برابر با ۲۷۰ و $\mu g/m^3$ ۱۷۴ در ۲۶ اردیبهشت و ۲۴ ساعته با مقدار برابر با $\mu g/m^3$ ۹۹ در ۱۰ خرداد بوده است. همچنین نتایج مقایسه غلظت متوسط PM_{10} در کل شبکه گیرنده با استاندارد ملی کیفیت هوا نشان داد، بیشترین غلظت متوسط یک، هشت و ۲۴ ساعته PM_{10} در روز ۹۷/۷/۱۴ به ترتیب برابر با ۶۹/۷۳، ۱۳/۷۳ و $\mu g/m^3$ ۸/۳۸ است. در این روز ۱/۵۸ ٪ گیرنده‌ها معادل ۷ گیرنده دارای غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} پیش بینی شده بالاتر از استاندارد ملی کیفیت هوا ($\mu g/m^3$ ۵۰) بود. در مطالعه Fadavi و همکاران غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق شبیه سازی شده در مدل AERMOD در اطراف کارخانه سیمان اردستان با استاندارد ۲۴ ساعته EPA، WHO ($\mu g/m^3$ ۱۵۰) و استاندارد هوای پاک ایران ($\mu g/m^3$ ۵۰) مقایسه شد و نتایج نشان داد ماکسیمم غلظت ذرات معلق در محدوده مدل‌سازی پایین تر از حدود استانداردهای پیشنهادی هستند [42]. همچنین در پژوهش Shojaee Barjoee و همکاران ماکسیمم غلظت PM_{10} شبیه سازی در مدل AERMOD در اطراف دودکش‌های یکی از صنایع کاشی و سرامیک بالاتر از حدود استاندارد WHO پیش بینی شد [9]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد ماکسیمم‌های غلظت PM_{10} شبیه سازی شده عمدتا در جهت باد غالب منطقه رخ می‌دهند. نتایج تحقیقات Jayadipraja و همکاران بر روی شبیه سازی پراکندگی ذرات معلق دودکش‌های صنایع سیمان نشان داد، الگوی پراکندگی ذرات معلق شبیه سازی شده عمدتا در جهت باد غالب از غرب به شرق است [43]. همچنین در مطالعه Mokhtar و همکاران پراکندگی آلاینده‌ها از نیروگاه زغال سنگ عمدتا در جهت باد غالب پیش بینی شد [44]. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده، از عوامل موثر بر پخش و پراکندگی PM_{10} می‌توان جهت باد غالب منطقه دانست. در تحقیق حاضر با توجه مسطح بودن منطقه مورد مطالعه، پخش ذرات معلق در تمامی جهات صورت می‌گیرد. اما غالب بودن جهت باد منطقه به سمت نواحی جنوبی (بیابانی) باعث رخ دادن ماکسیمم‌های غلظت PM_{10} در پایین دست منابع انتشار می‌گردد.

در تحقیق حاضر تاثیر فاصله از منبع انتشار بر غلظت PM_{10} به خوبی مشهود است. به طوری که مقدار غلظت PM_{10} به علت نسبت بیشتر ذرات جامد معلق درون هوا، با فاصله گرفتن از دپوها با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. پس از یک فاصله طولانی پخش ذرات آلاینده به اطراف سبب کاهش غلظت آن می‌شود. این مطلب با نتایج به دست آمده از تحقیقات Shojaee Barjoee و همکاران [9] و Chaleshtori و همکاران [45] هم خوانی دارد.

مطابق نتایج به دست آمده در این تحقیق، کمینه غلظت PM_{10} به ترتیب در متوسط‌های زمانی هشت و ۲۴ ساعته و بیشینه حجم ذرات در متوسط زمانی یک ساعته روی داده است. بنابراین در متوسط‌های زمانی، اختلاف زیادی در مقادیر غلظت PM_{10} دیده می‌شود که با نتایج تحقیقات Zou و همکاران [46]، Noorpoor و Shahabi Kazemi [47] و Shamsipour و همکاران [48] مطابقت دارد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

نتایج دیگر این تحقیق نشان داد، حداکثر مواجهه یک و هشت ساعته با PM_{10} در ۱۸ روز مورد بررسی به ترتیب با مقادیر ۷۳٤/۷٤ و ۷۳/۳۵ $\mu g/m^3$ مربوط به پلیس راه اردکان – نائین و مواجهه ۲٤ ساعته مربوط به کارکنان کارخانه فرآوری شن ماسه است. این در حالی است که حداکثر میانگین‌های مواجهه یک، هشت و ۲٤ ساعته به مقدار ۵۲/۵۳، ۱۱/٦٤ و ۵/۸۵ $\mu g/m^3$ برای کارکنان کارخانه فرآوری شن ماسه که در فاصله ۲ Km کیلومتری از صنایع در پایین دست مستقر هستند، تخمین زده شد که همگی پایین تر از حدود استاندارد پیشنهادی EPA و WHO هستند.

ارزیابی پارامترهای HQ و ILCR در گروه‌های مواجهه با PM_{10}

با در نظر گرفتن فاکتور شیب سرطان و غلظت مرجع برای سیلیس نتایج تخمین ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی مواجهه تنفسی با PM_{10} در جمعیت تاثیر نشان داد شاخص HQ کوچکتر از یک و شاخص ILCR کوچکتر از 10^{-6} است بنابراین ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی مواجهه تنفسی با PM_{10} در سطح ایمن پیش بینی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با در نظر گرفتن امید به زندگی ٥٦ سال برای ساکنین، درصورتی که در هر سال ۱۸ بار دپوهای سیلیکاتی تحت تاثیر فرسایش بادی و بادبردگی قرار گیرند و فراوانی مواجهه کودکان با گرد و غبار برخواسته از دپوها برابر با ٦ سال و بزرگسالان برابر با ۲٤ سال باشد، مواجهه یک، هشت و ۲٤ ساعته با PM_{10} از نظر وقوع عوارض غیرسرطانی و سرطانی تا شعاع تقریبا ۹ کیلومتری در سطوح قابل قبول است. در روش مدل‌سازی ارائه شده توسط Shojaee Barjoee و همکاران ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی مواجهه تنفسی با PM_{10} انتشاریافته از دودکش‌ها برای ساکنین مجاور یکی از صنایع کاشی و سرامیک در سطوح ایمن پیش بینی شد [۹]. در مطالعه Rashidi Fard و همکاران به روش مدل‌سازی با AERMOD، ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی مواجهه با آلاینده‌های انتشار یافته از دودکش‌های صنایع فولاد برای ساکنین مجاور در سطوح ایمن پیش بینی شد [٤۹].

نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد میزان نشر PM_{10} از دپوها بستگی به توزیع اندازه ذرات، زبری سطح و پایداری خاکدانه‌ها دارد که مجموع این عوامل سبب افزایش انتشار PM_{10} از دپو کارخانه کاشی و سرامیک شده است. بنابراین یکی از راهکارهای مناسب در راستای مدیریت و کاهش نشر PM_{10} ایجاد سنگفرش بر روی دپو صنایع است. وجود زبری ناشی از وجود سنگ ریزه سطحی مانند سنگفرش بیابانی نیز می‌تواند بر کاهش شدت نشر PM_{10} تاثیر گذار باشد.

نتایج دیگر این تحقیق نشان داد فاکتورهای هواشناسی نظیر جهت باد غالب منطقه نقش موثری در پراکندگی و میزان مواجهه تنفسی افراد با PM_{10} دارد. ریسک‌های سرطان زایی و غیرسرطان زایی مواجهه تنفسی با PM_{10} انتشاریافته از دپو صنایع کاشی سرامیک، خاک چینی و شیشه برای ساکنین مجاور در محدوده ریسک قابل قبول پیش بینی شد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق موید کاربرد دو مدل AERMOD و SWEEP در مدل‌سازی منابع آلاینده سطحی و ارزیابی ریسک بهداشتی است. در کشورهای در حال توسعه که با کمبود امکانات و تجهیزات نمونه برداری از آلاینده‌ها رو به رو هستند، می‌توان با استفاده از مدل‌های مذکور به یک ارزیابی جامع درباره شدت آلایندگی منابع آلودگی دست یافت و اقدامات موثری در راستای جلوگیری از مخاطرات محیط زیستی و بهداشتی انجام داد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

سپاسگزاری

این مقاله حاصل از پایان نامه کارشناسی ارشد به شماره کد اخلاق IR.YAZD.REC.1398.027 در سال ۱۳۹۷ با حمایت دانشگاه یزد اجرا شده است.

References

1. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, Mosleh Arani A. Determination of pollution level, carcinogenic and non-carcinogenic risks of heavy metals of falling dust in industrial areas (Case study: Ardakan county industries). Iran J Health Environ 2020;12(4): 571-92 [In Persian]
2. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh HR, Mosleh Arani A. Ecological Risk Assessment of Some Heavy Metals in the Dust Emitted from Non-Metallic Industries of Ardakan County of Yazd in Summer 2018: A Descriptive Study. J Rafsanjan Univ Med Sci 2020;19(2): 173-92 [In Persian]
3. Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantari R. Estimation of Mortality and Morbidity due to Exposure to Respirable Particulate Matter (RPM) in the Air of Tehran in 2014 - 2015. J Occup Environ Health 2017;2(4): 301-10 [In Persian]
4. Mohseni Bandpi A, Eslami A, Shahsavani A, et al. Water-soluble and organic extracts of ambient PM2. 5 in Tehran air: assessment of genotoxic effects on human lung epithelial cells (A549) by the Comet assay. Toxin Rev 2017;36(2): 116-24.
5. zolghi e, godarzi g, gravandi s, et al. Estimate of cardiovascular and respiratory diseases related to particle matter pollutant in Tabriz air, northwest of Iran, 2011. J Ilam Univ Med Sci 2014;22(1): 84-91.
6. Gholampour A, Nabizadeh R, Hassanvand MS, et al. Investigation of the ambient particulate matter concentration changes and assessing its health impacts in Tabriz. Iran J Health Environ 2015;7(4): 541-56 [In Persian]
7. Geravandi S, Zallaghi E, Goudarzi G, et al. Effects of PM10 on human health in the western half of Iran (Ahwaz, Bushehr and Kermanshah Cities). Arch Hyg Sci 2015;4(4): 179-86.
8. Aghaei M, Yunesian M. Exposure Assessment to Environmental Pollutants in Human Health Risk Assessment Studies; Overview on New Approaches. J Health 2019;10(2): 138-55 [In Persian]
9. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, kuchakzadeh M, et al. Dispersion and Health Risk Assessment of PM10 Emitted from the Stacks of a Ceramic and Tile industry in Ardakan, Yazd, Iran, Using the AERMOD Model. Iran South Med J 2019;22(5): 317-32 [In Persian]
10. Khosravi Y, Zamani AA, Parizanganeh AH, Yaftian MR. Assessment of spatial distribution pattern of heavy metals surrounding a lead and zinc production plant in Zanjan Province, Iran. Geoderma Reg 2018;12:7-10 [In Persian].
11. Esmaeilzadeh M, Bazrafshan E, Nasrabadi M. Dispersion Modeling of NOx and SO2 Emissions from Tous Gas Power Plant, Mashhad. Iran J Health Environ 2013;6(1): 77-90 [In Persian]
12. Tatarko J, Van Donk S, Ascough II J, Walker D. Application of the WEPS and SWEEP models to non-agricultural disturbed lands. Heliyon 2016;2(12): e00215.
13. Jia Q, Al-Ansari N, Knutsson S. Modeling of wind erosion of the Aitik Tailings Dam using SWEEP model. Eng J 2014;6(7): 355-64.
14. Chung SH, Herron-Thorpe FL, Lamb BK, et al. Application of the wind erosion prediction system in the AIRPACT regional air quality modeling framework. Trans ASABE 2013;56(2): 625-41.
15. Behbahani AM. Hazard and risk assessment of wind erosion and dust emissions in Denmark-a simulation and modelling approach: University_of_Basel; 2015.
16. Shafie-Pour M, Pardakhti A, Mejari M. Risk Assessment of Air Pollutants Emissions in Beihaghi Terminal By Modeling. J Environ Stud 2015;41(1): 97-105 [In Persian]
17. Mohammed AM. Estimation of PM10 Health Impacts on Human within Urban Areas of Makkah city, KSA. Preprints 2017: 11-1.
18. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, MoslehArani A, K, MohamadReza. Occupational monitoring and health risks assessment of respiratory exposure to dust in an industrial unit of production Khak-e-Chini. Occup Med 2019;11(3): 14-25 [In Persian]
19. De Donno A, De Giorgi M, Bagordo F, et al. Health risk associated with exposure to PM10 and benzene in three Italian towns. J Environ Res Public Health 2018;15(8): 1672.
20. Bhagia L. Non-occupational exposure to silica dust. Indian J Occup Environ Med 2012;16(3): 95-100.
21. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh HR, Mosleh Arani A. Tolerance of Plants to Air Pollution in the Industrial Complex of Glass, Khak-e-Chini, Tile and Ceramics in Ardakan, Iran. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2020;18(1): 73-92 [In Persian]
22. Manhattan Kansas. User Manual DRAFT, Single-event Wind Erosion Evaluation Program. Wind Erosion Research Unit 2008.
23. Pi H, Feng G, Sharratt B. Performance of the SWEEP model affected by estimates of threshold friction velocity. Trans ASABE 2014;57(6): 1675-85.
24. Wagner LE. A history of wind erosion prediction models

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

in the United States Department of Agriculture: The Wind Erosion Prediction System (WEPS). Aeolian Res 2013;10: 9-24.

25. Atabi F, Jafarigol F, Momeni M, et al. Dispersion modeling of CO with AERMOD in South Pars fourth gas refinery. J Environ Health Engin 2014;1(4): 281-92 [In Persian]
26. Ashrafi K, Shafiepour M, Salimian M, Momeni MR. Determination and Dispersion Modeling of VOC Emissions from Liquid Storage Tanks in Asalouyeh Zone. J Environ Stud 2012;38(3): 47-60 [In Persian]
27. Kalhor M, Ghaleh Askari S, Bozorgi M. AERMET performance in evaluation of boundary layer parameters and its effect on carbon monoxide concentration outputs in AERMOD model compared to upper air data. Iran J Health Environ 2018;11(3): 365-76 [In Persian]
28. Shojaee Barjoee S, Azimzadeh H, Mosleh Arani A. Evaluation of Individual and Integrated Pollution Indices of Some Heavy Metals in Atmospheric Dust Deposition Around Khak-e-chini, Tile and Ceramic, Sand and Gravel and Glass in Ardakan County Industries in Winter 2018. J Environ Health Engin 2020;7(3): 314-37 [In Persian]
29. EPA U. US Environmental Protection Agency, Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. US EPA, Washington, DC http://www epa gov/cancerguidelines 2005.
30. USEPA. Exposure factors handbook: 2011 edition. USEPA Office of Research and Development Washington.; 2011.
31. Bureau of Technical Services-Air Quality Evaluation Section. Toxicity Values for Inhalation Exposure. New Jersey Department of Environmental Protection 2011: NJDEP/DAQ/AQEv ToxAll2011.xls 1/30/2.
32. Sadeghi RMH. Analysis of wind erosion and determination of sand movement direction in Khezrabad region. Watershed Engin Manage 2018;10(1): 95-107 [In Persian]
33. Farzanehpey F, Torabi A, Bakhshinia S, Mesbahzadeh T. The Severity of Wind Erosion Assessment in Ala Region of Semnan Using IRIFR. E. A Model. J Desert Eco Engin 2016;5(10): 99-107 [In Persian]
34. Kazemi M, Feiznia S, Khosravi H, Mesbah H. Investigating of Susceptibility of Maharloo Lake Sediments to Wind Erosion and Determination of Dust Movement Direction. Desert Manage 2019;6(12): 49-60 [In Persian]
35. Ono DM, Hardebeck E, Schade T. Owens Valley PM10 planning area demonstration of attainment state implementation plan: project alternatives analysis summary. The District 1997.
36. Afrasyabi S, Tazeh M, Taghizadeh Mehrjardi R, Kalantari S. Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the measurement of microtopography Created by desert pavement. J Desert Eco Engin 2019;8(22): 1-14.
37. Iranmanesh M, Gharahi N, Pajoohesh M. The Effect of Vegetation Pattern, Biochar and Powdery Walnut Shell on Wind Erosion, Using Wind Tunnel. Desert Manage 2019;7(13): 135-48 [In Persian]
38. Feng G, Sharratt B. Evaluation of the SWEEP model during high winds on the Columbia Plateau. Earth Surf Proc Land 2009;34(11): 1461-8.
39. Mahmoodabadi M, Dehghani F, Azimzadeh H. Effect of soil particle size distribution on wind erosion rate. J Soil Manage Sustain Produc 2011;1(1): 81-97 [In Persian]
40. Mahmoodabadi M, Mirzaee M, Naghavi H. Aggregate Size Distribution Indices Influenced by Different Types/Managements of Plant Residues under Field Conditions. J Environ Ero Res 2016;6(3): 52-70.
41. shahverdi s, nikoo s, mashhadi n, et al. Study of landforms sedimentation based on changes in land use (Case Study: Damghan). J Desert Eco Engin 2016;5(12): 37-50 [In Persian]
42. Fadavi A, Abari MF, Nadoushan MA. Evaluation of AERMOD for distribution modeling of particulate matters (Case study: Ardestan Cement Factory). Int J Pharm Res Allied Sci 2016;5(4): 262-70.
43. Jayadipraja E, Daud A, Assegaf A, Maming M. The application of the AERMOD model in the environmental health to identify the dispersion area of total suspended particulate from cement industry stacks. J Res Med Sci 2016;4(6): 2044-9.
44. Mokhtar MM, Hassim MH, Taib RM. Health risk assessment of emissions from a coal-fired power plant using AERMOD modelling. Process Saf Environ 2014;92(5): 476-85.
45. Chaleshtori LA, Nejadkoorki F, Ashrafi K. Performance of AERMOD Under Different Building Forms and Dimensions. Environ Sci 2015;13(1): 15-24 [In Persian]
46. Zou B, Zhan FB, Wilson JG, Zeng Y. Performance of AERMOD at different time scales. Simul Model Pract Theory 2010;18(5): 612-23 [In Persian]
47. Noorpoor A, Kazemi Shahabi N. Dispersion modeling of air pollutants from the Ilam cement factory stack. J Civil Environ Engin 2014;44(1): 37-44 [In Persian]
48. Shamsipour A, Ashrafi E, Alikhah AM, Ashrafi K. Modeling the distribution of suspended particles in the south of Tehran by the model of AERMOD (A Case Study of Tehran cement factory). Environ Sci 2016;41(4): 799-814 [In Persian]
49. Fard MR, Rashidi Y, Amiri M. Modeling the emission and calculation of the risk of steelmaking contaminants using the AERMOD model. J Health Field 2018;6(3): 49-59 [In Persian]

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2020; Vol. 7, No. 4: 401-426

Application of SWEEP and AERMOD Models to Simulate PM_{10} Emission Risk from Primary Materials and Waste Depos of Tile and Ceramic, Khak-e-Chini and Glass Industries of Ardakan, Yazd, Iran in 2018

Saeed Shojaee Barjoee*, HamidReza Azimzadeh, Asghar Mosleh Arani

Department of Environmental, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran

E-mail: said.shojaee71@gmail.com

Received: 5 May 2020; Accepted: 16 August 2020

ABSTRACT

Background: Application of air quality models in Health Risk Assessment system has been defined as an effective tool in assess the human population exposure to environmental harmful factors. The present study was conducted to aim of health risk assessment of respiratory exposure to PM_{10} Emitted from Depos of primary materials and waste a number of Non-metallic minerals industries by Modeling method.

Methods: In this descriptive study, first to Field visits and laboratory measurements was obtained the information needed for SWEEP model to estimate PM_{10} emission rate from depos of Tile and Ceramic, Khak-e-chini and glass industries. Then, with the introduction of meteorological information to AERMET, the digital elevation model to AERMAP, the emission rate and the geometric dimensions of the pollutant sources to AERMOD, simulated the values of exposure to PM_{10} in the affected population. The chemical composition of the depos was determined using ICP-MS. Subsequently, using the EPA suggested relationships was estimated the risk of carcinogenic and non-carcinogenic exposure to PM_{10}.

Results: According to the simulation results of SWEEP model, the highest PM_{10} emission was estimated for the Tile and Ceramic depo**.** The highest concentration maximum of 1, 8, and 24 h of PM_{10} simulated were 8840, 1967, and 1272 $\mu g/m^3$, respectively. The highest average respiratory exposure of 1 (52.53), 8 (11.64), 24 (5.85 $\mu g/m^3$) hour to PM_{10} was estimated for Sand and Gravel processing plant staff. The highest percentage of chemical compounds in depos was for silica. Accordingly, the carcinogenicity risk (ILCR) of exposure to PM_{10} was predicted less than 10^{-4} and non- carcinogenicity risk (HQ) less than one.

Conclusion: Although numerical values of risk were predicted in the permissible limit, but to creating Surface rock on the depo industries can reduce the emission of PM_{10}.

Keywords: PM_{10}, AERMOD, SWEEP, Health Risk Assessment, Respiratory exposure

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/jehe.7.4.401]