

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

صفحات ۱۱ تا ۲۴

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی بر سطح شهر یزد

میترا السادات اسمعیل زاده حسینی^{۱*}، حمیدرضا عظیم زاده^۲، حمید سودایی زاده^۳

۱- کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۳- استادیار و عضو هیئت علمی علوم خاک، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

(تاریخ دریافت ۹۲/۰۳/۰۸ - تاریخ پذیرش ۹۴/۱۰/۰۳)

چکیده:

غبار ریزشی شامل ذرات معلق با اندازه‌ی کوچکتر از ۱۰۰ میکرون است که بر سطح زمین رسوب می‌کند. گرد و غبار نقش مهمی در انتقال آلاینده‌های محیط‌زیست بر عهده دارد. یکی از این آلاینده‌ها استرانسیم می‌باشد که از منابع طبیعی و انسانی وارد اتمسفر می‌شود و از طریق غبار ریزشی به سطح زمین می‌رسد. استرانسیم به علت داشتن مسیره‌های حمل و نقل مشترک با کلسیم می‌تواند منجر به خطر انداختن سلامت انسان شود. هم‌چنین وجود ایزوتوپ‌های رادیو اکتیو استرانسیم از جمله استرانسیم ۹۰ به علت اختلال در جریان خون بسیار مضر است. در این پژوهش با هدف بررسی توزیع و فراوانی استرانسیم، وجود رادیو ایزوتوپ‌های استرانسیم در غبار ریزشی انجام شد. پس از انتخاب ایستگاه-های نمونه‌برداری با توزیع مناسب در سطح شهر یزد، از تله‌های رسوب‌گیر تله‌ای استفاده و نمونه‌های غبار به صورت ماهیانه به مدت یک سال برداشت شد. به منظور بررسی تغییرات غلظت استرانسیم در نمونه‌های غبار از دستگاه اشعه ایکس فلورسانس (XRF) و برای تعیین مقدار رادیو ایزوتوپ‌های استرانسیم از شمارنده گایگرمولر استفاده گردید. نقشه‌ی پهنه‌بندی و توزیع مکانی استرانسیم در سطح شهر در نرم افزار Arc GIS تهیه شد. نتایج پژوهش نشان داد که بیشترین غلظت استرانسیم از قسمت شرق به سمت مرکز شهر و کمترین مقدار مربوط به شمال غرب شهر می‌باشد. نتایج پهنه‌بندی استرانسیم نشان دهنده‌ی بالاترین مقدار استرانسیم در مرکز شهر از خیابان کاشانی تا میدان مهدیه می‌باشد. بررسی ایزوتوپ‌های رادیو اکتیو استرانسیم نشان داد که نمونه‌های برداشت شده فاقد ایزوتوپ‌های رادیو اکتیو می‌باشد. بنابراین خطر زیست‌محیطی رادیو ایزوتوپ‌های استرانسیم در غبار ریزشی وجود ندارد.

کلید واژگان: استرانسیم، رادیو ایزوتوپ، غبار ریزشی، یزد

۱. مقدمه

چندین دهه است که مسائل آلودگی و تخریب محیط زیست یکی از موضوعات مهم و نگران کننده در سطح داخلی، منطقه‌ای و بین‌المللی به شمار می‌آید. یکی از آلودگی‌هایی که در دهه‌های اخیر به عنوان معضل مهمی از آن یاد می‌شود پدیده‌ی گرد و غبار است (Zhao & Kchoff, 2009; Xie et al., 2010). در واقع گرد و غبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که در این رابطه نقش فعالیت‌های انسانی را در کنار شرایط طبیعی محیط‌های جغرافیایی نباید از نظر دور داشت. اثرات پدیده‌های گرد و غبار ممکن است تا فاصله‌ی ۴۰۰۰ کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته و سبب بروز اثرات نامطلوب زیستی و بروز خسارات فراوان در بخش‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی گردد (Ebadat, 2010). علاوه بر ته‌نشینی بسیاری از عناصر موجود در گرد و غبار ممکن است منجر به نهشت نمک‌های قابل حل در خاک شده و بنابراین نمک‌زایی گسترده‌ای ایجاد کند (Schroeder, 1985). ذرات گرد و غبار در جو زمین به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر آب و هوا تاثیر می‌گذارد (Harrison et al., 2001). برای مثال از اثرات مستقیم ذرات گرد و غبار می‌توان میزان تشعشعات و از اثرات غیر مستقیم آن به اثر گرد و غبار بر روی میزان دی‌اکسیدکربن و چرخه‌ی بیوشیمی در اتمسفر اشاره کرد (Carals & Movenno, 2004). منبع اصلی ذرات

طبیعی هوای نیمکره‌ی شمالی است. شبه جزیره‌ی عربستان، جنوب غربی امریکا، گبی و صحرا از جمله بهترین این منابع هستند (Zhang et al., 2010; Goudie, 2009; Wang et al., 2009).

غبار ریزشی نوعی از آلاینده‌های اولیه‌ی هوا می‌باشد که پیچیده بوده و ترکیب آن در اکثر موارد ثابت نمی‌باشد و غلظت فلزات سنگین در آن بسیار متغیر است. گرد و غبار نقش مهمی در انتقال آلاینده‌های زیست‌محیطی بر عهده دارد به ویژه آن‌هایی که دارای نوسانات اندک و حلالیت آبی پایین بوده و همچنین چسبیده به ذرات خاک باقی می‌مانند (Akbari et al., 2011). به طور کلی خاک‌های مناطق خشک در مقابل عوامل فرساینده به دلیل کمبود مواد آلی و کلونیدی آسیب‌پذیرند از این رو در اکثر شهرهای مستقر در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مهمترین منبع طبیعی آلودگی هوا گرد و غبار است (Azimzadeh et al., 2010). استان یزد با نزدیک به ۵۰ درصد مساحت بیابانی و حدود ۶۴۹۱۱ کیلومتر مربع اراضی بیابانی و ماسه‌زار از جمله استان‌هایی است که همواره در معرض فرسایش بادی و مشکلات ناشی از آن به ویژه طوفان‌های گرد و غبار بوده است (Negaresh & Falahian., 2010). مقدار غبار موجود در هوای شهرهای کویری مانند یزد بسیار بالاست (Azimzadeh et al., 2010). از این رو اندازه‌گیری غبار به منظور انجام مطالعاتی نظیر بررسی ترکیب فیزیکی و تجزیه‌ی شیمیایی گرد و غبار جمع‌آوری شده ضروری است.

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی...

در بدن مشابه کلسیم می‌باشد بنابراین در مقادیر متوسط می‌تواند به عنوان مکمل کلسیم عمل کند اما در مقادیر بالا برای عمل در برخی اعضای بدن با کلسیم رقابت می‌کند. برای مثال برای جذب در روده و لوله‌ی بازجذب کلیه که این می‌تواند سبب بروز مشکلات متعددی در بدن گردد. علائم سمیت استرانسیم در بدن انسان گزارش نشده است. با این حال مقادیر بالای در بدن منجر به هیپوکلسیمیا^۱ به علت افزایش دفع کلسیم توسط کلیه می‌گردد (Nielsen, 2004). ایزوتوپ‌های پرتوزای استرانسیم طی عملیات رآکتورهای هسته‌ای از شکافت هسته‌ی اورانیوم یا پلوتونیم و انفجار هسته‌ای تشکیل می‌شود و در زنجیره‌ی غذایی تجمع می‌یابد که این یکی از بزرگترین نگرانی‌های زیست‌محیطی می‌باشد. پرتوگیری از عناصر پرتوزای استرانسیم می‌تواند پیامدهای منفی بر روی سلامت انسان از جمله اختلالات استخوانی و بیماری‌های مختلف مانند سرطان استخوان را داشته باشد (Hollrig & Munchen, 2011). پرتوگیری از استرانسیم ۹۰ در اثر حوادث هسته‌ای، استفاده از سلاح‌های اتمی، سبب خسارت به مویرگ‌ها و در نتیجه اختلال در جریان خون استخوان می‌گردد (Nielsen, 2004). ایزوتوپ‌های استرانسیم به عنوان شاخص زیست‌محیطی در مطالعات محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. تنوع در نسبت ایزوتوپ‌های استرانسیم در تشخیص روند آلودگی‌های کوتاه مدت تا بلند مدت و شناسایی منابع آلودگی مؤثر می‌باشد. به

در میان عناصر موجود در غبار ریزشی بررسی استرانسیم به علت دارا بودن ایزوتوپ‌های رادیواکتیو از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. استرانسیم یکی از فلزات قلیایی خاکی می‌باشد که هرگز به صورت آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود زیرا به آسانی تشکیل اکسید استرانسیم می‌دهد (Nielsen, 2004). استرانسیم به صورت طبیعی دارای چهار ایزوتوپ پایدار شامل: Sr^{84} ، Sr^{86} (۹/۸۶٪)، Sr^{87} (۷/۰۲٪) و Sr^{88} (۸۲/۵۶٪) می‌باشد (Nielsen, 2004). استرانسیم عنصری است که در تمام محیط‌زیست یافت می‌شود. ترکیبات پایدار و رادیواکتیو استرانسیم در بسیاری از فرآیندهای صنعتی و همچنین در زمینه‌های تحقیقاتی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hollrig, 2011). نسبت ایزوتوپ‌های ۸۷ به ۸۶ استرانسیم برای کاتیون‌های حساس و کربنات در افق‌های سطحی و عمقی خاک دارای مقادیری در محدوده ۰/۷۰۹۳ - ۰/۷۰۸۷ است که مشابه مقادیری است که در باران و گرد و غبار وجود دارد. داده‌های ایزوتوپ‌های استرانسیم نشان می‌دهد که ۷۰-۵۰ درصد مقادیر موجود در سیلیکات‌های موجود در ۲۵ سانتی‌متری بالایی پروفیل خاک به اتمسفر منتقل می‌شود. بنابراین افزایش سیلیکات‌ها در خاک منجر به افزایش استرانسیم موجود در جو می‌شود (Chadwick & Capo, 1999). استرانسیم بسته به میزانی که در بدن وارد شود، می‌تواند اثرات مثبت و منفی بر روی انسان داشته باشد (Hollrig & Munchen, 2011). عملکرد استرانسیم

1. Hypocalcaemia

وجود ندارد. Biscaye و Grousset در سال ۲۰۰۵؛ ردیابی منابع گرد و غبار و الگوهای انتقال آن‌ها را با استفاده از ایزوتوپ‌های استرانسیوم، نئودیمیوم و سرب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که ایزوتوپ‌های پرتوزا گاهی اوقات در ارتباط با دیگر انواع ردیاب‌ها می‌تواند بهترین ابزار جهت انگشت نگاری منابع در کوتاه مدت یا بلند مدت باشد. Nakano و همکاران (۲۰۰۴) نسبت‌های ایزوتوپی استرانسیوم-نئودیمیوم از خاک‌های معدنی در شمال چین به عنوان انگشت-نگاری^۲ گرد و غبار آسیا را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاکی از این است که انگشت نگاری ایزوتوپی مواد معدنی از خاک‌های خشک ابزاری قدرتمند برای شناسایی منابع و بررسی اثرات گرد و غبار معدنی است و می‌تواند به عنوان شاخص بیابان‌زایی استفاده شود. در دیگر موارد مشابه می‌توان به پژوهش‌های انجام گرفته توسط Miamoto و همکاران (۲۰۱۰)، Ujvari و همکاران (۲۰۱۲) و Kiong و همکاران (۲۰۱۰) اشاره نمود.

با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی، افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و گرایش به صنعت در شهر یزد احتمال وجود مشکلات زیست‌محیطی در آن بالا می‌باشد. لذا شناخت و بررسی ماهیت غبار ریزشی شهر و ارائه راهکارهای مؤثر به منظور کاهش آلودگی هوا حائز اهمیت می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی توزیع مکانی و فراوانی مقدار استرانسیوم در غبار ریزشی

عنوان مثال تفاوت در نسبت ایزوتوپ‌های ۸۶ به ۸۷ استرانسیوم در تشخیص روند آلودگی سیستم‌های خاک و پوشش گیاهی کاربرد دارد (Charalampides & Manoliadis, 2002).

در این پژوهش به منظور جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار از تله‌های رسوب‌گیر تیل‌های MDCO^۱ استفاده گردید. در مقایسه‌ای که گوسن و آفر در سال ۱۹۹۹ بین نمونه‌گیرهای افقی و عمودی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تله‌ی رسوب‌گیر تیل‌های برای جمع‌آوری غبار ریزشی دارای بیشترین راندمان می‌باشد (Goossens & Offer, 1999). در میان همه‌ی رسوب‌سنگ‌های آزمایش شده در مطالعه‌ی دیگر نیز MDCO به عنوان تله با پتانسیل بیشتر نسبت به سایرین برای جذب گرد و غبار نشان داده است این تله توسط گارنر در سال ۱۹۷۵ طراحی شده و استفاده از آن در سراسر جهان به خصوص در تحقیقاتی که در زمینه‌ی اندازه‌گیری غبار انجام می‌گیرد، بسیار رایج است (Jia & Huang, 2008).

با عنوان پژوهش حاضر تا به حال تحقیقی انجام نگرفته است. در موارد مشابه Soltanianzadeh و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی مقدار آرسنیک در ذرات رسوب شونده‌ی هوای شهر یزد پرداختند که مقایسه‌ی میانگین‌ها برای دوره‌های مختلف نمونه‌برداری و برای مکان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در زمان‌ها و مکان‌های نمونه‌برداری

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی...

قطر متوسط $1/6$ سانتیمتر ریخته شده است (Jia and Huang, 2008). (شکل ۱).



شکل ۱. تله‌ی رسوب‌گیر تپله‌ای.

۳،۲. انتخاب ایستگاه‌های نمونه برداری

برای توزیع مناسب تله‌های رسوب‌گیر در سطح شهر یزد، محله‌های اصلی و پر جمعیت شهر به عنوان ایستگاه‌های نمونه برداری انتخاب و تعداد ۱۶ تله رسوب‌گیر در آن‌ها نصب گردید (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است، سعی شده تا ایستگاه‌های نمونه برداری در مناطق مختلف شهر به صورت یکنواخت پراکنده باشد. شماره ایستگاه و نام آن به شرح زیر است:

- ۱- امام حسین، ۲- قاسم آباد، ۳- ملاصدرا، ۴- مهدیه،
- ۵- سلمان فارسی، ۶- فرخی، ۷- آزادشهر، ۸- امامشهر،
- ۹- نواب صفوی، ۱۰- کاشانی، ۱۱- جمهوری اسلامی،
- ۱۲- مدرس، ۱۳- شهید قندی، ۱۴- اداره منابع طبیعی، ۱۵- شاهدهیه و ۱۶- دانشگاه یزد.

سطح شهر یزد و وجود رادیوایزوتوپ‌های استرانسیم در غبار ریزشی شهر می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

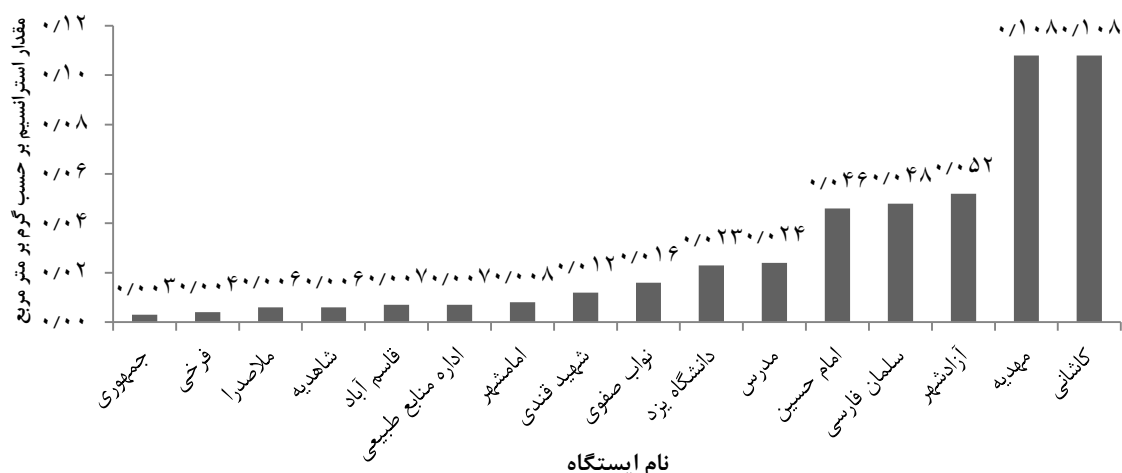
۱،۲. معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر یزد با اقلیم خشک فرا سرد در مختصات $33^{\circ} 22'$ و $50^{\circ} 53' 31''$ شمالی در دشت سرپوشیده‌ی دشت یزد اردکان واقع شده است. جهت باد غالب در شش ماه از سال (بهار و تابستان) شمال غربی و در چهار ماه (آبان تا بهمن) جنوب شرقی و در اسفند و مهر غربی است. در یک دوره‌ی ۲۴ ساله تعداد روزهای غبارناکی ۵۹ روز و بیشترین فراوانی آن در ۶۰ روز تابستان رخ می‌دهد که باعث بروز خسارات ملموس و ناملموس برای مردم استان یزد از جمله شهرستان یزد می‌گردد. شهر یزد جمعیتی معادل ۵۲۶۲۷۶ (براساس سرشماری سال ۱۳۸۵) را در خود جای داده است.

۲،۲. معرفی تله‌ی رسوب‌گیر MDCO

تله‌ی رسوب‌گیر طراحی شده برای این پژوهش شامل یک ظرف پلاستیکی دایره‌ای شکل به قطر ۲۶ سانتیمتر است که درون ظرف سه ردیف گوی یا تپله شیشه‌ای با

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷



شکل ۲- مقدار استرانسیم غبار ریزشی بر سطح شهر یزد طی زمان اندازه‌گیری.

استرانسیم در نمونه‌های جمع‌آوری شده هر ایستگاه، از دستگاه اشعه ایکس فلورسانس مدل Explorer 4 موجود در آزمایشگاه تجزیه عنصری پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی استفاده شد. برای بررسی اینکه آیا مقدار استرانسیم در محدوده‌ی مجاز قرار دارد، مقدار استرانسیم در هر ایستگاه بر حسب میلی‌گرم بر مترمربع محاسبه شد. به منظور بررسی توزیع مکانی و فراوانی استرانسیم در کل سطح شهر با توجه به نتایج بدست آمده از ایستگاه‌های مختلف نقشه‌ی پهنه‌بندی از منطقه‌ی مورد مطالعه به روش عکس مجذور فاصله با استفاده از نرم افزار Arc GIS تهیه شد (شکل ۳). به منظور بررسی تغییرات روزانه استرانسیم در ایستگاه‌های مختلف نمودار ستونی مقدار استرانسیم بر حسب میلی‌گرم در روز به روش زیر محاسبه شد.

۴,۲. تعیین تعداد نمونه

به منظور تعیین تعداد نمونه از فرمول کربز (۱۹۹۹) (فرمول ۱) استفاده گردید که در آن مقدار t_{α}^2 مقدار t (در سطح معنی‌داری ۰.۵٪، معادل ۲/۱۳۱)، s انحراف معیار و D نسبت صحت مورد نیاز و N_{sample} تعداد نمونه مورد نیاز است (Weater and Cook, 2000).

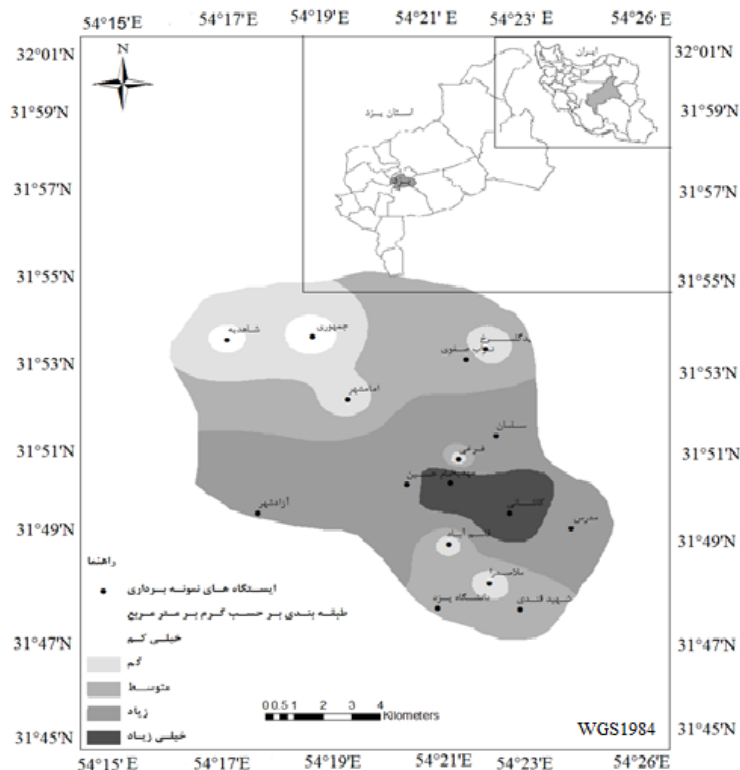
$$N_{\text{sample}} = \frac{t_{\alpha}^2 s^2}{D^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها به روش کلموگراف اسمیرنوف مورد آزمون قرار گرفت (Weater and Cook, 2000).

۵,۲. نمونه‌برداری، تجزیه و توزیع مکانی استرانسیم

به منظور جمع‌آوری غبار ریزشی در یک دوره‌ی یک ساله، برداشت غبار به دام افتاده در تله‌های رسوب‌گیر در پایان هر ماه صورت گرفت. برای تعیین غلظت

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی...



شکل ۳. نقشه‌ی پهنه‌بندی استرانسیم در غبار ریزشی شهر یزد.

رادویوایزوتوپ‌های مذکور در جدول ۲ نمایش داده شده است. سایر ایزوتوپ‌ها به علت نیمه‌عمر کوتاه قبل از رسیدن به آزمایشگاه فروپاشی کرده و از بین می‌روند. به منظور بررسی وجود رادیو ایزوتوپ‌های فوق در نمونه‌های بدست آمده از شمارنده گایگر مولر (موجود در آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای دانشگاه یزد) استفاده شد. ابتدا تابش زمینه بدون حضور نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه در بازه‌ی زمانی ۱۰ ثانیه با ۱۵ بار تکرار اندازه‌گیری گردید. سپس هر یک از نمونه‌ها در بازه‌ی زمانی یکسان و با تعداد تکرار برابر با تابش زمینه مورد

مقدار استرانسیم بدست آمده از هر ایستگاه بر حسب گرم به صورت نمونه‌های مرکب سالیانه محاسبه شد. سپس با تبدیل واحد گرم به میلی گرم و تقسیم اعداد بدست آمده به ۳۶۵ (تعداد روزهای یک سال)، مقدار استرانسیم بر حسب میلی گرم بر روز محاسبه شد.

با توجه به نیمه عمر هر یک از ایزوتوپ‌ها در جدول ۱ رادیوایزوتوپ‌هایی که قابلیت بررسی آن در آزمایشگاه وجود داشت، تعیین گردید که شامل استرانسیم - ۹۰، استرانسیم - ۸۹، استرانسیم - ۸۲ و استرانسیم - ۸۵ می‌باشد. زنجیره‌ی واپاشی

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

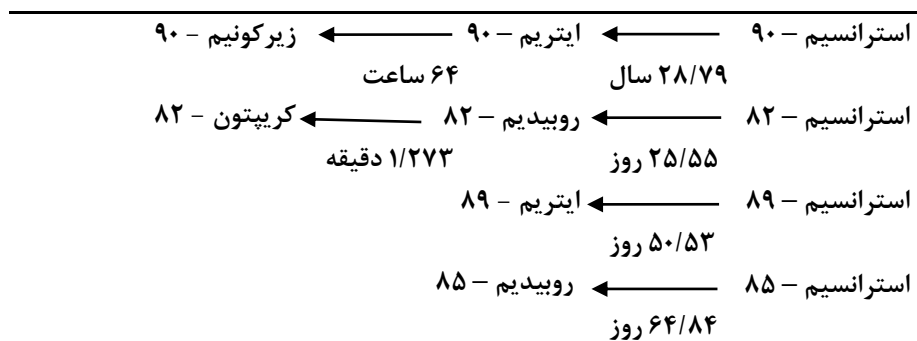
بررسی قرار گرفت. سپس طبق رابطه (۲) میزان خطا
 که در آن، R : محدوده‌ی مجاز خطا و n :
 میانگین تابش زمینه (بر حسب تعداد ذرات) است. به
 منظور بررسی دامنه‌ی تغییرات تابش ذرات از نمونه‌ها
 در هر فصل نمودار جعبه ای (box plot) ترسیم گردید.

$$R = n \pm \sqrt{n} \quad (2)$$

جدول ۱- انواع ایزوتوپ‌های استرانسیم و نیمه عمر آن

ایزوتوپ	نیمه عمر	ایزوتوپ	نیمه عمر	ایزوتوپ	نیمه عمر
۷۳	۸۵	۶۴/۸۴ (روز)	۹۷	۴۲۶ (میلی ثانیه)	
۷۴	۸۶	پایدار	۹۸	۰/۶۵۳ (ثانیه)	
۷۵	۸۷	پایدار	۹۹	۰/۲۶۹ (ثانیه)	
۷۶	۸۸	پایدار	۱۰۰	۲۰۲ (میلی ثانیه)	
۷۷	۸۹	۵۰/۵۳ (روز)	۱۰۱	۱۱۸ (میلی ثانیه)	
۷۸	۹۰	۲۸/۷۹ (سال)	۱۰۲	۶۹ (میلی ثانیه)	
۷۹	۹۱	۹/۶۳ (ساعت)	۱۰۳		
۸۰	۹۲	۲/۷۱ (ساعت)	۱۰۴		
۸۱	۹۳	۷/۴۲۳ (دقیقه)	۱۰۵		
۸۲	۹۴	۷۵/۳ (ثانیه)	۸۳	۴/۹۵ (ثانیه)	
۸۳	۹۵	۲۳/۹ (ثانیه)	۸۵	۶۷/۶۳ (دقیقه)	
۸۴	۹۶	۱/۰۷ (ثانیه)	۸۷	۲/۸۰۳ (ساعت)	

جدول ۲- زنجیره‌ی واپاشی رادیوایزوتوپ‌های استرانسیم



(Lide, 1995; Kaye and Laby, 1973)

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی...

۳. نتایج

۱,۳. مقدار استرانسیم غبار ریزشی

در جدول ۳ مشخصات آماری مقدار غبار ریزشی، استرانسیم موجود در غبار ریزشی و میانگین استرانسیم ریزشی روزانه بر سطح شهر یزد در طول یک سال نشان

جدول ۳- آمار کلاسیک استرانسیم اندازه‌گیری شده در غبار

متغیر آماری / متغیر	غبار ریزشی (گرم بر مترمربع)	استرانسیم غبار ریزشی (گرم بر متر مربع)	استرانسیم ریزشی روزانه (میلی گرم بر متر مربع در روز)
حداقل	۲۲/۶۵	۰/۰۰۳	۰/۳۵
حداکثر	۴۳۲/۰۵	۰/۱۱	۱/۲۳
$\mu \pm \text{stdv}$	$۱۱۹/۰۸ \pm ۱۰۸/۹۸۸$	$۱۰۲۹۹ \pm ۰/۳۴۵۸$	$۰/۵۷ \pm ۰/۲۳$
سطح معنی داری آزمون K-S	(ns) ۰/۴۸۵	۰/۲۴۹	(ns) ۰/۴۵۳
درصد خطای حد کفایت نمونه	۵	۵	۱۰
حد کفایت تعداد نمونه	۱۵	۱۵	۱۵

همان‌گونه که در جدول ۳ آمده است توزیع آماری غبار ریزشی، استرانسیم غبار ریزشی و استرانسیم ریزشی روزانه نیز نرمال می باشد. با در نظر گرفتن حداکثر ۱۰ درصد خطای نمونه‌برداری تعداد نمونه برابر ۱۵ عدد است. از آنجا که ۱۶ ایستگاه نمونه‌برداری در محدوده شهر یزد استقرار داشته است، از لحاظ آماری نمونه‌برداری دارای صحت ۹۰ درصد می‌باشد.

شکل ۳ توزیع مقدار غبار ریزشی استرانسیم را نشان می‌دهد که بیشترین مقدار استرانسیم ریزشی به

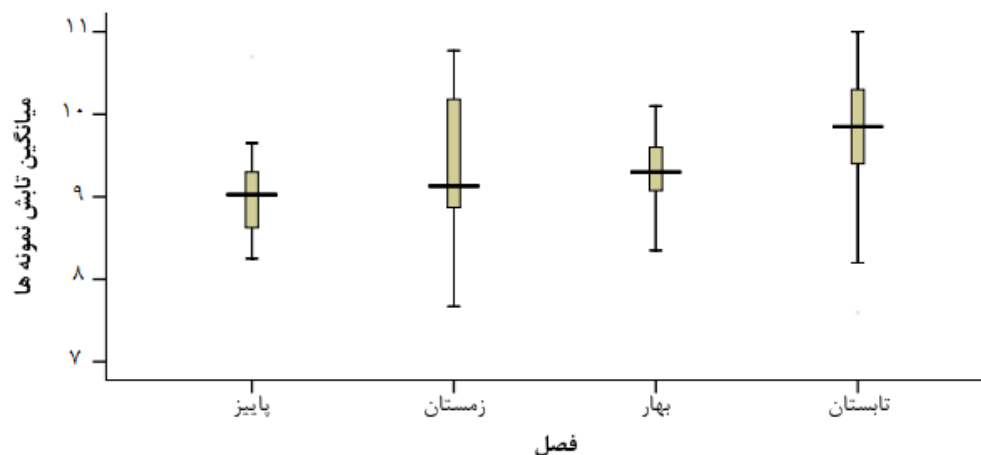
داده شده است. در این جدول حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف از معیار، سطح معنی‌داری آزمون کلموگرف-اسمیرنوف به منظور تعیین نرمال بودن توزیع آماری داده ها، تعداد نمونه لازم و خطای نمونه‌برداری نشان داده شده است.

سطح زمین مربوط به ایستگاه‌های خیابان کاشانی و میدان مهدیه و کمترین میزان مربوط به ایستگاه بلوار جمهوری می‌باشد. میانگین حسابی مقدار غبار ریزشی ۱۱۹/۰۸ گرم بر متر مربع و انحراف از معیار آن ۱۰۸/۹۸۸ گرم بر مترمربع می باشد. با توجه به تغییر مقدار غبار ریزشی در نقاط مختلف شهر یزد کمترین مقدار استرانسیم غبار ریزشی در حدود ۰/۰۰۳ گرم بر متر مربع و بیشترین مقدار ۰/۱۰۸ گرم بر مترمربع اندازه‌گیری شد. این تغییرات را می‌توان ناشی از وسعت سطوح فاقد پوشش و باز شهری، اختلاف زبری سطح

که در تمامی ایستگاه‌ها مقدار استرانسیم در محدوده‌ی مجاز قرار دارد.

۳،۲. توزیع و فراوانی استرانسیم در غبار ریزشی
نقشه‌ی پهنه‌بندی از منطقه نشان دهنده‌ی توزیع و فراوانی استرانسیم در غبار ریزشی کل سطح شهر یزد می‌باشد (شکل ۴).

شهری به لحاظ ارتفاع ساختمان‌ها و عملیات عمرانی درون شهری دانست. در مجموع نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد در غلظتی زمینه‌ای از حداقل استرانسیم ریزشی، مقدار استرانسیم تحت شرایط محلی در مناطق مختلف شهر متفاوت است. بررسی نمودار فوق نشان داد



شکل ۴- دامنه‌ی تغییرات تابش نمونه‌ها در هر فصل.

معادله ۱ محدوده‌ی مجاز خطا بین ۵/۱۷-۱۰/۸۳ بدست آمد. در مرحله‌ی بعد برای هر یک از نمونه‌ها متوسط تابش محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول ۴ نشان داده شده است. علی‌رغم اینکه تمامی نمونه‌ها در محدوده‌ی مجاز خطا قرار گرفته‌اند، بررسی نمودار فوق (شکل ۵) نشان داد که دامنه‌ی تغییرات تابش نمونه‌ها در فصل زمستان و بهار نسبت به فصول پاییز و تابستان بیشتر می‌باشد. طبق جدول ۴ نتایج

مطابق با نتایج بدست آمده از نقشه‌ی پهنه‌بندی استرانسیم بیشترین توزیع استرانسیم در محدوده‌ی مرکزی شهر شامل خیابان کاشانی تا میدان مهدیه و کمترین توزیع استرانسیم در محدوده‌ی بلوار جمهوری می‌باشد.

۳،۳. وجود ایزوتوپ‌های رادیواکتیو

در جدول ۴ متوسط تابش زمینه از ۱۵ تکرار بدست آمده از دستگاه گایگر مولر ارائه شده است. طبق

بررسی مقدار و توزیع مکانی آلاینده استرانسیم در غبار ریزشی...

بدست آمده از نمونه‌ها در محدوده‌ی مجاز خطا قرار می‌باشند. گرفته و میزان تابش نمونه‌ها در محدوده‌ی تابش زمینه

جدول ۴- میانگین تابش نمونه‌ها برای هر فصل

نام ایستگاه	فصل		
	پاییز	زمستان	بهار
امام حسین	۹/۳	۷/۶۷	۹/۳
قاسم آباد	۸/۶	۹/۱۳	۹/۸
ملاصدرا	۸/۷۵	۹/۳	۹/۹
مهدیه	۹/۳	۸/۴۳	۹/۰۵
سلمان فارسی	۸/۴۵	۹/۹۳	۸/۹۵
فرخی	۸/۵	۱۰/۷۷	۱۰/۱
آزادشهر	۹/۵	۱۰/۵	۹/۲
امامشهر	۹/۳	۹/۱۳	۹/۱
نواب صفوی	۸/۲۵	۱۰/۴۳	۸/۴۵
کاشانی	۱۰/۷	۸/۸۷	۹/۴۵
جمهوری	۸/۹۵	۸/۵	۹/۴
مدرس	۸/۶۵	۱۰/۶	۹/۷
شهید قندی	۹/۱	۸/۸۷	۹/۷
سیدگل سرخ	۹/۶۵	۹/۵۳	۱۰/۱
شاهدیه	۸/۸	۸/۹۳	۸/۳۵
دانشگاه یزد	۹/۳	۸/۹	۹/۱

می‌دهد. خاک بر حسب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی حاوی مقادیر متفاوتی استرانسیم می‌باشد. خاک‌های شنی و اسیدی دارای مقادیر بالاتری استرانسیم است. بنابراین فرسایش بادی می‌تواند عاملی مهم برای ورود استرانسیم به اتمسفر باشد. از منابع انسانی می‌توان به استفاده از استرانسیم در فرآیندهای صنعتی و تحقیقات پزشکی اشاره کرد.

۴. بحث و نتیجه گیری

همان‌گونه که ذکر شد استرانسیم عنصری است که در همه‌جای محیط‌زیست یافت می‌شود. منابع طبیعی و انسانی از طرق مختلف سبب ورود استرانسیم به اتمسفر می‌شوند. حدود ۰/۰۳-۰/۰۲ درصد از پوسته‌ی زمین را استرانسیم تشکیل

استرانسیم موجود در ذرات معلق پس از رسوب این ذرات به زمین بازمی‌گردد. بنابراین بررسی میزان استرانسیم موجود در غبار ریزشی می‌تواند راه‌کاری مؤثر در شناسایی استرانسیم موجود در هوا به عنوان یکی از عناصر آلاینده می‌باشد که نتایج بدست آمده از تحقیق Soltanianzadeh و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص تعیین آرسنیک موجود در ذرات رسوب شونده‌ی هوای یزد مؤید این مطلب است. نتایج پژوهش Charalampides و Manoliadis در سال ۲۰۰۵؛ در ارتباط با استفاده از ایزوتوپ‌های استرانسیم موجود در غبار ریزشی به عنوان شاخص آلودگی هوا در مطالعات زیست‌محیطی نشان‌دهنده‌ی صحت مطالب فوق می‌باشد. هم‌چنین در مطالعات زیادی به منظور منشایابی گرد و غبار از ایزوتوپ‌های استرانسیم استفاده شده است که می‌توان به تحقیقات انجام گرفته توسط Nakano و همکاران (۲۰۰۴)، Miyamoto و همکاران (۲۰۱۰)، Ujvari و همکاران (۲۰۱۲)، Kyung و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد. بنابراین بررسی استرانسیم موجود در غبار ریزشی می‌تواند به خوبی معرف میزان استرانسیم موجود در هوا باشد.

با توجه به ارتباط مستقیمی که بین مقدار غبار با مقدار استرانسیم موجود در اتمسفر وجود دارد، در ایستگاه‌هایی که مقدار غبار بالاست خطر آلاینده‌ی عنصر استرانسیم بیشتر می‌باشد که در محدوده‌ی مورد مطالعه این منطقه از قسمت شرق به سمت بخش مرکزی شهر از خیابان کاشانی تا میدان مهدیه می‌باشد

و کم‌ترین خطر مربوط به قسمت شمال غرب شهر، بلوار جمهوری می‌باشد. علت افزایش غبارناکی در هوای شهرها می‌تواند ناشی از وجود زمین‌های بدون پوشش و نیز فعالیت‌های ساختمانی باشد. در زمان نمونه‌برداری، فعالیت‌های عمرانی ساخت زیرگذر در میدان مهدیه می‌تواند درستی این ادعا را تایید کند. ایستگاه کاشانی به دلیل استقرار در محله قدیمی با ساختار گلین و تراکم ساختمان‌ها که این تراکم منجر به افزایش زبری و کاهش سرعت باد می‌شود لذا این محدوده دارای پتانسیل افزایش غبار می‌باشد. در مجموع عواملی که سبب افزایش ذرات رسوب‌شونده بر سطح شهر شوند می‌توانند به طور مستقیم باعث دریافت میزان بالاتر استرانسیم از طریق هوا شوند. به طور کلی میزان مجاز استرانسیم در بدن انسان بین ۴-۲ میلی‌گرم در روز می‌باشد. دریافت بیشتر استرانسیم به دلیل مسیر مشترک در بدن با کلسیم مشکلات زیادی را در بدن به وجود می‌آورد که از آن جمله می‌توان به رقابت استرانسیم با کلسیم برای جذب در بدن اشاره نمود (Nielsen, 2004). محاسبه‌ی مقدار دریافت روزانه‌ی استرانسیم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد که تمامی ایستگاه‌ها در محدوده‌ی مجاز دریافت استرانسیم قرار دارند. بنابراین در دوره‌ی نمونه‌برداری خطری از جانب مقدار استرانسیم موجود در هوا سلامت ساکنین شهر را تهدید نمی‌کند. بنابراین استرانسیم موجود در غبار ریزشی که افراد به طور مستقیم در معرض آن قرار دارند به عنوان یکی از آلاینده‌های هوا و مشکل‌ساز برای

موجودات زنده به راحتی جذب می‌شود. چون دارای خواص شیمیایی شبیه کلسیم است، در استخوان‌های بدن مستقر می‌شود و در نتیجه خطر سرطان استخوان را به وجود می‌آورد و یا به بافت‌های تولید کننده‌ی خون در مغز استخوان صدمه می‌زند (Ardakani, 2007). بنابراین ایزوتوپ‌های رادیواکتیو استرانسیم به علت اثرات منفی بی‌شماری که بر سلامت انسان دارند باید در مطالعات آلودگی هوا مدنظر قرار گیرند. نتایج این تحقیق نشان داد که دامنه‌ی تغییرات تابش ذرات در فصول زمستان و بهار بیشتر از تابستان و پاییز می‌باشد. با توجه به اینکه طوفان‌های گرد و غبار عمدتاً در فصول بهار و تابستان اتفاق می‌افتد (Shahsavani et al., 2011). تغییرات بیشتر تابش ذرات در فصل بهار ممکن است در ارتباط با طوفان باشد که سبب انتقال ذرات از فواصل دورتر و با منشا خارجی می‌شود. نتایج پژوهش نشان داد که غبار ریزشی شهر یزد فاقد ایزوتوپ‌های رادیواکتیو می‌باشد و خوشبختانه مشکلی از این جهت متوجه سلامت ساکنین شهر نمی‌باشد.

References

- Ardakani, M. R., 2007. Ecology. University of Tehran Press. pp. 320 – 323. (In Persian)
- Azizmzadeh, H. R., Montazereghaem, M., Torabi, F., Tajamolian, M., 2010. Measurement dust fall Yazd city using of Marble Dust Collector in period three Month Summer 2010. 2th Nation Conference Wind Erosion and Dust Storms. (In Persian)
- Akbari, A., Azizmzadeh, H. R., Ekhtesasi, M. R., Salmanzadeh, M., 2011. Measuring the spatial

سلامت جامعه محسوب می‌شود. با توجه به مطالب فوق شناسایی میزان استرانسیم موجود در غبار ریزشی و ارائه‌ی راهکارهایی به منظور کاهش میزان استرانسیم در هوا باید در اولویت‌های پژوهشی قرار گیرد. ایزوتوپ‌های پرتوزا به دو طریق بر محیط زیست تاثیر می‌گذارند. اول از طریق انتشار پرتوهایی که سایر مواد را تحت تاثیر قرار می‌دهد و دوم از طریق ورود به مسیره‌های عادی چرخه‌ی مواد و زنجیره‌ی غذایی. تشعشعات رادیواکتیو دارای خاصیت یونیزه کردن هستند و از این طریق بر ساختمان مولکول‌ها، ترکیبات ژنتیکی و بافت‌ها تاثیر نامطلوب می‌گذارند و تقسیمات سلولی و سنتز پروتئین‌ها را نیز مختل می‌کنند. هم‌چنین باعث بروز انواع سرطان‌های پوستی، سرطان خون، کاهش مقاومت عمومی و عقیمی در موجودات زنده می‌شوند. استرانسیم - ۹۰ از لحاظ بهداشت عمومی خطرناک‌ترین ماده‌ی رادیواکتیو می‌باشد زیرا در راکتورهای و نیز انفجارات اتمی به وفور تولید می‌شود و نیمه عمر آن زیاد است (۲۸ سال). استرانسیم - ۹۰ از لحاظ شیمیایی شبیه کلسیم است بدین جهت به وسیله‌ی

distribution of falling dust on behbahan city and survey in the seasonal distribution using geostatistics techniques.. Master of arts thesis, agriculther and natural resource group, 90 p. (In Persian)

Charalampides, G., Manoliadis, O., 2002. Sr and Pb isotopes as environmental indicators in environmental studies. Environment International 28:147 – 151.

Ebadat, V., 2010. Dust explosion hazard assessment. J. Loss Prevent. Proc., 23(6):907-912.

Eckhoff, R.K., 2009. Understanding dust explosions.

- The role of powder science and technology. *J. Loss Prevent. Proc.*, 22(1):105-116.
- Goudie, A.S. 2009. Dust storms: Recent developments. *Jornal of Environmental Managment*. 90(1):89-94.
- Grousset, F. E, Biscaye, P. E. 2005. Tracing dust source and transport pattern using Sr, Nd and Pb istopes. *Chemical Geology*, 149-167.
- Goossens, D., Offer, Z., 1999. Wind tunnel and field calibration of six Aeolian dust samplers. *Atmospheric Environment* 34:1043-1057.
- Harrison, S.P., Kohfeld, K.E., Roelandt, C. and Claquin, T., 2001. The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future. *Earth-Sci Rev.*, 54(1-3): 43-80.
- Hollrigl, V., Munchen, H. Z., 2011. Strontium in the Environment and Possible Human Health Effects. *Encyclopedia of Environmental Health*, 268 – 275.
- Jia, Q., Huang, Y., 2008. Coarse dust around mining areas – A study of available dust collectors and their efficiency. Lulea University of Technology, Departement of civil and Environmental Engineeri.
- Kyung Lee, M. K., Lee, Y. I, Yi, H. I., 2010. Provenances of atmospheric dust over korea from Sr-Nd isotopes and rare earth elements in early 2006. *Atmospheric Environment* 44, 2401-2414.
- Miyamoto, T., Hamamoto, R., Yanagi, T., 2010. Sr and Nd isotope compositions of atmospheric mineral dust at the summit of Mt, Sefuri, north kyushu. Southwest Japan: A marker of the dust provenance and seasonal variability. *Geochimica et cosmochimica Acta* 74: 1471-1484.
- Nakano, T, Yokoo, Y, Nishikawa, M, Koyanagi, H., 2004. regional Sr-Nd isotopic ratios of soil minerals in northern china as Asian dust fingerprinting. *Atmospheric environment*, paper 3061-3067.
- Nielsen, S. P., 2004. The biological role of Strontium. *Bone*, 583 – 588.
- Negaresh, H., Falahian, H., 2010. Investigation negative Impacts wind actives Morphodinamicy in khezrabad Yazd area. *International Conference Geographic Islam World*.
- Rosemary, C. C., Chadwick, O. A., 1999. Sources of Strontium and Calcium in desert Soil and Calcrete. *Earth and Planetary Science Letters* 170, 61 – 72.
- Sun, J., Zhang, M. and Liu, T. 2001. Spatial and temporal characteristics of dust storm in china and surrounding regions, 1960-1999: relations to source area and climate. *J. Geophys. Res-Atmos.*, 106(D10): 10325-10333.
- Schroeder, J.H., 1985. Eolian dust in the coastal desert of the Sudan: aggregates cemented by evaporate. *J. Afr. Earth Sci.*, 3:370-380.
- Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Jafarzadeh, N., Naeimabadi, A., Mahmoodian, M. H., Saki, H., Solati, M. H., Soleimani, Z., Nadafi, K., 2011. Dust Stormes Impact on Health and Environment. *Journal of North Khorasan University of Medical Science*, winter, 45 – 56. (In Persian)
- Soltanianzadeh, Z., Salmani, M. H., Ehrampoosh, M. H., 2011. Investigation Arsenic in Sediment Particular Yazd city air. *Journal science – application chimestery, Semnan University* 14.
- Ujvari, G., Varga, A., Ramos, F. C., Kovacs, J., Nemeth, T., Stevens, T., 2012. Evaluating the use of clay mineralogy. Sr-Nd isotopes and zircon U-Pb ages in tracking dust provenance: an example from loess of the carpathian Basin; *Chemical Geology* 304-305 (2012). *hemical Geology* 304-305:83-96.
- Wang, X., Dong, Z., Zhang, C., Qian, G., Luo, W., 2009. Characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North China. *Geomorphology*, 144-157.
- Weater, C.P. & Cook, P.A., 2000. using statistics to understand the Environment. *ROUTLEDGE*, London and Newyork.
- Xie, J., Yang, Ch., Zhou, B. and Huang, Q., 2010. High-performance computing for the simulation of dust storms. *Comput. Environ. Urban*, 34(4): 278-290.
- Zhang, R., Han, Z., Cheng, T., Tao, J., 2010. Chemical properties and origin of dust aerosols in Beijing during springtime. *Particuology*, 61-67.
- Zhao, L. and Zhao, S., 2006. Diagnosis and simulation of rapidly developing cyclone related to a severe dust storm in East Asia. *Global Planet. Change*, 52: 105-120.