

## آب و هواشناسی توفان‌های گرد و غبار در ایران

### چکیده

توفان‌های گرد و غبار یکی از زیان‌بارترین بلاهای طبیعی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است. این پدیده به عنوان یکی از بحران‌های محیطی باعث تأثیرات نامطلوب زیست‌محیطی می‌گردد که سبب از بین بردن زمین‌ها و کشتزارها، آلوده نمودن آب‌های سطحی، گسترش بیابان‌ها و نواحی خشک، ایجاد مشکلات به خاطر کاهش دید افقی، بروز تصادفات جاده‌ای، ایجاد مانع در مسیر ریل‌ها، بیماری‌های تنفسی و چشمی، مشکلات اقتصادی و معیشتی می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش واکاوی آماری و بررسی الگوهای گردش جوی ایجادکننده گرد و غبار در ایران در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۸ است. بدین منظور نخست روزهای گرد و غباری در ایران شناسایی و سپس الگوهای گردشی ایجادکننده آن‌ها ترسیم گردید. پایگاه داده‌ها در نرم افزار متلب به صورت آرایه‌ای به ابعاد  $۱۵۵ \times ۵۳۲۸$  با آرایش زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها تشکیل شده است. سپس بر روی این آرایه واکاوی خوشه‌ای به روش ادغام وارد صورت گرفت و برای روزهای گردوغباری ایران، چهار الگوی گردشی برای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی گردید. نتایج نشان داد که در میان فصول، بیشینه‌ی توفان‌های گرد و غبار در تابستان و کمینه‌ی آن در زمستان رخ می‌دهد. تیر ماه بیش‌ترین فراوانی توفان‌ها و آذر ماه کم‌ترین فراوانی را داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** ایران، توفان گرد و غبار، واکاوی زمانی و مکانی

### طرح مسئله

گرد و غبار یک مسئله‌ی مصیبت‌بار آب و هوایی است که می‌تواند باعث خطرات جدی محیطی شود که سبب تأثیرات نامطلوب بر کشاورزی، صنعت، ترافیک و زندگی روزانه‌ی مردم می‌شود. طبق تعریف سازمان جهانی هواشناسی توفان گرد و غبار عبارت است از بادی که مخصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک بوده و بر اثر وزش آن ابر متراکمی از گرد و غبار در فضا ایجاد می‌شود. تراکم این ابر غبار آلود آن چنان زیاد است که جلوی دید را کاملاً گرفته و ارتفاع آن، گاه تا ۳۰۰۰ متر می‌رسد. پدیده‌ی گرد و غبار نه تنها حاصل وزش بادهای شدید که حاصل شرایط ناپایدار در الگوی هم‌دید می‌باشد. از مهم‌ترین شرایط ایجاد گرد و غبار، گذشته از ناپایداری، وجود یا عدم وجود رطوبت است به-طوری که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و توفان تندی و اگر فاقد رطوبت باشد توفان گرد و خاک

ایجاد می‌کند (علیجانی، ۱۳۷۶: ۹۵). در واقع تغییر در ویژگی عناصر اقلیمی از جمله دما، فشار، نم‌نسبی باعث ایجاد بارش و یا سامانه‌های گرد و غباری می‌شود. بنابراین مراکز تولید گرد و غبار معمولاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارند. این مناطق دارای بارندگی سالانه‌ی کم‌تر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر بوده که به لحاظ ارتفاعی در مناطق پست جهان واقع می‌باشند (چوپانی، ۱۳۸۸). این پدیده در دشت‌ها نسبت به کوهستان‌ها و در بیابان‌ها یا حاشیه‌ی آن‌ها نسبت به سایر مناطق بیش‌تر رخ می‌دهد. بزرگ‌ترین و فعال‌ترین مراکز تولید گرد و غبار در جهان مناطقی هستند که فعالیت‌های بشری در این مناطق محدود است این مراکز هم‌چون کمربندی از غبار از سواحل شمال‌غربی آفریقا آغاز شده و ضمن عبور از خاورمیانه، آسیای مرکزی و جنوبی به چین می‌رسند. به عبارت دیگر نیمکره‌ی جنوبی را می‌توان تقریباً عاری از غبار دانست (ذوالفقاری، ۱۳۸۸). هم عوامل انسانی و هم عوامل طبیعی باعث به وجود آمدن توفان‌های گرد و غبار می‌شود که بیش‌تر از همه نقش خشکسالی‌های سال‌های اخیر چشمگیرتر بوده است. عواملی از قبیل خشک بودن مناطق بیابانی نواحی جنوبی عراق، شمال صحرای عربستان، جنوب شرق سوریه و شمال آفریقا به علت کمبود بارندگی در بازه‌ی زمانی طولانی از جمله مواردی هستند که بر وسعت پدیده‌ی گرد و غباری می‌افزایند (خوش‌کیش، ۱۳۹۰). از آن جا که توفان‌های گرد و غبار باعث زیان‌های زیادی در زندگی بشر می‌شوند، بنابراین نیازمند تحقیقات گسترده در این زمینه هستیم تا بتوان به راهکاری برای کاهش اثرات این معضل طبیعی دست یافت. در این پژوهش به دنبال آنیم تا ویژگی‌های زمانی و مکانی گرد و غبار در ایران چیست؟

### پیشینه‌ی پژوهش

پدیده‌ی گرد و غبار در سال‌های اخیر از نظر گستره و فراوانی افزایش چشمگیری یافته است. در این زمینه پژوهش‌هایی هم در ایران و هم در کشورهای دیگر انجام گرفته است. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر این پدیده دارای فراوانی رخداد بیش‌تری بوده است، بررسی زیجیانگو<sup>۱</sup> همکارانش (۲۰۰۱) نشان می‌دهد که ۹۹ درصد از توفان‌های شدید گرد و غبار در شمال چین در ۴۸ سال اخیر بوده است. علیجانی (۱۳۸۷) نیز نقشه‌ی پهنه‌بندی زمانی و مکانی گرد و غبارها را ارائه داده و اظهار داشته که استان خوزستان با بیش از ۵۰ روز گرد و غباری درگیر بوده است. بررسی‌های بوچانی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داده‌اند که در سال‌های اخیر در غرب ایران و استان ایلام غلظت گرد و غبار بیش‌تر از حد استاندارد جهانی شده است. انگستادلر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۱) در رابطه با پهنه‌بندی مکانی فراوانی وقوع گرد و غبارهای جهان، نقش بستر دریاچه‌ها و صحرای بزرگ آفریقا را به عنوان تولیدکنندگان اصلی گرد و غبار می‌دانند. وانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی خصوصیات گرد و غبار و شناسایی منابع آن در نواحی خشک و نیمه‌خشک چین مشخص کردند که بیابان‌های وسیع عربستان و صحرای شمال آفریقا متأثر از سامانه‌های هم‌دید مقیاس و امواج غربی، گرد و غبار را به مناطق مختلفی هم‌چون ایران گسترش می‌دهند. بر اساس مطالعات بحیرایی و همکاران (۱۳۹۰)، بیابان‌های آفریقا، عربستان و عراق منبع اصلی تولید گرد و غبار در ایران هستند. همچنین خوش‌کیش و همکاران

1-Zijiang

2- Engestadler

3- Wang

(۱۳۹۰)، منابع عمده‌ی گرد و غبارهای وارد شده به استان لرستان را شامل بیابان‌های شمال عربستان، جنوب عراق، جنوب شرق سوریه و تا حدودی شمال صحرای آفریقا می‌داند. فنگجیان<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۸) بین رخداد گرد و غبار و عوامل آب و هوایی در تکلمکان همبستگی گرفتند و اظهار داشتند که باران از عوامل تأثیر گذار بر رخداد گرد و غبار است و بین بارش و رخداد گرد و غبار همبستگی منفی وجود دارد که در سطح ۹۹ درصد معنادار است. هم‌چنین گرم شدن جهانی سطح زمین باعث افزایش تبخیر از سطح زمین و هرز رفتن بیش تر خاک می‌شود و مواد مستعد را برای رخ دادن گرد و غبار در بهار آماده می‌کند. هم‌چنین ایشان نشان دادند که بین تعداد روزهای گرد و غبار، سرعت باد و تعداد روزهایی که سرعت باد بزرگ‌تر یا برابر ۵ متر بر ثانیه است همبستگی مثبت وجود دارد. فنگمی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، به این نتیجه رسیدند که در شمال چین بین گرد و غبار و رطوبت نسبی همبستگی منفی وجود دارد و بارش ماهانه تأثیر نیرومندی بر برخاستن گرد و غبار در ژانویه و فوریه داشته است.

ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۴) به واکاوی همدید سامانه‌های گرد و غبار در غرب ایران در بازه‌ی زمانی ۵ ساله از سال ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۷ پرداختند و نشان دادند که پرفشار جنب‌حاره همراه با سامانه‌های مهاجر بادهای غربی از مهم‌ترین عوامل همدید تأثیر گذار بر منطقه هستند. خوشحال و همکاران (۱۳۹۰) به واکاوی همدید توفان‌های گرد و غبار در ایلام در بازه‌ی زمانی ۱۹ ساله از ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۵ پرداختند. نتایج ایشان نشان می‌دهد که غالباً سامانه‌های موجد بارش به دلیل فقدان رطوبت، عامل ایجاد و انتقال توفان‌های گرد و غبار به منطقه‌ی مطالعاتی هستند. هم‌چنین کم فشار سودان و کم فشار گنگ در سطح زمین و فرود بلند مدیترانه، فرود دریای سرخ و پر ارتفاع جنب‌حاره در تراز میانی هواسپهر مهم‌ترین سامانه‌های تأثیر گذار بر انتقال گرد و غبار به این منطقه هستند. بهادری و همکاران (۱۳۹۰) به واکاوی همدید گرد و غبار در استان بوشهر در سال ۱۳۹۰ پرداختند، بررسی‌های ایشان نشان می‌دهد که تشکیل یک سامانه‌ی کم‌ارتفاع تراز میانی هواسپهر بر روی کشور عراق عامل اصلی شکل‌گیری گرد و غبار بوده است. هم‌زمان، تغییر جریانات سطح زمین به شمال غربی باعث ورود گرد و غبار به استان بوشهر شده است. نتایج بررسی مفیدی و همکاران (۱۳۹۱) نشان می‌دهد که جابه‌جایی جنوب‌سوی پرفشار ترکمنستان با افزایش شیو افقی فشار بین مرکز پرفشار ترکمنستان و کم‌فشار گنگ همراه شده و در نهایت تقویت باد سیستان و رخداد توفان‌های گرد و غباری را در منطقه در پی دارد. مطالعات خسروی و همکاران (۱۳۸۹) که به واکاوی همدید سامانه‌های گرد و غبار در استان خوزستان در طی دوره‌ی آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ پرداختند، نشان می‌دهد که در دوره‌ی سرد سال سامانه‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه‌ی قطبی همراه با آن، و در دوره‌ی گرم سال کم‌فشارهای گرمایی سطح زمین مهم‌ترین عامل در ایجاد و شکل‌گیری پدیده‌ی گرد و غبار در استان خوزستان می‌باشند. علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) به واکاوی آماری و همدید توفان‌های گرد و خاک در دشت سیستان پرداختند و نشان دادند که در دوره‌ی سرد سال، هنگامی که پرفشار سبیری با فشار مرکزی بیش از ۱۰۴۰ هکتوپاسکال بر روی دریای خزر مستقر می‌شود و منطقه‌ی سیستان به دلیل عدم حضور زبانه‌های پر فشار مذکور، از شرایط کم‌فشاری نسبت به پرفشار مذکور برخوردار می‌باشد و در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز مرکز واچرخندی بر روی دریای خزر بسته می‌شود ریزش هوای سرد از پرفشار مذکور به منطقه، توفان گرد و غبار ایجاد می‌-

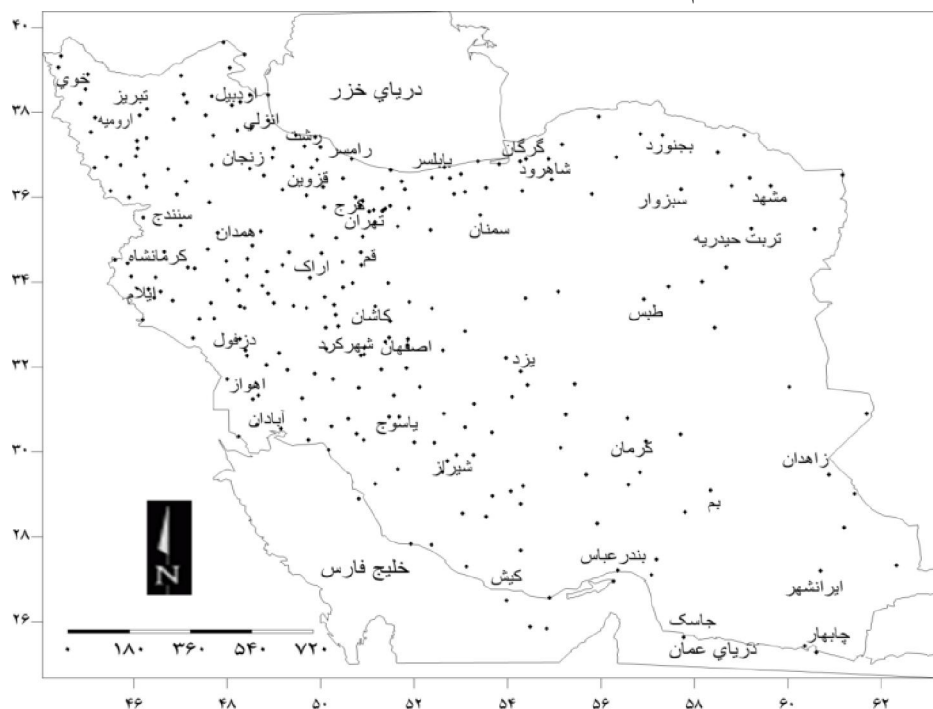
4 -fengjin

5 -fengmei

نماید. مهرشاهی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی آماری پدیده‌ی گرد و غبار و واکاوی الگوی وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار پرداخته‌اند، در این پژوهش واکاوی زمانی و مکانی پدیده‌ی گرد و غبار با استفاده از داده‌های ساعتی سمت و سرعت باد و وضعیت هوای حاضر و گذشته، طی دوره‌ی آماری بیست ساله ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷ انجام گرفت. ایشان نشان دادند که طی دوره‌ی آماری بررسی شده، رخداد روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار روند افزایشی داشته و بیش‌ترین احتمال رخداد آن در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده است و در بیش از ۷۱ درصد مواقع در ساعات بعدازظهر رخ می‌دهد. یکی از مطالعاتی که پدیده‌ی گرد و غبار را در تمام ایستگاه‌های همدید ایران مورد بررسی قرار داده است توسط فرج زاده و همکاران (۱۳۸۹) انجام گرفته است. ایشان به واکاوی زمانی و مکانی گرد و غبار در ایران با روش‌های واکاوی خوشه‌ای و سلسله مراتبی پرداختند و نتایج حاصله نشان داد که ایستگاه زابل بیش‌ترین رخداد توفان‌های گرد و غبار را دارد و فراوانی ماهانه برای پدیده‌ی گرد و خاک معلق در هوا نشان داد که بیش‌ترین فراوانی مربوط به ماه جولای و کم‌ترین فراوانی مربوط به ماه دسامبر است. ما در این پژوهش می‌کشیم ویژگی‌های زمانی و مکانی رخداد توفان‌های گرد و غبار در ایران را بررسی کنیم.

## داده‌ها و روش‌ها

برای واکاوی آماری توفان‌های گرد و غبار از کدهای هوای حاضر برای دوره‌ی آماری ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷ استفاده شده است. ایستگاه‌های همدید به گونه‌ایی برگزیده شده‌اند که هم سراسر ایران را پوشش دهند و هم کم‌ترین نبود آماری را داشته باشند (نگاره‌ی ۱). سپس با برنامه‌نویسی در متلب فراوانی کدهای گرد و غبار (کد ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵) در ایران را به دست آوردیم.



نگاره‌ی (۱) پراکندگی ایستگاه‌های بررسی شده در این پژوهش

در این پژوهش نخست با توجه به داده‌های اقلیمی سطح زمین، ۱۵۵ روز غباری را که دست کم در ۲۰ ایستگاه بیش تر از ۱۶۰ بار این کدها ثبت شده‌اند، شناسایی کردیم. داده‌های اقلیمی سطح زمین که مربوط به کدهای پدیده‌ی گرد و غبار ( کدهای، ۳۴، ۳۵، ۳۳، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۰۹، ۰۸، ۰۷، ۰۶) است به صورت ساعتی از ایستگاه هواشناسی کشور گرفته شده است.

پایگاه داده‌ها در متلب به صورت آرایه‌ای به ابعاد  $155 \times 5328$  با آرایش زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها تشکیل شده است. بر روی این آرایه واکاوی خوشه‌ای به روش ادغام وارد صورت گرفت. در روش پیوند وارد، از میان تمام خوشه‌ها و مشاهدات، زوجی با هم ترکیب می‌شوند که مجموع مربعات انحرافات اعضای خوشه ادغامی آن‌ها از میانگین مربوط، کمینه باشد (عطایی، ۱۳۸۳). به عبارت دیگر در هر مرحله‌ی خوشه‌بندی، تمام خوشه‌های ادغامی ممکن است پس از حصول، از نظر پراش درونی با هم مقایسه شده و خوشه‌ای که کم‌ترین پراش درونی را دارد برای آن مرحله برگزیده می‌شود. روش مذکور این مزیت را دارد که هر فرد یا عضو را در گروهی جای می‌دهد که مجموع مربعات انحراف درون گروهی به حداقل برسد (همان).

به بیان دیگر در واکاوی خوشه‌ای گام اول، برآورد درجه‌ی همانندی افراد با یکدیگر و گام دوم، چگونگی ادغام افراد بر حسب درجه همانندی آن‌ها با یکدیگر است (آتشی، ۱۳۹۲: ۱۷). یکی از روش‌های محاسبه‌ی درجه همانندی، روش فاصله‌ی اقلیدسی است. اگر فرض شود  $x_r$  بردار مشاهدات روی  $r$  و  $x_s$  بردار مشاهدات روی  $s$  باشد، در این صورت فاصله‌ی اقلیدسی به صورت زیر (جدول ۱) محاسبه می‌شود؛ پس از ادغام خوشه‌ها، دارنمای کلی در متلب ترسیم گردید، سرانجام ۱۵۵ روز گرد و غباری به سه دسته تقسیم شدند. سپس برای هر دسته از روزهای گرد و غباری ایران یک الگوی گردشی محاسبه شد.

جدول ۱) روش‌های محاسبه درجه همانندی (مسعودیان، ۱۳۸۶: ۶)

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| $d_{rs}^2 = (x_r - x_s)(x_r - x_s)'$       | فاصله اقلیدسی                 |
| $d_{rs}^2 = (x_r - x_s)D^{-1}(x_r - x_s)'$ | فاصله اقلیدسی (استاندارد شده) |

جدول ۲) شرح کدهای مربوط به توفان‌های گرد و غبار

| شماره کد | تعریف کد   |
|----------|--|
| ۰۶       | گرد و غبار معلق در هوا که در اثر توفان شن و خاک که از نقاط دور به ایستگاه آمده است.        |
| ۰۷       | گرد و خاک یا شنی که به وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیده‌بانی بلند شده است. |
| ۰۹       | توفان گرد و خاک در ساعت دیده‌بانی در اطراف ایستگاه   |
| ۳۰       | توفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن که طی ساعت گذشته شدت آن کم شده است.                   |
| ۳۱       | توفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن که طی ساعت گذشته شدت آن تغییر نکرده است.              |
| ۳۲       | توفان ملایم یا متوسط گرد و خاک که طی ساعت گذشته شدت توفان افزایش یافته است.                |
| ۳۳       | توفان شدید گرد و خاک یا شن که طی ساعت گذشته از شدت توفان کاسته شده است.                    |
| ۳۴       | توفان شدید گرد و خاک یا شن که طی ساعت گذشته، شدت توفان تغییر نکرده است.                    |
| ۳۵       | توفان شدید گرد و خاک یا شن، طی ساعت گذشته بر شدت توفان افزوده شده است.                     |

بحث

الف- تحلیل آماری توفان‌های گرد و غبار در ایران

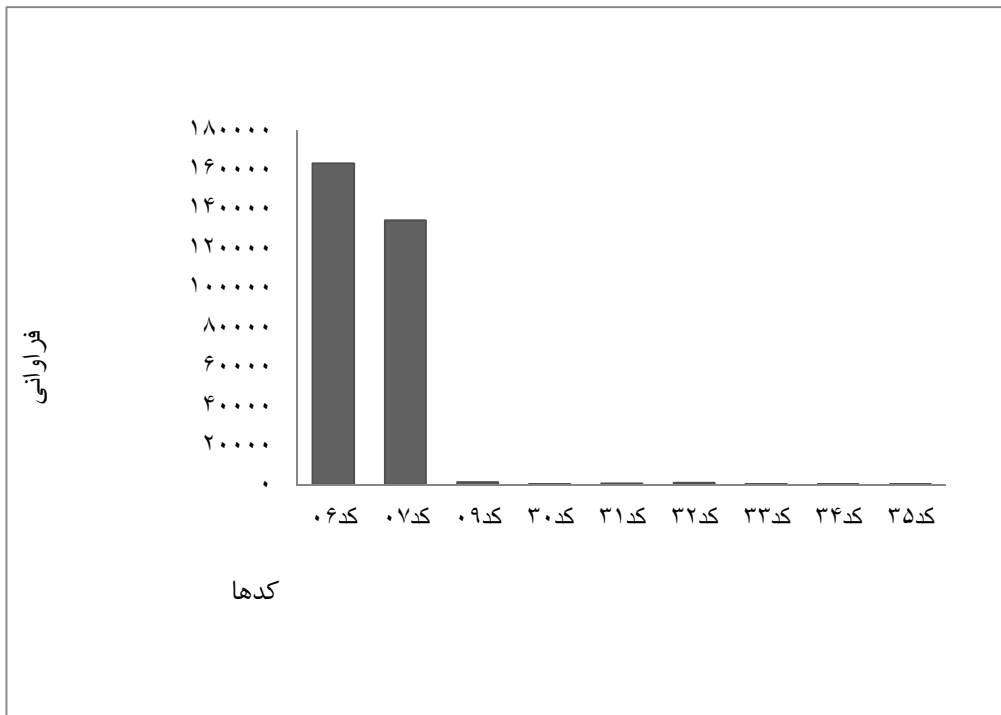
نگاره‌ی ۲ بیانگر فراوانی کدهای گرد و غبار در ایران است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین فراوانی توفان‌های گرد و غبار که در ایران رخ می‌دهد، گرد و غبار معلق در هوا است که از نقاط دور به ایستگاه آمده و با کد ۰۶ ثبت شده است. پس از آن گرد و غباری که به وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیده‌بانی بلند شده است و با کد ۰۷ گزارش می‌شود دارای فراوانی رخداد بیش‌تری بوده است. با وجود این که سایر کدها دارای فراوانی کم‌تری هستند ولی در صورت وجود، می‌توانند آثار زیان‌بار زیادی را در پی داشته باشند. کد ۰۶ دارای بیش‌ترین فراوانی رخداد است و حاوی ذرات معلق در هوا است که دارای منشأ فرامحلی هستند و ممکن است مدت زمان زیادی در فضا معلق بمانند و شرایط دید را تحت تأثیر قرار دهند. در ایران بیش‌ترین فراوانی توفان‌های گرد و غبار مربوط به ماه تیر و کم‌ترین فراوانی مربوط به ماه‌های آذر و دی است (نگاره‌ی ۳).

با توجه به این که کشور ایران و همسایه‌های غربی آن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته‌اند و بیش از دو سوم مساحت ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، و از طرف دیگر میانگین بارش سالانه در کشور یک سوم میانگین بارش سالانه در جهان است (بوچانی، ۱۳۸۴)، ایران در معرض توفان‌های گرد و غبار در مقیاس محلی و منطقه‌ای می‌باشد. از آن‌جا که تغییرات اقلیمی در ایران زیاد است بنابراین رخداد فراوانی توفان‌های گرد و غبار نیز در کشور تغییرات زیادی دارد. با توجه به (جدول ۳) می‌توان فراوانی رخداد توفان‌های گرد و غبار را در ایستگاه‌های مورد بررسی به چهار طبقه تقسیم کرد.

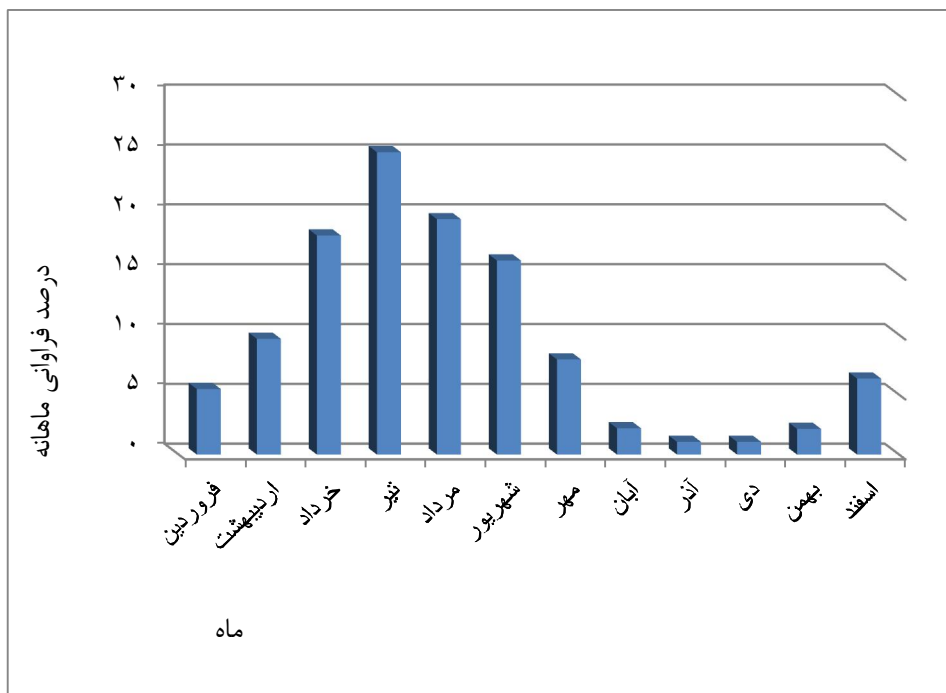
همان‌طور که (جدول ۳) نشان می‌دهد، ایستگاه‌های جنوب و جنوب شرق در طبقه اول قرار دارند. ایستگاه‌های کیش با ۲۶۳۹ روز، بندرعباس با ۲۳۳۵ روز، زاهدان با ۲۲۲۷ روز و جاسک با ۱۹۹۷ روز، دارای بیش‌ترین فراوانی توفان‌های گرد و غبار در کشور بوده‌اند. در این ایستگاه‌ها بیش‌ترین روزهای غباری با کدهای ۰۷ دیده شده است، بنابراین بیش‌تر روزهای غباری در این ایستگاه‌ها دارای منشأ محلی هستند. یکی از عواملی که باعث شده است بیش‌ترین روزهای غباری در ایران در این منطقه باشد، وزش بادهای ۱۲۰ روزه است. این باد که اثرات آن در بخش‌های شرقی ایران، غرب و جنوب افغانستان و شمال پاکستان می‌باشد، با جهت شمال‌شمال‌غربی با سرعت زیاد سطح منطقه را در می‌نوردد و حاصل تضاد فشار هوا بین کانون کم‌فشار پاکستان و مرکز پرفشار دریای خزر، آسیای میانه و شمال افغانستان می‌باشد (خسروی، ۱۳۸۷). این بادهای در این منطقه در ماه‌های خرداد تا شهریور از نظر شدت و فراوانی اهمیت ویژه‌ای دارند و به همراه عواملی دیگر از قبیل، فقر پوشش گیاهی، خشکی خاک، عدم وجود رطوبت کافی باعث شده است که این منطقه به عنوان یکی از کانون‌های اصلی گرد و غبار در ایران شود، و دارای بیشینه‌ی روزهای غباری در ایران مطرح باشد.

ایستگاه‌های غرب و جنوب‌غربی در طبقه‌ی دوم جای می‌گیرند. بیشینه‌ی روزهای غباری در این طبقه مربوط به ایستگاه دزفول با ۱۹۹۵ روز بوده است و پس از آن ایستگاه اهواز با ۱۷۹۵ روز، شیراز با ۱۷۵۶ روز، آبادان با ۱۵۲۴ دارای بیش‌ترین رخداد توفان گرد و غبار بوده‌اند. مناطق غرب کشور به دلیل موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی از جمله ارتفاع و کوهستانی بودن اغلب مناطق غرب کشور، وقوع بارندگی سالانه بیش از متوسط کشوری و هم‌چنین پوشش گیاهی جنگل‌ها و مراتع باید تأثیر زیادی در کاهش روزهای غباری داشته باشند. ولی پیشکوه‌های زاگرس به دلیل نزدیکی به بیابان‌های کشورهای مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان، بیش‌تر در معرض سامانه‌های گرد و غبار هستند به ویژه آن‌که اکثر سامانه‌های جوی از شمال‌غرب، غرب و جنوب‌غرب به کشور وارد می‌شوند. بیش‌ترین روزهای همراه با گرد و غبار در این ایستگاه‌ها با کد ۰۶ اتفاق افتاده‌اند که نشان می‌دهد که این توفان‌های گرد و غبار در مناطق غرب و جنوب‌غرب ایران دارای منشأ خارجی هستند.

ایستگاه‌های مرکزی و شرقی در طبقه‌ی سوم جای می‌گیرند، که ایستگاه‌های بم، یزد و مشهد به ترتیب دارای ۱۲۱۶ روز، ۹۹۵ روز و ۷۵۳ روز گرد و غبار بوده‌اند. در طبقه‌ی چهارم، ایستگاه‌های شمالی دارای کم‌ترین تعداد روزهای همراه با گرد و غبار بوده‌اند و در برخی ایستگاه‌ها تعداد روزهای همراه با گرد و غبار تقریباً صفر بوده است. جدول ۳ نشان می‌دهد که ۶۱ روز غباری در ایستگاه اردبیل رخ داده است. اردبیل در شمال‌غرب کشور واقع شده است که ویژگی‌های جوی این ناحیه برای رخداد پدیده‌ی گرد و غبار مناسب نیست. بنابراین فراوانی این پدیده در چنین محلی را می‌توان نشانه‌ی زیاد شدن گستره‌ی توفان‌های گرد و غبار در ایران دانست.



نگاره ۲) نمودار فرآوانی کدهای مربوط به توفان‌های گردوغبار



نگاره ۳) فرآوانی ماهانه توفان‌های گردوغبار



جدول ۳) مجموع و میانگین فراوانی روزانه برای کدهای گرد و غبار در طول دوره آماری (۱۳۸۷-۱۳۶۷)

| ایستگاه  | کد ۰۶   |       | کد ۰۷   |       | کدهای ۰۸، ۰۹ |       | کدهای ۳۱، ۳۲ |       | کدهای ۳۴، ۳۵ |       | میانگین | مجموع  |
|----------|---------|-------|---------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------|--------|
|          | میانگین | مجموع | میانگین | مجموع | میانگین      | مجموع | میانگین      | مجموع | میانگین      | مجموع |         |        |
| آبادان   | ۳۵/۵    | ۷۱۰   | ۴۰/۲۵   | ۸۰۵   | ۰/۲۵         | ۵     | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۰۵         | ۱     | ۱۵۲۴    | ۷۶/۲   |
| اهواز    | ۶۰/۸۵   | ۱۲۱۷  | ۲۸/۵    | ۵۷۰   | ۰/۱          | ۲     | ۰/۲۵         | ۵     | ۰/۰۵         | ۱     | ۱۷۹۵    | ۸۹/۷۵  |
| اراک     | ۱۳/۵    | ۲۷۰   | ۷/۲۵    | ۱۴۵   | ۰/۲          | ۴     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۴۱۹     | ۲۰/۹۵  |
| اصفهان   | ۰       | ۰     | ۰       | ۰     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۰       | ۰      |
| ایرانشهر | ۹/۶     | ۱۹۲   | ۴۷/۶۵   | ۹۵۳   | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۱          | ۲     | ۰            | ۰     | ۱۱۵۰    | ۵۷/۵   |
| ایلام    | ۱۷/۶    | ۳۵۲   | ۳/۶     | ۷۲    | ۰/۶          | ۱۲    | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۴۳۶     | ۲۱/۸   |
| ارومیه   | ۳/۴     | ۴۸    | ۱/۸     | ۳۶    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۸۵      | ۴/۳۵   |
| اردبیل   | ۰/۸۵    | ۱۷    | ۱/۳     | ۲۶    | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۵          | ۱۰    | ۰/۲۵         | ۵     | ۶۱      | ۳/۰۵   |
| بابل     | ۰/۰۵    | ۱     | ۰/۱     | ۲     | ۰            | ۰     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۴       | ۰/۲    |
| بجنورد   | ۱       | ۲۰    | ۱۳/۲    | ۲۶۴   | ۰/۲۵         | ۵     | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۱۵         | ۳     | ۲۹۵     | ۱۴/۷۵  |
| بیم      | ۳۱/۳۵   | ۶۲۷   | ۲۸/۸    | ۵۷۶   | ۰/۱          | ۲     | ۰/۳۵         | ۷     | ۰/۲          | ۴     | ۱۲۱۶    | ۶۰/۸   |
| بندرعباس | ۲۸/۴    | ۵۶۸   | ۸۷/۸۵   | ۱۷۵۷  | ۰/۱          | ۲     | ۰/۲          | ۴     | ۰/۲          | ۴     | ۲۳۳۵    | ۱۱۶/۷۵ |
| تبریز    | ۸/۰۵    | ۱۶۱   | ۱۱/۳۵   | ۲۲۷   | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۲۵         | ۵     | ۰/۰۵         | ۱     | ۳۹۷     | ۱۱/۸۵  |
| تهران    | ۱/۷۵    | ۳۵    | ۱۳/۳    | ۲۶۶   | ۰/۱          | ۲     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۳۰۴     | ۱۵/۲   |
| تربت     | ۱/۳۵    | ۲۷    | ۷/۳     | ۱۴۶   | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۱۷۳     | ۸/۶۵   |
| جاسک     | ۳/۰۵    | ۶۱    | ۹۶/۴    | ۱۹۲۸  | ۰/۲          | ۴     | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۰۵         | ۱     | ۱۹۹۷    | ۹۹/۸۵  |
| چابهار   | ۱۴/۷۵   | ۲۹۵   | ۲۷      | ۵۴۰   | ۰/۰۵         | ۱     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۸۳۷     | ۴۱/۸۵  |
| خوی      | ۰/۴     | ۸     | ۱/۸     | ۳۶    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۴۵      | ۲/۳۵   |
| دزفول    | ۶۲/۸۵   | ۱۲۵۷  | ۳۶/۷    | ۷۳۴   | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۰۵         | ۰     | ۰/۰۵         | ۱     | ۱۹۹۵    | ۹۹/۷۵  |
| زاهدان   | ۴۱/۷۵   | ۸۳۵   | ۶۶/۳۵   | ۱۳۲۷  | ۱/۴          | ۲۸    | ۱/۲۵         | ۲۵    | ۰/۶          | ۱۲    | ۲۲۲۷    | ۱۱۱/۳۵ |
| زنجان    | ۲/۶     | ۵۲    | ۱/۵۵    | ۳۱    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۸۴      | ۴/۲    |
| سبزوار   | ۲       | ۴۰    | ۱۵/۱    | ۳۰۲   | ۰            | ۰     | ۰/۲          | ۴     | ۰/۰۵         | ۱     | ۳۴۷     | ۱۷/۳۵  |
| سمنان    | ۰/۴     | ۸     | ۱       | ۲۰    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰/۰۵         | ۱     | ۳۰      | ۱/۵    |
| سنندج    | ۱/۳     | ۲۶    | ۰/۲۵    | ۵     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۳۲      | ۱/۶    |
| شاهرود   | ۰/۸     | ۱۶    | ۱/۰۵    | ۲۱    | ۰/۱۵         | ۳     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۴۰      | ۲      |
| شهرکرد   | ۶/۸     | ۱۳۶   | ۳/۷     | ۷۴    | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰/۰۵         | ۱     | ۲۱۴     | ۱۰/۷   |
| شیراز    | ۴۷      | ۹۴۰   | ۴۰/۷    | ۸۱۴   | ۰/۱          | ۲     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۱۷۵۶    | ۸۷/۸   |
| طیس      | ۱۲/۵۵   | ۲۵۱   | ۶/۴     | ۱۲۸   | ۰            | ۰     | ۰/۱۵         | ۳     | ۰            | ۰     | ۳۸۲     | ۱۹/۱   |
| قزوین    | ۱۰/۸۵   | ۲۱۷   | ۳/۲۵    | ۶۵    | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۵۶۴     | ۲۸/۲   |
| قم       | ۲/۴۵    | ۴۹    | ۶/۶۵    | ۱۳۳   | ۰/۳          | ۶     | ۰/۴          | ۸     | ۰/۱۵         | ۳     | ۱۹۹     | ۹/۹۵   |
| کاشان    | ۰/۷۵    | ۱۵    | ۲/۲۵    | ۴۵    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۶۱      | ۳/۰۵   |
| کرج      | ۱/۸     | ۳۶    | ۳/۹۵    | ۷۹    | ۰/۱۵         | ۳     | ۰/۱          | ۲     | ۰            | ۰     | ۱۲۰     | ۶      |
| کومل     | ۷/۰۵    | ۱۴۱   | ۱۵      | ۳۰۰   | ۰/۲          | ۴     | ۰/۲۵         | ۵     | ۰/۱۵         | ۳     | ۴۵۳     | ۲۲/۶۵  |
| کرمانشاه | ۲۹/۷    | ۵۹۴   | ۲/۷     | ۵۴    | ۰/۱          | ۲     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۶۵۰     | ۳۲/۵   |
| کیش      | ۲۳/۷    | ۴۷۴   | ۱۰/۸    | ۲۱۶۰  | ۰/۱          | ۲     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰/۱          | ۲     | ۲۶۳۹    | ۱۳۱/۹۵ |
| گرگان    | ۰/۸۵    | ۱۷    | ۱/۵     | ۳۰    | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۴۸      | ۲/۴    |
| مشهد     | ۱۲/۱۵   | ۲۴۳   | ۲۵/۲    | ۵۰۴   | ۰/۱          | ۲     | ۰/۱          | ۲     | ۰/۱          | ۲     | ۷۵۳     | ۳۷/۶۵  |
| همدان    | ۱۳/۴۵   | ۲۶۹   | ۵/۴     | ۱۰۸   | ۰/۲          | ۴     | ۰            | ۰     | ۰            | ۰     | ۳۸۱     | ۱۹/۰۵  |
| یزد      | ۲۰      | ۴۰۰   | ۲۸/۴    | ۵۶۸   | ۰/۲          | ۴     | ۰/۹          | ۱۸    | ۰/۲۵         | ۵     | ۹۹۵     | ۴۹/۷۵  |
| یاسوج    | ۷/۹۵    | ۱۵۹   | ۲/۸     | ۵۶    | ۰            | ۰     | ۰/۰۵         | ۱     | ۰            | ۰     | ۲۱۶     | ۱۰/۸   |

### یافته‌ها

در کشور ما چند سالی است که پدیده‌ی گرد و غبار در مناطق گسترده‌ای، به ویژه در جنوب غرب، نگرانی‌هایی را برانگیخته است. بنابراین باید در این زمینه پژوهش‌های دقیقی انجام شود تا با شناخت کامل تمام ابعاد آن بتوان راهکاری برای رویارویی و کاهش این معضل زیست‌محیطی یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در کشور ایران بیش -

ترین فراوانی توفان‌های گرد و غبار مربوط به ماه تیر و کم‌ترین فراوانی مربوط به ماه‌های آذر و دی است. بیش‌ترین توفان‌های گرد و غبار که در ایران رخ می‌دهد، گرد و غبار معلق در هوا است که از نقاط دور به ایستگاه آمده است و با کد ۰۶ ثبت شده است. پس از آن گرد و غبارهایی است که به وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیده-بانی بلند شده است و با کد ۰۷ گزارش می‌شود. با وجود این که سایر کدها دارای فراوانی کم‌تری هستند ولی در صورت وجود، می‌توانند آثار زیان‌بار زیادی را در پی داشته باشند.

## منابع

- ۱- آنتشی، ناهید. (۱۳۹۲). شناسایی گونه‌های هواهای جزیره ابوموسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، مسعودیان، سیدابوالفضل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، صص ۱۷.
- ۲- بحیرایی، حمید، سید محمود، هادی ایازی، محمد علی، رجایی، حمزه، احمدی. (۱۳۹۰) تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام، فصلنامه علمی- پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال چهارم، شماره اول.
- ۳- بوچانی، محمد حسین، داریوش، فاضلی. (۱۳۹۰). چالش‌های زیست محیطی و پیامدهای ناشی از آن ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور ایران، فصلنامه ره‌نامه سیاستگذاری، سال دوم، شماره سوم.
- ۴- بهادری، علی‌رضا، هوشمند، عطایی، پیام، مساعدی. (۱۳۹۰). تحلیل همبستگی گرد و غبار در استان بوشهر (بررسی موردی گرد و غبار ۲۴ فروردین ۱۳۹۰)، اولین همایش منطقه‌ای معماری و معماری پایدار، شهرسازی ایذه (خشت اول).
- ۵- چوپانی، محمد حسین. (۱۳۸۸). آلاینده‌های زیست محیطی و حفاظت از محیط زیست، آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایران.
- ۶- خسروی، محمود، طاووسی، تقی، رئس‌پور، کوهزاد. (۱۳۸۹). تحلیل همبستگی سامانه‌های گرد و غباری در استان خوزستان، جغرافیا و توسعه، شماره بیستم.
- ۷- خسروی، محمود. (۱۳۸۷). تأثیرات محیطی اندرکنش نوسان‌های رودخانه هیرمند با بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹، صص ۴۹-۱۹.
- ۸- خوشحال دستجردی، جواد، سید حجت، موسوی، عبدالرضا، کاشکی. (۱۳۹۱). تحلیل همبستگی توفان‌های گرد و غبار در ایلام (۲۰۰۵-۱۹۸۷)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره دوم.
- ۹- خوش کیش، اسدالله، بهلول، علیجانی، زهرا، حجازی‌زاده. (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در استان لرستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۸، سال ۲۳، پیاپی ۴۶، شماره ۲.
- ۱۰- ذوالفقاری، حسن، حیدر، عابدزاده. (۱۳۸۴). تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه.
- ۱۱- ذوالفقاری، فرهاد، شهریار، علیرضا، فخره، اکبر، نوری، سهیلا، راشکی، علیرضا، خسروی، حسن. (۱۳۸۸). بررسی میزان تأثیر معیارهای خاک و فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه سیستان به کمک GIS

- ۱۲- عطایی، هوشمند. (۱۳۸۳). پهنه بندی آماری نواحی بارشی ایران، رساله دکترا رشته جغرافیای طبیعی، گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان.
- ۱۳- علیجانی، بهلول، کوهزاد رئیس پور، تحلیل آماری. (۱۳۹۰). همدیدی توفان‌های گرد و خاک در جنوب شرق ایران (مطالعه موردی: منطقه سیستان)، سال دوم، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره پنجم،
- ۱۴- فرج‌زاده، منوچهر، خاطره، علی‌زاده، ۱۳۹۰، تحلیل زمانی و مکانی توفان‌های گرد و غبار در ایران، مدرس علوم انسانی، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره پانزدهم، شماره یک
- ۱۵- مفیدی، عباس، سمیه، کمالی. (۱۳۹۰). بررسی و تحلیل ساختار توفان‌های گرد و غباری در دشت سیستان با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای RegCM4؛ مطالعه موردی ۳۰ جولای ۲۰۰۱، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، ۱۳۹.
- ۱۶- مهرشاهی، داریوش، زری، نکونام. (۱۳۸۸). بررسی آماری پدیده گرد و غبار و تحلیل الگوی وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار، نشریه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، سال هفتم، دوره جدید، شماره ۲۲.
- 17- Engestadler, s,(2001), Dust storms freiquencies and their relationship to land surface conditions, frei drich- schiller university press, jena, Germany, p, 56
- 18- fengjin , Xiao, Zhou caiping, liao yaoming,(2008) Dust storms evolution in Taklimakan Desert and its correlation with climatic parameters, J. geogr. Sci, 18: 514-425
- 19- fengmei, Yang, E, chongyi ,(2010), correlation analysis between send - dust events and meteorological factors in shapotou, Northern china, Environ Earth Sci
- 20- Wang, x, etal, (2009), characterization of the composition of dust fallout and identification of dust sources in arid and semiarid North china, Geomophology, vol 112, pp 144-1570
- 21- Zijiang, Zhiu, wang xiwen,(20012), analysis of the severe group dust storms in eastern part of northwest china, journal of Geographichal sciences 12, 3, 357-362

