

## بررسی همدید توفان‌های گردوغبار در مناطق غربی ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ (مطالعه موردی: موج فراگیر تیر ماه ۱۳۸۸)

حسن ذوالفقاری: دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران\*  
جعفر معصومیور سماکوش: استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
شاپور شایگان مهر: کارشناس ارشد اقلیم شناسی، اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی، کرمانشاه، ایران  
محمد احمدی: کارشناس ارشد اقلیم شناسی، اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی، کرمانشاه، ایران

### چکیده

آرایش الگوهای همدید هوایی و سامانه‌های فشار در طول سال همراه با نقش عوامل محلی، موجب تولید، صعود، انتقال و انتشار انبوهی از ریزگردها در مناطق جنوبغرب، غرب و شمالغرب ایران، می‌شود. در این مطالعه، با هدف بررسی عوامل همدید موثر بر رخداد این پدیده جوی در بخش‌های غربی ایران، ۱۰ موج گردوغباری مهم طی یک دوره آماری ۵ ساله از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸، انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. بنابر اهمیت موج فراگیر و گسترده گردوغباری روزهای سیزدهم تا شانزدهم تیر ماه ۱۳۸۸، الگوهای همدید و مکانیسم تشکیل، انتقال و انتشار گردوغبار در آن به تفصیل مطالعه شد. نتایج حاکی از این است که؛ در تمام موارد، استقرار یک سامانه کم فشار بر منطقه خاورمیانه و تقویت شرایط ناپایداری در سطح بیابان‌ها و همچنین تاثیر هماهنگ یک موج کم فشار دینامیک بر فراز جو منطقه، زمینه مناسب را برای انتقال ریزگردها به جو منطقه فراهم می‌آورد. همگرایی سامانه‌های پرفشار آזור، کم فشار حرارتی و افزایش شیب فشاری در روزهای اوج فعالیت پدیده، باعث تقویت سیستم‌های بادی سطح بالا گردیده و باعث انتقال و انتشار مقادیر انبوهی از ریزگردها در بخش‌های وسیعی از جنوبغرب، غرب و شمالغرب ایران می‌شود. بررسی الگوهای حاکم بر نقشه‌های همدید هوایی اعم از سطح زمین و تراز بالا و همچنین نمودارهای ترمودینامیک جو بالا در تمام موج‌های گردوغباری انتخابی از جمله موج فراگیر مذکور، نشان می‌دهد که تفاوت چندانی بین آنها از نظر تولید، انتقال و انتشار گردوغبار مشاهده نمی‌شود. شاید مهمترین تفاوت، مربوط به نزدیکی بیشتر فرود موج کوتاه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی به غرب ایران و ضعیف‌تر شدن حاکمیت پرفشار آזור بر روی ایران است که حرکت توده گردوغبار بر روی کشور را تسهیل نموده است. قطع بادهای سطح فوقانی طی روزهای چهاردهم تا شانزدهم تیر ماه، باعث سکون نسبی و فعالیت بسیار کند سیستم شده و پخش و انتشار ریزگردها را با تاخیر بیشتری همراه نموده است.

واژه‌های کلیدی: گردوغبار، روش‌های همدید، سامانه‌های فشار، بخش غربی ایران

### مقدمه

منشاء و مکانیسم تشکیل، انتقال، انتشار و همچنین پیامدهای وقوع این پدیده با تکنیک‌ها و روش‌های متعدد مورد مطالعه قرار می‌گیرد. کشورهای واقع در کمربند خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران، همواره با پدیده گردوغبار درگیر بوده‌اند. وقوع

گرد و غبار به عنوان یکی از مهمترین پدیده‌های جوی و یکی از بلاایای طبیعی شناخته شده، مورد توجه بسیاری از اندیشمندان و محققان در شاخه‌های مختلف علوم از جمله علوم جوی است.

از آن، افزایش هزینه درمان، افزایش کدورت در تاسیسات آبی، افزایش سرانه هزینه درمان خانوار، افزایش مصرف آب برای شستشو، تعطیلی واحدهای صنعتی، خدماتی، آموزشی و زیان‌های مالی وارده، افزایش مصرف بنزین، آلودگی منابع آب، اختلال در سیستم‌های برق رسانی، افزایش فرسایش بناها و کاهش عمر مفید آنها، افت بازدهی سیستم‌های فتولتائیک خورشیدی به دلیل کدورت هوا و مشکلات روحی و روانی انسان‌ها در اثر کاهش قدرت دید، اشاره نمود.

برای اندازه‌گیری کیفیت هوا در بسیاری از کشورها از جمله ایران از شاخصی به نام شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index) که به طور مختصر AQI گفته می‌شود استفاده می‌شود. موقعی که میزان این شاخص افزایش می‌یابد در صد بزرگی از انسان‌ها در معرض خطر قرار می‌گیرند. معیار قضاوت برای تمام آلاینده از جمله ریزگردها که در ارزیابی‌های سازمان حفاظت محیط زیست ایران نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد در قالب جدول شماره ۱، است.

خشکسالی‌های مکرر طی سال‌های اخیر و پیامدهای احتمالی تغییرات اقلیمی در خصوص بیابانزایی، امروزه طوفان‌های گردوغبار را در کانون توجه بسیاری از محققان قرار داده است.

گردو غبار به عنوان یک ماده آلاینده هوا همراه با دیگر آلاینده‌های جوی مورد سنجش قرار می‌گیرد. موسسه حفاظت محیط زیست آمریکا ۶ آلاینده اصلی را به عنوان معیار بررسی آلودگی هوا انتخاب نموده است که آنها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده است. آلاینده‌های اولیه شامل مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، سرب و ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون هستند. اوزن نیز جزو آلاینده‌های جوی ثانویه است که در ایستگاه‌های پایش هوا مورد سنجش قرار می‌گیرد.

گرد و غبار در جو به عنوان یکی از آلاینده‌ها، آثار سوء و پیامدهای منفی گوناگونی دارد که از بین آنها میتوان به کاهش رشد و بازدهی محصولات کشاورزی، تشدید خسارات ناشی از بروز آفات و بیماری‌های گیاهی، افزایش تصادفات جاده‌ای به علت کاهش قدرت دید، لغو پروازها و خسارات مالی ناشی

جدول ۱- تراکم آلاینده‌ها برحسب میکروگرم بر متر مکعب و سطح سلامتی وابسته به آن

میزان شاخص	سطوح سلامتی	رنگ‌ها
۰-۵۰	خوب	سبز
۵۱-۱۰۰	متوسط	زرد
۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای بعضی گروهها	نارنجی
۱۵۱-۲۰۰	ناسالم	قرمز
۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم	زرشکی
۳۰۱-۴۰۰	خطرناک	خرمایی

قرار گرفته است (زرأسوندی و مختاری، ۱۳۸۷). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از عناصر فلزی و

ترکیب فیزیکی و تجزیه شیمیایی گردوغبارهای استان‌های غرب کشور توسط متخصصان مورد بررسی

طوفان‌ها، آثار و پیامدهای ناشی از گسترش این ریزگردها بر فراز شهرها و روستاها پرداخته‌اند.

مطالعه طوفان‌های گردوغبار کشور مغولستان (ناتساگدورج و همکاران، ۲۰۰۲:۱۴۰۱) نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی وقوع این طوفان‌ها در غرب مغولستان قرار دارد که تحت تاثیر بیابان‌گی و دریاچه‌های بزرگ غرب مغولستان می‌باشد. بیشترین نوع طوفانها در بهار رخ میدهد که هوا و خاک خشک هستند. در مطالعه دیگری که در باره طوفانهای گردوغباری این کشور انجام گرفته است (لیو و همکاران، ۲۰۰۴)، نشان داده شده است که علت تشکیل این طوفان سیکلونی است که در شمال چین فعالیت داشته و اختلاف شیب فشاری بین شمال چین و بیابانهای گبی و ماسه زارهای جنوب و غرب مغولستان بوده است. وانگ (۲۰۰۵:۱۲۱۷) ویژگی‌های سینوپتیک حاکم بر تشکیل طوفان‌های گردوغبار را در شمال شرق آسیا مورد مطالعه قرار دادند. آنها معتقدند یک طوفان گردوغبار در این منطقه همیشه با یک سیستم کم فشار یا سیکلون همراه است. زمانی سیستم گردوغبار توسعه می‌یابد که یک سیستم کم فشار به این سمت می‌رسد. میزان گردوغبار در قطاع گرم سیکلون به حداکثر خود می‌رسد.

چون (۲۰۰۱) در بررسی مشخصه‌های حمل و نقل گردوخاک آسیایی در کره به این نتیجه رسیده است که بادهای سطحی قوی و ناپایداری کژفشاری در سطح ۱/۵ کیلومتری زمین و همچنین بادهای قوی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی سبب انتقال گردوخاک آسیایی به شبه جزیره کره می‌گردد.

هامیش و همکاران (۲۰۰۱:۲۷۵) گردوغبارهای تروپوسفری استرالیا را مورد مطالعه قرار دادند. آنها

غیر فلزی شامل سیلیس، کلسیم، پتاسیم و برخی از عناصر آلی در ریزگردهای این مناطق مشاهده شده است. این محققان همچنین معتقدند که علی‌رغم برخی شایعات موجود در ریزگردهای اخیر این مناطق، میزان آلودگی‌های میکروبی شیمیایی و هسته‌ای ناچیز بوده است. با این همه، متخصصان سازمان هوا-فضای آمریکا (ناسا) معتقدند که هر گرم از این ریزگردها حاوی میلیاردها سلول باکتریایی است که می‌تواند خطرات جدی برای سیستم تنفسی ایجاد نموده و حتی منجر به اپیدمی‌های مرگبار جهانی گردد. چرا که این ذرات اگرچه منشأ آفریقا و خاورمیانه‌ای دارند ولی می‌توانند با عبور از خاورمیانه از جمله ایران، تا هند و چین نفوذ کرده و از روی اقیانوس آرام گذشته و به آمریکای شمالی نیز برسند (باباپور، ۱۳۸۸).

#### پیشینه تحقیق

پدیده گرد و غبار یکی از بلایای مهم جوی در بسیاری از کشورهای جهان به ویژه در کشورهای واقع در منطقه خشک و نیمه خشک است. تخمین زده می‌شود که هر سال حدود  $5 \times 10^8$  تن گردوغبار در جو پخش می‌شود. برآورد‌ها نشان می‌دهد که صحرای بزرگ آفریقا به تنهایی  $3/3 \times 10^8$  تن گردوغبار در جو زمین رها می‌سازد که ۶۶٪ کل گردوغبار جوی می‌باشد. گردوغبار جوی می‌تواند تا ۴۰۰۰ کیلومتر دورتر از منشأ تشکیل نیز جابجا شود (کوتیل و فورمن، ۲۰۰۳:۴۱۹). با توجه به اهمیت این پدیده جوی محققان زیادی از گذشته تا به امروز با دیدگاه‌ها و اهداف گوناگون به تحقیق در باره منشأ، ماهیت، ویژگی‌ها، مسیرهای جابجایی، ترکیبات موجود در این

ایران در کمربند خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده و بخش بزرگی از مساحت آن را بیابان‌های خشک و بی آب و علف تشکیل می‌دهد. از سوی دیگر در فاصله نزدیکی از این کشور، بیابان‌های کشورهای مثل عراق، سوریه، اردن، عربستان سعودی، کویت، عمان و امارات متحده عربی قرار دارد. همچنین فاصله زیادی از بیابان‌های گسترده شمال آفریقا ندارد. بنا بر نظر بسیاری از محققان، تشکیل اغلب طوفان‌های گردوغباری در ایران به ویژه در بخش‌های غربی ایران که در مجاورت بیابان‌های وسیع قرار دارند ماهیت سیاره‌ای داشته و بنا بر نتایج بسیاری از تحقیقات، از شمال آفریقا، و شبه جزیره عربستان و بیابان‌های عراق و سوریه و دیگر مناطق دور و نزدیک سرچشمه می‌گیرد. برخی از محققان نقش کم فشار سودانی و پرفشار عربستان را در کشیده شدن گردوغبار به سمت ایران موثر می‌دانند (علیجانی، ۱۳۷۶: ۹۱). اقلیم شناسان به طور کلی، جابجایی پرفشارهای جنب حاره‌ای به سوی مناطق بیابانی و سمت و سوی بادهای سطوح مختلف جوی را عامل اصلی در انتقال گردوغبار بیابان‌های همسایه به ایران می‌دانند. آنها معتقد هستند که یک جریان فراباری قوی، حجم زیادی از ریزگردها را از بیابان‌های وسیع غرب و جنوب غرب آسیا روئیده و به لایه بالای تروپوسفر منتقل می‌نماید و سپس یک جریان قوی دیگر انبوهی از ریزگردها را به عرض‌های بالاتر منتقل می‌سازد. موقعی که انرژی جریان افقی در ارتفاع بالای تروپوسفر کاهش می‌یابد این ریزگردها بر سر مناطق دور و نزدیک فرو می‌ریزد (کریمی، ۱۳۸۸: ۲۵).

بررسی طوفان‌های گردوغباری استان خوزستان (کریمی، ۱۳۸۸: ۳۹) طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸ نشان

دریافتند که گردوغبارهای این کشور با فعالیت فرودهای سطح بالا و جبهه‌های سرد سیکلون‌های زمینی مطابقت می‌کنند. مدل سازی طوفان‌های گردوغبار آنها می‌توانست جابجایی سیکلونها و مسیرهای انتقال گردوغبارهای این کشور در تمام نیمکره جنوبی را پیش بینی نماید.

بارکان و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی الگوهای سینوپتیک سطح ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکالی برای دوره‌های پرگردوخاک و بدون گردوخاک در صحرای آفریقا، نشان دادند که تفاوت معنی داری در متغیرهای جوی بین دونوع از سالهای فوق وجود دارد. در سال‌های پرگردوخاک فصول پاییز، بهار و تابستان دراروپای غربی، آفریقای شمال غربی، یک جریان سیکلونی قوی باعث انتقال سرمای شدید و کاهش ارتفاع ژئوپتانسیلی در این منطقه می‌گردد ولی در شرق و مرکز صحرا و مرکز مدیترانه، جریان آنتی سیکلونی غلبه داشته و گرمای نسبتاً بالا همراه با افزایش ارتفاع ژئوپتانسیلی مشهود است.

طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه توسط کوتیل و فورمن (۲۰۰۳: ۱۰۱۹) مطالعه شده است. در این مطالعه، منطقه وسیعی شامل بخش‌هایی از شمال و شمال شرق آفریقا، تمام خاورمیانه مورد بررسی واقع شده است. تقسیم بندی منطقه بر اساس ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که کشورهای ایران، سودان، عراق، عربستان سعودی و تمام کشورهای حوزه خلیج فارس در دسته اول، قرار می‌گیرند که نشانگر بالاترین فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه است. مطالعه همچنین بیانگر این واقعیت است که فراوانی وقوع طوفان‌ها در این کشورها طی دوره گرم سال بیشتر است.

در نیمه جنوبی استان خراسان رضوی می‌شود. امیدوار (۱۳۸۵) نیز با بررسی نقشه‌های سطح ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی، مکانیسم تشکیل طوفانهای ماسه ای شرق ایران را مورد مطالعه قرار داده است. محقق معتقد است که در کم فشارهای دینامیک که با جبهه سرد همراه هستند جریان قائم هوا سبب ناپایداری شدید جوی و ایجاد طوفان‌های شدید ماسه‌ای در منطقه می‌شود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق، یک دوره آماری ۵ ساله از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ را پوشش می‌دهد. پس از بررسی تعداد زیادی موج گردوغبار با قدرت دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر در ایستگاههای هواشناسی طی دوره انتخاب شده، که در برخی موارد حتی به زیر ۱۰۰ متر نیز می‌رسید. در نهایت تعداد ۱۰ موج گردوغبار که اهمیت بیشتری از نظر غلظت یا گستردگی داشته اند انتخاب گردیدند. به دلیل گستردگی کم سابقه موج گردوغباری روزهای ۱۳ تا ۱۶ تیرماه ۱۳۸۸ به عنوان مطالعه موردی انتخاب و به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. در جدول شماره ۲ موجهای انتخابی بر اساس روزهای اوج پدیده ارائه شده است. لازم به ذکر است که این موجها فراگیری و غلظت یکسانی نداشته اند ولی در همه موارد قدرت دید در تعدادی از ایستگاههای جنوب غرب، یا غرب و شمال غرب به زیر ۱۰۰۰ متر و حتی کمت تنزل یافته است. برای اطمینان بیشتر از صحت وقوع پدیده در منطقه، در مواردی که ضرورت داشت به گزارشهای ادارات حفاظت محیط زیست مراکز استانهای غربی کشور نیز مراجعه شده است.

می‌دهد که طی دوره گرم سال، همگرایی مداری سامانه کم فشار ایرانوپاکستانی از سمت شرق و سامانه پرفشار آזור از سمت غرب و در نتیجه افزایش شیب فشار روی خوزستان طی روزهای اوج طوفانهای گردوغباری باعث انتقال و انتشار پدیده گردوغبار در استان خوزستان و استانهای اطراف می‌شود. جریان هوای آلوده به ریزگردها از بیابانهای عراق و عربستان در این طوفانها عامل اصلی قلمداد شده است. دهقانپور (۱۳۸۴) نیز پیدایش طوفانهای گردوغباری غرب ایران را با حاکمیت یک رودباد جنب حاره ای قوی که در در دوره گرم سال در این منطقه حاکمیت داشته و می‌تواند باعث انتقال هوای شبه جزیره عربستان به سمت پایین گردد همراه می‌داند.

ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴: ۱۷۳) با بررسی الگوهای سینوپتیک طوفانهای گردوغباری برای چند موج طوفانی در دوره سرد سال نشان دادند که فرود تراز میانی جو و سیکلونهای زمینی در انتقال گردوغبار از بیابانهای عراق سوریه و اردن، موثر می‌باشد. همتی (۱۳۷۴) نیز وقوع طوفانهای گردوغباری جنوبغرب ایران به ویژه جلگه خوزستان را با حضور سیستمهای سیکلونی که از نواحی شمال عراق و بخشهای مرکزی شبه جزیره عربستان می‌گذرند مرتبط می‌داند.

لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷)، توفانهای گردوخاک استان خراسان رضوی را مطالعه نموده و نتیجه گرفته است که این توفانها در نتیجه افزایش شیب فشار و شیب گرمای شدید بین کم فشار جنوب خراسان و افغانستان و پرفشار واقع بر روی دریای خزر و ترکمنستان صورت می‌گیرد. بنابر نظر محقق، این اختلاف فشاری باعث وزش بادهای شدید به خصوص

جدول ۲- ده مورد از پدیده های گردوغبار انتخاب شده برای مطالعه

ردیف	روز اوج پدیده	ماه	سال
۱	۱۶	تیر	۱۳۸۶
۲	۱۵	شهریور	۱۳۸۷
۳	۱۳	تیر	۱۳۸۷
۴	۹	اردیبهشت	۱۳۸۵
۵	۱۰	شهریور	۱۳۸۵
۶	۱۴	تیر	۱۳۸۸
۷	۹	خرداد	۱۳۸۵
۸	۱۲	تیر	۱۳۸۷
۹	۱۹	مرداد	۱۳۸۴
۱۰	۲۸	اردیبهشت	۱۳۸۶

### بحث و نتایج

پدیده گردوغبار در آسمان ایران به ویژه در بخش‌های جنوبغرب و غرب کشور، رخدادی آشناست. در دوره گرم سال موقعی که پرفشار دینامیک آزور بر آسمان تمام شمال آفریقا تا خاورمیانه مسلط میشود و هوای پایداری را بر کمر بند وسیعی از کره زمین حاکم می‌سازد سطح زمین در بخش‌هایی از این کمر بند از جمله در ایران که در حاشیه و انتهای این سامانه پرفشار و یا زبانه‌های آن واقع شده است تبدیل به کم فشارهای کم عمق نارکی به عمق ۲ تا ۳ کیلومتر (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷:۹۲) می‌شود. همچنین حاکمیت یک سامانه کم فشار پاکستانی است (علیچانی، ۱۳۷۴:۹۱) و گسترش آن بر روی ایران شرایط مساعدی را برای صعود هوا فراهم می‌آورد. گسترش این سامانه بر روی بیابان‌های شبه جزیره عربستان، عراق، سوریه و غیره امکان صعود گردوغبار را نیز فراهم می‌آورد (باباپور، ۱۳۸۸). همگرایی سامانه کم فشار حرارتی مزبور و پرفشار پوشی آزور در رخداد

از آنجا که اساس این مطالعه را تحلیل‌های سینوپتیک یا همدید تشکیل میدهد در نتیجه وجود نقشه‌های سینوپتیک ترازهای مختلف جوی و تصاویر ماهواره ای یک ضرورت بود. بدین منظور، از تولیدات پایگاه اطلاعاتی سازمان نوا ( <http://www.esrl.noaa.gov> ) استفاده شد. همچنین برای بررسی‌های بیشتر و تحلیل شاخص‌های پایداری هوا و جریان‌های جو بالا، نمودارهای ترمودینامیک ( Skew T )، از سایت دانشگاه وایومینگ آمریکا (<http://www.weather.uwyo.edu>) برای ایستگاه کرمانشاه که یکی از سه ایستگاه بخش غربی ایران یعنی تبریز، کرمانشاه و اهواز است و داده‌های جو بالای ایران را بطور منظم بصورت رقومی و نموداری طی دوبار در روز منتشر می‌سازد، دریافت و استفاده شد. انتخاب ایستگاه کرمانشاه برای این منظور به دلیل موقعیت این ایستگاه در بخش غربی ایران و مسیرهای انتقال و انتشار گردوغبار در جریان امواج گردوغباری بوده است.

گردوغبار، فعال است. اگرچه نقش چرخند دینامیک در تمام موج های گردوغباری دوره‌های گرم و سرد سال، کم و بیش مشاهده می شود ولی نقش آنها در اوایل و اواخر دوره گرم سال که امواج کوتاه بادهای غربی هنوز به طور کامل محدوده جغرافیایی منطقه را ترک نکرده‌اند بیشتر مشاهده می‌شود. اثر این چرخند را در مواردی به ویژه در موج ۱۳ تا ۱۶ تیر ماه ۱۳۸۸ تا سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بخوبی می‌توان مشاهده نمود. فعالیت این چرخند به صورت وزش باد و ناپایداری هوا شرایط مناسبی را برای صعود هوای گرم همراه با ستونهای عظیم گردوغبار، فراهم می‌آورد (حیدری، ۱۳۸۸). تضعیف و عقب نشینی زبانه‌های پرفشار جنب حاره‌ای آזור در این شرایط و فراهم شدن شرایط مناسب برای صعود هوا از نقشه‌های قابلیت صعود (نقشه نمونه، شکل شماره ۷) نیز کاملاً تایید می‌شود.

- بررسی سیستم‌های جوی در سطوح فوقانی بر اساس نقشه‌های همدید هوایی ترازهای مختلف و همچنین نمودارهای ترمودینامیک روزهای اوج پدیده در جریان موجهای گردوغبار نشان می‌دهد که در همه موارد بدون استثنا، پرفشار جنب حاره‌ای علی‌رغم حضور دائمی، تا حدودی تضعیف و عقب نشینی نموده است. تضعیف شرایط پایداری با عقب نشینی سامانه پرفشار جنب حاره‌ای و نزدیک شدن یک فرود موج کوتاه در همه موارد، مقدمه شروع فعالیت یک موج گردوغباری در منطقه است. با عقب نشینی پرفشار آזור و یا زبانه های آن و نزدیک شدن یک فرود موج کوتاه بادهای غربی به منطقه، شرایط صعود دینامیک تقویت شده و موجبات انتقال گردوغبار به سطوح بالای جو فراهم می‌گردد. بنابراین، گردوغبار ابتدا در

پدیده گردوغبار، در دوره گرم سال، در بسیاری از تحقیقات تایید شده است (کرمی، ۱۳۸۸). در دره سرد سال مکانیسم تشکیل پدیده گردوغبار در این منطقه وابسته به کم فشارهای جبهه‌ای است نقش جبهه‌های سیکلون‌ها به ویژه جبهه سرد در جابجایی و انتقال گردوغبارهای بیابانی به مناطق جنوبغرب و غرب ایران تایید شده است (علیجانی، ۱۳۷۴ و ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴).

طی دوره ۵ ساله مورد مطالعه که سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ را پوشش میدهد در مجموع ده‌ها موج گردوغباری بخش‌های غربی کشور را پوشش داده‌اند. اگرچه دامنه گسترش، شدت و غلظت آنها تفاوت‌های قابل توجهی با همدیگر نشان می‌دهند ولی مکانیسم تشکیل و ویژگی‌های مربوط به جابجایی، انتقال و انتشار این پدیده‌ها تشابه زیادی با هم نشان می‌دهند. در ۱۰ موج گردوغبار انتخابی طی دوره مورد مطالعه (جدول شماره ۲)، سطوح مختلف جوی از سطح زمین تا سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی در سطوح مختلف طی امواج دهگانه به صورت زیر قابل جمع بندی است:

- سلول کم فشار حرارتی با همفشار حدود ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی و یا حتی کمتر در همه موارد از سمت پاکستان به سمت جنوب ایران و از آنجا نیز به سمت بیابانهای عربستان، عراق و سوریه کشیده شده است. سامانه کم فشار ایران - پاکستانی گاهی به صورت یک کانون در جنوبشرق ایران و گاهی به صورت کانون‌های زنجیره ای از هندوستان، ایران، عراق و حتی تا ترکیه نمایان می‌شوند. معمولاً چرخندی با توان مکش و صعود هوای گردوغباری متغیر در بیابانهای عراق و سوریه در روزهای اوج فعالیت موج

غیره همگی گویای این واقعیت است که گسترش این سیستم گردوغباری تا این حد، حداقل طی سال‌های گذشته بی سابقه بوده است. از نظر شدت تراکم آلاینده‌ها، گزارشها حاکی است که بالاترین شدت تراکم در جریان این موج گردوغباری مربوط به کرمانشاه است که برابر با ۳۱۵۰ میکرومتر بر متر مکعب یا مطابق با جدول آستانه‌های آلودگی (جدول شماره ۱)، بیش از ۲۱ برابر استاندارد بوده است. این در حالی است که بنا بر گزارش‌ها در سال ۱۳۸۷ در آبادان و اهواز غلظت ریزگردها در هوا به بیش از ۹۳۶۰ میکرومتر بر مترمکعب یا بیش از ۴۰ برابر استاندارد آلودگی رسیده است ( <http://www.taryana.ir>). تصاویر دریافتی از طریق ماهواره‌های هواشناسی و نقشه‌های ارائه شده از طریق سازمان هواشناسی کشور نیز گویای این موضوع است که تا روز هیجدهم تیر ماه سالجاری بیش از ۱۷ استان از مجموع ۳۲ استان کشور با شدت‌های مختلف، درگیر پدیده گردوغبار بوده‌اند. این پدیده از روز سیزدهم تیر ماه از بخش‌های غربی وارد کشور شده و در روز چهاردهم تیر ماه به تهران و فراتر از به شمال و شرق کشور نیز گسترش یافته است. بحران گردوغبار طی حدود یک هفته پیامدهای گوناگونی داشته است. تعطیلی برخی مراکز دولتی و غیر دولتی، رکود و یا نیمه تعطیل شدن بسیاری از فعالیت‌های شهری طی چند روز طی روزهای حاکمیت گردوغبار و ضرور زیانهای مادی و غیر مادی بسیار گسترده، از جمله این پیامدها بوده است. شکل شماره ۱، گسترش پدیده گردوغباری موج مذکور را طی روز چهاردهم تیر ماه در ایران نشان می‌دهد.

اثر فعالیت چرخند زمینی به جو منتقل می‌شود و سپس توسط بادهای سطح بالا در جهت شرق، شمالشرق و جنوبشرق به داخل مرزهای کشور، منتقل می‌شود. جابجایی موافق ناوه یا فرود سطح بالا و هماهنگ با چرخند سطحی در جریان فعالیت طوفان گردوغبار، باعث گسترش موج گردوغبار شده و یا دایره گسترش آن را در جهت خاصی محدود می‌نماید.

- تراکم و غلظت ذرات گردوغبار یا ریزگردها در این امواج یکسان نمی‌باشد. بسته به منطقه شروع و گسترش فعالیت، شرایط و شدت صعود، ضعف پرفشار جنب حاره ای و توان فرود دینامیک، سرعت و جهت بادهای سطحی و سطح بالا و همچنین ویژگی‌های توپوگرافی و دیگر عوامل محلی در این زمینه بسیار موثر می‌باشند. حداقل توان دید در جریان این امواج بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر گزارش شده است که مربوط به بعضی از شهرهای مرزی و نزدیک منشأ توفان و شرایط توپوگرافی خاص می‌باشد. بطور مثال در روز ۱۴ تیر ماه ۱۳۸۸ قدرت دید در شهر قصرشیرین، ۵۰ متر، کرمانشاه، آبادان، اهواز، شیراز، خرم‌آباد و برخی دیگر از شهرهای نیمه غربی کشور حدود ۱۰۰ متر گزارش گردید.

### موج گردوغباری روزهای ۱۳ تا ۱۶ تیر ماه ۱۳۸۸

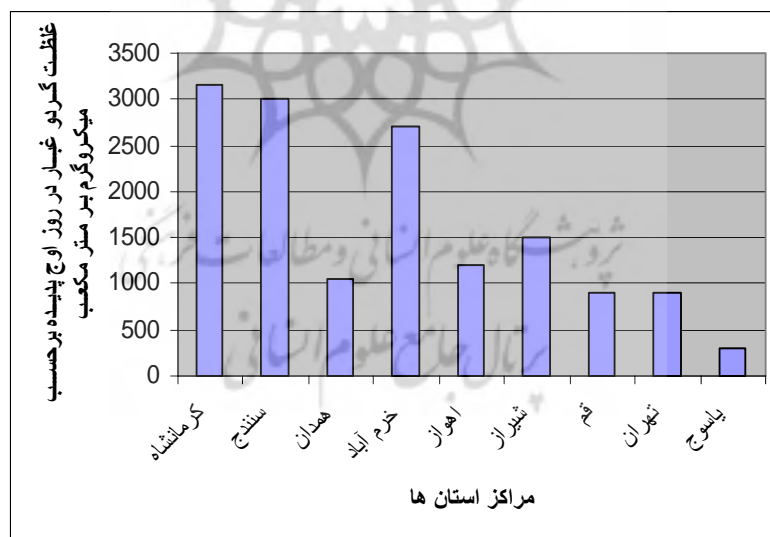
موج گردوغباری دهه دوم تیر ماه سال ۱۳۸۸ که از روز سیزدهم تیر ماه مطابق با چهارم جولای ۲۰۰۹، بخش‌های وسیعی از جنوبغرب، غرب، شمالغرب حتی مرکز کشور را پوشش داد نه اولین و نه آخرین پدیده جوی از این نوع در کشور است. گزارش‌های دریافتی از منابع متعدد از جمله مسئولان سازمان‌های هواشناسی، حفاظت محیط زیست، بهداشت و درمان و





شکل ۱- گسترش گردوغبار در خاورمیانه و ایران در روز چهاردهم تیر ماه ۱۳۸۸

شکل شماره ۲، مقادیر تقریبی تراکم ریزگردهای در روزهای سیزدهم تا شانزدهم تیرماه ۱۳۸۸ را به صورت نموداری نشان می‌دهد. مراکز استان‌های درگیر در این پدیده گردوغباری



شکل ۲- تراکم ریزگردها در برخی از مراکز استانی در روز اوج پدیده (چهاردهم تیر ماه ۱۳۸۸)

با توجه به آستانه تعیین شده در جدول شماره ۱ برای ذرات که ۱۵۰ میکرومتر بر متر مکعب از هوای شهری می‌باشد. تراکم ذرات در کرمانشاه بیش از ۲۱ برابر و یاسوج نیز ۲ برابر خواهد بود. بدیهی است

برابر، در سندج ۲۰ برابر، همدان ۷ برابر، خرم‌آباد ۱۸ برابر، اهواز ۸ برابر، شیراز ۱۰ برابر، قم ۶ برابر، تهران ۶ برابر و یاسوج نیز ۲ برابر خواهد بود. بدیهی است

بنابر بسیاری از عوامل توپوگرافیک، بادهای زمینی و سطح بالا، تراکم ذرات در هوای شهرها یکسان نمی‌تواند باشد. به طور مثال، عوامل توپوگرافی نقش بسیار مهمی در کاهش تراکم ذرات در هوای یاسوج و حتی عدم امکان تمرکز ریزگردها در روی برخی از شهرها مثل شهر کرد و غیره گردیده است. از سوی دیگر شرایط توپوگرافی و دیگر عوامل محلی در برخی از شهرها علی‌رغم دور بودن از مسیر و منشاء ریزگردها از جمله شهرهای شمالی استان کردستان زنجان و همدان، نقش مهمی در افزایش تمرکز ریزگردها و تشدید پیامدهای زیست محیطی آن داشته است.

توان دید افقی نیز که یکی از مهمترین پیامدهای گردوغبار جوی محسوب می‌شود در جریان این موج در بسیاری از مناطق به شدت پایین آمد. بر اساس همین گزارش‌ها توان دید در شهرهای همدان ۷۰۰ متر، یاسوج ۱۰۰۰ متر، آبادان، اهواز، خرم‌آباد، کرمانشاه، شیراز حدود ۱۰۰ متر و در شهرهای قصر شیرین و سرپل ذهاب کمتر از ۵۰ متر نیز گزارش شده است (<http://www.khouznews.com>).

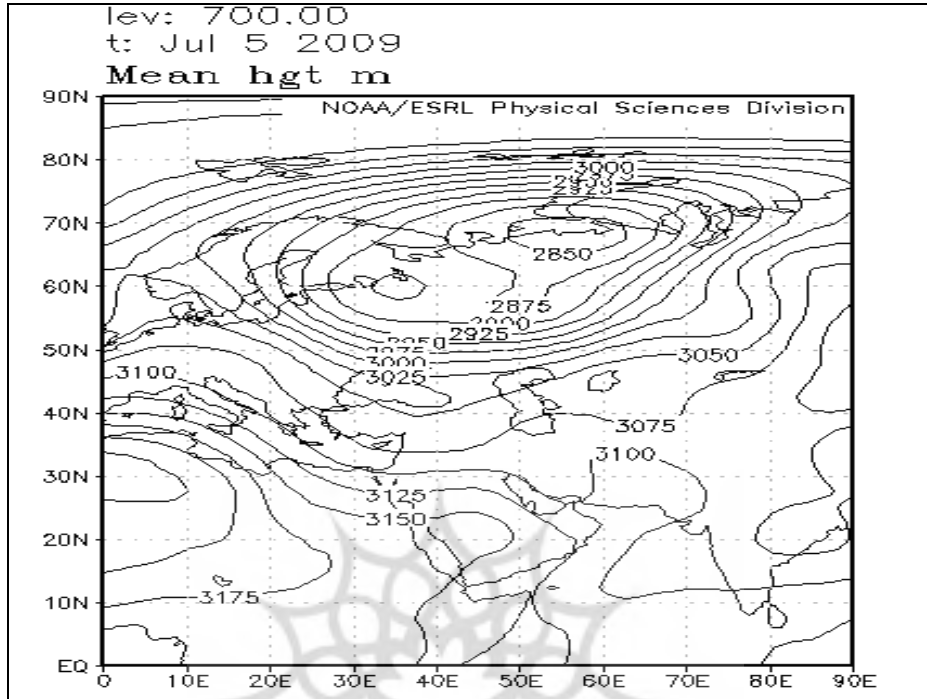
### آرایش الگوهای فشار در ترازهای ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال

بررسی نقشه‌های سینوپتیک ترازهای ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای سیزدهم تا شانزدهم تیرماه ۱۳۸۸ مطابق با چهارم تا نهم جولای ۲۰۰۹ در گستره ای از عرضهای جغرافیایی صفر تا ۹۰ درجه شمالی و ۰ تا ۹۰ درجه شرقی، نشان داد که شرایط پرفشاری که ویژگی غالب اقلیمی دوره گرم سال بر بالای آسمان ایران و عرضهای همسان است در تمام دوره مورد مطالعه کم و بیش با قدرت زیاد حاکمیت دارد. علی

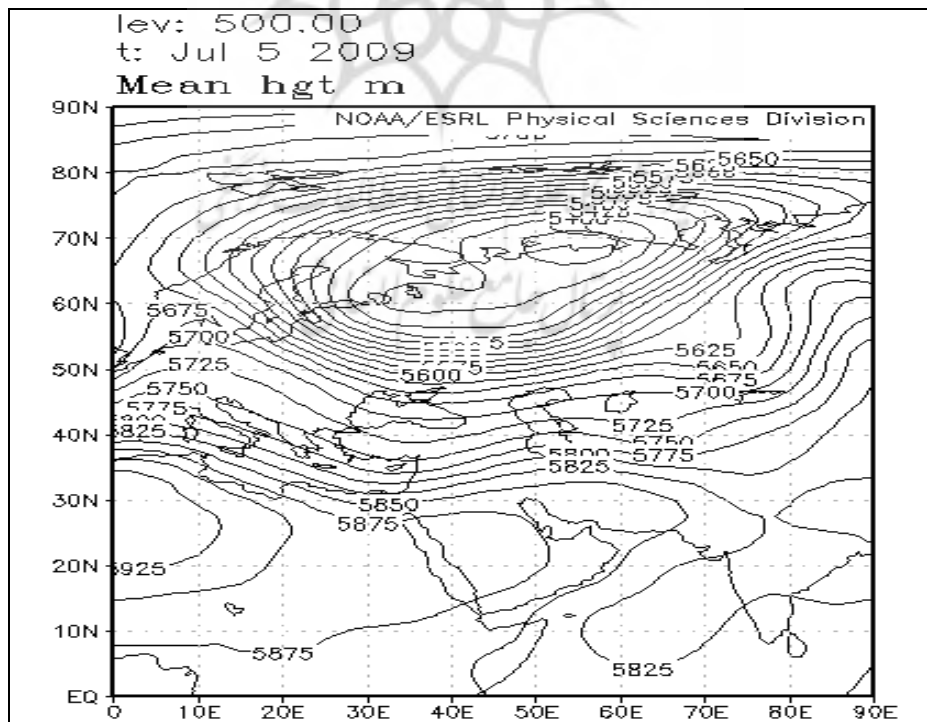
رغم نوسانات اندک مراکز پرارتفاع که حاکمیت پرفشار جنب حاره ای آזור را نشان می‌دهد روی نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تمام دوره مورد بررسی، منحنی‌های ارتفاعی بیش از ۵۹۰ دکامتر بر شمال آفریقا و اندکی کمتر از آن بر شبه جزیره عربستان و خاورمیانه مستقر بودند. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز منحنی‌های پرارتفاع ۳۱۵ دکامتر حاکمیت شرایط پرفشاری در منطقه را نشان می‌دهد (شکل‌های شماره ۳ و ۴). بنابراین، حاکمیت شرایط پرفشاری در جو بالای ایران و بیابان‌های شمال آفریقا و خاورمیانه که معمولاً "زبان‌هایی از پرفشار آזור است، تصدیق می‌شود که قبلاً" توسط محققان دیگر از جمله علیجانی (۱۳۷۴:۹۲) و مسعودیان و کاویانی (۱۳۸۸:۳۹) نیز مورد تاکید قرار گرفته است. این محققان معتقدند که در فصل تابستان با گسترش دایره نفوذ و تقویت حاکمیت پرفشار آזור به سمت شرق، در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز مراکز پرفشار قابل تشخیص هستند.

با نزدیک شدن به روزهای تشکیل موج فراگیر گردوغبار، عقب نشینی محسوسی در زبان‌های پرفشار جنب حاره ای از سمت غرب مشاهده می‌شود. همراه با این عقب نشینی و پسروی، نزدیک شدن یک فرود موج کوتاه بادهای غربی را در نقشه‌های تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و حتی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌کنیم که از اروپای شرقی تا شرق مدیترانه و شمال شبه جزیره عربستان کشیده شده است. نزدیک شدن این فرود موج کوتاه نشان دهنده تقویت شرایط ناپایداری، صعود و چرخندزایی در سطح منطقه است. تقویت بادهای غربی و شمالغربی در منطقه باعث می‌شود که گردوغبار صعود یافته از سطح بیابان‌های سوریه و عراق که در کانون فعالیت ناپایداری قرار

داشت به سمت غرب ایران منتقل شود. تصویر  
 ماهواره‌ای (شکل شماره ۱)، گسترش پدیده گردوغبار  
 در منطقه را به وضوح نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه همدید هوایی ۱۴ تیرماه برای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

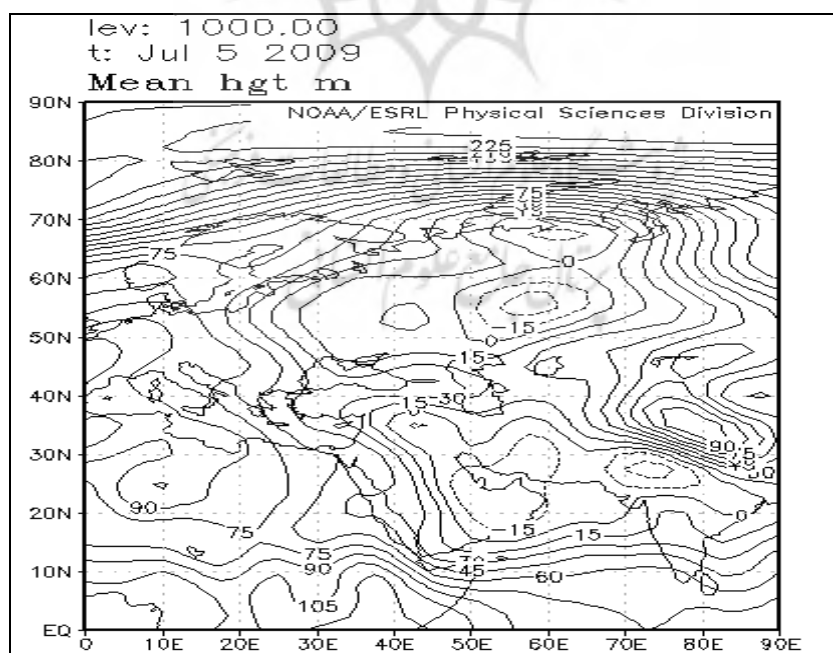


شکل ۴- نقشه همدید هوایی ۱۴ تیرماه برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

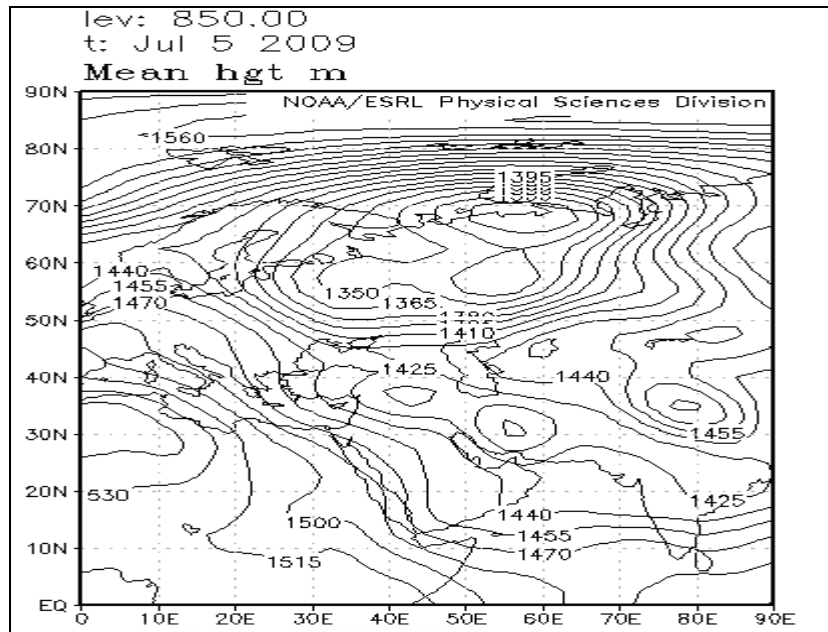
فراهم گردید. همان طور که پیشتر نیز اشاره شد این شرایط کم و بیش در الگوهای فشار سطحی و جو بالای دیگر امواج مورد مطالعه نیز مشخص بود. با این همه گسترش شدید موج مورد بحث در روزهای بعدی به سمت داخل ایران نشانگر تفاوت‌هایی نیز در شکل گیری الگوهای همدید می باشد. طی روز دوازدهم و سیزدهم تیر ماه در لایه های نزدیک سطح زمین کم فشار حرارتی و همچنین گرادیان فشار شمال کشور تضعیف شده و در نتیجه حالت سکون در عمق پایین جو منطقه ایجاد شد که شرایط مناسب برای حرکت بطئی و تدریجی ذرات گردوغبار را فراهم آورد. حرکت بسیار کند سیستم به داخل کشور به دلیل عدم وزش باد در منطقه ما، ستون های غبار کم و بیش پیوستگی خود را حفظ نموده و بسیار دیر در معرض واگرایی و انتشار قرار گرفت (حیدری، ۱۳۸۸).

## آرایش الگوهای فشار در ترازهای ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

با توجه به گرمایش شدید سطح زمین، جو ایران در تابستان ناپایدار بوده و تا ارتفاع ۲-۳ کیلومتری از سطح زمین بصورت لایه نازکی شرایط برای صعود هوا مهیاست. در بررسی نقشه های همدید روزهای سیزدهم تا هفدهم تیر ماه ۱۳۸۸، معلوم گردید که سلول کم فشار حرارتی با هم فشار حدود ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر شمالغرب عراق و بخش های شرقی سوریه گسترش یافته است. گسترش کم فشار حرارتی بر روی بیابانهای منطقه در نقشه های سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز بخوبی مشهود است (شکل شماره ۶). با افزایش ناپایداری هوا در روزهای دوازدهم تیر ماه به بعد که تحت تاثیر نزدیک شدن فرود موج کوتاه سطح بالا به وقوع پیوست شرایط برای فعالیت کم فشارهای حرارتی و صعود گردوغبار



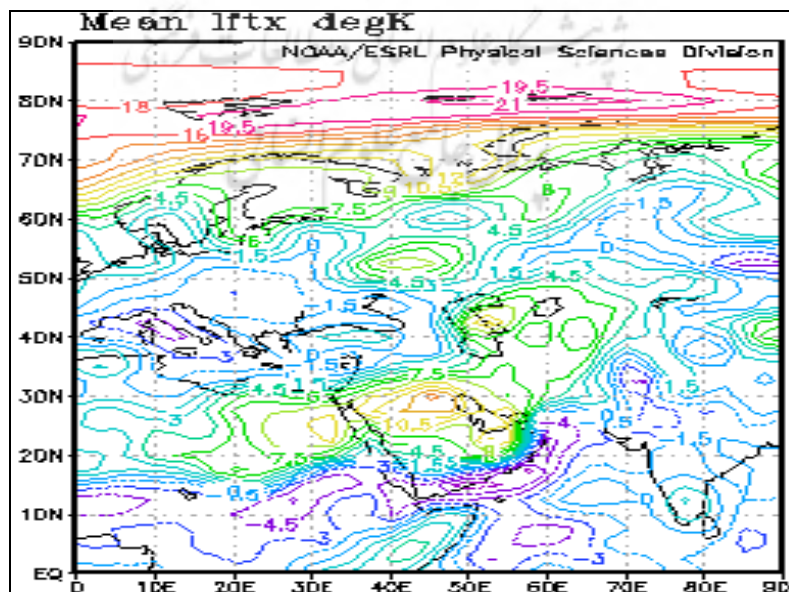
شکل ۵- نقشه همدید سطح زمین برای ۱۴ تیر ماه ۱۳۸۸



شکل ۶- نقشه همیدید تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای ۱۴ تیرماه ۱۳۸۸

شرق دریای خزر تا خلیج فارس و سپس به سمت غرب تا شمال آفریقا، حکایت از توان بالای صعود بالای این منطقه به ویژه بیابان‌های عراق، سوریه و بخش‌های وسیعی از شبه جزیره عربستان برای تولید و انتقال عمودی و افقی گردوغبار را نشان می‌دهد.

نقشه صعود هوا در روز ۱۴ تیرماه ۱۳۸۸، به خوبی مناطق دارای پتانسیل صعود هوا را نشان می‌دهند (شکل شماره ۷). با نگاهی به نقشه مذکور می‌توان استعداد بالای منطقه بیابانی مورد بحث را در صعود هوای گرم به همراه ریزگردها، دریافت. ارقام بالای منحنی‌های هم پتانسیل صعود هوا در منطقه‌ای از



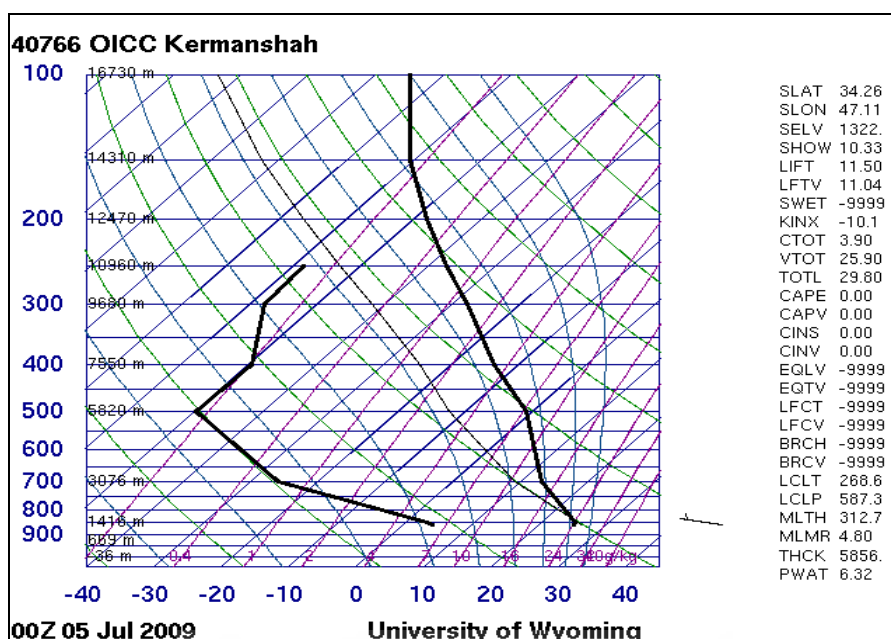
شکل ۷- نقشه وضعیت صعود هوا در روز ۵ جولای در منطقه

## بررسی شرایط ترمودینامیک جو بالا با استفاده از نمودارهای Skew T

نمودارهای اسکوتی (Skew T) یا چارت های رادیوسوندی، تغییرات عمودی دما، رطوبت و باد را در یک نقطه تا ارتفاع معینی از سطح زمین نمایش می دهند. این نمودارها برای بررسی وضعیت پایداری و یا ناپایداریهای هوا همچنین آگاهی از شرایط تغییرات فشار و سمت و سرعت باد در ارتفاعات مختلف، برای هوانوردان بسیار مفید است. در تفسیر و تحلیل شرایط همدید هوایی در جریان یک پدیده هوایی مشخص مثل یک طوفان گردوغبار یا یک سیستم فعال کم فشار جبهه ای میتواند شرایط ناپایداری هوا در سطح زمین، وارونگیهای دمایی، وضعیت جو بالا از نظر پرفشاری یا کم فشاری همین طور سمت و سرعت بادهای جو بالا و نظایر آن که در تفسیر پدیده های همدید هوایی ضروری است به خوبی نشان بدهد. شکل شماره ۸ نمودار Skew T ایستگاه جو بالای کرمانشاه برای ساعت صفر به وقت گرینویچ یا ۳:۳۰ دقیقه به وقت محلی روز چهاردهم تیر ماه است.

همان طور که شکل شماره ۸ نشان می دهد از سطح زمین تا ارتفاع ۸۵۰ هکتوپاسکال شرایط ناپایداری در کرمانشاه حاکم است. این موضوع در

بخش تفسیر نقشه های این دو سطح نیز مورد تاکید قرار گرفت. گرمایش زمین و گسترش دامنه فعالیت سلول کم فشار از سمت جنوب و جنوبغرب و سپس کشیده شدن آن به سمت غرب ایران طی روز ۱۴ تیر ماه، در این نمودار نیز مشاهده می شود. اختلاف شدید بین منحنی سونداژ دمایی با دمای نقطه شبنم حاکی از خشکی شدید هوا و آب بارش شوی ناچیز هوا (۶ میلیمتر) در ستون هوای صعودی است. شرایط پایداری هوا تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال افزایش می یابد فقط از این تراز به بالا است که از شدت پایداری هوا بتدریج کاسته می شود. نکته قابل توجه دیگر در این نمودار وقوع بادهای سطح فوقانی زمین در ترازهای ۷۰۰ تا ۸۰۰ هکتوپاسکال است. پیشتر در تفسیر نقشه های همدید هوایی نیز اشاره شد که عدم وجود بادهای سطح بالا در روزهای فعالیت پدیده، حرکت کند سیستم و انتشار آرام و کند ریزگردها را در منطقه سبب گردید. همان طور که نمودار نیز نشان می دهد فقط تا سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی بادهایی با سرعت ۵ نات یا ۲/۵ متر بر ثانیه از غرب به شرق در حال وزش بوده است که با توجه به توپوگرافی متعارض منطقه زاگرس نمی توانسته است باعث پخش گسترده گردوغبار شده و از غلظت آن بکاهد.



شکل ۸- نمودار T Skew ایستگاه کرمانشاه برای روز ۱۴ تیر ماه ۱۳۸۸

### نتیجه‌گیری

اگرچه گردوغبار در ایران به ویژه در بخش‌های مرکزی و غربی، پدیده ناشناخته‌ای نیست ولی فراوانی وقوع و غلظت آن که طی سال‌های اخیر گاهی باعث افت دید به زیر ۵۰ متر نیز رسیده است پدیده‌ای جدید و نوظهور است. آیا سامانه‌های جوی بوجود آورنده این غبارها جدیدند یا عامل نوظهوری در منطقه باعث این امر می‌شود؟ آنچه مسلم است سامانه‌های جوی تغییر معناداری ندارند چه خود این سامانه‌ها دارای یک دامنه نوسان قابل ملاحظه‌اند که همواره این رفتار را داشته‌اند. سطوح فوقانی فلات ایران در تابستان تحت سیطره پر فشار جنب حاره‌ای است و در سطح زمین هم کم فشار حرارتی گسترش می‌یابد.

کم فشارهای بسته روی عراق و سوریه و شمال شبه جزیره عربستان سبب ایجاد شرایط مناسب برای صعود حجم عظیمی از گرد و غبار به هوا می‌شود که

در صورت خشک بودن منطقه و جنوب‌غربی و غربی بودن جریانات سطوح فوقانی این غبار و گرد و خاک به وسیله باد به سطوح میانی جو نواحی جنوب‌غربی و غربی ایران منتقل می‌شود (حیدری، ۱۳۸۸).

موج گردوغبار فراگیر و گسترده مورد بررسی در این تحقیق طی حدود یک هفته بخش‌های وسیعی از جنوب‌غرب، غرب، شمال‌غرب و حتی بخش‌هایی از مرکز و شمال ایران را در بر گرفت. بنابر گزارش‌ها بیش از ۱۷ استان از مجموع ۳۲ استان کشور با جمعیتی بیش از ۳۵ میلیون نفر به اشکال مختلف تحت تاثیر پیامدهای ناگوار ناشی از این پدیده قرار گرفتند. بررسی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های همیدید هوایی، نمودارهای ترمودینامیک و اطلاعات ادارات هواشناسی و حفاظت محیط زیست موجود برای روزهای سیزدهم تا شانزدهم تیر ماه ۱۳۸۸، نشان داد که در روزهای فعالیت این موج گردوغباری، یک سامانه کم



دارد که مطالعات جامع‌تر و کامل‌تری از پیامدهای گردوغبار بر بهداشت و سلامتی انسان، کشاورزی، حمل و نقل و غیره صورت بگیرد. اگرچه مسئولین و برخی از محققان (زرأسوندی و مختاری، ۱۳۸۷) معتقد هستند که در ترکیب ریزگردهای استان خوزستان، اثری از آلودگی میکربی، شیمیایی و هسته‌ای مشاهده نمی‌شود ولی برای رفع نگرانی مردم و در صورت اثبات آن برای پیشگیری از پیامدهای ناگوار آن، مطالعه دقیق ساختار و ترکیبات ریزگردها در بقیه مناطق از جمله در غرب کشور ضروری است.

- منطقه بحرانی جدیدی در شمال‌غرب عراق و شرق سوریه به‌عنوان کانون جدید ایجاد توفان گرد و غبار شکل گرفته است که قبلاً دارای رفتار ی با این شدت نبوده است. به طوری که طی چند سال اخیر استان‌های غربی و حتی مرکزی کشور را به دایره غبارهای غلیظ کشانده است (حیدری، ۱۳۸۸). هماهنگ کردن تلاش‌های منطقه‌ای و تشریک مساعی بین‌المللی جهت حل این مشکل کاملاً ضروری است. مطالعه دقیق‌تر خصوصیات منشاء رخداد پدیده در قالب تیمهای تحقیقاتی منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای متشکل از هواشناسان، اقلیم‌شناسان، خاکشناسان، و غیره می‌تواند در شناسایی کانون بحران و همچنین پیشگیری از رخداد پدیده‌های مشابه در آینده و آمادگی برای رویارویی با این پدیده، بسیار موثر باشد. مولفان احتمال می‌دهند که الگوهای مزوکلیمایی و محلی ویژه‌ای نیز با این پدیده در منشاء آن همراهی می‌کند که

فشار سطحی بر روی بیابان‌های خاورمیانه مستقر بود. استقرار این سامانه بر روی منطقه و تقویت شرایط ناپایداری در سطح بیابان‌ها زمینه مناسبی را برای انتقال ریزگردها به جو منطقه فراهم نمود. هماهنگی سامانه کم فشار سطحی و فرود موج کوتاه بادهای غربی که در روزهای فعالیت موج گردوغبار در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی به وضوح مشاهده می‌شود با تقویت جریان چرخندی در روی بیابان‌های عراق و سوریه باعث تقویت سیستم‌های بادی سطح بالا گردیده و توانست انبوهی از گردوغبار را بر بخشهای وسیعی از جنوب غرب و غرب ایران پخش نمایند. هسته بسیار عمیق و متراکم دیگری نیز که در روز چهاردهم تیر ماه در مرکز عراق شکل گرفت باعث افزایش ریزگردها شد. قطع بادهای سطح فوقانی طی روزهای چهاردهم تا شانزدهم تیر ماه باعث سکون نسبی و فعالیت بسیار کند سیستم شده و پخش و انتشار ریزگردها را با تاخیر بیشتری همراه نمود. وضعیت بحرانی روز چهاردهم تیر ماه در بسیاری از مناطق تحت پوشش در همین ارتباط قابل ارزیابی است.

### پیشنهادها

- اگرچه گردوغبار برای ساکنان بخشهای غربی ایران پدیده‌ای کاملاً "مانوس است ولی شواهد نشان میدهند که وقوع این پدیده در استان‌های غرب و شمال‌غرب کشور رو به افزایش است. با توجه به پیامدهای زیست محیطی گوناگون این پدیده ضرورت



کریمی، فریبا، (۱۳۸۸)، همگرایی سیستم‌های فشار و توفان‌های گردوغبار در استان خوزستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیای دانشگاه رازی.

علیجانی، بهلول، (۱۳۷۴)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

لشکری، حسن، کیخسروی، قاسم، (۱۳۸۷)، تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۵، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۷-۳۳.

مسعودیان، سید ابوالفضل، کاویانی محمدرضا، (۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان.

همتی، نصرالله، (۱۳۷۴)، بررسی فرلوانی وقوع طوفان‌های گردوخاک در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

Barkan, J. (2008), synopsis patterns associated with dusty and non-dusty seasons in the Sahara. *Theor. Appl. climatolo.* Vol:10pp:354-364

Chun, Y. (2001), synopsis, transport and physical characteristics of Asian dust in Korea. *Journal of geophysical research.* Vol: 106. pp: 18461-18469

Hamish A, Grant M, Tanish A, sturman P and zavtar p. (2001), Inter-regional transport of Australian dust storms. *Soil erosion research for the st century. Proceeding of int. symp.* Honolulu. Hi, USA

<http://khouznews.com>

<http://www.ebtekarnews.com>

<http://www.Esrl.Noaa.gov>

<http://www.Irinn.ir>

<http://www.Khosromk.blogfa.com>

با مطالعات دقیق‌تر و جامع‌تر از پدیده در محل می‌تواند نکات مبهم و نگران‌کننده بسیاری را برطرف نماید.

## منابع

امیدوار، کمال، (۱۳۸۵)، بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفانهای ماسه در دشت یزد-اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۱، صص ۴۳-۵۸

باباپور، عطاءالله، (۱۳۸۸)، تصاویر ناسا از گردوغبار ایران، جامعه و سیاست، تاریخ ۲۰/۴/۱۳۸۸.

برگرفته از سایت اینترنتی: <http://www.tebyan.net>

net

حیدری، طالب، (۱۳۸۸)، ریزگرد چرا و از کجا آمده؟ همشهری آنلاین، برگرفته از سایت

اینترنتی: <http://www.hamshahrionline.ir>

دهقانپور فراشاه، علیرضا، (۱۳۸۴)، تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های گردوخاک در فلات مرکزی ایران بین سالهای ۱۹۹۰-۲۰۰۰، رساله دکتری دانشگاه تربیت معلم تهران.

ذوالفقاری، حسن، عابدزاده، حیدر، (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران،

جغرافیا و توسعه، شماره ۶: ۱۷۳-۱۸۷

زرأسوندی، علیرضا، مختاری، بابک، (۱۳۸۷)، نگاهی علمی به ۵۰ روز گردوخاک در خوزستان، سایت

تاریانا، ۲۴/۵/۱۳۸۷

فیاض، محمد، (۱۳۸۴)، بررسی منشاء طوفان‌های ماسه‌ای دشت سیستان با استفاده از اطلاعات

دورسنجی، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، سال دوازدهم، شماره ۱۸: ۴۱-۶۳.

- Genesis Induced Severe Dust Storm. TAO, 15:1019-1033
- Natsagdorj L., Jugder D and chung Y. S. (2002), Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999. Atmospheric Environment 37:1401-1411
- Transport. Atmospheric science and air quality conference. Beijing, China
- Wang W. (2005), A synoptic model on east Asian dust emission and <http://www.Taryana.ir>
- <http://www.tebyan.net>
- <http://www.weather.uwyo.edu>
- <http://www.lornews.wordpress.com>
- Kutiel H, and Furman H. (2003), Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics Indoor Built Environ 2003; 12:419-426.
- Liu J. J, Jiang X. G, Zheng X. J, Kang L, and Qi F. Y. (2004) An Intensive Mongolian Cyclone



# A Synoptic Investigation of Dust Storms in Western Regions of Iran during 2005- 2010 (A Case Study of Widespread Wave in July 2009)

H. Zolfaghari. J. Masoumpour Samakosh. Sh. Shaygan Mehr. M. Ahmdi

Received: 09 August 2010 / Accepted: 14 May 2011, 5-8 P

## Extended abstract

### 1- Introduction

Dust storm as an atmospheric phenomena and a well-known natural disaster has been of a great consideration to many scientist and researchers in different fields of study including atmospheric sciences. Origin, mechanisms of formation, transfer, and distribution as well as the consequences of the phenomenon have been investigated using different methods. Countries located in the arid and semi-arid belt of the world including Iran have been concerned with the dust storm phenomenon. Recent years repeated droughts and possible results of climate change as a result of desertification have

brought dust storms to the attention of many scientists.

Dust in the atmosphere as a pollutant has many different negative consequences among which reduction in growth and efficiency of crops, incidence of pests, plant diseases, and the increase in road accidents due to vision decrease, flight cancels and its cost and health costs can be mentioned. In spite of their Middle Eastern and African origin, the dust crossing the Middle East countries like Iran may reach India and China, cross the Pacific Ocean and reach North America.

### 2- Methodology

The study covers a statistical period of nearly five years from 2005 to 2010. Ten important dust waves based on their condensation and distribution were selected. Because of its unique distribution, the dust waves of 4th to 7 thof July 2009 were selected to be studied and discussed in detail.

Since the study is based on synoptic analyses, synoptic maps of different atmospheric levels and satellite images were provided. Weather maps were

---

#### Author

---

**H. Zolfaghari. (✉)**

Associate Professor of Climatology, Razi University, Kermanshah, Iran  
e-mail: h\_zolfaghari2002@yahoo.com

**J. Masoumpour Samakosh.**

Assistant Professor of Climatology, Razi University, Kermanshah, Iran

**Sh. Shaygan Mehr.**

M. A of Climatology, Research Office of Applied Meteorology, Kermanshah, Iran

**M. Ahmdi**

M. A of Climatology, Research Office of Applied Meteorology, Kermanshah, Iran

obtained from NOAA. To analyze the air stability indices and high level flows, thermodynamic diagrams (Skew T) of Kermanshah station were used. Kermanshah station was selected because of its position in the west of Iran and because it is a transfer and distribution path during dust storms and waves.

### 3- Discussion

The thermal low pressure cell has been stretched from Pakistan to the south of Iran and from there to the deserts in Saudi Arabia, Iraq and Syria. Iran –Pakistan low pressure system sometimes appears as low pressure belt from India, Iran, Iraq and even Turkey. Usually a cyclone with a sucking potential and changing dust ascending is active in the deserts of Iraq and Syria. The effects of this cyclone are obvious up to the level of 500 hpa cases like the wave occurred on 4th to 7th of July 2009. This cyclone as wind blowing and weather instability provides suitable conditions for the ascending of hot air and massive dust columns. Weakening and retreating of Azores subtropical high pressure wave in these conditions as well as air lift conditions are proved using omega maps.

In every case, the subtropical high pressure wave weakens and retreats. Weakening of the stable conditions along with the subtropical high pressure wave retreatment and the approaching of trough has led to the beginning of a dust storm in the region. With the retreat of the Azores high pressure or its tongues and approaching of a trough to the area, the conditions for dynamic ascent are enhanced and result in dust transfer to the higher levels of atmosphere. Trough displacement or high level trough consonant with surface cyclone during

dust storm, cause in the distribution of the dust or the limitation of its distribution in a special direction.

Concentrations of dust or aerosols are not equal in these waves and depend on the origin, expanding activity, conditions and intensity of the ascend, subtropical high pressure weakness and the intensity of the dynamic descend, the speed and the direction of the surface and high level winds, topographical characteristics and other factors. As an example on 5th of July in 2009 the minimum visibility in Qasr-e-Shirin has been reported to be 50 meters. In cities of Kermanshah, Abadan, Ahwaz, Shiraz, Khorram Abad and some other cities the minimum visibility was reported to be about 100 meters.

### 4- Conclusion

Low pressures on Iraq, Syria and the north of Saudi Arabia lead to the climbing of a huge amount of dust in the air which may result in the transfer of the dust to the intermediate levels of the atmosphere in case of the drought in the region and the existence of western or southwestern high level flows.

In an investigation of satellite images, synoptic maps and thermodynamic diagrams of 4th to 7th of July in 2009, it was determined that a surface low pressure system was active on the Middle East deserts on the days of the dust wave. The settlement of the system on the region and the enhancement of the instability conditions on the surface of the deserts resulted in the transfer of aerosols to the region atmosphere. The overlap of the surface low pressure system and westerlies trough, which was thoroughly obvious on 700 and 500 hpa in dust storm days, and the enhancement of the cyclonic wave on Iraq and Syria deserts

led to the strengthening of high level wind systems and an expanding distribution of dust on western and southwestern areas of Iran. Another deep and dense core which was formed in Iraq on 5th of July in the center of Iraq led to an increase in aerosols. The stoppage of high level winds on 5th to 7th of July resulted in relative inertia and slow activity of the system and led to delay in the distribution of aerosols.

**Key words:** Dust, Synoptic methods, Pressure systems, West of Iran

### References

- 21st century. Proceeding of int. symp. Honolulu, HI, USA
- Alijani, B. (1995), Climate of Iran. Payame nour university press. Tehran
- Babapour, A. (2009), NASA Images from dust over Iran. Society and politics. <http://www.tebyan.net>
- Barkan, J. (2008), synopsis patterns associated with dusty and non-dusty seasons in the Sahara. *theor. appl. climatolo.* vol:10pp:3 54-364
- Chun Y. (2001), synopsis, transport and physical characteristics of Asian dust in Korea. *Journal of geophysical research.* vol:106.pp:18461-18469
- Dehghanpour, F.A. (2005), Statistical and synoptically analysis of dust in central plateau of Iran from 1990 to 2000. Phd thesis, Tarbiat Moallem University, Tehran.
- Fayyaz.M. (2005), Review of origin of sand storms in Sistan basin by using remote sensing informations.
- Hamish A, Grant M, Tanish A, sturman P and zavtar p. (2001), Inter-regional transport of Australian dust storms. soil erosion research for the
- Hemmati, N. (1995), Review of frequencies in dust storms happened in central and southwest of Iran. M.S thesis in Geophysics, Tehran University
- Heydari, T. (2009), Dusts, why and where they have come from? <http://www.hamshahronline.com>
- Karami, F. (2009), Convergence of pressure systems and dust storms in Khozestan province. MS Thesis in Razi University
- Kutiel H, and Furman H. (2003), Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics *Indoor Built Environ* 2003; 12:419–426.
- Lashkari, H and Keykhosravi, GH. (2008), Statistical analysis of dusts in Razavi Khorasan province from 1993 to 2005. *physical geography researches* No.65 pp: 17-33
- Liu J.J, Jiang X.G, Zheng X.J, Kang L, and Qi F.Y. (2004), An Intensive Mongolian Cyclone Genesis Induced Severe Dust Storm. *TAO*, 15:1019-1033
- Masoodian, A. and Kaviani, M.R. (2008), Climatology of Iran. Isfahan university press.
- Natsagdorj L., Jugder D and Chung Y.S. (2002), Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937-1999. *Atmospheric Environment* 37:1401-1411
- Omidvar, K. (2006), Review and analysis of sand storms in Yazd-Ardakan basin. *Geographical researches quarterly.* No.81 pp: 43-58
- Transport. Atmospheric science and air quality conference. Beijing, China
- Wang W. (2005), A synoptic model on East Asian dust emission and [www.ebtekarnews.com](http://www.ebtekarnews.com) [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)

[www.irinn.ir](http://www.irinn.ir)  
[www.khosromk.blogfa.com](http://www.khosromk.blogfa.com)  
[www.khouznews.com](http://www.khouznews.com)  
[www.taryana.ir](http://www.taryana.ir)  
[www.tebyan.net](http://www.tebyan.net)  
[www.weather.uwo.edu](http://www.weather.uwo.edu)  
[www.lornews.wordpress.com](http://www.lornews.wordpress.com)

Zarasvandy, A and Mokhtari B. (2008), scientific view to 50 dusty days in Khorasan.<http://www.Tariana.ir>  
Zolfaghari, H. and Abedzade, H. (2005), synoptically evaluation of dust systems in west part of Iran. Geography and development.No.6 pp: 173-187

