

## تحلیل همدید طوفان‌های گرد و غبار ایلام (۱۹۸۷ - ۲۰۰۵)

جواد خوشحال دستجردی: دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
سیدحجت موسوی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران\*  
عبدالرضا کاشکی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۳/۱۷ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۲۳، صص ۳۴-۱۵

### چکیده

طوفان‌های گردوغبار علاوه بر این که عامل مهمی در هدر رفت خاک، خسارات اقتصادی به بخش‌های صنعتی، کشاورزی و شریان‌های ارتباطی در اکثر مناطق ایران خصوصاً غرب و جنوبغرب محسوب می‌گردد، می‌تواند باعث تهدید حیات انسان هم از نظر سلامتی و هم تولید مواد غذایی باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش شناخت و بررسی الگوهای گردشی اتمسفری ایجاد کننده گردوغبار به ایلام در بازه زمانی ۱۹ ساله (از ۱/۱/۱۹۸۷ تا ۳۱/۱۲/۲۰۰۵) است. بدین منظور، ابتدا با شناسایی تعداد روزهای گردوغبار ایلام، پایگاه داده‌های محیطی تشکیل و داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، جهت باد، سرعت قائم، دما، شیو فشار و گردوغبار جهت تشکیل پایگاه داده‌های گردشی تعیین گردید. سپس یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی با روش ادغام وارد و فاصله اقلیدسی بر روی ماتریس داده‌ها به منظور تعیین الگوهای گردشی صورت گرفت که برای روزهای گردوغباری ایلام، پنج الگوی گردشی برای فشار تراز دریا و چهار الگوی گردشی برای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی گردید. نتایج نشان می‌دهد که غالباً سامانه‌های موجد بارش به دلیل فقدان رطوبت عامل ایجاد و انتقال طوفان‌های گردوغبار به منطقه مطالعاتی هستند. همچنین کم‌فشار سودان و کم‌فشار گنگ در سطح زمین و فرود بلند مدیترانه، فرود دریای سرخ و پراارتفاع جنب حاره آزر در سطوح میانی جو مهم‌ترین سامانه‌های همدید تاثیرگذار و انتقال گردوغبار به غرب ایران و منطقه مطالعاتی هستند. در روزهای فرین گردوغبار حاکمیت کم‌فشارهای پاکستان و خلیج فارس در جنوب و غرب کشور و وجود ناهای بر روی مدیترانه همراه با تشکیل سلول ثانویه و اچرخندی در ایران باعث انتقال حداکثر گردوغبار به منطقه شده است. همچنین الگوهای بردار باد تراز دریا نشان دهنده جریانات غربی و شمالغربی با شدت زیاد بوده و سرعت قائم تراز دریا نیز حرکات عمودی صعودی در غرب ایران و شرق عراق با حداکثر کاهش ۴/۰ پاسکال بر ثانیه را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای گردشی، اقلیم‌شناسی همدید، ایلام، تحلیل خوشه‌ای، گرد و غبار

### مقدمه

مستعد فرسایش به وجود می‌آید (Miller et al., 2008; Goudie, 2009: 89). این پدیده اغلب باعث کاهش میدان دید به کمتر از یک کیلومتر شده (Zheng-An et al., 2006: 68; Dayan et al., 2007: )

طوفان گردوغبار پدیده‌ای است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نتیجه سرعت زیاد باد و تلاطم آن بر روی سطح خاک بدون پوشش و

طوفان‌های گردوغبار از پدیده‌های مخرب اقلیمی بر روی نقشه‌های سینوپتیکی بوده که متاثر از عناصر اقلیمی فشار، ابرناکی، بارندگی، رطوبت نسبی، باد، دما و تبخیر است (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷: ۱۷) و همه ساله خسارات جبران ناپذیری به سلامتی انسان، مزارع، تاسیسات عمرانی و صنعتی، خطوط مواصلاتی و مراکز جمعیتی وارد می‌کند. این پدیده متاثر از شرایط خاص جوی است که در صورت شناخت منشاء، سازوکار تکوین، نحوه گسترش و ارتباط آن با الگوهای گردشی اتمسفری، می‌توان تا حدودی از آسیبهای آن کاست و یا با آن مقابله نمود. روند فزاینده و فراوانی وقوع گردوغبارهای اخیر ایران، خصوصاً در مناطق غرب و جنوب غربی و پیامدهای سوء اقتصادی و انسانی نشأت گرفته از آن بر کسی پوشیده نیست. این عوامل ضرورت مطالعه طوفان‌های گردوغبار این مناطق را بیش از پیش ایجاب کرده و اهمیت آنها را در مجامع علمی دو چندان نموده است. با توجه به مشخص بودن منشاء گردوغبارهای رخ داده در غرب کشور، هدف از این پژوهش شناخت و بررسی نوع الگوهای گردشی اتمسفری منتقل کننده گردوغبار به منطقه، نحوه انتقال و گسترش، ارتباط آنها با یکدیگر و فراوانی زمانی گردوغبار با استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای داده های ۱۹ ساله ایستگاه ایلام (۱۹۸۷-۲۰۰۵) با رویکرد محیطی به گردشی است. بنابراین، فرضیات و پرسش‌های این پژوهش عموماً بر بررسی نوع سامانه‌های اتمسفری منتقل کننده گردوغبار و تشریح توزیع زمانی آنها استوار خواهد بود.

۱) و در شدیدترین حالت غلظت ذرات معلق می‌تواند حتی به بیش از ۶۰۰۰ میلی‌گرم در هر متر مکعب هوا برسد (Song et al., 2007). وقتی طوفان گردوغبار به وقوع می‌پیوندد، ذرات معلق قادرند تا فواصلی بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر طی مسیر کرده و در سطح زمین فرود آیند (O'Hara et al., 2006: 3881). منشاء طوفان‌های گردوغبار بیشتر شامل مناطقی است که اقلیم آنها بسیار خشک بوده و میانگین بارندگی سالیانه آنها کمتر از ۱۰۰ میلیمتر است (Goudie & Middleton, 2001: 179). بررسی زمانی و مکانی طوفان‌های گردوغبار نشان دهنده دخالت عوامل متعددی در بروز و گسترش این پدیده است که می‌توان آنها را بر اساس شدت و نحوه تاثیراتشان در دو گروه عوامل محیطی و عوامل انسان‌ساز جا داد (اردبیلی، ۱۳۸۹: ۳۱). در بین فاکتورهای پدید آورنده این آلودگی، عوامل زمین‌شناسی (جنس ذرات که معمولاً ترکیبی از سیلیکاتها، رس، فلدسپات و کوارتز است (Lee et al., 2010: 3730)) و عوامل اقلیمی (نظیر توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، تبخیر شدید، فراوانی و سرعت نسبتاً زیاد باد، دوره برگشت کوتاه و تداوم خشکسالی، گسترده‌گی مناطق با اقلیم خشک و الگوهای گردشی هوا) به عنوان عوامل طبیعی و عوامل انسان‌ساز (نظیر از بین بردن پوشش گیاهی، چرای بی رویه دام و تولید محصول، خشک کردن تالابها و برداشت بی رویه از آبهای زیرزمینی، توسعه صنعت، افزایش جمعیت، جنگ و مسائل سیاسی بین کشورها) را به عنوان عوامل مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## پیشینه تحقیق

ایجاد اختلالات تنفسی و بیماری‌های عروقی و عفونی در انسان می‌شود ( Bennion et al., 2007; Meng & Lu, 2007: 7048).

مطالعات متعددی بر روی جنبه‌ها و پیامدهای مختلف طوفان‌های گردوغبار و تحلیل دینامیکی و سینوپتیکی آنها صورت گرفته است بطوریکه اکستروم<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۴: ۱۵۸۱) روند زمانی طوفان‌های گردوغبار استرالیا و روابط آنها را با توزیع سینوپتیکی فشار در بازه زمانی ۱۹۶۰-۱۹۹۹ مورد بررسی قرار داده و بیان داشته‌اند که موقعیت پرفشار جنب حاره اقیانوس هند روی وقوع طوفان‌های گردوغبار تاثیر می‌گذارد و جابجایی رو به غرب این مرکز به جبهه‌های سرد اجازه می‌دهد تا وارد قاره استرالیا شده و فعالیت بالقوه طوفان‌های گردوغبار را افزایش دهند. دینگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵: ۱) تغییرات دهه‌ای طوفان‌های گردوغبار و الگوهای گردش اتمسفری همراه شده با آنها را در شمالشرق چین با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۳ بررسی نموده و کاهش فراوانی گردوغبارهای بهاری این منطقه را بعد از اواسط دهه ۱۹۸۰ با افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل سامانه‌های اقلیمی فلات مونگولیا و سیبری میانه به همان اندازه تغییر تناقض در فاز و شدت موج ساکن روی اوراسیا همراه می‌دانند. دایان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷: ۱) به بررسی گردوغبارهای معلق در جنوب شرق دریای مدیترانه در یک دوره ۳۷ ساله و ارتباط آنها با الگوهای گردش سیستم‌های آب و هوایی پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که رابطه

دلیل اصلی نگرش‌های اخیر در مورد طوفان‌های گردوغبار مربوط به تاثیر آن بر سیستم‌ها و زیر سیستم‌های کره زمین است ( Goudie & Middleton, 2006; Goudie, 2009: 89). گردوغبار می‌تواند از طریق جذب و پراکنده نمودن انرژی خورشید بر دمای هوا ( Goudie, 2009: 89; Kang et al., 2010: 2980)، تشکیل ابر ( Arimito, 2001: 29; Toon, 2003: 623)، فعالیت‌های همرفتی ( Wong & Desler, 2005)، غلظت دی‌اکسیدکربن و گوگرد در اتمسفر (Ridgwell, 2003)، چرخه‌های زمین-شیمی و تکامل خاک ( X. Yang et al., 2008: 70; Y.Q., 2008: 25) و بیابان‌زایی تاثیر گذارد. یکی دیگر از موضوعات مطرح شده در این زمینه آن است که گردوغبار به واسطه غلظت و توزیع عمودی آن در اتمسفر، اندازه و ویژگی کانی‌شناسی ذرات می‌تواند به عنوان عامل تغییر اقلیم عمل نماید ( Xie et al., 2010: 278). همچنین این امکان وجود دارد که ترسیب مقادیر قابل توجهی ذرات گردوغبار بر روی سطوح برف و یخ باعث کاهش قدرت بازتابندگی شده و در نتیجه‌ی جذب نور خورشید دمای آنها افزایش یافته و نهایتاً ذوب سریع و زود هنگام برف و کاهش منابع آب را سبب گردد. (اکرامی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۳). از مهمترین پیامدهای مستقیم طوفان‌های گردوغبار تاثیر مخرب آن بر سلامتی انسان است (An et al., 2011)، بطوریکه جدا شدن گردوغبار از بسترهای خشک باعث انتقال ذرات ریزخاک، املاح و ترکیبات شیمیایی و ریزگردها به اتمسفر شده و نهایتاً باعث

1 - Ekstrom

2 - Ding

3 - Dayan

در شمال چین فراهم آورند. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴: ۱۷۳) الگوی سینوپتیکی حاکم بر وقوع طوفان‌های گردوغبار، منشاء، مسیر حرکت و تحولات این سیستم‌ها را در غرب ایران مورد مطالعه قرار داده و بیان نموده‌اند که پرفشار آزور همراه سیستم‌های مهاجر بادهای غربی کنترل کننده طوفان‌های گردوغبار غرب ایران هستند. لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷: ۱۷) تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی را در بازه زمانی ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۵ بررسی نموده و بیان داشته‌اند که طوفان‌های گردوغبار این منطقه از شرایط سینوپتیکی سامانه کم‌فشار سطح زمین که روی جنوب خراسان و کشور افغانستان و سامانه پرفشاری که در جنوب دریای خزر بسته می‌شوند، و همچنین چرخند سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال که مرکز آن بخش شرقی و شمالشرق افغانستان است، پیروی می‌کنند. میری و همکاران (۱۳۸۸: ۳۲۹) وقوع طوفان‌های گردوغبار منطقه سیستان را پس از خشکسالی‌های متناوب اخیر مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که وقوع خشکسالی در منطقه سیستان از سال ۱۳۷۸ شرایط مساعدی را جهت شکل‌گیری طوفان‌های گردوغبار مهیا نموده است، به طوری که تعداد روزهای همراه با طوفان گردوغبار از میانگین ۱۰ روز در سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۷۷ به میانگین ۵۴ روز در طی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۸۳ رسیده است. رئیس‌پور (۱۳۸۷) و طاووسی و همکاران (۱۳۸۹: ۹۷) تحلیل همدید سامانه‌های گردوغبار استان خوزستان طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ را مورد بررسی قرار داده و بیان نمودند که در دوره سرد سال سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و

معنی‌دار مثبتی بین طوفان‌های گردوغبار و سیستم‌های جوی مدیترانه وجود دارد. در مقابل بین فراوانی پدیده گردوغبار و نوسانات اطللس شمالی که فعالیت سیکلون‌های اروپا و شمال مدیترانه را تعدیل می‌کند، رابطه معنی‌دار منفی وجود دارد. گنگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۷: ۱) به بررسی فراوانی طوفان‌های گردوغبار آسیا در شمال چین و رابطه آنها با الگوهای جوی شمال اقیانوس آرام پرداخته و یک رابطه معنی‌دار با ضریب ۰/۶ بین آنها در بازه زمانی ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۲ پیدا نموده‌اند، بطوریکه رودباد شرق آسیا مسئول ایجاد تنوع محسوس بین فراوانی طوفان‌های گردوغبار و الگوهای جوی شمال اقیانوس آرام می‌باشد. فیو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۸: ۵۸۹۶) روند کاهنده طوفان‌های گردوغبار و مشخصات مواد معلق آنها را در شمال چین مورد بررسی قرار داده و روند کاهشی گردوغبار این منطقه طی ۲۰ سال گذشته را مرتبط با آنومالی حرارتی همان دوره می‌دانند، بطوریکه افزایش دما شدت جریان‌های سرد شمال مونگولیا که اغلب عامل محرک طوفان‌های گردوغبار در بیابان گبی هستند را کاهش می‌دهد. گائو و هان<sup>۳</sup> (۲۰۱۰): ۱) ویژگی‌های تکاملی گردش‌های جوی برای مطالعه فراوانی طوفان گردوغبار بهاری و پیش‌بینی احتمال وقوع آتی آنها را در شمال چین مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از تکنیک بوتاستروپینگ، شاخص‌های عناصر گردش جوی را از نظر کمی تعیین نمودند که این شاخص‌ها می‌توانند سیگنال‌هایی را برای پیش‌بینی فصلی طوفان گردوغبار

1 - Gong

2 - Fu

3 - Gao &amp; Han

و روزهای بارانی و دبی وارده به دریاچه هامون ارتباط معکوس و معنی داری وجود دارد.

#### مواد و روش‌ها

جهت تحلیل همدید روزهای گردوغبار ایلام، از دو پایگاه داده‌های محیطی و گردشی استفاده گردید. بدین صورت که ابتدا با توجه به داده‌های اقلیمی سطح زمین، تعداد روزهای گردوغبار تعیین و سپس الگوهای گردشی موجد آنها شناسایی و ترسیم گردید. تشکیل پایگاه داده‌های محیطی بدین طریق انجام شد که تعداد روزهای گردوغبار ایلام در بازه زمانی ۱۹ ساله (از ۱۹۸۷/۱/۱ تا ۲۰۰۵/۱۲/۳۱) با استفاده از کد پدیده‌های هوای حاضر سازمان هواشناسی کشور<sup>۱</sup> (کدهای ۶ و ۳۰ تا ۳۵ که مربوط به روزهای گردوغبار است) و برنامه‌نویسی در نرم افزار متلب<sup>۲</sup> تعیین گردید (شکل ۱). روزهای گردوغباری در بازه زمانی مورد بررسی، ۲۵۹ روز را در بر می‌گیرد که در این میان سال ۲۰۰۰ با ۳۸ روز بیشترین فراوانی و سال ۱۹۹۸ با ۴ روز کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲). حداکثر فراوانی ماهیانه مربوط به ژولای (۵۲ روز) و حداقل مربوط به دسامبر (یک روز) است (شکل ۳).

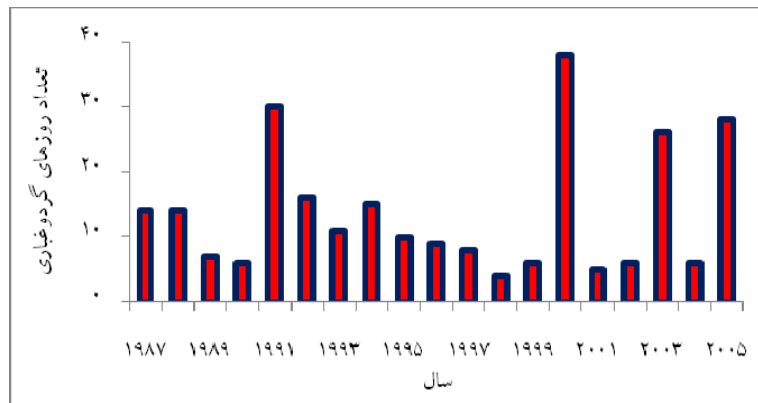
رودباد جبهه قطبی و در دوره گرم سال کم‌فشارهای حرارتی سطح زمین به ویژه کم‌فشار خلیج فارس مهمترین عامل شکل‌گیری پدیده گردوغبار در خوزستان هستند. ذوالفقاری و هاشمی (۱۳۸۹: ۲۴) به بررسی سینوپتیکی و دینامیکی پدیده گردوغبار کشور در تیرماه ۱۳۸۸ پرداخته و بیان داشته‌اند که در این تاریخ در سطح زمین یک ناحیه کم‌فشار نسبی بر روی کشورهای سوریه، اردن، مصر و قسمتی از مدیترانه شکل گرفته و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ناوهی نسبتاً عمیق را نشان می‌دهد که از دریای مدیترانه تا شمال آفریقا را در بر می‌گیرد. این الگو باعث گسترش جریانات جنوبغربی از عراق تا شمالشرق کشور در سطوح بالا شده و حجم عظیمی از گردوغبار را به ایران انتقال داده است. دهدارزاده و صلاحی (۱۳۸۹: ۲۱) الگوهای همدید مولد گردوغبار استان فارس را در سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ تحلیل نموده و بیان کرده‌اند که در تراز سطح دریا وجود مراکز کم‌فشار بر روی عربستان و عراق به علت عدم همراهی رطوبت و وزش بادهای شدید و همچنین در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قرارگیری در جلوی فرود با آرایش غربی- شرقی به علت ناپایداری هوای خشک موجب انتقال ریزگردها به ایران شده و قرارگیری در جلوی فراز با هوای پایدار زمینه ماندگاری گردوغبار در جو منطقه را فراهم آورده است. طاووسی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های گردوغبار، بارندگی و باد ایستگاه زابل و داده‌های هیدرومتری ایستگاه میلک روزهای گردوغباری منطقه سیستان را در بازه زمانی ۱۹۷۶-۲۰۰۵ مورد تحلیل آماری قرار داده و بیان داشتند که بین تعداد روزهای گردوغباری

1 - www.weather.ir

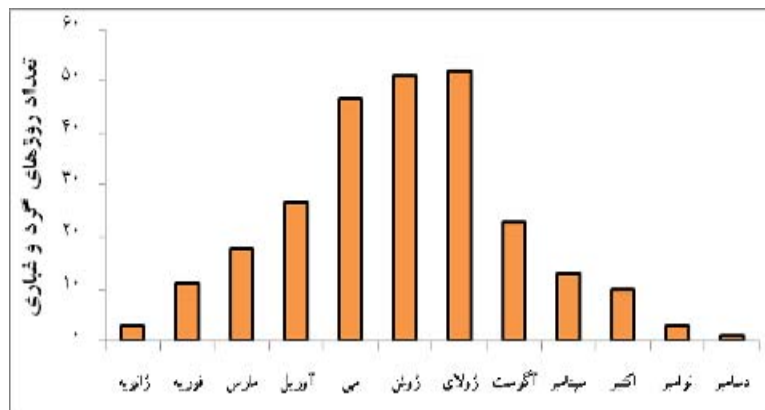
2 - Mat Lab

Record	Solar Year	Month	Day	Christian Year	Month	Day	Dust Duration
1	1366	2	22	1987	5	12	1
2	1366	3	12	1987	6	2	1
3	1366	3	14	1987	6	4	1
4	1366	4	3	1987	6	24	1
5	1366	4	12	1987	7	3	3
6	1366	4	13	1987	7	4	3
7	1366	4	14	1987	7	5	3
8	1366	6	5	1987	8	27	1
9	1366	6	15	1987	9	6	1
10	1366	6	23	1987	9	14	1
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
250	1384	5	6	2005	7	27	6
251	1384	5	7	2005	7	28	6
252	1384	5	8	2005	7	29	6
253	1384	5	18	2005	8	8	5
254	1384	5	19	2005	8	9	5
255	1384	5	20	2005	8	10	5
256	1384	5	21	2005	8	11	5
257	1384	5	22	2005	8	12	5
258	1384	7	15	2005	10	6	1
259	1384	7	26	2005	10	17	1

شکل ۱- پایگاه داده‌های روزانه گردوغبار ایلام



شکل ۲- فراوانی سالیانه روزهای گردوغبار ایلام



شکل ۳- فراوانی ماهیانه روزهای گردوغبار ایلام

روش ادغام وارد صورت گرفت، زیرا در روش ادغام وارد میزان پراش درون‌گروهی به حداقل و پراش برون‌گروهی به حداکثر می‌رسد، در نتیجه همگنی و تجانس گروه‌های حاصله به بیشینه خود میل می‌کند (مسعودیان، ۱۳۸۶: ۷). در این روش گروه‌های  $r$  و  $s$  در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک با دیگر گروه‌ها کمینه باشد (رابطه ۱). در این رابطه  $d_{rs}^2$  فاصله بین گروه  $r$  و گروه  $s$  بوده و  $n$  تعداد مشاهدات است.

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این پژوهش برای محاسبه درجه همانندی از روش فاصله اقلیدسی استفاده شده است. در مطالعات اقلیمی غالباً در مواردی که مقیاس اندازه‌گیری متغیرها متفاوت و دارای دامنه‌های مختلفی باشند از فاصله اقلیدسی استاندارد شده استفاده می‌شود. فرض کنید  $x_r$  بردار مشاهدات بر روی  $r$  و  $x_s$  بردار مشاهدات بر روی  $s$  باشد در این صورت فواصل یادشده در بالا به صورت جدول (۱) محاسبه می‌شود.

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)
در اینجا $D^{-1}$ ماتریسی قطری است که شامل پراش متغیرهاست.	

بدین صورت که کل داده‌ها (۲۵۹ روز گرد و غباری) با توجه به فاصله اقلیدسی موجود در ابتدا به دو گروه

پایگاه گردشی شامل داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، داده‌های جهت باد، سرعت قائم، دمای سطحی، شیو فشار و گردوغبار است که جهت تعیین الگوی گردشی روزهای گردوغباری از آنها استفاده گردید. دوره آماری پایگاه گردشی مطابق با پایگاه داده‌های محیطی بوده و استخراج داده‌ها از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم افزار گرادس (Grads) صورت گرفت. قلمرو جغرافیایی داده‌های گردشی ۰ تا ۷۰ درجه عرض جغرافیایی و ۰ تا ۸۰ درجه طول جغرافیایی است. داده‌های جو بالا از پایگاه داده NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده امریکا اخذ گردید.

پایگاه داده‌ها در نرم‌افزار متلب به صورت ماتریس  $1 \times 6940$  با آرایش  $P$  تشکیل شد. آرایش  $P$ ، ماتریسی از پایگاه داده‌ها است که سطرها  $m$ ، زمان و ستون‌های  $n$ ، متغیرهای اقلیمی هستند. در پایگاه داده‌ها ۶۹۴۰ روز به عنوان سطر و پدیده گردوغبار به عنوان ستون در نظر گرفته شد. بعد از حذف سالهای بدون آمار، ماتریس نهایی داده‌ها به صورت  $1 \times 259$  شکل گرفت. سپس بر روی ماتریس داده‌ها یک تحلیل خوشه‌ای پایگانی (سلسله‌ای) به

در نهایت، برای ایستگاه مورد نظر دارنمای کلی و دارنمای تقطیع شده در نرم‌افزار متلب ترسیم گردید.

الگوی گردش برای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شناسایی و ترسیم گردید (شکل ۱۰).

الگوهای گردش فشار تراز دریا در روزهای گردوغباری:

دارنمای الگوی گردش فشار تراز دریا در ابتدا در سطح ۲ به دو خوشه کلی دوره گرم و سرد تقسیم گردید که در سطح ۵ الگوهای سه و چهار مربوط به دوره سرد سال و الگوهای یک، دو و پنج مربوط به دوره گرم سال می‌باشند (شکل ۴).

الگوی‌های دوره گرم سال (شکل‌های ۵، ۶ و ۹) حاکمیت کم‌فشار گنگ را نشان می‌دهد که هسته اصلی آن بر روی هند و پاکستان واقع شده و هسته دیگر آن بر روی جنوب خلیج فارس بسته شده است. زبانه‌ای از این کم‌فشار جنوب تا مرکز ایران را در بر گرفته و بر روی منطقه مورد مطالعه نیز دیده می‌شود. توزیع زمانی الگوی اول مربوط به اواخر بهار و تابستان بوده و ۲۷ درصد فراوانی را به خود اختصاص داده است (شکل ۵). الگوی دوم ۲۴ درصد فراوانی را شامل شده و گسترش زمانی آن پراکنده و فراگیر و بیشتر شامل بهار و تابستان است (شکل ۵). الگوی پنجم مربوط به فصل گرم سال یعنی تابستان بوده و ۲۹ درصد فراوانی را به خود اختصاص داده است (شکل ۹).

الگوی سوم استقرار پرفشار سیبری در شرق و پرفشار دریای سیاه در غرب را نشان می‌دهد که زبانه‌های آنها در شمال ایران با هم ادغام شده است و

بزرگ سپس این مراحل تا پایین‌ترین سطح ادامه می‌یابد تا جائیکه همه داده‌ها گروه‌بندی شوند. هدف اصلی خوشه‌بندی افزایش واریانس بین‌گروهی و کاهش واریانس درون‌گروهی است. با توجه به روش تقطیع دارنما که روشی درون‌سو بوده و با توجه به واریانس داده‌ها، نحوه شکست دارنما، همگنی گروه‌های حاصله و استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌ها، دارنما در سطوح ۵ و ۴ تقطیع گردید که ۵ الگو برای فشار تراز دریا، ۴ الگو برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشخص شد. علت برش دارنما در سطوح مورد نظر به دلیل معنی‌داری تفاوت میانگین خوشه‌ها در این سطوح می‌باشد، زیرا در بالاتر از آن الگوهای گردش در هم ادغام شده و خود را نشان نمی‌دهند. در سطوح پایینتر نیز تعداد الگوها زیاد، مشابه و تکراری شده و نهایتاً نامگذاری برای آنها سخت می‌گردد. همچنین الگوهای گردش روزهای فرین گردوغبار (دید افقی ۱۰۰ متر و کمتر از آن) در منطقه مورد بررسی شناسایی و ترسیم شد. برای ترسیم نقشه الگوهای گردش تراز سطح دریا و ۵۰۰ هکتوپاسکال از نرم افزار سرفر<sup>۱</sup> استفاده شد.

#### یافته‌های تحقیق

با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای گردوغبار ایلام پنج الگوی گردش برای فشار تراز دریا (شکل ۴) و چهار

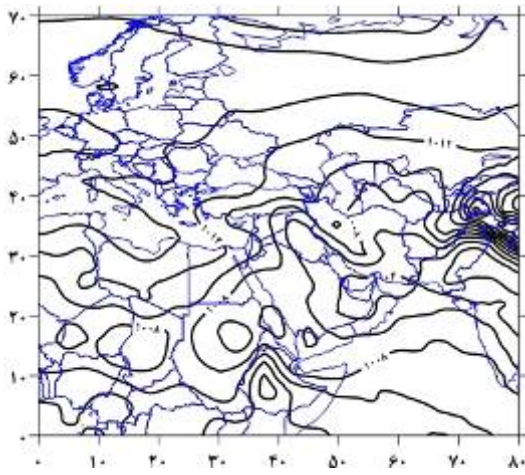
<sup>۱</sup> - Surfer



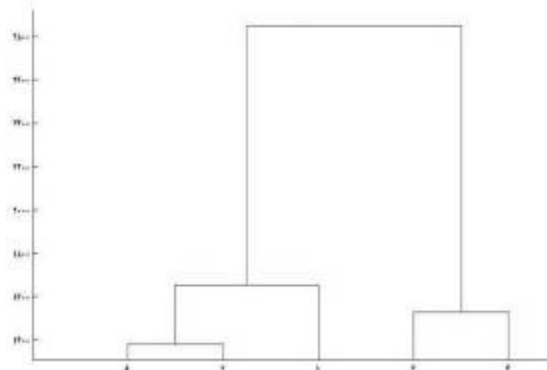
قزاقستان واقع شده و به صورت شرقی - غربی گسترش یافته است. کم‌فشار سودان نیز که در شرق افریقا مستقر است زبان‌های آن تا مرزهای غربی ایران گسترش یافته ولی به دلیل گسترش پرفشار سبیری مجوز ورود به ایران را ندارد. توزیع زمانی این الگو مربوط به اواخر زمستان بوده و ۹ درصد فراوانی دارد (شکل ۸).

زبان‌های از پرفشار دریای سیاه با جهت شمال‌غربی - جنوب‌شرقی بر روی زاگرس تا جنوب ایران گسترش یافته است. این الگو بیشتر در اواسط پاییز، اواخر زمستان و اوایل بهار رایج بوده و ۱۱ درصد فراوانی را شامل می‌شود (شکل ۷).

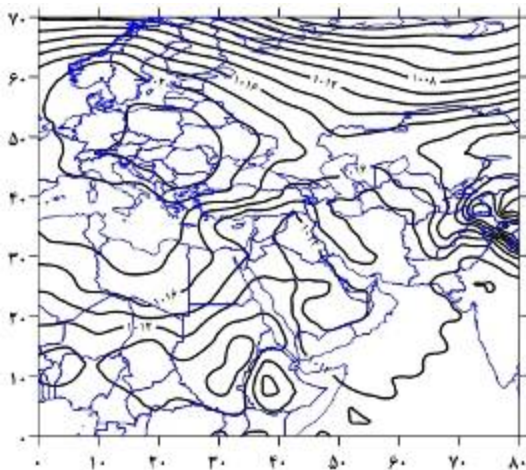
الگوی چهارم حاکمیت پرفشار سبیری را نشان می‌دهد که هسته اصلی آن بین کشورهای مغولستان و



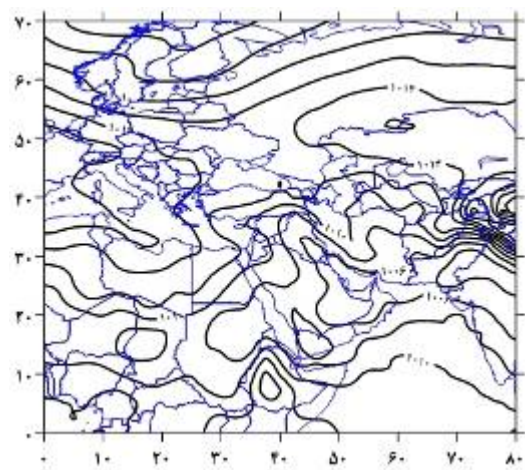
شکل ۵- الگوی گردشی اول فشار تراز دریا در روزهای گردوغباری



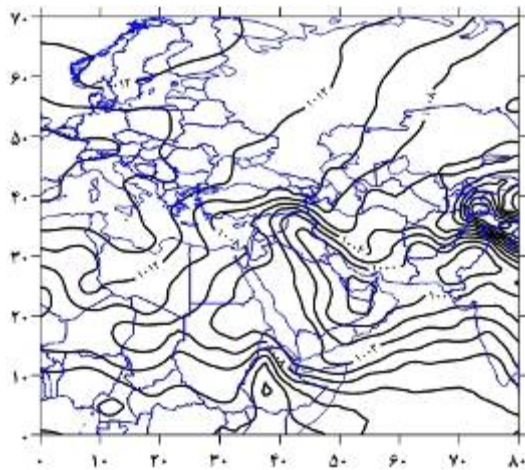
شکل ۴- دارنمای الگوهای گردشی فشار تراز دریا در روزهای گردوغباری



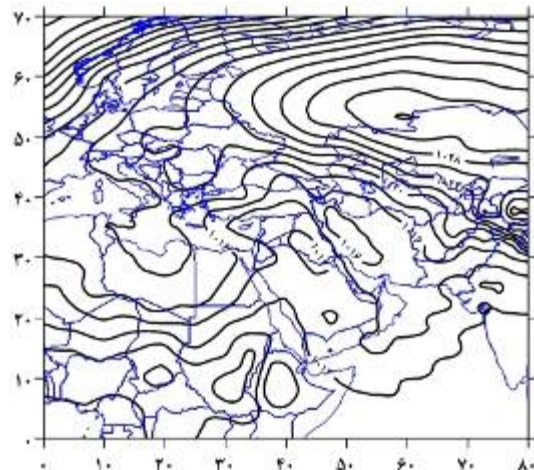
شکل ۷- الگوی گردشی سوم فشار تراز دریا در روزهای گرد و غباری



شکل ۶- الگوی گردشی دوم فشار تراز دریا در روزهای گرد و غباری



شکل ۹- الگوی گردشی پنجم فشار تراز در روزهای گرد و غباری



شکل ۸- الگوی گردشی چهارم فشار تراز در روزهای گرد و غباری

ایران را در بر گرفته را نشان می‌دهد. همچنین فرود دریای مدیترانه نیز تضعیف شده و تقریباً در حال نابودی است. این عوامل سبب شده تا جهت جریان‌ات غربی بوده و به علت فرود باز و رطوبت کم سبب انتقال گردوغبار به غرب ایران گردد. این الگو بیشترین فراوانی تراز سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یعنی ۳۰/۸۸ درصد را شامل شده و بیشتر شامل اواخر بهار و اوایل تابستان است (شکل ۱۲).

در الگوی سوم زبانه‌ای از پراارتفاع جنب حاره وارد ایران شده و کل کشور را در بر گرفته و اثری از فرود مدیترانه دیده نمی‌شود، بنابراین جو منطقه عموماً آرام و پایدار است. با توجه به حرکت و اچرخندی زبانه پراارتفاع جنب حاره، جهت جریان‌ات جنوب‌غربی بوده و به علت عدم وجود رطوبت باعث انتقال گردوغبار از عراق و سوریه به غرب ایران شد است. الگوی سوم یک الگوی تابستانی بوده و ۲۷/۷۹ درصد فراوانی را شامل می‌شود (شکل ۱۳).

الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری:

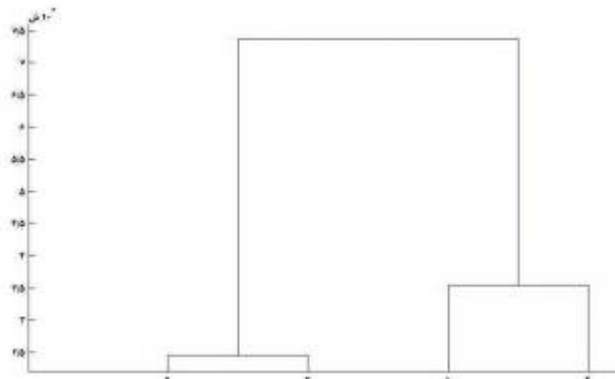
دارنمای الگوی‌های گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سطح ۲ به دو خوشه کلی دوره‌های گرم و سرد تقسیم شد که در سطح ۴ الگوهای دو و سه مربوط به دوره گرم سال و الگوهای یک و چهار مربوط به دوره سرد سال می‌باشد (شکل ۱۰).

الگوی اول فرود مدیترانه را نشان می‌دهد که در حال تضعیف است. پراارتفاع جنب حاره نیز در حال گسترش به عرض‌های بالاتر و جنوب ایران بوده و با جهت و اچرخندی خود سبب تقویت جریان‌ات غربی و جنوب‌غربی و انتقال گردوغبار از عراق، شمال عربستان و سوریه به غرب ایران می‌شود. فرود دریای سرخ نیز به این فرایند کمک کرده و آن را تشدید می‌کند. توزیع زمانی الگوی اول مربوط به اوایل پاییز و اواسط بهار بوده و ۲۴/۷۱ درصد فراوانی را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۱).

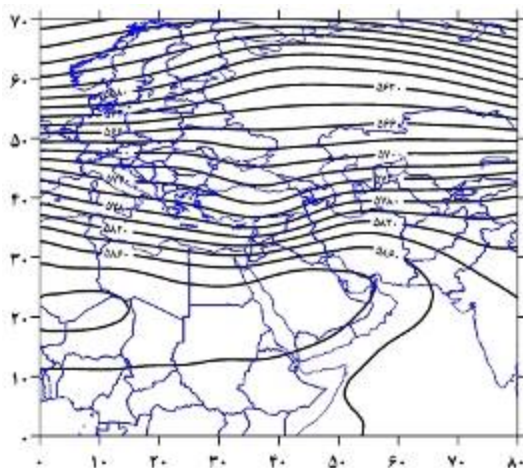
الگوی دوم استقرار زبانه‌ای از پراارتفاع جنب حاره که به صورت مداری از شمال آفریقا تا جنوب و مرکز

به سمت جنوب حرکت کنیم از ناپایداری این فرود کاسته و بر شیو ارتفاع ژئوپتانسیل افزوده می‌شود که نهایتاً باعث ایجاد و وزش بادهای تند با جهت غربی و جنوبغربی و انتقال گردوغبار به غرب ایران می‌گردد. توزیع زمانی الگوی چهارم مربوط به فصل سرد سال یعنی زمستان و اوایل بهار بوده و کمترین فراوانی ۱۶/۶ درصد را به خود اختصاص داده است (شکل ۱۴).

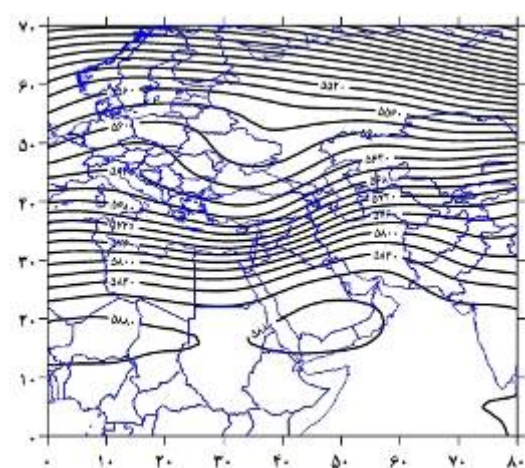
در الگوی چهارم هسته پراتفاح جنب حاره بر روی جنوب عربستان مستقر شده و فرود بلند دریای مدیترانه نیز تقویت و بخش‌هایی از شمالغرب ایران را در بر گرفته است. این عوامل سبب شده تا جهت جریانات جنوبغربی شده و حرکت و اچرخندی زبانه پراتفاح جنب حاره آن را تقویت کند. ادغام فرود بلند دریای مدیترانه و دریای سرخ باعث ناپایداری در شمالغرب ایران شده و هراندازه در نیمه غربی ایران



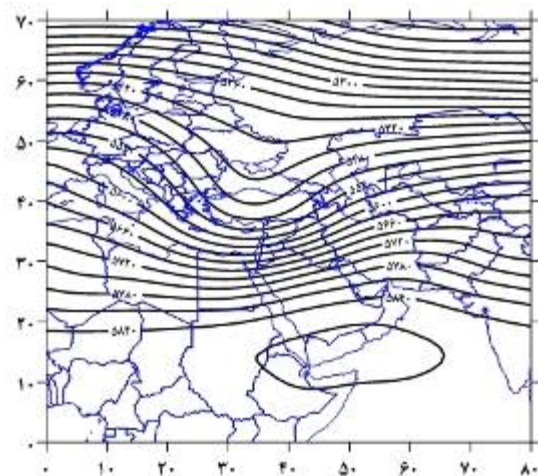
شکل ۱۰- دارنمای الگوهای گردشی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گردوغباری



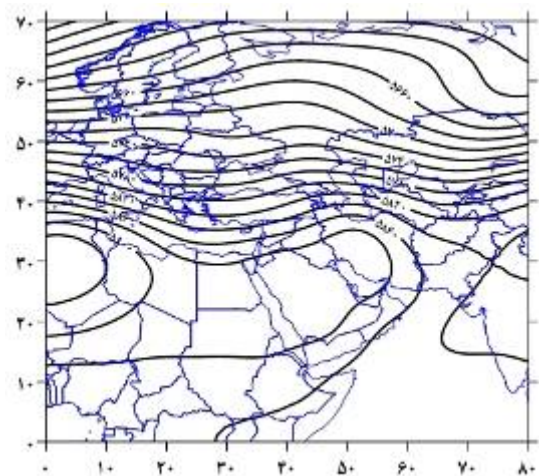
شکل ۱۲- الگوی گردشی دوم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گرد و غباری



شکل ۱۱- الگوی گردشی اول تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گرد و غباری



شکل ۱۴- الگوی گردش چهارم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گرد و غباری



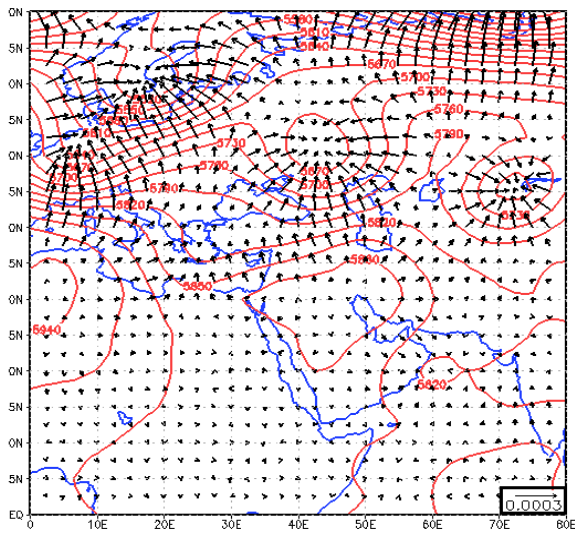
شکل ۱۳- الگوی گردش سوم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای گرد و غباری

جریانات غربی است. وجود مرکز فرعی کم‌فشار بر روی عراق، حالت همگرایی آن و شیو فشاری شدید باعث انتقال گردوغبار از عراق به قسمتهای غربی کشور شده است (شکل ۱۵). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز زبانه‌ای از واپرخند آזור بر روی ایران دیده می‌شود که هسته اصلی آن با ارتفاع مرکزی ۵۹۵۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شمال افریقا و هسته فرعی آن با ارتفاع مرکزی ۵۸۸۰ روی عربستان و جنوب عراقی بسته شده است. چرخش ساعتگرد و حالت واگرایی زبانه واپرخند آזור باعث شکل‌گیری جریانات غربی و جنوبغربی و جابجایی گردوغبار از شمال عربستان و جنوب عراق به بخش‌های جنوب-غربی کشور به ویژه منطقه مطالعاتی می‌گردد (شکل ۱۶).

الگوهای گردشی روزهای فرین گردوغبار:

با توجه به شاخص دید افقی ۱۰۰ متر و کمتر از آن دو روز فرین گردوغبار در منطقه مطالعاتی در بازه زمانی مورد نظر شناسایی گردید. این روزها عبارتند از ۱۹۹۹/۷/۲۲ (۱۳۷۸/۴/۳۱) و ۲۰۰۰/۷/۱۷ (۱۳۷۹/۴/۲۷) که الگوهای گردشی آنها به شرح زیر است:

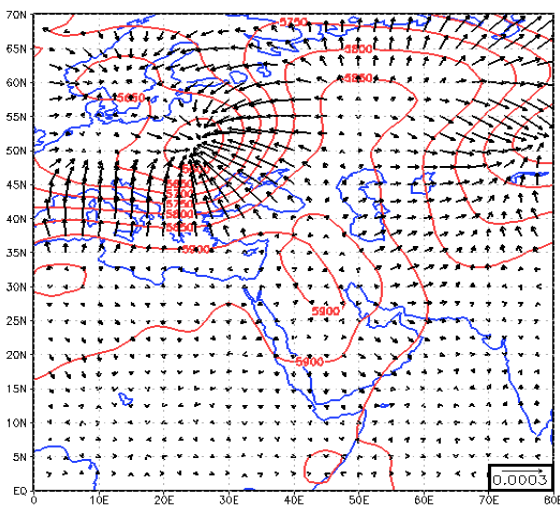
در تاریخ ۱۹۹۹/۷/۲۲ در فشار تراز دریا واپرخند آזור بر روی شمال افریقا مشاهده می‌گردد که فرود شرق دریای مدیترانه و دریای سیاه باعث پسراندگی و عقب‌نشینی آن شده است. کم‌فشار پاکستان با کم-فشار خلیج فارس ادغام شده و قسمت‌های اعظم غرب و جنوب ایران را در بر گرفته است. با توجه به این که جهت باد عمود بر جهت شیو فشار و طول بردارها نشان دهنده شدت وزش باد است، جهت



شکل ۱۶- الگوهای ترکیبی فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و

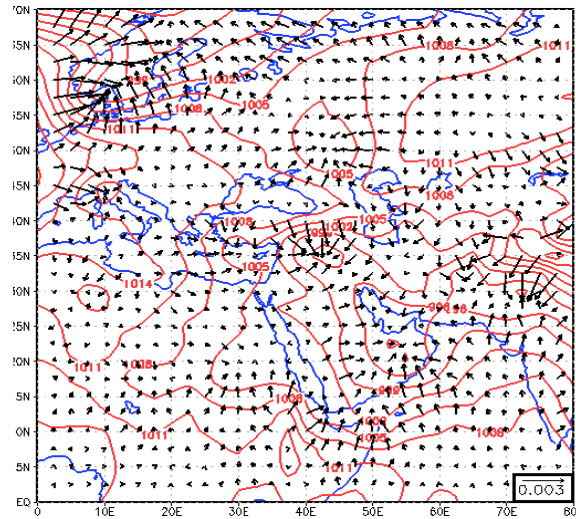
شیو ژئوپتانسیل در ۱۹۹۹/۷/۲۲

ایران مشاهده می‌گردد. همچنین یک فراز مانع به شکل اُمگا در روسیه تشکیل شده که اثرات آن بر روی منطقه مطالعاتی مشهود است. با توجه به واگرایی جهت بردار شیو فشار بر روی زبانه پارتفاع آזור واقع در جنوبغرب ایران جهت جریانات عمدتاً غربی و جنوبغربی است که سبب جابجایی گردوغبار به مناطق غربی کشور می‌شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- الگوهای ترکیبی فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و

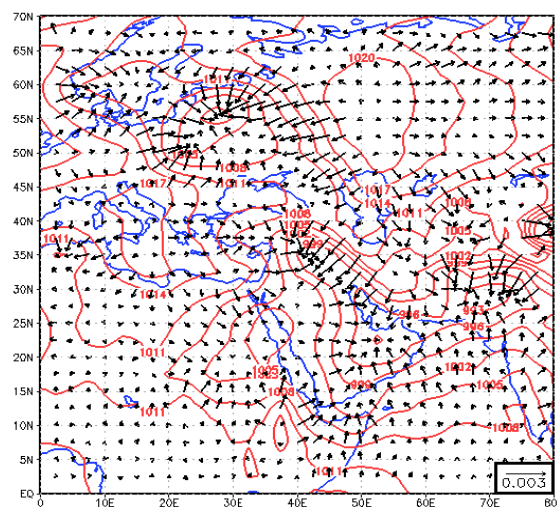
شیو ژئوپتانسیل در ۲۰۰۰/۷/۱۷



شکل ۱۵- الگوهای ترکیبی فشار تراز دریا و شیو فشار در

۱۹۹۹/۷/۲۲

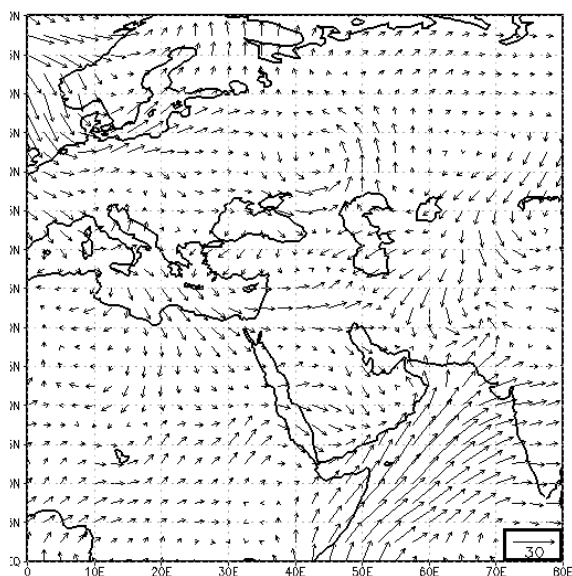
نقشه فشار تراز دریا در ۲۰۰۰/۷/۱۷ یک کم‌فشار را نشان می‌دهد که بر روی خلیج فارس تشکیل شده و زبانه‌ای از کم‌فشار پاکستان می‌باشد. در بخش‌های غرب و جنوبغرب ایران شیو فشار زیاد بوده که نشان‌دهنده بادهای شدید با جهت غربی و شماغربی می‌باشد (شکل ۱۷). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال زبانه‌ای از واچرخند آזור بر روی جنوب مدیترانه، عربستان و با امتداد شمالغرب- جنوبشرق بر روی



شکل ۱۷- الگوهای ترکیبی فشار تراز دریا و شیو فشار در

۲۰۰۰/۷/۱۷

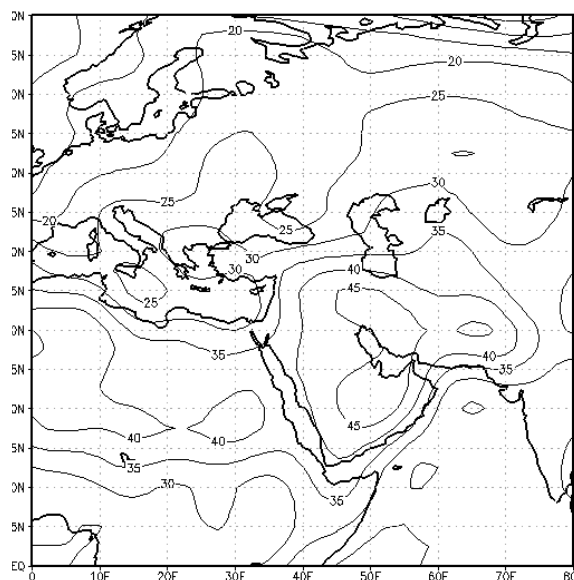
(شکل ۱۹). نقشه بردار باد تراز دریا نشان دهنده بادهایی با جهت غربی و شدت زیاد در منطقه مطالعاتی است (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- الگوی بردار باد تراز دریا در ۱۹۹۹/۷/۲۲

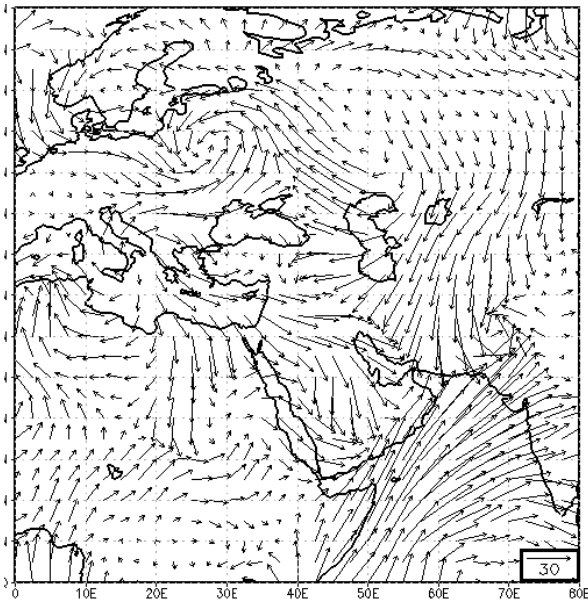
جریانات غربی از شدت بیشتری نسبت به بادهای شمالغربی برخوردار است. در تاریخ مزبور به علت شکل‌گیری زبانه‌ای از کم‌فشار ادغام شده خلیج فارس و پاکستان بر روی قسمت‌های جنوب و غرب کشور، همگرایی بادهای غربی و شمالشرقی در منطقه مطالعاتی نیز مشاهده می‌گردد که باعث تشدید گرد و غبار شده است (شکل ۲۲).

در ۱۹۹۹/۷/۲۲ در تراز دریا منحنی همدمای ۴۵ درجه قسمت‌های جنوبی تا غرب ایران و صحرای عربستان را فراگرفته است که باعث افزایش خشکی و به تبع آن تشدید گرد و غبار در منطقه شده است



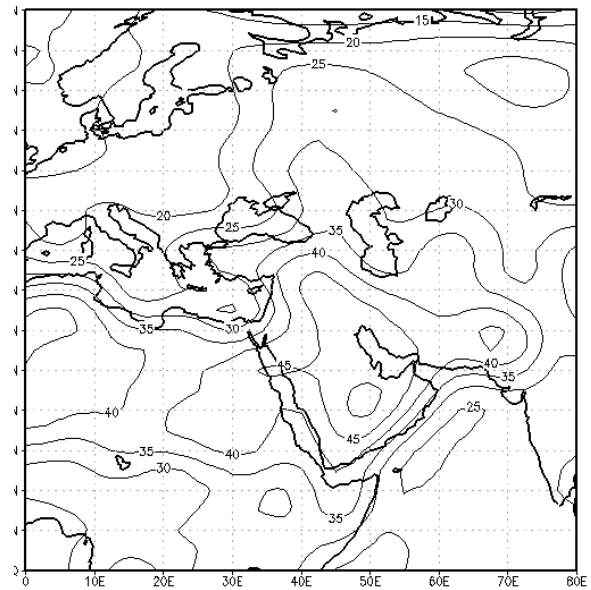
شکل ۱۹- الگوی دمای تراز دریا در ۱۹۹۹/۷/۲۲

در روز ۲۰۰۰/۷/۱۷ در تراز دریا منحنی همدمای ۴۵ درجه بخش‌های جنوبغرب و غرب ایران، عراق و عربستان را در بر گرفته که باعث افزایش گردوغبار از چشمه‌های تولید غبار خصوصاً جنوب عراق و شمال صحرای عربستان به منطقه شده است (شکل ۲۱). نقشه بردار باد تراز دریا نشان‌دهنده بادهایی با جهت غربی و شمالغربی در منطقه مطالعاتی بوده که



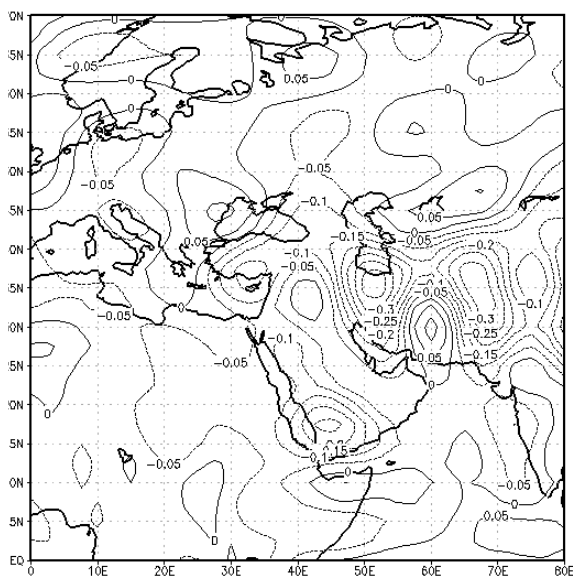
شکل ۲۲- الگوی بردار باد تراز دریا در ۲۰۰۰/۷/۱۷

گردوغبار به سطوح بالای جو و جابجایی آن به سوی غرب ایران می‌گردد (شکل ۲۳). سرعت قائم تراز دریا در ۲۰۰۰/۷/۱۷ نیز مبین حاکمیت شرایط ۱۹۹۹/۷/۲۲ است با این تفاوت که هسته‌های حرکات صعودی مزبور کمی به سمت شرق ایران جابجا شده‌اند (شکل ۲۴).

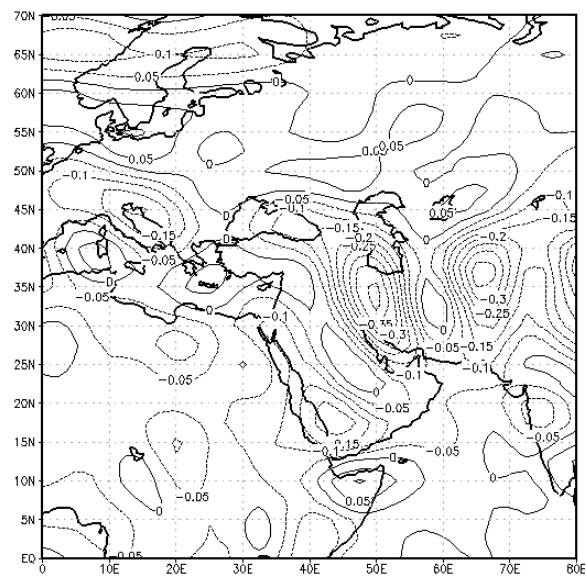


شکل ۲۱- الگوی دمای تراز دریا در ۲۰۰۰/۷/۱۷

الگوی سرعت قائم تراز دریا در ۱۹۹۹/۷/۲۲ نشان می‌دهد که در غرب ایران و شرق عراق حرکات عمودی صعودی (مقادیر منفی) برقرار است که حداکثر آن کاهش  $0.4$  پاسکال بر ثانیه است. به دلیل حاکمیت زبانه‌ای از کم‌فشار ادغامی پاکستان و خلیج فارس در شرق عراق و وجود حرکات صعودی و همگرا شدن جریان‌ات باعث انتقال و تشدید



شکل ۲۴- الگوی سرعت قائم تراز دریا در ۲۰۰۰/۷/۱۷



شکل ۲۳- الگوی سرعت قائم تراز دریا در ۱۹۹۹/۷/۲۲

## بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر تاثیر جهانی طوفان‌های گردوغبار مشهودتر شده، به طوری که یافته‌های بیشتری در مورد منشاء، مسیر و نحوه انتقال، پیامدهای زیست محیطی، اثرات مخرب بر روی سلامتی انسان و تعدد دفعات وقوع آن در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف به دست آمده است. مطالعه الگوهای گردشی انتقال دهنده‌ی گردوغبار به غرب کشور از چندین جنبه دارای اهمیت است: اول اینکه این منطقه به دلیل داشتن ویژگی‌های طبیعی خاص نظیر کوهستانی بودن، داشتن متوسط بارندگی سالیانه بیشتر از متوسط بارندگی کشور و وجود پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی به عنوان یک منطقه منشاء گردوغبار محسوب نمی‌گردد، بلکه طوفان‌های گردوغبار این منطقه عموماً فرا محلی بوده و جنبه فراگیر و گسترده دارند. دوم اینکه این منطقه در مسیر ورود و عبور سامانه‌های جوی به داخل کشور بوده و نخستین منطقه‌ای است که اولین و بیشترین تاثیر را از این سامانه‌ها می‌پذیرد. با توجه به مشخص بودن منشاء گردوغبارهای رخ داده در غرب و جنوب‌غرب ایران که اکثراً مناطق بیابانی و ریگزارهای کشورهای عراق، عربستان، سوریه و شمال صحرای کبیر افریقا می‌باشد، این پژوهش نشان دهنده گامی به سوی ایجاد پیوند بین الگوهای گردشی سینوپتیکی بزرگ مقیاس و تنوع مکانی و زمانی فعالیت طوفان‌های گردوغبار در جنوب غرب و غرب ایران با استفاده از

نقشه‌های سینوپتیکی الگوهای گردشی فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال، داده‌های جهت باد، سرعت قائم، دمای سطحی و گردوغبار ایستگاه ایلام می‌باشد. فرض اساسی بر این موضوع بنا نهاده شده است که در مقیاس سینوپتیکی کدام الگوهای گردشی اتمسفری در سطوح پایین و میانی جو باعث ایجاد و انتقال گردوغبار از کشورهای عراق، عربستان و سوریه به نواحی غربی و جنوب غرب کشور شده و توزیع زمانی و فراوانی درصد وقوع آنها چگونه است. نتایج نشان می‌دهد که مهمترین الگوهای گردشی انتقال گردوغبار به غرب ایران عبارتند از:

۱- در سطح زمین وجود کم‌فشار گنگ در فصل گرم سال که هسته اصلی آن بر روی هند و پاکستان و هسته دیگر آن بر روی جنوب خلیج فارس واقع شده است، در فصل سرد استقرار پرفشار سیبری در شرق و پرفشار دریای سیاه در غرب که زبانه‌ی آنها در شمال ایران با هم ادغام شده و زبانه‌ای از پرفشار دریای سیاه با جهت شمال‌غربی - جنوب‌شرقی بر روی زاگرس تا جنوب ایران گسترش یافته است و کم‌فشار سودان نیز که در شرق افریقا مستقر شده و زبانه‌های آن تا مرزهای غربی ایران گسترش یافته است، مهمترین سامانه‌های ایجاد و انتقال گردوغبار به منطقه مطالعاتی هستند

۲- در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال فرود بلند مدیترانه که در دوره‌های سرد با فرود دریای سرخ ادغام شده و



سامانه‌ها و شرایط اقلیمی مزبور باعث انتقال و تشدید گردوغبار در منطقه مطالعاتی در روزهای فرین شده است.

باید توجه داشت که ممکن است سامانه‌های باران‌زا همان الگوهای موجد گردوغبار نیز باشند، لیکن به دلیل فقدان رطوبت در یک لایه و یا پایداری در لایه‌ی دیگر سبب ناپایداری کمتر و در نتیجه انتقال گردوغبار شود. احتمال می‌رود که روند افزایشی تعداد روزهای گردوغبار در ایلام ناشی از افزایش فرکانس الگوهای گردشی و یا افزایش خشکسالی و به تبع آن گسترش بیابانزایی در مناطق منشاء باشد که احتمال وقوع فرضیه دوم بیشتر است.

#### منابع

اردبیلی، لیلی، (۱۳۸۹)، بررسی فرایندهای موثر در تشدید گردوغبار سال‌های اخیر ایران، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ و ۲۸ بهمن ماه، دانشگاه یزد، ص ۳۱.

اکرامی، محمد؛ طالبی، علی و مهدی سلیمانی مطلق، (۱۳۸۹)، بررسی اثر گردوغبار بر تسریع ذوب برف (مطالعه موردی: ارتفاعات شیرکوه یزد)، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ و ۲۸ بهمن ماه، دانشگاه یزد، ص ۴۳.

دهدرازاده، محمد و برومند صلاحی، (۱۳۸۹)، بررسی آماری و تحلیلی بر الگوهای همدید مولد

در دوره‌های گرم تضعیف می‌شود و همچنین پرارتفاع جنب حاره آزور که در دوره‌های سرد به عرضهای پایین و جنوب عربستان مستقر و در دوره‌های گرم به عرضهای بالاتر و جنوب ایران منتقل می‌شود، مهمترین سامانه‌های همدید انتقال گردوغبار به غرب ایران هستند.

۳- در روزهای فرین گردوغبار در تراز دریا مراکز ادغامی کم‌فشارهای پاکستان و خلیج فارس در بخش‌های جنوبی تا غربی ایران مشاهده می‌گردد که زبان‌های آن نیز بر منطقه مطالعاتی حاکمیت دارد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ناو‌های بر روی مدیترانه شکل گرفته که باعث جدایی زبان‌های و اچرخند آزور و استقرار آن بر روی جنوب مدیترانه، عربستان و با امتداد شمالغرب - جنوبشرق بر روی ایران شده است. این فرایند با تشکیل سلول ثانویه‌ی و اچرخندی در ایران همراه بوده و با توجه به جهت جریان‌ات ساعتگرد خود باعث تشدید و حداکثر انتقال گردوغبار به منطقه می‌گردد.

۴- الگوهای دمایی روزهای فرین در تراز دریا منحنی همدمای ۴۵ درجه را نشان می‌دهد که قسمت‌های جنوبی تا غرب ایران را فراگرفته است. الگوهای بردار باد تراز دریا نیز نمایانگر بادهایی با جهت غربی و شمالغربی با شدت زیاد می‌باشد. همچنین نقشه سرعت قائم تراز دریا نشان‌دهنده حرکات عمودی صعودی در غرب ایران و شرق عراق با حداکثر کاهش ۰/۴ پاسکال بر ثانیه است.

مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۲۵-۲۷ فروردین ماه، زاهدان، ایران.

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

مسعودیان، سیدابولفضل، (۱۳۸۶)، شناسایی تیپ‌های هوای اصفهان، طرح پژوهشی دانشگاه اصفهان. میری، عباس؛ پهلوانروی، احمد و علیرضا مقدم‌نیا، (۱۳۸۸)، بررسی وقوع طوفان‌های گرد و خاک در منطقه سیستان پس از وقوع خشکسالی‌های تناوبی، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، (۱۶) ۳، صص ۳۲۹-۳۴۲.

An, C.-B., Zhao, J., Tao, S., Lv, Y., Dong, W., Li, H., Jin, M., & Wang, Z., (2011), Dust variation recorded by lacustrine sediments from arid Central Asia since ~15 cal ka BP and its implication for atmospheric circulation, *Journal of Quaternary Research*, DOI:10.1016/j.yqres.2010.12.015.

Arimoto, R., (2001), Eolian dust and climate, Relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Journal of Earth Sci. Rev.*: 54, PP 29-42.

Bennion, P., et al., (2007), The impact of airborne dust on respiratory health in children living in the Aral Sea region. *Int. J. Epidemiol.* 36, pp 1103-1110.

Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T., & Enzel, Y., (2007), Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to

گردوخاک در استان فارس در سال‌های (۲۰۰۲-۱۹۹۳)، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ و ۲۸ بهمن ماه، دانشگاه یزد، صص ۲۱.

ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده، (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب کشور، فصلنامه جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴، صص ۱۷۳-۱۸۷.

ذوالفقاری، مرتضی و محمد ناصر هاشمی، (۱۳۸۹)، بررسی سینوپتیکی و دینامیکی پدیده گردوغبار مورخه چهاردهم تا هفدهم تیرماه ۱۳۸۸ کشور، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، ۲۷ و ۲۸ بهمن ماه، دانشگاه یزد، صص ۲۴.

رئیس‌پور، کوهزاد (۱۳۸۷)، تحلیل آماری و همیدید پدیده گردوغبار در استان خوزستان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، استاد راهنما: تقی طاوسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، گروه اقلیم‌شناسی.

طاوسی، تقی؛ خسروی محمود و کوهزاد رئیس‌پور، (۱۳۸۹)، تحلیل همیدیدی سامانه‌های گردوغباری در استان خوزستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۰، صص ۹۷-۱۱۸.

طاوسی، تقی؛ صفرزایی، نعمت‌الله و کوهزاد رئیس‌پور، (۱۳۸۹)، تحلیل آماری روزهای گردوغباری در منطقه سیستان طی دوره (۱۹۷۶-۲۰۰۵)،

- Lee, Y.C., Yang, X., & Wenig, M., (2010), Transport of dusts from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm related events 1996-2007. *Journal of Atmospheric Environment*: 44; pp 3728-3738.
- Meng, Z., Lu, B., (2007), Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China. *Atmos. Environ*: 41, pp 7048-7058.
- Miller, S.D., Kuciauskas, A.P., Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed, D.W., Walker, A.L., Al Mandoos, A., (2008), Haboob dust storms of the southern Arabian peninsula. *J. Geophys. Res.* 113, D01202, doi: 10.1029/2007JD008550.
- O'Hara, S.L., Clarke, M.L., Elatrash, M.S., (2006), Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmos. Environ.*: 40, pp 3881-3897.
- Ridgwell, A.J., (2003), Implications of the glacial CO<sub>2</sub> 'iron hypothesis' for quaternary climate change. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 4 article 1076.
- Song, Z., Wang, J., Wang, S., (2007), Quantitative classification of northeast Asian dust events. *J. Geophys. Res.* 112, D04211, DOI: 10.1029/2006JD007048.
- Toon, O.B., (2003), African dust in Florida clouds. *Journal of Nature*: 424, pp 623-624.
- Wong, S., Dessler, A.E., (2005), Suppression of deep convection over the tropical North Atlantic by the Saharan Air Layer. *Geophys. Res. Lett.* 32, DOI: 10.1029/2004GL022295.
- Xie, J., Yang, C., Zhou, B., & Huang, Q., (2010), High-performance computing for the simulation of dust storms. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*: 34; pp 278-290.
- Yang, X., Zhu, B., Wang, X., Li, C., Zhou, Z., Chen, J., Wang, X., Yin, J., Lu, Y., (2008), Late Quaternary environmental changes and organic carbon density in the atmospheric circulations. *Int. J. Climatol.*, DOI: 10.1002/joc.1587.
- Ding, R., Li, J., Wang, S., & Ren, F., (2005), Decadal change of the spring dust storm in northwest China and the associated atmospheric circulation, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L02808, DOI: 10.1029/2004GL021561.
- Ekstrom, M., Mctainsh, G.H., & Chappell, A., (2004), Australian dust storms: temporal trends and relationships with synoptic pressure distribution (1960-99). *Int. J. Climatol.*: 24; pp 1581-1599.
- Fu, P., Huang, J., Li, C., & Zhong, S., (2008), The properties of dust aerosol and reducing tendency of the dust storms in northwest China. *Journal of Atmospheric Environment*: 42; pp 5896-5904.
- Gao, T., & Han, J., (2010), Evolutionary characteristics of the atmospheric circulations for frequent and infrequent dust storm springs in northern China and the detection of potential future seasonal forecast signals. *Meteorol. Appl.*: 17; pp 76-87.
- Gong, D.-Y., Mao, R., Shi, P.-J., and Fan, Y.-D., (2007), Correlation between East Asian dust storm frequency and PNA, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L14710, DOI: 10.1029/2007GL029944.
- Goudie, A.S., (2009), Dust storms: Recent developments. *Journal of Environmental Management*: 90; pp 89-94.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2001), Saharan dust storms: nature and consequences. *Journal of Earth Sci. Rev.*: 56; pp 179-204.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006), *Desert Dust in the Global System*. Springer, Heidelberg.
- Kang, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Grigholm, B., Kaspari, S., Qin, D., Ren, J., & Mayewski, P., (2010), Variability of atmospheric dust loading over the central Tibetan Plateau based on ice core glaciochemistry. *Journal of Atmospheric Environment*: 44; pp 2980-2989.

- over China-Mongolia areas, Chinese Journal of Geophysics, Vol. 49, No. 1, pp: 68-78.
- Zhu, A., Ramanathan, V., Li, F., Kim, D., (2007), Dust plumes over the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans: climatology and radiative impact. J. Geophys. Res. 112, D16208, DOI: 10.1029/2007JD008427.
- Hunshandake Sandy land, eastern Inner Mongolia, China. Global Planet. Change: 61, pp 70-78.
- Yang, Y.Q., Hou, Q., Zhou, C.H., Liu, H.L., Wang, Y.Q., Niu, T., (2008), Sand/dust storm processes in Northeast Asia and associated large-scale circulations. Atmos. Chem. Phys.: 8, pp 25-33.
- Zheng-An, Q., Ying, C., Jing-Tao, L., Chung-Ming, L., Dong-Liang, L., & Min-Hong, S., (2006), Some advances in dust storm

## Synoptic analysis of Ilam dust storms (1987 - 2005)

**J. Khoshhal. S. H. Mousavi. A. Kashki**

Received: June 7, 2011 / Accepted: October 15, 2011, 5-10 P

### Extended abstract

#### 1- Introduction

Dust storms, one type of dust event, are in most cases the result of turbulent winds, including convective haboobs, which raise large quantities of dust from desert surfaces and reduce visibility to less than 1 km. This dust reaches concentrations in excess of 6000 mg m<sup>3</sup> in severe events. The major dust source regions are areas of arid and hyper-arid, with mean annual rainfalls of less than 100 mm.

The temporal and spatial investigation of dust storms shows the interference of various factors in their occurrence and expansion. These factors is divided into two groups; environmental and human parameters. The climatic (such as low rainfalls, high evaporation, intense wind, drought and atmospheric general circulation) and geological (for example lithology such as Quarts, Clay, Silicate and feldspar),

factors are natural parameters, and factors such as over grassing and crop production, wastage of vegetation, increasing growth of population, battle and political problems are human parameters.

Much of the current interest in dust storms relates to their possible role in the systems and subsystems of Earth. Dust loadings may affect air temperatures through the absorption and scattering of solar radiation, may affect cloud formation, and convectional activity, influence sulphur and carbon dioxide levels in the atmosphere, and influence geo-chemistry cycle, soil evolution and desertification.

Dust storms are one of the destructive climatic phenomena which are affected by various climatic elements such as pressure, precipitation, wind, temperature and evaporation. These phenomena impose much damages to human health, industrial and agricultural installation, population centers and communication ways. The recognition of source regions, creation and expansion style of dust storms and their relation with atmospheric

---

#### Author(s)

**J. Khoshhal**

Associate Professor of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

**S. H. Mousavi** (✉)

Ph.d Student of Geomorphology, University of Isfahan, Isfahan, Iran  
e-mail: hmousavi15@gmail.com

**A. Kashki**

Ph.d Student of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

circulation patterns are fundamental factors in reduction of their damages. In recent decades, trend of dust storms has increased in Iran, specially west and southwest areas. This factor is raised the necessity of dust study in these areas more than before.

The aims of this study are the recognition and assessment of atmospheric circulation patterns transferring dust storms, expansion style and their temporal frequency using cluster analyses of 19-year data (from 1987 to 2005) in Ilam region. Therefore, hypotheses and questions of the study have concentrated on the investigation of transferring systems of dust and the description of their temporal and spatial distribution.

## 2- Methodology

In this study, environmental and circulatory databases were used to be analyzed the synoptic systems of Ilam dust days. At first, the number of dust days was determined using climatic data of Ilam station in a 19-year period (from 1987/01/01 to 2005/12/31). Then, their circulation patterns were identified and plotted. Ilam Dust days are included 259 days that among them year 2000 with 38 days has maximum frequency, and year 1998 with 4 days has minimum frequency. Monthly maximum and minimum frequency of Ilam dust days belong to July (52 days) and December (one day) respectively.

The circulatory database includes sea level pressure, 500-hPa geopotential height, wind direction, omega, temperature, pressure gradient. The geographical territory of database is 0 to 70° latitude and 0 to 80° longitude. Finally, the database was formed as a 6940\*1 matrix in MatLab software. Then, a Paygany cluster analysis was performed

using the Vard integrated method and the Euclidean distance on matrix to determine circulation patterns.

Finally, for the study area, total and fractionated dendrogram was drawn in MatLab software. According to dendrogram fractionation method, data variance, homogeneous groups and compare mean test, dendrogram was cut in 4 and 5 levels. Also, the circulation patterns of extreme dust days (visibility 100 meters and less) was identified and plotted in the study area.

## 3- Discussion

The obtained results of cluster analysis upon pressure data in Ilam represent five circulation patterns for sea level pressure and four circulation patterns for the 500-hPa geopotential height. In 5-level, the dendrogram of SLP patterns is divided into five clusters, in which 3 and 4 patterns belong to cold period, and 1, 2 and 5 patterns belong to warm period (Fig. 4-9). Furthermore, In 4-level the dendrogram of the 500-hPa geopotential height patterns is divided into four clusters, in which 2 and 3 patterns belong to warm period, and 1 and 4 patterns belong to cold period (Fig. 10-14).

According to horizontal visibility index of 100 meters and less, two days was realized for extreme dust days in study area. These days are 1999/7/22 (1378/4/31) and 2000/7/17 (1379/ 4/27). Their circulation patterns have been presented in figures (15) to (23).

## 4- Conclusion

In recent decades, the global effectiveness of dust storms has become increasingly apparent, so that, major advances have occurred in sources, transport paths and their many impacts both on humans and the environment, their frequency at different time scales.

The study of circulation patterns transferring dust in west Iran has abundant importance. For example, Ilam region isn't a source of dust because of natural characteristics such as mountainous areas, high rainfalls and dense vegetation. But, dust storms of this region are non-local. This region is the transport route of climatic systems into Iran, and accepts the most effectiveness from these systems. According to source regions of Iran dust storms which are hyper-arid lands of Iraq, Saudi Arabia, Syria and North Africa, this study is a connective step between large scale circulation patterns and temporal and spatial activities of dust storms in west and southwest Iran. Therefore, principal hypotheses have concentrated on synoptic circulation patterns in lower and middle atmosphere creating and transporting dust in Ilam and temporal distribution and their frequency. The most important results are as following:

1- In sea level, Gang's low pressure in warm season which its major core is located on India, Pakistan and Persian Gulf, in cold season Siberia and Black Sea high pressures and their integrated tongue in north Iran, and Sudan's low pressure are the most important systems creating and transporting dust in study area.

2- in 500-hPa, Mediterranean high trough which is integrated with Red Sea high trough in cold period and is weakened in warm period, also, Azores sub tropical high altitude which is oscillated between north Iran and south Saudi Arabia in cold and warm period respectively, are the most important systems.

3- In the extreme dust days, the domination of Persian Gulf and Pakistan low pressures in the south and west of Iran, existence of trough on Mediterranean Sea with the formation of

anticyclone secondary cell in Iran cause the maximum dust transportation to the study region.

4- Wind vector patterns in sea level show western and northwestern winds which have a high intensity. Also, omega patterns in sea level indicate ascending vertical motions in the West of Iran and East of Iraq, with maximum reduction 0.4 p/s.

It is possible, systems which cause rainfall, can lead to occurrence and transportation of dust storms to the study area due to the lack of moisture. It is probably which increasing trend of dust days in Ilam be the consequence of frequency increase of circulation patterns, drought and desertification. The latest hypotheses have the more probability than previous one.

**Keywords:** circulation patterns, synoptic climatology, Ilam, cluster analysis, dust

#### References

- An, C.-B., Zhao, J., Tao, S., Lv, Y., Dong, W., Li, H., Jin, M., & Wang, Z., (2011), Dust variation recorded by lacustrine sediments from arid Central Asia since ~15 cal ka BP and its implication for atmospheric circulation, *Journal of Quaternary Research*, DOI: 10.1016/j.yqres.2010.12.015.
- Ardebili, L., (2011), Effective processes of intensification of recent dust in Iran, *Proceedings of the second National Conference of wind erosion and dust storms*, 16-17 February, University of Yazd, Iran, p. 31.
- Arimoto, R., (2001), Eolian dust and climate, Relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Journal of Earth Sci. Rev.:* 54, PP 29–42.
- Bennion, P., et al., (2007), The impact of airborne dust on respiratory health in

- children living in the Aral Sea region. *Int. J. Epidemiol.* 36, pp 1103–1110.
- Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T., & Enzel, Y., (2007), Suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations. *Int. J. Climatol.*, DOI: 10.1002/joc.1587.
- Dehdarzade, M. & Abedzade, H., (2011), Statistical and analytical study on the synoptic patterns dust-producing in the Fars province in the years (2002-1993), Proceedings of the second National Conference of wind erosion and dust storms, 16-17 February, University of Yazd, Iran, p. 21.
- Ding, R., Li, J., Wang, S., & Ren, F., (2005), Decadal change of the spring dust storm in northwest China and the associated atmospheric circulation, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L02808, DOI: 10.1029/2004 GL021561.
- Ekrami, M., Talebi, A. & Soleymani Motlagh, M., (2011), The effect of dust on the accelerated melting of snow (Case study: Yazd Shirkooh), Proceedings of the second National Conference of wind erosion and dust storms, 16-17 February, University of Yazd, Iran, p. 43.
- Ekstrom, M., Mctainsh, G.H., & Chappell, A., (2004), Australian dust storms: temporal trends and relationships with synoptic pressure distribution (1960–99). *Int. J. Climatol.*: 24; pp 1581–1599.
- Fu, P., Huang, J., Li, C., & Zhong, S., (2008), The properties of dust aerosol and reducing tendency of the dust storms in northwest China. *Journal of Atmospheric Environment*: 42; pp 5896– 5904.
- Gao, T., & Han, J., (2010), Evolutionary characteristics of the atmospheric circulations for frequent and infrequent dust storm springs in northern China and the detection of potential future seasonal forecast signals. *Meteorol. Appl.*: 17; pp 76–87.
- Gong, D.-Y., Mao, R., Shi, P.-J., and Fan, Y.-D., (2007), Correlation between East Asian dust storm frequency and PNA, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L14710, DOI: 10.1029/2007 GL029944.
- Goudie, A.S., (2009), Dust storms: Recent developments. *Journal of Environmental Management*: 90; pp 89–94.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2001), Saharan dust storms: nature and consequences. *Journal of Earth Sci. Rev.*: 56; pp 179–204.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006), *Desert Dust in the Global System*. Springer, Heidelberg.
- Kang, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Grigholm, B., Kaspari, S., Qin, D., Ren, J., & Mayewski, P., (2010), Variability of atmospheric dust loading over the central Tibetan Plateau based on ice core glaciochemistry. *Journal of Atmospheric Environment*: 44; pp 2980-2989.
- Lashkari, H. & Keikhosravi Q., (2008), synoptic analysis of dust storms in Razavi Khorasan province in the period 1993-2005, *Journal of Natural Geography Researches*, No. 65, Pp. 17-33.
- Lee, Y.C., Yang, X., & Wenig, M., (2010), Transport of dusts from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm related events 1996-2007. *Journal of*



- Atmospheric Environment: 44; pp 3728-3738.
- Masoudian, S.A., (2007), Recognition of the weather types in Isfahan, Research Project, University of Isfahan.
- Meng, Z., Lu, B., (2007), Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China. *Atmos. Environ*: 41, pp 7048–7058.
- Miller, S.D., Kuciauskas, A.P., Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed, D.W., Walker, A.L., Al Mandoos, A., (2008), Haboob dust storms of the southern Arabian peninsula. *J. Geophys. Res.* 113, D01202, doi: 10.1029/2007JD008550.
- Miri, A.; Pahlevanravi, A., & Moghadamnia A.R., (2009), Investigation of dust storms occurrence in the Sistan region after the occurrence of periodic drought, *Journal of Range and Desert Research of Iran*, (16) 3, Pp. 329 - 342.
- O'Hara, S.L., Clarke, M.L., Elatrash, M.S., (2006), Field measurements of desert dust deposition in Libya. *Atmos. Environ.*: 40, pp 3881–3897.
- Raispoor, K., (2008), Statistical and synoptic analysis of dust phenomenon in Khoozestan province, M.A. Thesis, Supervisor: Taghi Tavousi, University of Sistan and Baluchestan, Faculty of Geography and Environmental Planning, Department of climatology.
- Ridgwell, A.J., (2003), Implications of the glacial CO<sub>2</sub> 'iron hypothesis' for quaternary climate change. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 4 article 1076.
- Song, Z., Wang, J., Wang, S., (2007), Quantitative classification of northeast Asian dust events. *J. Geophys. Res.* 112, D04211, DOI: 10.1029/2006JD007048.
- Tavousi, T., Khosravi, M. & Raispoor, K., (2010), Synoptic analyses of dust systems in Khoozestan, *Journal of Geography and Development*, No. 20, Pp. 97-118.
- Tavousi, T., Safarzaei, N., & Raispoor, K., (2010), Statistical Analysis Dust Days in sistan Area During Period (1976-2005), 4th International Congress of the Islamic World Geographers (ICIWG), 14-16 April, Zahedan, Iran.
- Toon, O.B., (2003), African dust in Florida clouds. *Journal of Nature*: 424, pp 623–624.
- Wong, S., Dessler, A.E., (2005), Suppression of deep convection over the tropical North Atlantic by the Saharan Air Layer. *Geophys. Res. Lett.* 32, DOI: 10.1029/2004GL022295.
- Xie, J., Yang, C., Zhou, B., & Huang, Q., (2010), High-performance computing for the simulation of dust storms. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*: 34; pp 278–290.
- Yang, X., Zhu, B., Wang, X., Li, C., Zhou, Z., Chen, J., Wang, X., Yin, J., Lu, Y., (2008), Late Quaternary environmental changes and organic carbon density in the Hunshandake Sandy land, eastern Inner Mongolia, China. *Global Planet. Change*: 61, pp 70–78.
- Yang, Y.Q., Hou, Q., Zhou, C.H., Liu, H.L., Wang, Y.Q., Niu, T., (2008), Sand/dust storm processes in Northeast Asia and associated large-scale circulations. *Atmos. Chem. Phys.*: 8, pp 25–33.
- Zheng-An, Q., Ying, C., Jing-Tao, L., Chung-Ming, L., Dong-Liang, L., & Min-Hong, S., (2006), Some advances in dust storm over China-Mongolia

- areas, Chinese Journal of Geophysics, Vol. 49, No. 1, pp: 68-78.
- Zhu, A., Ramanathan, V., Li, F., Kim, D., (2007), Dust plumes over the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans: climatology and radiative impact. J. Geophys. Res. 112, D16208, DOI: 10.1029/2007JD008427.
- Zolfaghari, H., & Abedzade, H., (2005), Synoptic analyses of systems dust in West Iran, Journal of Geography and Development, Autumn and Winter 1384, Pp. 173-187.
- Zolfaghari, M., Hashemi M.N., (2011), Synoptic and dynamic analyses of dust in Iran (14-17 July 2009), Proceedings of the second National Conference of wind erosion and dust storms, 16-17 February, University of Yazd, Iran, p. 24.