

بررسی ارتباط عوامل کنترلی بزرگ‌مقیاس جوی با رخداد

گردوغبار در نیمه غربی کشور

(مطالعه موردی: ماه‌های جولای ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹)

عباس رنجبر سعادت آبادی^{۱*}، فائزه نوری^۲

۱. دانشیار گروه هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰

چکیده

عوامل بزرگ‌مقیاس جوی نقش غالب و تعیین‌کننده شرایط وضع هوا و رخداد پدیده‌های هواشناختی از جمله پدیده گردوغبار می‌باشند. ایران به دلیل شرایط گردش کلی جو در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته بطوریکه کانون‌های گردوغبار متعددی در این عرض‌های جغرافیایی وجود دارد که تحت برخی از عوامل بزرگ‌مقیاس جوی فعال شده و می‌توانند نواحی گسترده‌ای از غرب آسیا، از جمله مناطق غربی کشور را تحت تأثیر قرار دهند. هدف از این مطالعه تعیین ارتباط بین عوامل کنترلی جوی با رخداد گردوغبار در نواحی غربی کشور است. برای این منظور ابتدا با استفاده از داده‌های سینوپتیک ایستگاه‌های هواشناسی، تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار، طی دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۳-۱۹۹۲) که دید افقی به کمتر از ۵ کیلومتر رسیده تعیین گردید. سپس با استفاده از داده‌های NCEP/NCAR، الگوهای ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری کمیت‌های بارش، فشار تراز دریا، دما و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و شاخص نوسان اطلس شمالی بررسی شد. نتایج مقایسه این کمیت‌ها برای دوره‌های پیشینه و کمینه رخداد‌های گردوغبار، نشان داد که تقویت کم‌فشار گرمایی در فلات مرکزی ایران و عراق، گرادیان شدید پربندی ترازهای پایین جو در نواحی شمالی ایران و عراق و شرق سوریه، تقویت و گسترش نصف‌النهاری پراارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از نواحی مرکزی مدیترانه به روی اروپا، استقرار ناوه پربندی در شرق مدیترانه، کاهش قابل‌ملاحظه بارش فصل زمستان و کاهش غیرعادی شاخص نوسان اطلس شمالی (که منجر به انتقال مسیر حرکت توفانها به نواحی جنوبی اروپا و شمال آفریقا می‌شود)، از مهمترین عوامل تشدید و توسعه این پدیده در نواحی غربی کشور می‌باشند.

واژگان کلیدی: عوامل کنترلی بزرگ‌مقیاس جو، گردوغبار، غرب ایران.

مقدمه

شاخص NAO در فصل زمستان باعث ایجاد ناهنجاری در گردش‌های بزرگ‌مقیاس می‌شود که این ناهنجاری‌ها شرایط دینامیکی لازم را برای وقوع پدیده گردوغبار در فصل بهار فراهم می‌کند. واروجان و همکاران (Varoujan, et al, 2013) توفان‌های گردوغبار در عراق را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین دلیل افزایش شدت و فرکانس توفان‌های گردوغبار در عراق، تغییرات شدید در میزان بارندگی سالانه و دما می‌باشد. بلورانی و همکاران (Bolorani, et al, 2014) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، سه مسیر اصلی را برای ورود توفان‌های گردوغبار به غرب کشور شناسایی کردند که عبارت‌اند از: منطقه بین سواحل شرقی فرات و سواحل غربی دجله، بیابان‌های غرب و جنوب غرب عراق و کوه‌های شرق و جنوب شرق عربستان. الیونگسیگ و همکاران (Oliongsigh, et al, 2014)، با استفاده از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۱، فرسایش بادی در استرالیا را مورد پایش قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد بارش تاثیر زیادی بر روی وقوع گردوغبار دارد به گونه‌ای که در سال‌هایی که میزان بارش کاهش پیدا کرده، وقوع توفان گردوغبار افزایش داشته است. تام و همکاران (Tam, et al, 2014)، در کشور چین به بررسی روند تغییرات توفان‌های گردوغبار از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ پرداختند. نتایج حاکی از آن است که بیشترین وقوع گردوغبار در سال ۱۹۸۳ بوده است. همچنین از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۹ وقوع گردوغبار روند کاهشی و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته است. لطیف و همکاران (Lateef, et al, 2014) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، توزیع مکانی منبع گردوغبار در عراق را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که شمال غرب عراق و شرق سوریه مهمترین مناطقی هستند که سبب انتشار ذرات گردوغبار و وقوع پدیده گردوغبار در اشکال مختلف می‌شوند. در ایران نیز مطالعات زیادی انجام شده که در ذیل به برخی از آنها اشاره گردیده است.

میهن‌پرست و همکاران (۱۳۸۸) نقش گردیدان فشاری و ناوه ۸۵۰ هکتوپاسکالی در ایجاد و انتقال پدیده‌ی گردوغبار تابستانی نیمه غرب کشور طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۹ را بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفتند مهم‌ترین عامل در ایجاد

پدیده گردوغبار به‌طور گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به‌ویژه در عرض‌های جنب‌حاره‌ای رخ می‌دهد. بخش عظیمی از کشور ایران همجوار با بیابان‌ها و مناطق خشک می‌باشد و به‌طور مداوم در معرض پدیده گردوغبار قرار می‌گیرد. کمبود بارش و خشک‌سالی، وزش بادهای شدید در مناطقی که به‌عنوان کانون‌های گردوغبار شناخته شده‌اند، شرایط و ویژگی‌های گردش کلی جو و تغییرات اقلیمی، از بین رفتن پوشش گیاهی و فرسایش شدید از جمله عواملی هستند که می‌توانند در ایجاد و تشدید پدیده گردوغبار مؤثر باشند. این عوامل به همراه حرکت‌های صعودی هوا ناشی از الگوهای گردش جوی، ذرات گردوغبار معلق را به ترازهای بالاتر جو منتقل می‌کنند. این ذرات به وسیله جذب و پراکندگی تابش خورشیدی باعث تغییر در بودجه تابشی جو نیز می‌شوند. در رابطه با شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد پدیده گردوغبار مطالعات زیادی انجام شده است که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

مولین و همکاران (Moulin, et al, 1997) ارتباط نوسان اطلس شمالی و گردوغبار شمال آفریقا را در برای یک دوره یازده ساله (۱۹۹۴-۱۹۸۳) مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که عوامل بزرگ مقیاس آب و هوایی از طریق تغییرات در گردش اتمسفر، با ایجاد توفان‌های گرد و غبار در ارتباط هستند. گینوکس و همکاران (Ginoux, et al, 2004) با شبیه‌سازی توزیع گردوغبار در غرب آسیا توسط مدل GOCART برای یک دوره ۱۵ ساله (۱۹۸۱-۱۹۹۶) به این نتیجه رسیدند که ارتباط معنی‌داری بین توزیع گردوغبار و شاخص NAO در فصل زمستان وجود دارد. ایوان و همکاران (Evan, et al, 2006) با مطالعه رخداد‌های گردوغبار در سواحل غربی آفریقا طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵، نشان دادند همبستگی معنی‌داری بین نوسانات زمستانی شاخص NAO و توفان‌های ثبت‌شده در غرب آفریقا وجود دارد. ژائو و همکاران (Zhao, et al, 2013) با استفاده از گردوغبار مشاهده شده در ۳۶ ایستگاه هواشناسی در حوزه تاریخیم در شمال غرب چین، ارتباط بین فرکانس طوفان‌های گردوغبار در فصل بهار و شاخص NAO در فصل زمستان را بررسی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد

ماهانه مرکز NCEP-NCAR^۱، برای محدوده جغرافیایی 10°W-75°E و 0-60°N، ویژگی الگوهای گردش جوی مؤثر در دوره‌های بیشینه و کمینه رخداد گردوغبار شناسایی و در ادامه نیز ارتباط بین کمیت بارش و شاخص نوسان اطلس شمالی با پدیده گردوغبار با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار می‌گیرد.

داده‌ها و روش پژوهش

در این مطالعه به منظور بررسی عوامل مؤثر در ایجاد و تشدید پدیده گردوغبار در مناطق غربی کشور ایستگاه‌های هواشناسی کرمانشاه، خرم‌آباد، ایلام، اهواز، شیراز و بوشهر به‌عنوان ایستگاه‌های شاهد انتخاب شدند. پس از اخذ آمار تعداد روزهای همراه با پدیده گردوغبار (یک روز گردوغباری در این پژوهش روزی است که در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه، طی ۸ بار دیده بانی در شبانه روز حداقل یک بار گردوغبار با کد هواشناسی ۰۶ گزارش شده باشد) با کد هواشناسی ۰۶ (گردوخاک معلق در هوا که به‌وسیله باد در ایستگاه یا نزدیکی ایستگاه بلند نشده است) و دید افقی کمتر از ۵ کیلومتر طی سال‌های ۲۰۱۳ - ۱۹۹۲ از سازمان هواشناسی کشور، برای اطلاع از همگنی و تصادفی بودن داده‌ها از آزمون ران (Run test) استفاده شد. پس از اطمینان از تصادفی بودن داده‌ها، فراوانی پدیده گردوغبار به صورت سالانه و ماهانه مورد بررسی قرار گرفت و با مشخص شدن دوره‌های بیشینه و کمینه، داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل و دما از مرکز NCEP/NCAR دریافت و نقشه‌های ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری ترازهای سطح زمین، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی تهیه و نسبت به میانگین بلندمدت اقلیمی (۲۰۱۰-۱۹۸۱) مورد تحلیل قرار گرفتند تا رابطه بین بی‌هنجاری‌ها و رخداد دوره‌های بیشینه و کمینه گردوغبار شناسایی شود. در ادامه برای بررسی ارتباط میان رخداد گردوغبار با کمیت بارش و تأثیر آن در تشدید پدیده گردوغبار، ابتدا ضریب همبستگی بین بارش و گردوغبار

توفان‌های گردوخاک در منطقه عراق، وجود گردان‌های فشاری از مرکز عراق تا مرکز سوریه و از شمال عراق تا شمال ترکیه می‌باشد که موجب ایجاد بادهای قوی و بالا بردن ذرات معلق می‌شود و گردان‌های فشاری منطقه زاگرس نقشی در توسعه توفان گرد و خاک ندارد. سی‌سی پور و همکاران (۱۳۸۹) از بررسی الگوهای سینوپتیکی گردوغبار در فصول مختلف طی دوره آماری ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ در استان هرمزگان به این نتیجه رسیدند که که گرم شدن لایه‌های پایین جو تحت تأثیر کم فشار گرمایی، تأثیرات سامانه پراتفاح جنب حاره ای و فعالیت رودباد جنب حاره ای از دلایل سینوپتیکی افزایش روزهای گردوغباری هرمزگان است. دودانگه و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از منطق فازی خوشه بندی شده، ایران را از نظر فراوانی توفان‌های گردوغبار به چهارخوشه متفاوت طبقه بندی کردند که عبارت اند از دشت لوت، دشت کویر، غرب زاگرس و شمال غرب ایران و مشخص شد منشا هر خوشه متفاوت است. قاسمی (۱۳۹۰) نقش نوسان اطلس شمالی (NAO) بر شکل‌گیری الگوهای گردش همدیدی همراه با توفان‌های گردوغبار غلیظ در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرارداد و به این نتیجه رسید که در طی فاز منفی شاخص نوسانات اطلس شمالی، پر فشارهای حرارتی عرض‌های شمالی تقویت شده و در طی فاز مثبت، پرفشارهای حرارتی تضعیف شده و با تغییر فاز آن از مثبت به منفی فشار در منطقه افزایش و در سطح زمین بر فراز چشمه‌های توفان میدان وزش باد غربی استقرار می‌یابد. ذولجودی و همکاران (۲۰۱۳) ارتباط بین گسترش خشک‌سالی در مناطق منبع گردوغبار در سوریه و عراق را با رویدادهای گردوغبار در مناطق غرب ایران بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که همبستگی معناداری بین خشک‌سالی زمین و رخداد گردوغبار در مقیاس سالانه، بخصوص در دوره گرم سال (می تا آگوست) وجود دارد.

در این مطالعه سعی شده است بر اساس تعداد روزهای همراه با گردوغبار در غرب و جنوب غربی کشور طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳، دوره‌های ماهانه بیشینه و کمینه رخداد گردوغبار مشخص شود. سپس به منظور شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد و انتقال گردوغبار با استفاده از داده‌های

1. National Center Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research

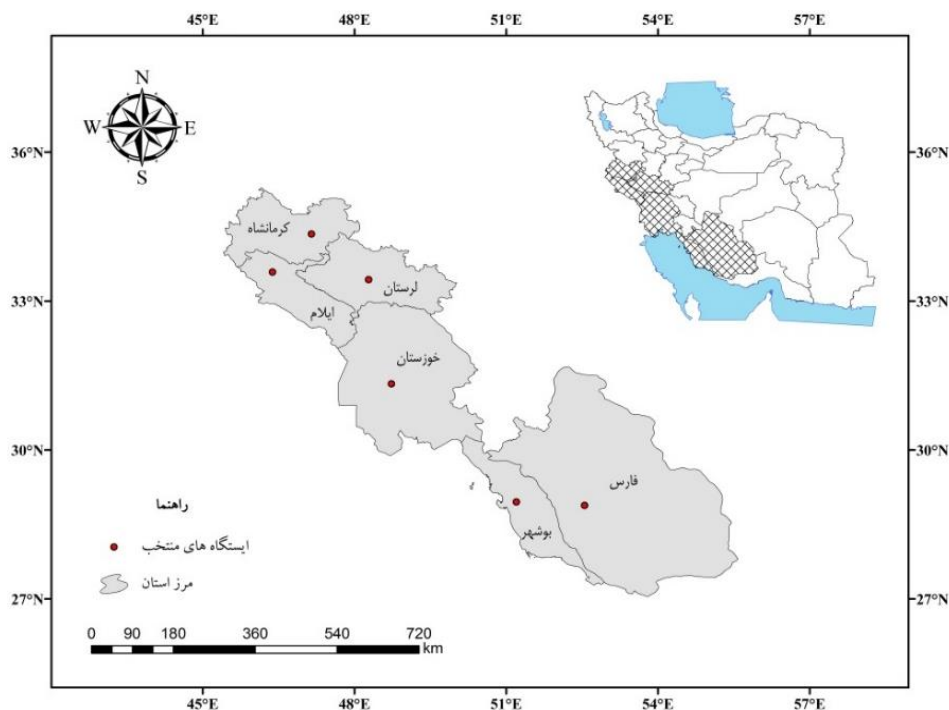
کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، بوشهر و فارس است که در غرب و جنوب غربی ایران در حد فاصل ۲۷ تا ۳۵ درجه عرض شمالی و ۴۵ تا ۵۶ درجه طول شرقی واقع شده‌اند. استان‌های کرمانشاه، ایلام و خوزستان از غرب هم مرز با کشور عراق و استان بوشهر از جنوب غرب با کشور عربستان هم‌جوار است. دلیل انتخاب استان‌های مذکور آن است که این محدوده به دلیل هم‌جوار بودن با دو کانون اصلی گردوغبار یعنی غرب و جنوب‌غرب عراق و جنوب‌شرقی عربستان در معرض گردوخاک قرار می‌گیرند. به دلیل حجم بالای داده‌ها از بین تمام ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، تعداد شش ایستگاه با پراکنش مناسب انتخاب گردید که شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و پراکنندگی ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.

محاسبه و با استفاده از روش درون‌یابی معکوس فاصله وزنی (IDW) نقشه‌های پهنه بندی بارش تهیه و میزان بی‌هنجاری بارش در دوره‌های بیشینه و کمینه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به نقش فازهای مختلف دورپیوند NAO در تغییر مسیر حرکت توفانهای عبوری از روی اروپا در این مطالعه تلاش گردید تا همبستگی بین بسامد گردوغبار در نیمه غربی کشور و شاخص NAO نیز بررسی شود. مقادیر عددی شاخص NAO از سازمان ملی جوی و اقیانوس (NOAA) دریافت گردید و ضریب همبستگی پیرسون برای یک دوره بیست و دو ساله محاسبه شد.

بحث و بررسی

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش شامل استان‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنندگی ایستگاه‌های منتخب

وضعیت گردوغبار در ایستگاه‌های غرب و جنوب غرب کشور از سال ۲۰۰۶ به بعد روند افزایشی داشته و در طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در مقایسه با بقیه سال‌ها افزایش چشمگیری رخ داده است. از بین شش ایستگاه مورد

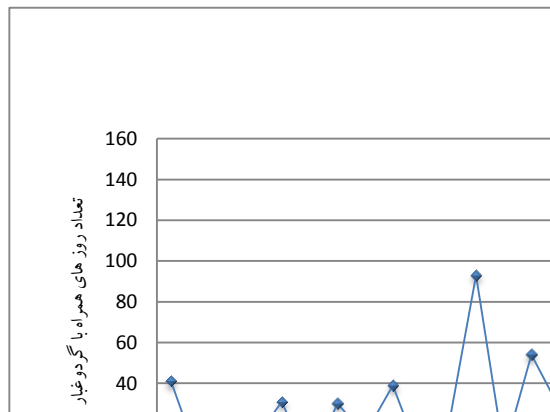
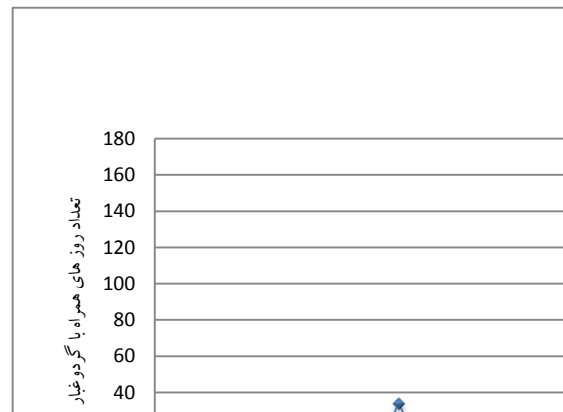
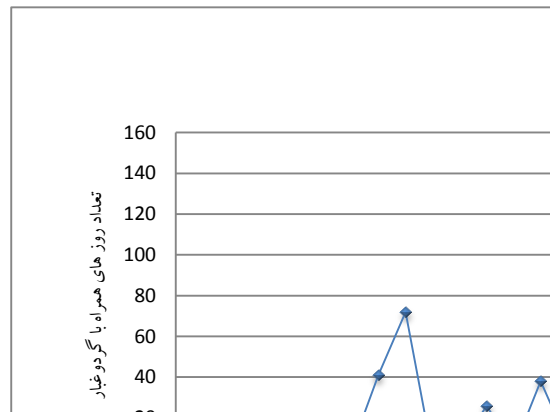
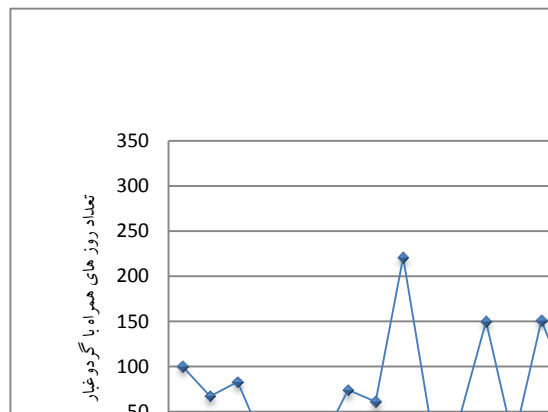
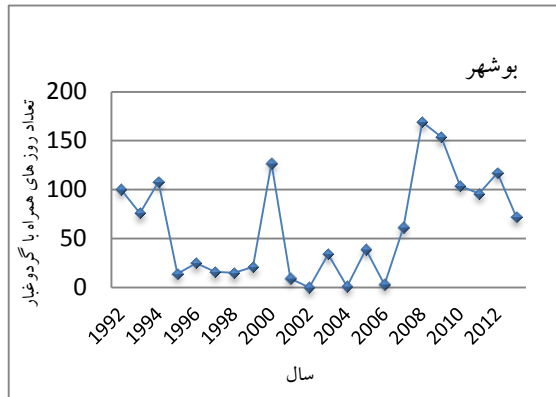
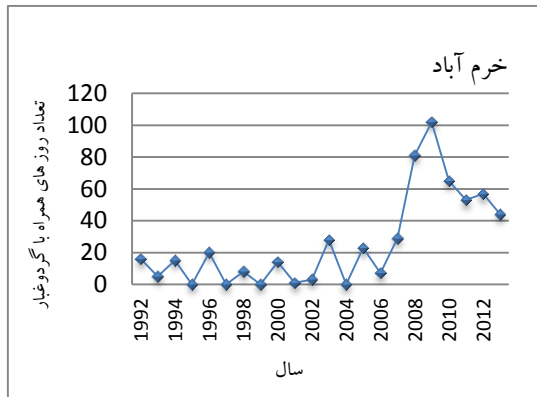
روند تغییرات پدیده گردوغبار در منطقه مورد مطالعه

نمودارهای شکل (۲) سری زمانی سالانه گرد و غبار از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ را در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. در بررسی اولیه این نمودارها، مشاهده می‌شود که

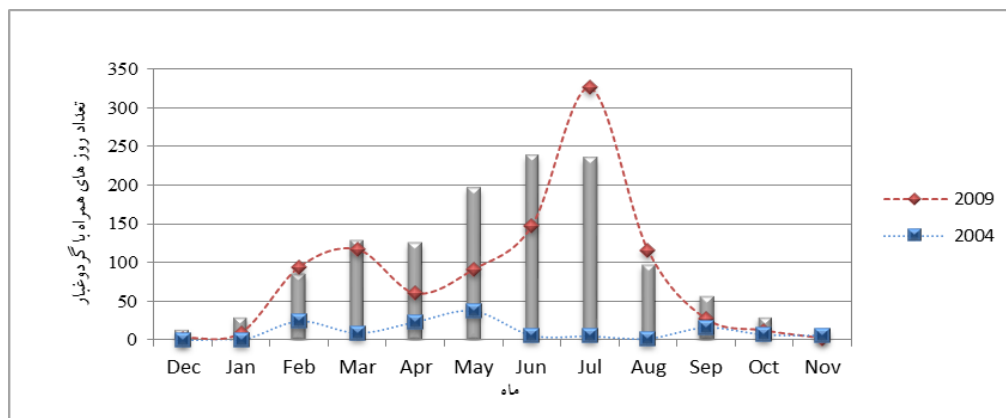
همان طوری که از شکل (۲) مشخص است روند تغییرات ماهانه گردوغبار در سال ۲۰۰۹ (نقطه چین قرمز) طی ماه‌های دسامبر تا ژوئن و آگوست تا نوامبر با میانگین بلند مدت مطابقت دارد ولی در ماه جولای نسبت به میانگین بلند مدت، افزایش زیادی داشته است. در حالی که در سال ۲۰۰۴ طی ماه‌های ژوئن تا آگوست گردوغبار به طور چشمگیری کاهش یافته و در ماه جولای در مجموع به ۵ روز رسیده است.

بررسی انجام شده در رابطه با وضعیت گردوغبار سالانه در ۶ ایستگاه منتخب، نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه، ۵ ایستگاه از ۶ ایستگاه در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۰۴ به ترتیب بیشترین و کمترین رخداد گردوغبار را گزارش کرده اند. همچنین سری زمانی ماهانه رخداد گردوغبار نشان داد که ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست در سال ۲۰۰۴ کمترین و ماه جولای در سال ۲۰۰۹ بیشترین میزان گردوغبار گزارش شده است. بنابراین برای مقایسه بهتر ماه‌های جولای ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ به عنوان دوره‌های کمینه و دوره بیشینه انتخاب گردید.

مطالعه، در ایستگاه‌های اهواز، کرمانشاه، لرستان، فارس و ایلام رخداد پدیده گرد و غبار در سال ۲۰۰۹ نیز به مراتب بیشتر از سال ۲۰۰۸ می باشد. کمترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار نیز در تمام ایستگاه‌ها به جز ایستگاه اهواز طی سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ رخ داده است که در سال ۲۰۰۴ نیز به کمترین مقدار خود رسیده است. به منظور بررسی دقیق‌تر، میانگین بلند مدت ماهانه گردوغبار و مجموع روزهای همراه با گردوغبار در ماه‌های مختلف سال ۲۰۰۹ و ۲۰۰۴ نیز تهیه شد (شکل ۳). بر اساس داده‌های این نمودار (میانگین بلند مدت ماهانه) از ابتدای فصل بهار گردوغبار به طور چشمگیری افزایش یافته و در ماه ژوئن و جولای به بیشترین مقدار خود رسیده است، سپس از ماه آگوست تا نوامبر از شدت آن کاسته شده است. بیش از ۷۰٪ حداکثر مقدار متوسط ماهانه رخداد‌های گردوغبار در پنج ماه (مارس تا جولای) رخ داده است، بنابراین با توجه به میانگین بلند مدت رخداد گردوغباری در غرب و جنوب غرب کشور می‌توان نتیجه گرفت که در هر سال گردوغبار از ماه مارس شروع و تا ماه آگوست ادامه دارد و بیشترین فراوانی وقوع این پدیده در فصل بهار و تابستان می‌باشد.



شکل ۲- سری زمانی سالانه گردوغبار در ایستگاه های مورد مطالعه در دوره آماری ۱۹۹۲-۲۰۱۳



شکل ۳- میانگین بلند مدت گردوغبار در هر ماه (خط تو پر). توزیع ماهانه گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب در سال ۲۰۰۹ (نقطه چین قرمز) و در سال ۲۰۰۴ (نقطه چین آبی)

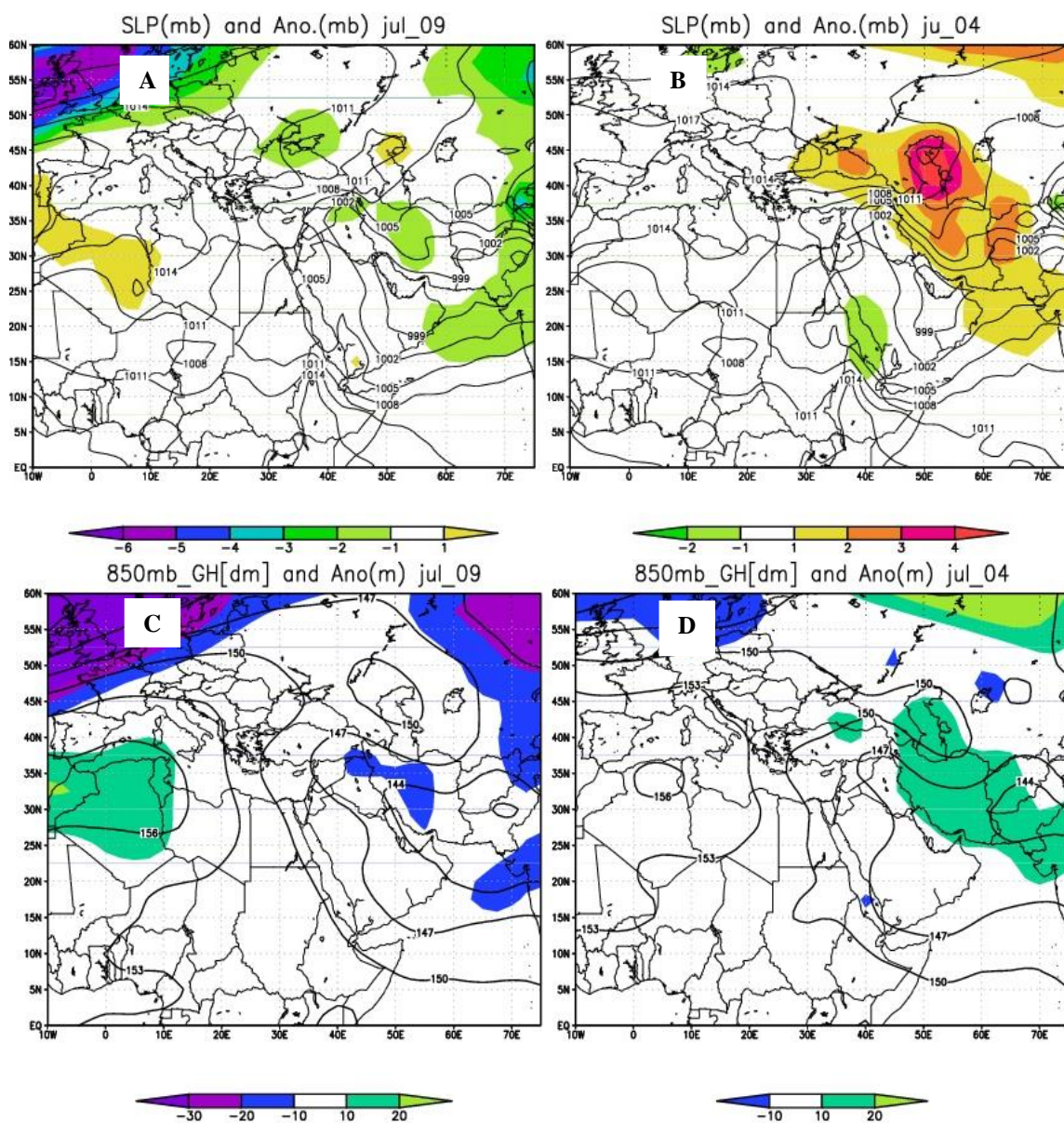
بررسی الگوهای جوی

گرایان انتظار باد شدید داشت. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی کم ارتفاعی با پربند ۱۴۴ دکامتر (نقشه C در شکل ۴) در جنوب ایران شکل گرفته است و زبانه‌ی آن تا نواحی مرکزی ایران و شمال کشور عراق کشیده شده است که باعث افزایش گرایان می‌شود. این مرکز کم ارتفاع بین دو مرکز پر ارتفاع با پربند ۱۵۰ دکامتر در شمال دریای خزر و دیگری با پربند ۱۵۶ دکامتر در غرب ترکیه قرار گرفته است. در جولای ۲۰۰۴ (نقشه D) برخلاف جولای ۲۰۰۹ کم ارتفاع با پربند ۱۴۴ دکامتر بر روی پاکستان قرار دارد و گسترش پیدا نکرده است. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی جولای ۲۰۰۹ گرایان فشاری در غرب ایران در مقایسه با جولای ۲۰۰۴ شدیدتر است. ارتفاع در جولای ۲۰۰۹ در مناطق مرکزی ایران و غرب عراق نسبت به میانگین بلند مدت ۲۰ متر کاهش یافته است در صورتی که در جولای ۲۰۰۴ در سرتاسر ایران و کشور عراق ۲۰ متر افزایش یافته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی در جولای ۲۰۰۹ (نقشه A از شکل ۵) ارتفاع در کشور عراق و ترکیه و غرب ایران ۲۰ متر نسبت به میانگین بلند مدت کاهش پیدا کرده است و در شمال دریای خزر و دریای مدیترانه ۲۰ متر افزایش ارتفاع مشاهده می‌شود. دما در مرکز ایران و دریای مدیترانه یک درجه سلسیوس افزایش یافته است، در صورتی که در جولای ۲۰۰۴ (نقشه B) الگویی متفاوت مشاهده می‌شود. در غرب ایران ارتفاع نسبت به مقدار میانگین افزایش و در شمال دریای خزر و جنوب مدیترانه ارتفاع کاهش پیدا کرده است. همچنین دما در مرکز ایران و

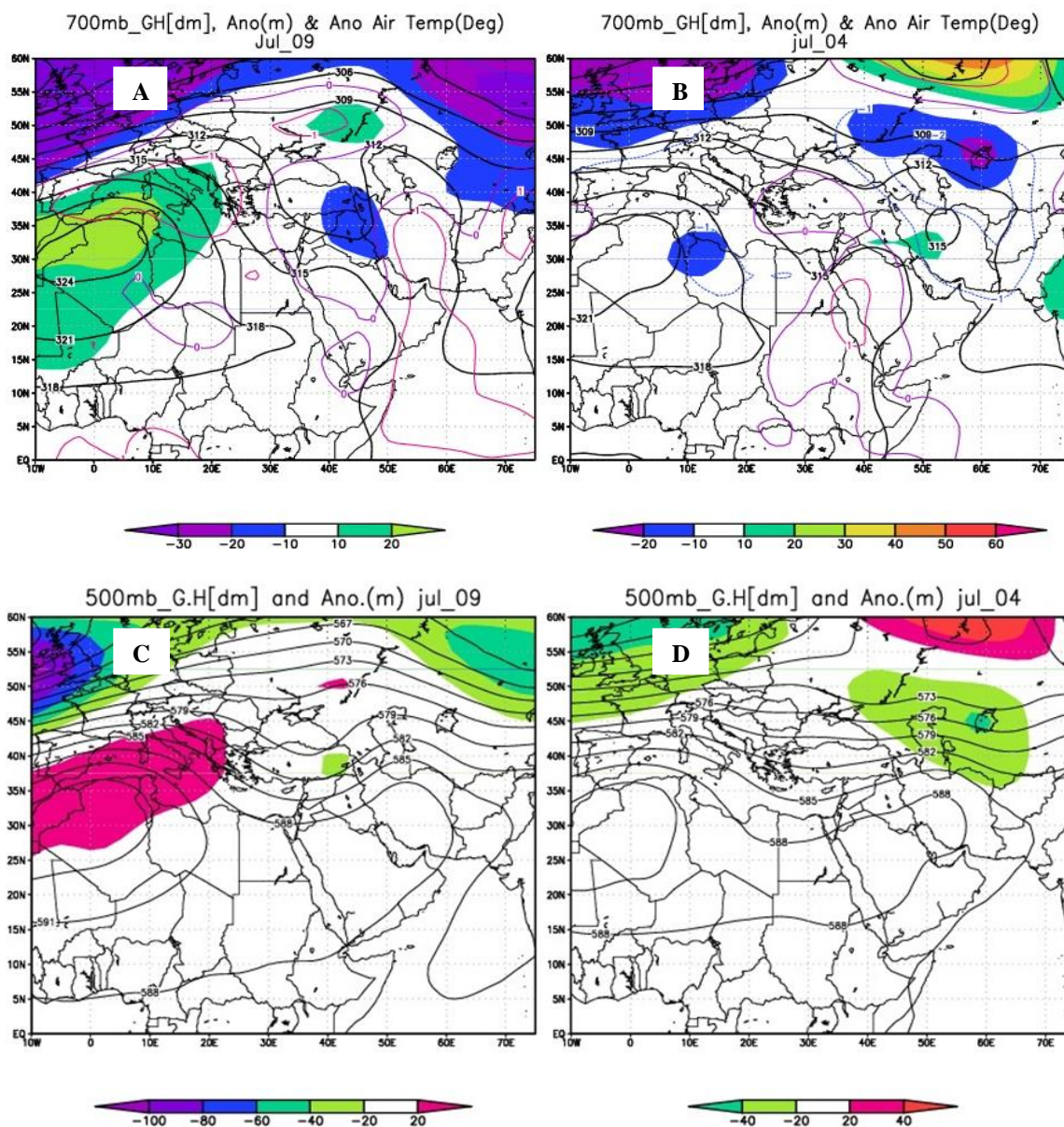
شکل‌های (۴) و (۵) نقشه‌های ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری ارتفاع ترازهای سطح زمین، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی را در ماه‌های جولای سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. بی‌هنجاری ارتفاع ترازهای مختلف، انحراف از میانگین بلند مدت (۲۰۱۰-۱۹۸۱) را نشان می‌دهد که مقادیر منفی بیان‌کننده کاهش ارتفاع و استقرار کم فشار و مقادیر مثبت نشان دهنده افزایش ارتفاع نسبت به میانگین بلند مدت و استقرار پرفشار می‌باشد. با توجه به نقشه A در شکل ۴ کم فشاری با پربند ۹۹۹ هکتوپاسکالی روی پاکستان شکل گرفته است که یکی از زبانه‌های آن از قسمت جنوب شرق وارد شده است. زبانه دیگر این کم فشار نیز تا مرکز عراق و شرق مدیترانه کشیده شده است. پرفشاری نیز با پربند ۱۰۱۱ هکتوپاسکالی بر روی شمال دریای خزر شکل گرفته است. در جولای ۲۰۰۹ فشار در شمال دریای خزر نسبت به دوره بلند مدت ۱ هکتوپاسکالی افزایش داشته است و در مناطق مرکزی ایران و کشور عراق و شمال ترکیه فشار ۲ هکتوپاسکالی کاهش یافته است. در نقشه B شکل ۴ در سرتاسر ایران، شمال عراق و شرق کشور ترکیه فشار نسبت به میانگین بلند مدت افزایش یافته است، همچنین سامانه پرفشار خزر نیز ۴ هکتوپاسکالی نسبت به میانگین افزایش داشته و تا مناطق مرکزی ایران کشیده شده است. بخشی از گرایان فشاری شدیدی که روی زاگرس مشاهده می‌شود ناشی از توپوگرافی است و نمی‌توان از این

در شکل ۵ پر ارتفاع جنب حاره ای آزرز نسبت به میانگین بلندمدت، تقویت نشده است و ناوه‌ای که مشاهده می‌شود در نواحی شرقی مدیترانه مستقر شده و عمق زیادی ندارد. به طور کلی بررسی نقشه های بی هنجاری میدان های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح فوقانی جو برای دوره‌های پیشینه و کمینه رخداد گردوغبار نشان داد که بی‌هنجاری های رخ داده در این الگوها نقش مهمی در افزایش و کاهش رخداد پدیده گردوغبار در غرب کشور دارند. به طور کلی بی هنجاری منفی (مثبت) فشار و ارتفاع سبب تشدید (تضعیف) رخداد گردوغبار می‌شود. به طور کلی تقویت کم فشار گرمایی در فلات مرکزی ایران و تقویت و گسترش نصف‌النهاری پر ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از نواحی مرکزی مدیترانه به روی اروپا می‌تواند در افزایش رخداد گردوغبار نقش مهمی داشته باشد.

جنوب دریای مدیترانه کاهش یافته است. در الگوی بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی جولای ۲۰۰۹، (نقشه C) پر ارتفاع جنب حاره‌ای آزرز نسبت به میانگین بلندمدت قوی‌تر شده است و ناوه مدیترانه بر روی کانون‌های اصلی گردوغبار فعال شده است. پر ارتفاع جنب حاره‌ای که به صورت نصف‌النهاری گسترش پیدا کرده است در پشت این ناوه قرار دارد و ریزش هوای سرد پرفشار آزرز که به مدیترانه می‌رسد سبب عمیق‌تر شدن ناوه در قسمت شرق مدیترانه می‌شود و این ناوه با عمیق‌تر شدن در ترازهای میانی جو حرکت صعودی لازم را برای بلند شدن ذرات معلق فراهم می‌کند. در شرق ترکیه نیز ارتفاع ۴۰ متر نسبت به میانگین بلند مدت کاهش پیدا کرده که بیانگر تقویت کم ارتفاع است و به نوعی محدوده ناوه را نشان می‌دهد و ناوه عمیق سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال با سامانه کم فشار همراه شده است. در صورتی که با توجه به نقشه D



شکل ۴- نقشه‌های بالا: الگوی ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری فشار تراز دریا (A) جولای ۲۰۰۹. (B) جولای ۲۰۰۴. نقشه‌های پایین: الگوی ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (C) جولای ۲۰۰۹. نقشه (D) جولای ۲۰۰۴



شکل ۵- نقشه های بالا: الگوی ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل و بی‌هنجاری دمای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (A).

جولای ۲۰۰۹. (B) جولای ۲۰۰۴. نقشه های پایین: الگوی ترکیبی میانگین ماهانه و بی‌هنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال (C) جولای ۲۰۰۹. (D) جولای ۲۰۰۴

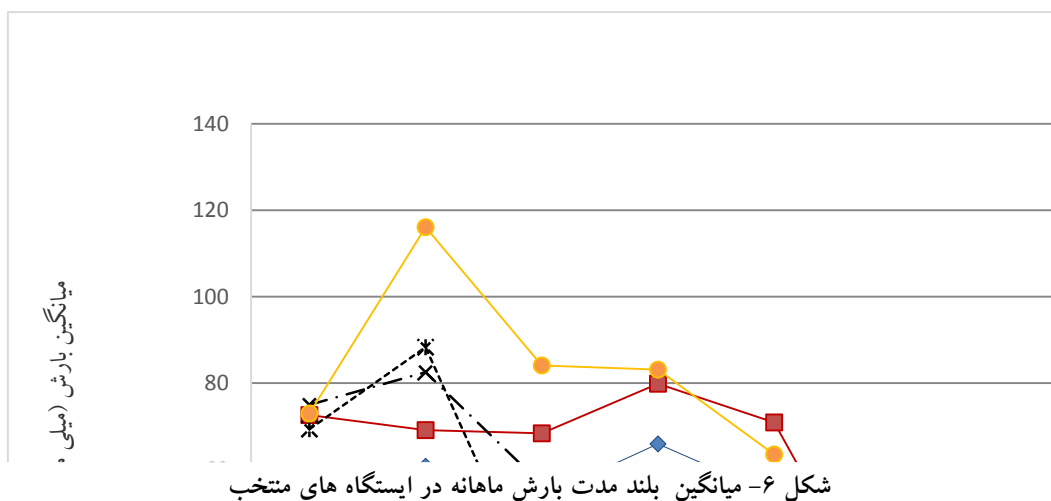
و ۵۳ میلی متر هستند (شکل ۶). نتایج بخش ۲-۲ نشان داد که اکثر رخداد‌های گردوغبار (طبق شکل ۳) در فصل بهار و تابستان رخ می‌دهند. با توجه به اینکه بنظر می‌رسد توزیع و مقدار بارش نقش اساسی در رخداد گرد و خاک داشته باشد، ضریب همبستگی بین بارش زمستان و بسامد رخداد گردوغبار در ماه جولای نیز محاسبه و نتایج حاصله در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به این جدول رابطه

ارتباط بین میزان بارش و رخداد گرد و غبار

کمبود بارش و افزایش دما باعث افزایش تبخیر و ایجاد خشکسالی، از بین رفتن پوشش گیاهی و کاهش چسبندگی ذرات خاک و در نتیجه فعال شدن کانون‌های گردوغبار می‌شود (Yu and Hesse, 2006). پر بارش ترین ماه‌های ایستگاه‌های هم‌دیدگی منطقه غرب و جنوب غرب کشور به ترتیب ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با میانگین ۶۴، ۷۸

ایلام در سطح معنی داری ۰/۹۵ درصد معنی دار است. همچنین بالاترین ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه خرم آباد با ۷۱ درصد می‌باشد.

بین میزان بارش در فصل زمستان و گردوغبار در ماه جولای در تمام ایستگاه‌ها یک رابطه معکوس است که در ایستگاه‌های کرمانشاه، خرم آباد، اهواز و شیراز ضریب همبستگی در سطح معنی داری ۰/۹۹ درصد و در ایستگاه



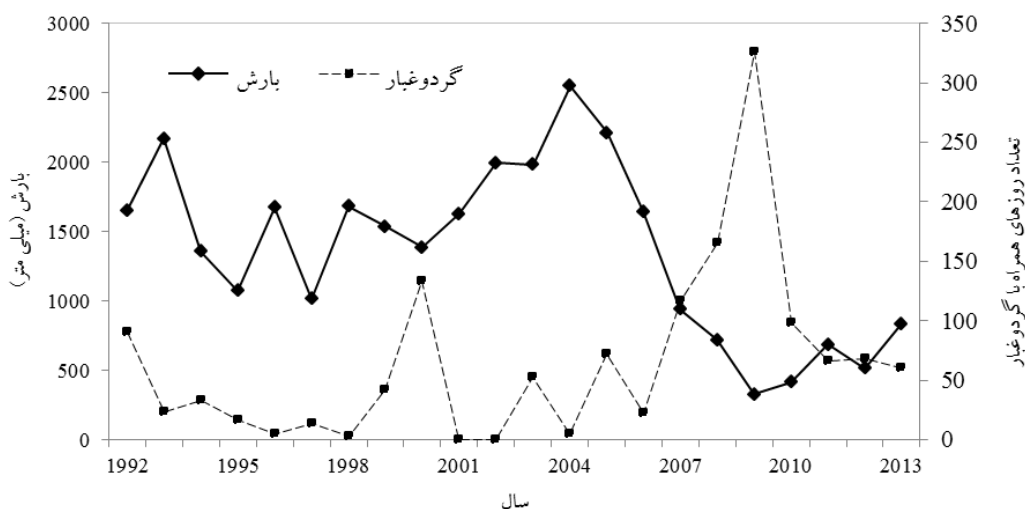
جدول ۱- نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین بارش و شاخص نوسان اطللس شمالی در فصل زمستان و گردوغبار ماه جولای طی دوره (۱۹۹۲-۲۰۱۳)

ایستگاه	ضریب همبستگی بارش و گردوغبار	ضریب همبستگی شاخص NAO و گردوغبار
کرمانشاه	۰/۶۷ **	۰/۳۳ -
ایلام	۰/۵۰ *	۰/۲۷ -
خرم آباد	۰/۷۱ **	۰/۴۴ *
اهواز	۰/۵۶ **	۰/۳۳ -
بوشهر	۰/۴۶ -	۰/۵۵ -
شیراز	۰/۵۷ **	۰/۴۷ *

* همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۵ ** همبستگی معنادار در سطح ۰,۰۱

بگیرد که از مقایسه نمودار ترکیبی گردوغبار و بارش نیز مشاهده می‌شود در ماه جولای سال ۲۰۰۴ که با کمترین تعداد روزهای همراه با گردوغبار توأم است، بیشترین مقدار بارش ثبت شده است، این در حالی است که در فصل زمستان سال ۲۰۰۹ کمترین مقدار بارش نسبت به دوره مورد مطالعه رخ داده است.

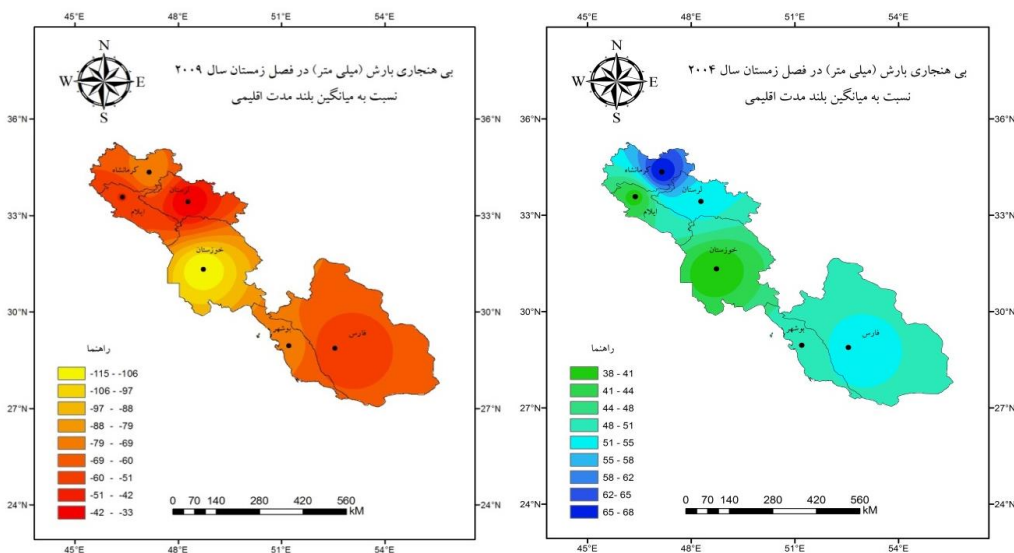
شکل (۷) مجموع بارش در فصل زمستان و رخداد گردوغبار در ماه جولای را برای ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. با توجه به همبستگی معکوس و معنی‌داری که میان بارش و گردوغبار بدست آمد، انتظار می‌رود چنانچه زمستان پر بارشی در ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود داشته باشد به تبع آن، گردوغبار در ماه جولای شرایطی عکس را در بر



شکل ۷- نمودار ترکیبی تعداد روزهای همراه با گردوغبار در ماه جولای (خط نقطه چین) و مجموع بارش فصلی (خط توپر)

زمستانی سال ۲۰۰۹ و ۲۰۰۴ در هرایستگاه از میانگین بلند مدت کسر شد تا مقدار بی‌هنجاری بدست آید. سپس برای مقایسه بهتر، نقشه‌های پهنه بندی بی‌هنجاری بارش نسبت به میانگین بلند مدت اقلیمی تهیه شد (شکل ۸).

به منظور محاسبه بی‌هنجاری میزان بارش در منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹، ابتدا میانگین بارش در فصل زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ در حکم میانگین بلند مدت اقلیمی محاسبه و مقدار بارش



شکل ۸) نقشه های پهنه بندی بی‌هنجاری بارش در فصل زمستان سال ۲۰۰۹ (سمت چپ) و سال ۲۰۰۴ (سمت راست)

مدت بارش، کاهش یافته است. تمرکز خشکسالی و کمبود بارش بیشتر در ایستگاه خوزستان بوده و بعد از آن ایستگاه های کرمانشاه و بوشهر در ردیف های بعدی قرار می گیرند، هر چند که میزان کاهش بارش در ایستگاه خرم آباد

نقشه های پهنه بندی بی‌هنجاری به روش IDW در شکل ۸) نشان داده شده است. در تفسیر نقشه سمت چپ شکل ۸)، می توان گفت که در فصل زمستان سال ۲۰۰۹ بارش در تمام منطقه مورد مطالعه نسبت به میانگین بلند

آزورز A(H) از مرکز کم‌فشار ایسلند I(L) به دست می‌آید و معادله آن به صورت رابطه (۱) می‌باشد. این شاخص دارای دو فاز مثبت و منفی است که در صورت افزایش گرادیان فشار بین این دو مرکز، در فاز مثبت و با کاهش گرادیان فشار در فاز منفی قرار می‌گیرد.

$$\text{INAO} = A(H) - I(L) \quad (1) \text{ رابطه (۱)}$$

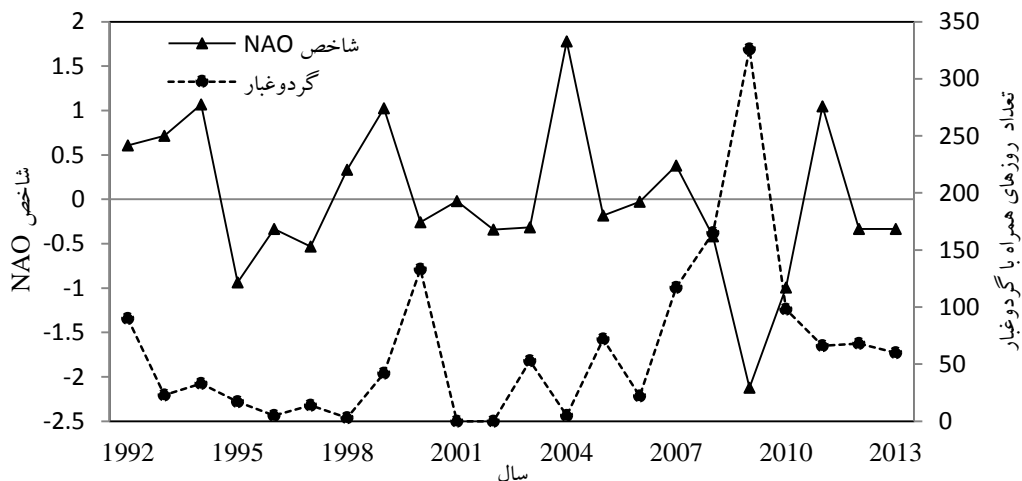
گزارش مولین و همکاران (Moulin, et al, 1997) بیانگر وجود همبستگی بین شاخص NAO و عمق نوری هواویزهای استخراج شده از داده‌های ماهواره ای است و ضرایب همبستگی را برای منطقه مدیترانه و اقیانوس اطلس به ترتیب ۰,۶۶ و ۰,۴۹ بدست آوردند. در حالی که ماهوالد و همکارانشان (Mahowald, et al, 2003) ضمن بررسی نتایج مولین، همبستگی بین شاخص NAO، داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل و غلظت‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها را برای برخی ایالت‌های آمریکا محاسبه کردند و نشان دادند که همبستگی معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. تمرکز این بخش از مطالعه حاضر، بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط میان تعداد روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های منتخب و شاخص NAO می‌باشد. به دلیل تأثیر بیشتر پدیده NAO در ماه‌های سرد سال، در این بخش فقط ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه بررسی می‌شود. برای این منظور میانگین شاخص NAO در فصل زمستان از وب‌سایت «مرکز سازمان ملی جوی-اقیانوسی» به نشانی www.cdc.noaa.gov.htm اخذ گردید و مشابه بخش قبل، ضریب همبستگی پیرسون میان رخداد گردوغبار در ماه جولای و شاخص نوسان اطلس شمالی در فصل زمستان محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی بین دو پارامتر مورد نظر در جدول (۱) داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، هر چند ضرایب از مقدار بالایی برخوردار نیستند اما تعداد روزهای همراه با گردوغبار در تمام ایستگاه‌ها رابطه معکوسی با شاخص NAO دارد. سری زمانی فازهای مثبت و منفی شاخص NAO در زمستان هر سال (دسامبر - ژانویه - فوریه) و توزیع پدیده گردوغبار در ماه جولای همان سال طی دوره ۲۲ ساله (۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳) در شکل (۹) داده شده است. با توجه به نمودار و همچنین همبستگی نسبتاً ضعیفی که بین شاخص

در مقایسه با بقیه ایستگاه‌ها، سهم اندکی را به خود اختصاص داده است. بررسی نقشه بی‌هنجاری بارش در سال ۲۰۰۴ نیز نشان می‌دهد که در نیمه غرب و جنوب غرب کشور بارش نسبت به میانگین بلند مدت افزایش یافته که این افزایش از غرب به شرق نیز بیشتر بوده است. همان‌طور که در نقشه سمت راست شکل (۸) دیده می‌شود، در بین ایستگاه‌های منتخب، ایستگاه کرمانشاه بیشترین افزایش بارش نسبت به میانگین بلند مدت را به خود اختصاص داده است. در صورتی که کمترین تغییر پذیری بارش فصل زمستان به ایستگاه‌های اهواز و ایلام اختصاص دارد. به طور کلی نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده نشان داد که در فصل زمستان سال ۲۰۰۹، در منطقه مورد مطالعه میزان بارش در همه ایستگاه‌ها کمتر از مقدار نرمال بوده است و به‌طور میانگین ۶۷ میلی‌متر میزان بارش کاهش پیدا کرده است. در حالی که فصل زمستان سال ۲۰۰۴ در تمام ایستگاه‌ها به استثنای ایستگاه‌های اهواز و ایلام بارش نسبت به میانگین بلند مدت بیش از ۵۰ میلی‌متر افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش چشمگیر بارش نسبت به حالت نرمال در غرب و جنوب‌غرب کشور در زمستان سال ۲۰۰۹ می‌تواند یکی از عوامل افزایش پدیده گردوغبار و تشدید آن در جولای سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۴ باشد.

۳-۵. بررسی ارتباط شاخص NAO با رخداد گردوغبار از مهم‌ترین دور پیوندها در گستره جهانی و ناحیه ای می‌توان به «نوسان شمالگان»، «نوسان جنوبگان»، «نوسان اطلس شمالی» و «نوسان اطلس شرقی» اشاره کرد اما از میان آنها، نوسان اطلس شمالی از برجسته‌ترین الگوهای گردش جوی و از عوامل تغییر پذیری اقلیم کره زمین است (نصر اصفهانی و همکاران ۱۳۹۲، Hurrell, et al, 2003 & 2004). که در واقع یک نوسان بزرگ مقیاس نصف‌النهاری بین سامانه کم‌فشار جنب قطبی در نزدیکی ایسلند و واچرخند جنب حاره ای نزدیک آزورز است و مهم‌ترین دلیل تغییرات فصلی و سالانه در چرخه جهانی جو در نیمکره شمالی است (Wanner, et al, 2001). شاخص نوسان اطلس شمالی از تفاضل فشار استاندارد شده سطح دریا بین مرکز پرفشار

شاخص در فاز منفی قرار گرفته، کاهش غیر عادی در سال ۲۰۰۹ (دوره بیشینه رخداد گردوغبار) نیز مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه کاهش غیرعادی شاخص NAO با افزایش قایل ملاحظه رخداد گرد و خاک در جولای ۲۰۰۹ همراه شده است احتمال می‌رود که در صورت فراهم شدن دیگر شرایط، از جمله کاهش بارش، در فاز منفی NAO، که مسیر حرکت چرخندها به نواحی جنوبی اروپا منتقل می‌شود، می‌تواند شرایط مساعدی برای عبور ناو‌ها از روی کانون‌های گرد و خاک واقع در روی عراق و سوریه فراهم آورد که پیامد آن افزایش رخداد گرد و خاک در نیمه غربی کشور خواهد بود.

NAO و روزهای همراه با گردوغبار بدست آمد، مشخص است که درباره نقش و تأثیر این شاخص در فصل زمستان و رخداد گردوغبار در ماه جولای به طور قاطع نمی‌توان سخن گفت، اما می‌توان نتیجه گرفت این ارتباط گاه و بی‌گاه است و بیشترین تأثیر شاخص NAO در برخی فازهای قوی مثبت و منفی مشهودتر است به طوری که در بعضی از سال‌ها همراه با کاهش غیر عادی شاخص نوسان اطلس شمالی، گردوغبار افزایش یافته است. بررسی فازهای مثبت و منفی شاخص NAO در طی دوره مورد مطالعه، نیز نشان می‌دهد که این شاخص در بیشتر سال‌ها (۱۴ سال) در فاز مثبت بوده است و در سال ۲۰۰۴ افزایش چشمگیری داشته است. این در حالی است که از میان سال‌هایی که



شکل ۹- تطبیق فراوانی گردوغبار در ماه جولای با فازهای مثبت و منفی شاخص NAO (دسامبر تا فوریه)

دوره بیشینه (جولای ۲۰۰۹) در سطح زمین شکل‌گیری کم‌فشار گرمایی و تقویت آن نسبت به میانگین بلند مدت، گرادیان شدید پربندی در ترازهای پایین و ردسپهر (تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکالی) در نواحی شمالی عراق و روی سوریه، بی‌هنجاری‌های مثبت دمای ترازهای پایین و ردسپهر (تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکالی) نسبت به شرایط بلند مدت در فلات مرکزی ایران مشاهده می‌شود، همچنین تقویت و گسترش نصف‌النهاری پر ارتفاع تراز میانی و ردسپهر در نیمه غربی مدیترانه به روی اروپا و استقرار ناوه پربندی در شرق مدیترانه در مقایسه با دوره کمینه (جولای ۲۰۰۴) در ایجاد پدیده گردوغبار مؤثر هستند.

نتیجه‌گیری

در این بررسی به منظور شناسایی ارتباط عوامل کنترلی بزرگ مقیاس، با رخداد گرد و غبار در نیمه غربی ایران، بی‌هنجاری الگوهای ماهانه سطح زمین و سطوح مختلف، بی‌هنجاری بارش و تغییرات نوسان اطلس شمالی در دوره بیشینه و کمینه گردوغبار در غرب ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های موردی انجام شده به شرح زیر می‌باشد:

بررسی الگوهای میانگین ماهانه و بی‌هنجاری‌های میدان فشار تراز دریا و ارتفاع سطوح میانی جو نشان داد که برای

- Azizi, 2014, Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis, *Environmental Health Science & Engineering*. J. 12, 124, PP.1-12.
2. Dodangeh, E., Y. Shao, M. Daghestani, 2012, L-Moments and fuzzy cluster analysis of dust storm frequencies in Iran, *Aeolian Research*, Vol.5, PP.91-99.
 3. Evan, A, T., A.k. Heindinger, and P. Knippertz, 2006, Analysis of winter dust activity off the coast of West Africa using a new 24-year over-water advanced very high resolution radiometer satellite dust climatology, *Geophysical Research*. J. 111, doi: 10.1029/2005JD00636.
 4. Ghasemi, S., 1390, Investigation of the role of North Atlantic oscillation (NAO) on the formation of the role of the circulation patterns along with dusty storms in Kermanshah province during 2000-2010, Master's thesis, Tehran University of Science Sciences.
 5. Ginoux, P., M. Prospero, O.Torres, and M. Chin, 2004, Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model: correlation with North Atlantic Oscillation, *Environmental Modelling & Software*, Vol.19, PP.123-138.
 6. Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck, 2003, An overview of the North Atlantic
 7. Oscillation, *Geophysical Monograph* 134. doi: 10.1029/134GM01.
 8. Hurrell, J.W., M.P. Hoerling, A.S. Phillips, and T. Xu, 2004, Twentieth century North Atlantic climate change. Part I: Assessing determinism, *Climate Dynamics*, Vol.23, PP.371-389.
 9. Hurrell, J.W., 1995, Decadal trends in the North Atlantic oscillation regional temperature and precipitation: *Science*, Vol.269, PP.676-679.
 10. Lateef, k., A. Mishaal, and A. Abud, 2015, The spatial distribution of dust sources in Iraq by using satellite images. *International Journal of Energy and Environment*, Vol.6, PP.27-36.
 11. Moulin, C., C.E. Lambert, F.Dulac, and U. Dayan, 1997, Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic Oscillation. *Nature* 387, PP. 691-694.
 12. Mahowald, N., C.Luo, and J.Corrall, 2003, Interannual variability in atmospheric mineral aerosols from a 22-year model simulation and observational data, *Journal of*

بین کمیت بارش در فصل زمستان با رخداد گردوغبار در ماه جولای در تمام ایستگاه‌ها به استثنای ایستگاه بوشهر همبستگی معکوس و معنی‌داری بدست آمد که بیانگر تبعیت فراوانی وقوع این پدیده از شرایط بارش در منطقه می‌باشد به طوری که درصد بیشتری از تغییرات فراوانی رخداد گردوغبار در ماه جولای توسط شرایط بارش در فصل زمستان قابل تبیین و توضیح می‌باشد. با توجه به نقش توزیع بارش و نقشه‌های پهنه بندی بی‌هنگاری بارش به دست آمده، در فصل زمستان سال ۲۰۰۹ وضعیت نامساعد بارش بویژه در استان خوزستان و همچنین کاهش ۲۱ درصدی بارش نسبت به میانگین بلند مدت، باعث بروز شرایط خشکسالی در اغلب منطقه مورد مطالعه شده است و می‌تواند یکی از عوامل موثر در تشدید گردوغبار ماه جولای همان سال به شمار رود. در صورتی که در فصل زمستان سال ۲۰۰۴، وضعیت بارش نسبت به بلند مدت افزایش چشمگیری را نشان داد. در این فصل، بارش در تمامی نقاط بین ۲۰ تا ۳۳ درصد افزایش داشته است که تأثیر قابل توجهی در کاهش رخداد گردوغبار خواهد داشت.

نتایج آزمون همبستگی شاخص نوسان اطلس شمالی با فراوانی پدیده گردوغبار موید آن است که شاخص NAO در همه ایستگاه‌ها با فراوانی رخداد گردوغبار همبستگی منفی دارد و تأثیر ضعیف یا نسبتاً متوسط NAO را در فراوانی گردوغبار نشان می‌دهد هرچند که بیشترین تأثیر شاخص NAO در برخی فازهای قوی مثبت و منفی مشهودتر است. با توجه به اینکه کاهش غیرعادی شاخص NAO با افزایش قابل ملاحظه رخداد گرد و خاک در جولای ۲۰۰۹ همراه شده است احتمال می‌رود که در صورت فراهم شدن دیگر شرایط، از جمله کاهش بارش، در فاز منفی NAO، که مسیر حرکت چرخندها به نواحی جنوبی اروپا منتقل می‌شود، می‌تواند شرایط مساعدی برای عبور ناو‌ها از روی کانون‌های گرد و خاک واقع در روی عراق و سوریه فراهم آورد که پیامد آن افزایش رخداد گرد و خاک در نیمه غربی کشور خواهد بود.

منابع

1. Boloorani, A., S.O. Nabavi, H.A. Bahrami, F. Mirzapour, M. Kavosi, E. Abasi, and A.

18. Tam, M., X. Li, L. Xin, 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition, *Atmospheric Environment*, Vol.85, PP.215-222.
19. Varoujan, k.S., A. Nadhir, and S. Knutsson, 2013, Sand and dust storm events in Iraq, *Natural Science*, Vol.5, PP.1084-1094.
20. Wanner, H., Bronnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C., Stephenson, D.B. and Xoplaki, E., 2001, North Atlantic Oscillation – Concepts and studies, *Surveys in Geophysics*, 22,321–382.
21. Yu, B., D, T. and Hesse, P, P., 2006, Correlation between rainfall and dust occurrence at mildura, Australia: The difference between local and source area rainfalls, *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, 723-727.
22. Zhao, Y., Huang, A., Zhu, X., Zhou, Y. and Huang, Y., 2013, The impact of the winter North Atlantic Oscillation on the frequency of Springdust storms over Tarim Basin in northwest China in the past half-century, *Environmental Research*, 8, 2.
23. Zoljoodi, M., A.Didevarasl, A. and Ranjbar Saadatabadi, A., 2013, Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Source Areas in Iraq and Syria, *Atmospheric and Climate Sciences* , 3, 321-336.
- Geophysical Research, Vol.108, NO. D12, 4253. doi:10.1029/2002JD002821.
13. Maarten. H., B. Ambaum., D. Stephenson, 2001, Arctic Oscillation or North Atlantic scillation *Journal of Climate*. Vol.14, PP.3495-3507.
14. Mihanparast, M., A. Ranjbar, A. Meshkatee, 1390, Study of the role of 850hp pressure gradient and trough in the formation of summer dust in the midwest of the country, Fourteenth Fluid Dynamics Conference, Noushirvan University of Technology in Babol.
15. Nasr-Esfahany, M., A. Mohebalhojeh, A. Ahmadi-Givi, 1392, Numerical simulation of the North Atlantic Oscillation and its impact on the South West Asia, *Journal of Physics of the Earth and Space*, Vol. 39, No.3, PP.145-158.
16. O'Lionsigh, T., G.H. McTainsh, E.K. Tews, C.L. Strong, J.F. Leys, P. Shinkfield, N.J. Tapper, 2014, The Dust Storm Index (DSI): A method for monitoring broadscale wind erosion using meteorological records, *Aeolian Research*, Vol.12, PP. 29-40.
17. Sisipoor, M., A. Ranjbar, A. Meshkatee, 1389, Dust Synoptic patterns in hormozgan provinc, First National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, Islamic Azad University of Bandar Abbas.