

تحلیل همدید روزهای گردوغباری شدید دوره گرم در مناطق مجاور پهنه‌های بیابانی (مطالعه موردی: اهواز)

امیرحسین حلییان^{۱*}، مهران شبانکاری^۲، مریم امینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۱۶

چکیده

هدف این پژوهش کشف رابطه میان الگوهای گردشی پدیدآورنده گردوغبارهای شدید اهواز با رویکرد محیطی به گردشی است. بدین منظور، داده‌های شبکه‌ای روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا و مؤلفه‌های باد مداری و نصف‌النهاری به صورت متناظر با ۲۲۹ روز گردوغباری شدید دوره گرم از پایگاه داده (NCEP/NCAR) دریافت شد. با انجام تحلیل خوشه‌ای پایگانی انباشتی بر روی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار تراز دریا با آرایه‌ای به ابعاد ۲۲۹×۱۶۱۷ و ادغام روزها به روش وارد ۳ الگوی گردشی برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۳ الگوی گردشی برای فشار تراز دریا شناسایی و برای هر الگو، یک روز به عنوان نماینده بر اساس ضریب همبستگی با آستانه ۹۵٪ تعیین و نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردارهای سرعت و جریان‌های هوا در این روزها ترسیم و تحلیل شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بر اساس الگوهای ۱ و ۲ در ترازهای ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار تراز دریا رخداد گردوغبارهای شدید اهواز متأثر از استقرار فرودی در شرق مدیترانه و کم‌فشارهای حرارتی سطح زمین به‌ویژه کم‌فشار خلیج فارس است. در الگوی ۳ دو تراز مزبور نیز همگرایی مداری سامانه چرخندی خلیج فارس و پرفشار آזור و در نتیجه افزایش شیو فشار روی منطقه موجب انتشار و انتقال پدیده گردوغبار در خوزستان و شهر اهواز می‌شود. بر اساس این پژوهش، مهم‌ترین منابع گسترش گردوغبار به قلمرو مطالعاتی بیابان‌های عراق، عربستان و سوریه است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل همدید، گردوغبار، دوره گرم، تحلیل خوشه‌ای، سامانه‌های فشار، اهواز.

۱. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، نویسنده مسئول؛ halabian_a@yahoo.com

۲. دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان اهواز

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه پیام نور

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور است.

مقدمه

آنچه در عصر کنونی مرزها را درمی‌نوردد و در سطح جهانی و به‌طور فراگیر، تمامی ملت‌ها را تهدید می‌کند، بحران‌های زیست‌محیطی و در رأس آن، آلودگی هوا و به‌تبع آن، تغییرات غیرمنتظره آب‌وهوایی است (شائمی و حبیبی، ۲۰۰۹). گردوغبار به عنوان یکی از بلایای طبیعی شناخته‌شده، مورد توجه بسیاری از اندیشمندان و محققان شاخه‌های مختلف علوم جوی است. این پدیده به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین معضلات جدی محیطی در نواحی خاصی از کرهٔ خاکی خودنمایی می‌کند و آثار و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی را بر جای می‌گذارد. در حقیقت، رخداد گردوغبار می‌تواند نوعی واکنش به تغییر پوشش گیاهی زمین باشد که در این ارتباط نقش فعالیت‌های انسانی را در کنار شرایط طبیعی محیط‌های جغرافیایی باید در نظر گرفت (آری موتو، ۲۰۰۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که چاله‌های مرکزی ایران با بیش از ۱۵۰ روز و سپس مناطق جنوب‌غرب و غرب کشور که در مجاورت بیابان‌های بزرگی همچون عراق، عربستان، سوریه و... قرار دارند و منشأ پدیده گردوغباری در کشور هستند، دارای بیشترین فراوانی روزهای گردوغبار هستند (علیچانی، ۱۹۹۷). تأثیرات گردوغبار ممکن است تا فاصله ۴۰۰۰ کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته، سبب بروز خسارات فراوان در زمینه‌های بهداشتی، کشاورزی، صنعتی، حمل‌ونقل و سیستم‌های مخابراتی گردد (رئیس‌پور، ۲۰۰۸). مطالعات پزشکی نیز نشان می‌دهد که مشکلات بینایی و اغلب بیماری‌های تنفسی، مثل آسم و بیماری‌های عفونی از مهم‌ترین عوارض پدیده‌های گردوغباری به‌شمار می‌رود (مرجانی، ۱۹۹۳). کشورهای واقع در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران، همواره با پدیده گردوغبار درگیر بوده‌اند. چنان‌که هر سال حدود ۵۰۰ میلیون تن گردوغبار در جو پخش می‌شود، که صحرای بزرگ آفریقا به‌تنهایی ۳۰۰ میلیون تن گردوغبار در جو زمین رها ساخته و گردوغبارهای جوی می‌توانند تا ۴۰۰۰ کیلومتر دورتر از منشأ

تشکیل نیز جابه‌جا شود (کوتیل^۲، ۲۰۰۳). ایران نیز در معرض وقوع پدیده گردوغبار هم در مقیاس محلی و هم در مقیاس منطقه‌ای قرار دارد. در سال‌های اخیر، این پدیده در ایران از نظر غلظت و جریان ذرات معلق، تداوم، وسعت و زمان آن متفاوت و بسیار بیشتر از طوفان‌های گردوغبارهای گذشته است. این موضوع سبب نگرانی‌های بسیاری در حوزه‌های انسانی و محیطی شده است. در این سال‌ها خشکسالی‌های مداوم، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی محیط به همراه تشدید عوامل محیطی توسط انسان، نظیر استفاده بی‌رویه از منابع آبی مناطق بیابانی، از بین رفتن نزارها و وقوع جنگ، سبب خشک شدن برخی تالاب‌ها و دریاچه‌های بیابان‌های سوریه و عراق شده است. نتیجه چنین وقایعی، گسترش شدید گردوغبار و ریزگردهای خاک است. مناطق غرب کشور به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و نزدیکی به بیابان‌های مجاور مانند عراق، سوریه و عربستان بیشتر در معرض سامانه‌های گردوغبار هستند؛ به‌خصوص آنکه اکثر سامانه‌های جوی از شمال غرب، غرب و جنوب غربی به کشور وارد می‌شوند؛ در بخش‌های غربی و جنوب غربی ایران این پدیده اثرات مخرب تری داشته و در کوتاه‌مدت اثرات نامطلوبی بر محیط زیست، اقتصاد و سلامت ساکنان استان‌های درگیر با پدیده و به‌ویژه شهرها و استان‌های مرزی غرب و جنوب غرب همانند ایلام، کردستان، کرمانشاه و خوزستان داشته است (شجاعی، ۱۳۸۹). پیشینه پژوهش‌ها در جهان در خصوص شناسایی و تحلیل هم‌دید الگوهای گردشی مؤثر در رخداد پدیده گردوغبار به چندین دهه می‌رسد و از این حیث ادبیات اقلیم‌شناسی غنی است: از جمله رومانوف^۳ (۱۹۵۱) پدیده گردوغبار را در آسیای مرکزی و قزاقستان بررسی و نتیجه‌گیری کرد که بیشتر این پدیده‌ها در دوره گرم سال رخ می‌دهد. گودی و میدلتون^۴ (۲۰۰۱) معتقدند که صحرای آفریقا بیش از هر بیابان دیگری در دنیا گردوغبار تولید می‌کند. کوتیل (۲۰۰۳) ضمن بررسی منشأ ویژگی‌های زمانی طوفان‌های گردوغبار در خاورمیانه، چهار ناحیه دارای بیشینه فراوانی گردوغبار در خاورمیانه را مشخص

2. Kutiel

3. Romanof

4. Goudie & Midelton

1. Arimoto

شدت گردوغبار و نیز توزیع مکانی-زمانی با مشاهدات مطابقت خوبی دارند.

در ایران، همتی (۱۹۹۵) در بررسی فراوانی وقوع طوفان‌های گرد و خاک در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور به این نتیجه رسید که علت طوفان‌های گرد و خاک شدید این نواحی، حضور سامانه‌های چرخندی است که از نواحی شمال عراق و مرکز عربستان منشأ می‌گیرند. دهقان‌پور (۲۰۰۵) با مطالعه طوفان‌های گرد و خاک فراگیر ایران مرکزی نشان داد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط مساعدی از جهت شکل‌گیری و گسترش ناپایداری‌های سطحی در سطح زمین مهیا شده که این امر سبب طوفان گرد و خاک می‌شود. ذوالفقاری و عابدزاده (۲۰۰۶) ضمن تحلیل همدید امواج گردوغبار در غرب ایران به این نتیجه رسیدند که پرفشار آזור همراه با سامانه‌های مهاجر بادهای غربی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سامانه‌های گردوغبار منطقه به شمار می‌روند. حیدری (۲۰۰۷) پس از مطالعه موردی یک نمونه از سامانه مولد گردوغبار در استان کرمانشاه نتیجه گرفت که سیکلون‌های بسته روی عراق و عربستان سبب ایجاد گردوغبار در استان کرمانشاه است. کرمی (۲۰۰۹) نشان داد که طی دوره گرم سال، همگرایی مداری کم فشار ایران و پاکستان از سمت شرق و پرفشار آזור از سمت غرب و در نتیجه افزایش شیو فشار روی خوزستان طی روزهای اوج طوفان‌های گردوغباری باعث انتقال و انتشار پدیده گردوغبار در خوزستان و استان‌های اطراف می‌شود. براتی و همکاران (۲۰۱۱) نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخدادهای طوفان‌های غباری استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد نزدیک شدن همزمان دو سامانه کم‌فشار ایران-پاکستان و سامانه پرفشار آזור به ترتیب از خاور و باختر عامل اصلی وقوع این پدیده است. طاووسی و همکاران (۲۰۱۱) سامانه‌های همدیدهای گردوغباری در استان خوزستان را مورد تحلیل قرار دادند و مشخص کردند که در دوره سرد سال سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و رودباد جبهه قطبی همراه آن و در دوره گرم سال کم‌فشارهای حرارتی سطح زمین، مهم‌ترین عامل ایجاد و شکل‌گیری پدیده گردوغبار در استان خوزستان است. موحدی و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی روند تولید و انتقال طوفان‌های

کرد. بارکان^۱ و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند ناوه حاصل از کم‌فشار ایسلند و پرفشار نیمه استوایی در انتقال غبار آفریقا به اروپا به‌ویژه ایتالیا نقش عمده و اساسی دارند. دایان^۲ و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی سامانه‌های همدید موجد گردوغبار در جنوب شرقی مدیترانه به این نتیجه رسیدند که اغلب گردوغبارها حاصل سامانه‌های کم‌فشار قبرس، کم‌فشار صحرا و تراف دریای سرخ است. بارکان^۳ (۲۰۰۸) با بررسی الگوهای همدید تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال برای دوره‌های همراه با گرد و خاک و بدون گرد و خاک در صحرای آفریقا، نشان داد که تفاوت معناداری در متغیرهای جوی بین دو دوره فوق وجود دارد. کالسترینی^۴ و همکاران (۲۰۱۲) به مدل‌سازی عددی ورود گردوغبار از نواحی بیابانی آفریقا به حوضه مدیترانه پرداختند. مقایسه نتایج شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در محل نشان از همخوانی و اثربخشی مدل در برآورد سهم گردوغبار صحرای آفریقا در سطح زمین داشت. عواد و مشات^۵ (۲۰۱۴) به بررسی الگوهای همدید همراه با گردوغبار گسترده در مرکز و شرق عربستان سعودی پرداختند. تحلیل تغییرات فشار تراز دریا وجود چهار رژیم همدید را آشکار نمود که دو رژیم اول الگوی نصف‌النهاری و دو رژیم دوم الگوی مداری داشتند. این پژوهش نشان داد که بادهای شمالی و جنوبی به ترتیب بادهای غالب بر روی شرق شبه‌جزیره عربستان در زمان رخداد گردوغبارهای قوی و ضعیف هستند. کانگ^۶ و همکاران (۲۰۱۶) روند وقوع گردوغبار را در فلات تبت بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که فراوانی رویداد گردوغباری در ایستگاه‌های مورد مطالعه در این منطقه، از دهه ۱۹۷۰ روند کاهش معنی‌داری داشته است که این کاهش در ارتباط با کاهش سرعت باد و افزایش پوشش گیاهی در منطقه است. بیگام^۷ و همکاران (۲۰۱۸) ضمن شبیه‌سازی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گردوغبار در شبه‌جزیره عربستان نشان دادند که الگوی فضایی و سری زمانی شبیه‌سازی‌ها از نظر

1. Barkan
2. Dayan
3. Barkan
4. Calastrini
5. Awad and Mashat
6. Kang
7. Beegum

مخاطره محیطی و بسترسازی جهت ارائه راهکارهای مقابله با آن است.

مواد و روش‌ها

لازمه انجام صحیح و اصولی هر پژوهشی، تهیه پایگاه داده‌ای مناسب است، در این مطالعه همدید نیز نیاز به دو پایگاه داده ضرورت می‌یابد: یکی پایگاه داده رویداد محیطی (سطحی) و دیگری پایگاه داده جوی که چگونگی جریان‌های جوی را مشخص می‌کند. داده‌های سطحی در این پژوهش شامل تمامی اندازه‌گیری‌های روزانه پارامترهای گردوغبار در ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در اهواز (ایستگاه‌های نادری، اداره محیط زیست، دانشگاه شهید چمران، اداره هواشناسی، شرکت فولاد و عین دو) با دوره آماری ۱۴ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۳) بوده است که از اداره محیط زیست اهواز تهیه شده است. داده‌های جوی لازم برای انجام این پژوهش نیز از پایگاه داده^۱ NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو اقیانوس‌شناسی ایالات متحده برداشت شده است. تحقیقات پیشین نشان داده است که داده‌های بازسازی‌شده NCEP از ضریب اطمینان بالایی برخوردار بوده و برای مطالعه پراکندگی فشار ایران مناسب هستند (علیچانی، ۱۳۸۰). برای نیل به هدف نهایی پژوهش ابتدا در بخش داده‌های محیطی (زمینی) پس از بررسی آمار روزانه گردوغبار شهر اهواز طی دوره ۱۴ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۳) ۳۹۰ روز توأم با رخداد شدیدترین گردوغبارهای اهواز بر اساس آستانه حد مجاز $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در شاخص AQI برگزیده شد. سپس تعداد روزهای گردوغباری شدید به دو دوره زمانی گرم (آوریل، می، ژوئن، جولای، اگوست و سپتامبر) و سرد (ژانویه، فوریه، مارس، اکتبر، نوامبر و دسامبر) تفکیک شدند. بر این اساس، ۲۲۹ روز (۵۹٪) از روزهای گردوغباری شدید در دوره گرم و ۱۶۱ روز (۴۱٪) در دوره سرد رخ داده است. در این پژوهش با توجه به بسامد روزهای گردوغباری شدید در دوره گرم تنها رویدادهای گردوغباری شدید در این دوره مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس در روزهای انتخابی داده‌های شبکه‌ای مشتمل بر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (hgt)

گردوغبار و تأثیر آن بر آلودگی کلانشهر اهواز پرداختند و نشان دادند که در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ افزایش شدیدی در تعداد روزهای گردوغباری اهواز رخ داده است. ماه‌های ژوئن و ژولای بیشترین و نوامبر و دسامبر کمترین رخداد گردوغبار را دارند. طاووسی و همکاران (۲۰۱۳) با مدل‌سازی سری‌های زمانی پدیده گردوغبار شهر اهواز در بازه زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵ آشکار کردند که بیشینه روزهای گردوغباری در دوره گرم سال رخ می‌دهد. همچنین، فراوانی گردوغبار به لحاظ سری‌های زمانی در نیمه دوم دوره آماری نسبت به دوره اول افزایش چشمگیری (دو برابر) داشته است. خورشیددوست و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند سامانه پرفشار آזור از طریق ایجاد کم‌فشارهای گرمایی سطح زمین بیشترین نقش را در پراکندگی فراوانی روزهای گردوغباری در غرب ایران دارد. زنگنه (۲۰۱۴) ضمن واکاوی آماری و بررسی الگوهای گردش جوی ایجادکننده گردوغبار در ایران نشان داد که در میان فصول، بیشینه طوفان‌های گردوغبار در تابستان و کمینه آن در زمستان رخ می‌دهد. تیرماه بیشترین فراوانی طوفان‌های گردوغبار و آذرماه کمترین فراوانی را داشته است. امیدوار و سپیندار (۲۰۱۸) نشان دادند که در سطح زمین با پسروی سامانه پرفشار اروپایی به سمت شمال و غرب و گسترش کم‌فشار سودانی در مناطق شرقی مدیترانه و جابه‌جایی آن در جهت جنوب غرب به شمال شرق و به سبب نبود رطوبت، پدیده گردوغبار در کرمانشاه حادث شده است. از نظر آنان منابع عمده گردوغبار وارده به کرمانشاه، بیابان‌های شمال عربستان، جنوب و غرب عراق و تا حدودی شمال صحرای آفریقا است.

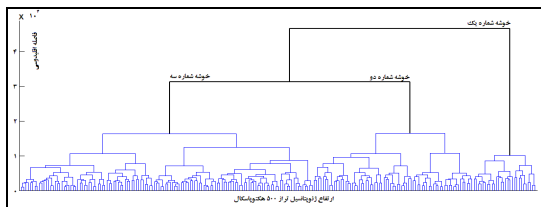
اهواز از جمله مناطقی است که به سبب موقعیت جغرافیایی و مجاورت با پهنه‌های بیابانی پیوسته در معرض گردوغبار قرار دارد و از آن رنج می‌برد. اساساً برای منشأیابی، پیش‌بینی شدت و گستردگی و سرعت انتقال طوفان‌های گردوغبار از روش‌های مختلفی همچون مدل‌های عددی، تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل‌های همدیدی استفاده می‌شود. با توجه به مطالب فوق، پژوهش حاضر در صدد شناسایی الگوهای گردشی موجد گردوغبار در اهواز از دیدگاه همدیدی با رویکرد محیطی به گردشی به منظور فراهم آوردن زمینه پیش‌بینی دقیق‌تر وقوع این

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

نتایج

۱. تحلیل الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

به منظور شناسایی و تحلیل الگوهای گردشی موجد روزهای گردوغباری شدید اهواز، گردش عمومی جو در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال طی دوره گرم سال مورد بررسی قرار گرفت و پس از انجام تحلیل خوشه‌ای، سه خوشه تحت عنوان الگوی شماره یک (۲۸ روز)، الگوی شماره دو (۷۱ روز) و الگوی شماره سه (۱۳۰ روز) حاصل شد. دارنمای این الگوهای گردشی نشان می‌دهد که الگوی شماره سه بیشترین و الگوی شماره یک کمترین روزهای گردوغباری شدید اهواز در دوره گرم را پوشش می‌دهند (شکل ۲).



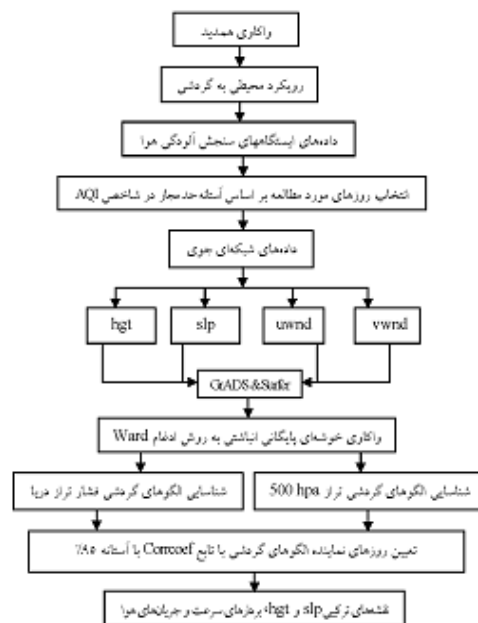
شکل (۲): دارنمای الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم

Figure (2): Dendrogram of circulation patterns at the 500 hPa level during hot period

الف. الگوی گردشی شماره یک

این الگو ۲۸ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در بر می‌گیرد. بررسی نقشه این الگوی گردشی نشان از سیطره بادهای غربی با حرکت مداری بر روی عرض‌های میانه دارد و فضای ایران نیز عرصه حضور این بادهاست. در عین حال، فرودی با محور تقریباً شمالی جنوبی از شمال دریای سیاه تا ترکیه، دریای سرخ و شمال شبه جزیره عربستان گسترش یافته است. ناوه یادشده بین عرض‌های ۳۰ تا ۴۷ درجه گسترش مداری و بین طول‌های ۳۰ تا ۵۰ درجه گسترش نصف‌النهاری دارد. فرازی نیز بر روی بخش‌های شمالی دریاچه آرال دیده می‌شود که محور آن از امتداد نصف‌النهار ۶۵ درجه عبور کرده است. بر اساس این الگوی گردشی تضعیف شرایط پایداری حاصل از عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره‌ای و استقرار یک فرود موج کوتاه می‌تواند مقدمه آغاز فعالیت موج گردوغباری در منطقه باشد. در این حالت، شرایط صعود دینامیک تقویت و زمینه برای گسترش گردوغبار به

(برحسب ژئوپتانسیل متر)، فشار تراز دریا (slp) برحسب هکتوپاسکال، باد مداری (uwnd) و باد نصف‌النهاری (vwnd) (برحسب متر بر ثانیه) طی ساعت‌های ۰۶:۰۰، ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ گرینویچ بر روی کرنل ۰ تا ۸۰ درجه شمالی و ۰ تا ۱۲۰ درجه شرقی با تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه قوسی شامل ۱۶۱۷ یاخته مکانی (۳۳×۴۹) از پایگاه داده (NCEP/NCAR) استخراج شد. در ادامه، به منظور دستیابی به الگوهای گردشی مؤثر در رخداد گردوغبارهای شدید اهواز، تحلیل خوشه‌ای پایگانی انباشتی بر روی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار تراز دریا با آرایه‌ای به ابعاد ۲۲۹×۱۶۱۷ در دوره گرم انجام گرفت. به منظور محاسبه درجه همانندی از فاصله اقلیدسی و برای ادغام مقادیری که بالاترین همانندی را نشان می‌دهند، از شیوه ادغام «وارد» بهره گرفته شد و سه الگوی گردشی برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۳ الگوی گردشی برای فشار تراز دریا شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد، با به‌کارگیری روش ضریب همبستگی با استفاده از تابع (Corrcoef) روزهای نماینده هریک از الگوها با آستانه ۹۵٪ تعیین شد. برای هریک از روزهای نماینده، نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردارهای سرعت و جریان‌های هوا ترسیم و تحلیل شد (شکل ۱).

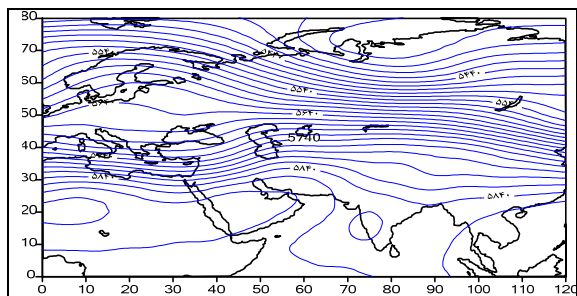


شکل (۱): روند نمای پژوهش

Figure (1): Research process

1. Correlation Coefficients

(شکل ۴). فعالیت این فرود موج کوتاه نشانگر شرایط ناپایداری و صعود در این پهنه‌های جغرافیایی است. بدین ترتیب، گردوغبار صعود کرده از سطح بیابان‌های عراق، سوریه و شمال عربستان که در کانون فعالیت ناپایداری قرار دارد، به سمت بخش‌های غربی و جنوب غربی ایران جریان می‌یابد.



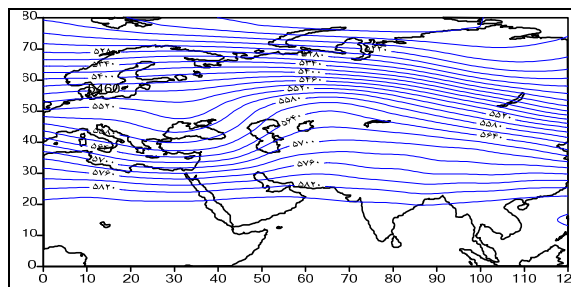
شکل (۴): الگوی شماره ۲ ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم

Figure (4): Pattern 2 of geopotential height at 500 hPa level during hot period

ج. الگوی گردشی شماره سه

این الگو ۱۳۰ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در بر می‌گیرد. در طی حاکمیت الگوی شماره ۳ از یک سو اثری از وزش بادهای غربی بر روی ایران نیست و از سوی دیگر، گسترش مکانی و شدت فشار مرکزی پرفشار آזור به عنوان یک سامانه پویشی (دینامیکی) بزرگ به حداکثر می‌رسد. در این الگوی گردشی، کانونی از پرارتفاع آזור بر روی عربستان با ارتفاع مرکزی ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر در شرق دریای سرخ نمودی آشکار دارد و کانون دیگری نیز بر روی شمال آفریقا با ارتفاع مرکزی ۵۹۲۰ ژئوپتانسیل متر مشاهده می‌شود. پیشروی این مرکز پرارتفاع سبب پس‌نشینی امواج بادهای غربی در جهت نصف‌النهاری به طرف عرض‌های بالاتر شده است. نتیجه اینکه تقریباً تمامی ایران تحت سیطره این پرارتفاع قرار گرفته و شرایط پایداری پویشی (دینامیکی) شدیدی بر آن حکمفرماست. بر اساس این الگو زبانه شرقی پرارتفاع آזור در جهت مداری گسترش یافته و بخش زیادی از خاورمیانه از جمله جنوب ایران و اهواز را تحت تأثیر خود قرار داده است؛ به عبارت دیگر، زبانه شرقی پرفشار آזור در قالب منحنی‌های ۵۸۶۰ و ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متری منطقه مطالعاتی را پوشش داده است. این شرایط بر روی این مناطق، جوی پایدار ایجاد کرده است (شکل ۵).

سطوح فوقانی جو فراهم می‌شود. بدین ترتیب، ناپایداری ناشی از ناوه مزبور با توجه به جریان هوای آلوده به ریزگردها از سطح بیابان‌های عراق، سوریه و شمال عربستان می‌تواند عامل پدیداری گردوغبار در نواحی غربی، جنوب غربی کشور از جمله شهر اهواز باشد (شکل ۳).



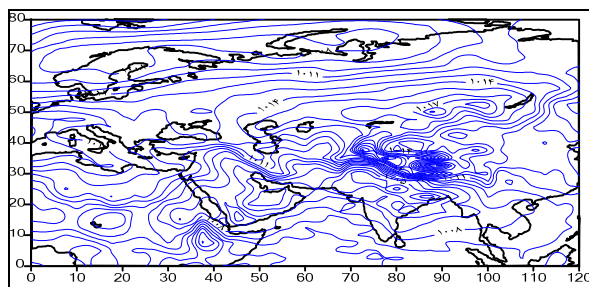
شکل (۳): الگوی شماره ۱ ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم

Figure (3): Pattern 1 of geopotential height at 500 hPa level during hot period

ب. الگوی گردشی شماره دو

این الگو ۷۱ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در طول دوره مورد مطالعه در بر می‌گیرد. در زمان حاکمیت این الگوی گردشی، نیمه شمالی ایران همچنان تحت تأثیر وزش بادهای غربی است. اما با عقب‌نشینی بادهای غربی، نواحی جنوبی ایران عرصه حضور پرفشار جنب حاره‌ای آזור است. بنابراین، شرایط پرفشاری ویژگی غالب اقلیمی دوره گرم بر بالای آسمان بخش‌های جنوبی ایران است که در این الگوی گردشی با قدرت زیاد حاکمیت دارد. بر اساس این الگوی گردشی، کانون پرارتفاع آזור با ارتفاع مرکزی ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی بخش‌های شمالی و شمال شرقی آفریقا واقع شده و زبانه‌های آن نیز در جهت شرقی گسترش مداری قابل توجهی پیدا کرده است؛ به گونه‌ای که تمامی پهنه‌های شمالی و شرقی آفریقا، بخش‌های زیادی از عربستان و گستره وسیعی از ایران را در جنوب کشور به طور کامل فرا می‌گیرد و به سبب این سیطره آشکار شرایط پایداری پویشی (دینامیکی) فوق‌العاده شدیدی را بر این مناطق تحمیل می‌کند. در عین حال، فرودی با محور شمالی جنوبی در مدار ۳۵ درجه بر روی منتهی‌الیه شرقی مدیترانه قرار دارد و تمامی پهنه شرقی مدیترانه و مناطق غربی تا جنوب غربی ایران را تحت سیطره خود قرار داده و تا شمال شبه‌جزیره عربستان کشیده شده است

هسته‌ای شبه‌قاره هند و بخش‌های وسیعی از جنوب ایران را در بر گرفته است؛ به عبارت دیگر، در زمان استقرار این الگوی گردشی یک سامانه چرخندی قوی با فشار مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی خلیج فارس متمرکز است. خطوط هم‌فشار این سامانه به صورت زبانه‌ای با گرایش شمال غربی به سمت عراق، عربستان، جنوب غرب ایران تا سوریه کشیده شده است. گسترش این سامانه بر روی بیابان‌های شبه‌جزیره عربستان، عراق و سوریه امکان صعود گردوغبار را فراهم می‌کند. گردش پادساعتگرد هوا درون این سامانه چرخندی موجب مکش هوای بیابان‌های عربستان، عراق و سوریه به سمت خلیج فارس شده و زمینه را برای گسترش و نفوذ گردوغبار به خوزستان و از جمله شهر اهواز مهیا می‌کند (شکل ۷).

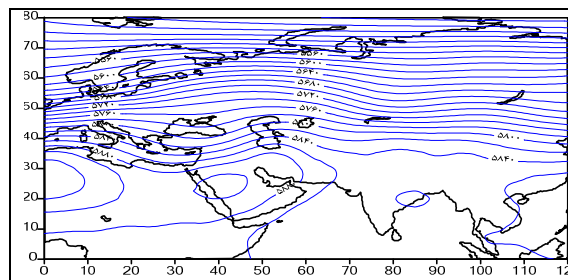


شکل (۷): الگوی شماره ۱ فشار تراز دریا در دوره گرم

Figure (7): Pattern 1 at the sea level pressure during hot period

ب. الگوی شماره دو

این الگو ۱۱۸ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در طول دوره مورد مطالعه در بر می‌گیرد. در زمان حاکمیت این الگوی گردشی کم‌فشار گنگ به‌عنوان بخشی از گردش موسمی هند با ماهیتی گرمایی‌پوشی و با کانون مرکزی ۹۹۷ هکتوپاسکال به حداکثر شدت و گسترش فضایی خود می‌رسد. در عین حال، در زمان رخداد این الگوی گردشی سامانه کم‌فشار قوی دیگری با فشار مرکزی ۹۹۹ هکتوپاسکال بر روی خلیج فارس مستقر می‌باشد. زبانه این سامانه چرخندی نیز در جهت شمال غربی گستره وسیعی از قلمرو جغرافیایی عراق، عربستان، جنوب غرب ایران تا سوریه را در بر می‌گیرد. فعالیت این چرخند به صورت وزش باد و ناپایداری هوا شرایط مناسبی را برای صعود هوای گرم همراه ستون‌های عظیم گردوغبار فراهم می‌آورد. بدین ترتیب، جریان پادساعتگرد هوا درون این سامانه کم‌فشار سبب گسترش و

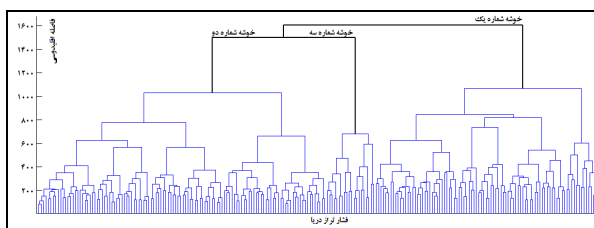


شکل (۵): الگوی شماره ۳ ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره گرم

Figure (5): Pattern 3 of geopotential height at 500 hPa level during hot period

۲. تحلیل الگوهای گردشی فشار تراز دریا

دارنمای الگوهای گردشی فشار تراز دریا نشان از وجود سه الگوی شماره یک (۹۱ روز)، الگوی شماره دو (۱۱۸ روز) و الگوی شماره سه (۲۰ روز) دارد. الگوی شماره دو به‌تنهایی بیش از نیمی از روزهای گردوغباری شدید در اهواز را پوشش داده است (شکل ۶).



شکل (۶): دارنمای الگوهای گردشی فشار تراز دریا در دوره گرم

Figure (6): Dendrogram of circulation patterns at the sea level pressure during hot period

الف. الگوی شماره یک

این الگو ۹۱ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در طول دوره مورد مطالعه در بر می‌گیرد. در زمان حاکمیت این الگو از یک سو پرفشار سیبری با کانون‌های کاملاً مشخص با فشار مرکزی ۱۰۱۷ هکتوپاسکال در حد فاصل دریاچه‌های بایکال و بالخاش بر روی شرق و میانه آسیا حضور دارند و از سوی دیگر نیمه جنوبی قاره آسیا، شبه‌قاره هند و بخشی از خاورمیانه (شامل نیمه جنوبی ایران) به ترتیب جولانگاه سامانه‌های کم‌فشاری همچون گنگ و خلیج فارس است. بررسی این الگوی گردشی فشار تراز دریا مشخص کرد که کم‌فشار قوی گسترده‌ای به نام گنگ (با فشار مرکزی ۱۰۰۳ هکتوپاسکال) همراه با کم‌فشار مستقر بر روی شبه‌جزیره عربستان (با فشار مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال) به صورت دو

تحلیل قرار گرفتند.

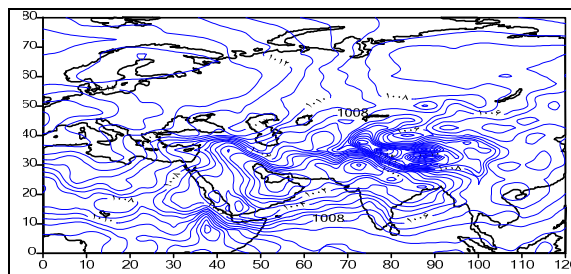
الف. تحلیل روز نماینده الگوی گردشی شماره ۳ تراز

۵۰۰ هکتوپاسکال (۸۰/۵/۱۸)

طی این روز شدت گردوغبار شهر اهواز با ۱۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب به ۱۲ برابر حد مجاز خود رسیده است. بررسی نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در این روز نشان از نمود آشکار یک مرکز کم فشار با گستردگی مداری و نصف النهاری در حوالی عرض ۶۰ درجه بر روی آسیای شمالی و با ارتفاع مرکزی ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر دارد. این الگوی گردشی عرصه کنش، فعالیت و حاکمیت پراارتفاع آזור بر سراسر ایران و شمال آفریقا است. بر اساس این الگوی گردشی، کانون پراارتفاع آזור با ارتفاع مرکزی ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی بخش های شمالی، شمال شرقی آفریقا و جنوب مدیترانه واقع شده و زبانهای آن نیز در جهت شرقی گسترش مداری قابل توجهی پیدا کرده است؛ به گونه ای که تمامی پهنه های شمالی و شرقی آفریقا، بخش های زیادی از عربستان و گستره وسیعی از ایران از جمله قلمرو مطالعاتی را به طور کامل فرا می گیرد و به سبب این سیطره آشکار شرایط پایداری پوششی (دینامیکی) فوق العاده شدیدی را بر این مناطق تحمیل می کند (شکل ۱۰).

بررسی الگوهای فشار تراز دریا در روز ۸۰/۵/۱۸ در نقشه ترکیبی نیز نشان داد که سامانه های گردشی دوره گرم مانند کم فشار آسیایی، کم فشار گنگ و کم فشار خلیج فارس در منطقه، ظهور و حاکمیت داشته و از پیوستگی مکانی بیشتری برخوردارند. طی این روز، کانونی از سامانه کم فشار گنگ با فشار مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی شمال شرقی شبه قاره هند متمرکز است. در عین حال، کم فشار خلیج فارس در اوج قدرت و گسترش مکانی خود، جنوب ایران، عراق، شبه جزیره عربستان تا غرب دریای سرخ را در بر گرفته است. ناحیه اصلی نفوذ کم فشار خلیج فارس در بخش غربی در قالب منحنی ۱۰۰۵ هکتوپاسکالی جنوب ایران، استان خوزستان و از جمله اهواز را پوشش داده است. گردش پادساعتگرد هوا در درون این سامانه چرخندی سبب انتقال گردوغبار از بیابان های عراق و عربستان به استان خوزستان و شهر اهواز می شود

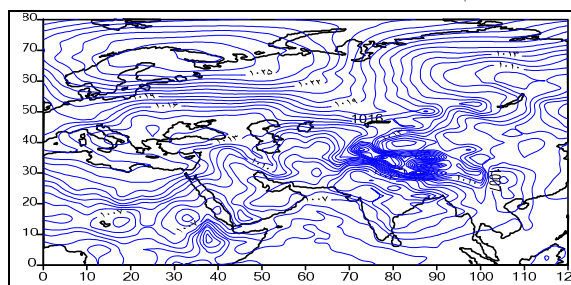
نفوذ گردوغبار از بیابان های عراق، عربستان و سوریه به خوزستان و از جمله شهر اهواز می شود (شکل ۸).



شکل (۸): الگوی شماره ۲ فشار تراز دریا در دوره گرم
Figure (8): Pattern 2 at the sea level pressure during hot period

ج. الگوی شماره سه

این الگو ۲۰ روز از ۲۲۹ روز گردوغباری شدید در اهواز را در بر می گیرد. بر اساس این الگوی گردشی، شبه قاره هند و پهنه های جغرافیایی عربستان، عراق، ایران و سوریه تحت سیطره سامانه های کم فشار است. در زمان استقرار این الگوی گردشی نیز کم فشار قوی گنگ با فشار مرکزی ۱۰۰۲ هکتوپاسکال حضوری آشکار دارد و کماکان بخش های وسیعی از جنوب ایران، عربستان، عراق و سوریه تحت سیطره کم فشار خلیج فارس است. در این شرایط زمینه برای نفوذ و گسترش گردوغبار از بیابان های عراق، عربستان و سوریه در قالب گردش پادساعتگرد هوا در درون این سامانه چرخندی همچنان فراهم است (شکل ۹).

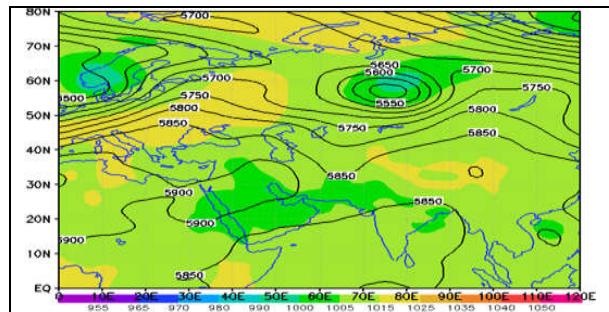


شکل (۹): الگوی شماره ۳ فشار تراز دریا در دوره گرم
Figure (9): Pattern 3 at the sea level pressure during hot period

۳. تحلیل روزهای نماینده الگوهای گردشی در دوره گرم

پس از انتخاب یک روز نماینده برای هر یک از الگوهای گردشی شش گانه دوره گرم، روزهای ۸۰/۵/۱۸ و ۸۵/۵/۱۲ به ترتیب به عنوان نماینده های الگوی گردشی شماره ۳ تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و الگوی گردشی شماره ۲ فشار تراز دریا که بیشترین بسامد را در بین الگوهای شش گانه داشتند، مورد

(شکل ۱۰). بدین ترتیب، به نظر می‌رسد سامانه چرخندی خلیج فارس دلیل عمده انتقال و نفوذ گردوغبار به منطقه مطالعاتی باشد.

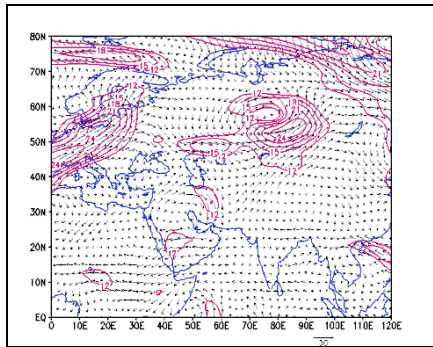


شکل (۱۰): نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸

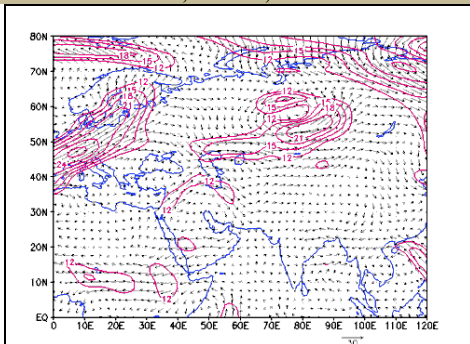
Figure (10): Composit map of the sea level pressure and geopotential height at the 500 hPa, 9.8.2001

شکل (۱۰) نقشه‌های بردار سرعت و خطوط هم‌سرعت باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز نماینده الگوی گردشی شماره ۳ (۸۰/۵/۱۸) نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه‌ها در طی ساعات چهارگانه همدید باد با جهتی از سمت غرب و شمال غرب به طرف جنوب غرب ایران در جریان بوده است. باد در این روز در تراز میانی جو به سبب وضعیت جوی تقریباً پایدار حاصل از استقرار و حاکمیت پرفشار جنب حاره‌ای آזור از سرعت چندان زیادی برخوردار نبوده و بر روی بیابان‌های عربی مجاور (عربستان، عراق و سوریه) با خوزستان حداکثر به ۱۲ متر بر ثانیه (۴۳ کیلومتر بر ساعت) می‌رسد. در این روز، کانون‌های سرعت باد بر روی مناطق میانی ایران با سرعت ۱۲ تا ۱۸ متر بر ثانیه تشکیل شده است (اشکال ۱۱ تا ۱۴).



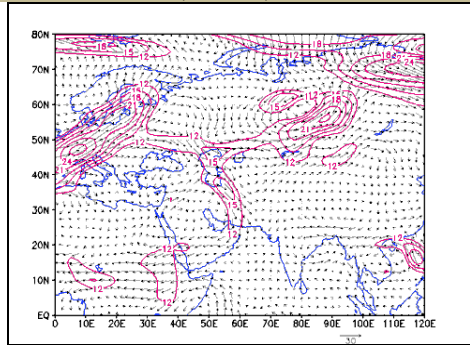
شکل (۱۲): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۰۶:۰۰

Figure (12): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 9.8.2001, 06.00UTC



شکل (۱۳): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۲:۰۰

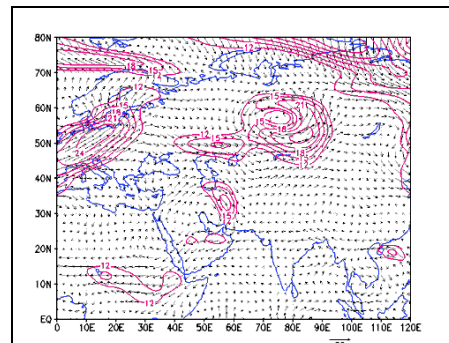
Figure (13): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 9.8.2001, 12.00UTC



شکل (۱۴): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (14): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 9.8.2001, 18.00UTC

نقشه‌های بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا نشان می‌دهد که طی ساعات‌های چهارگانه همدید در سطح زمین باد از سمت بیابان‌های عربستان و عراق در حال وزش به سوی خلیج فارس و خوزستان است. پیامد این شرایط، نفوذ و انتقال پدیده گردوغبار به منطقه می‌باشد. در این روز کانون‌های سرعت باد بر روی جنوب خلیج فارس با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه (۵۰ کیلومتر بر ساعت) تشکیل شده است (اشکال ۱۵ تا

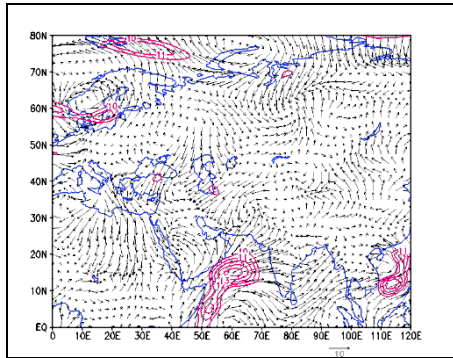


شکل (۱۱): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در

تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۰۰:۰۰

Figure (13): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 9.8.2001, 00.00UTC

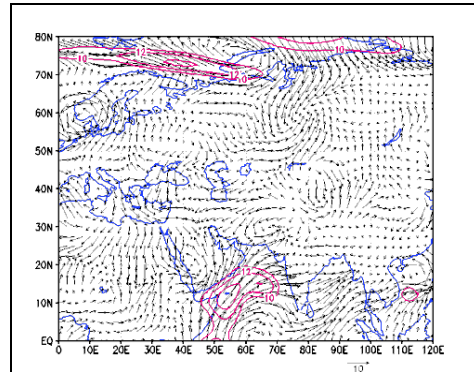
۱۸). هماهنگی خطوط بردار باد و جهت وزش آن از بیابان‌های عربی همجوار به سمت خلیج فارس و خوزستان نشان از اهمیت کم فشار خلیج فارس در انتقال و گسترش پدیده گردوغبار به منطقه مطالعاتی دارد.



شکل (۱۸): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۱۸/۵/۸۰ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (18): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 9.8.2001, 18.00UTC

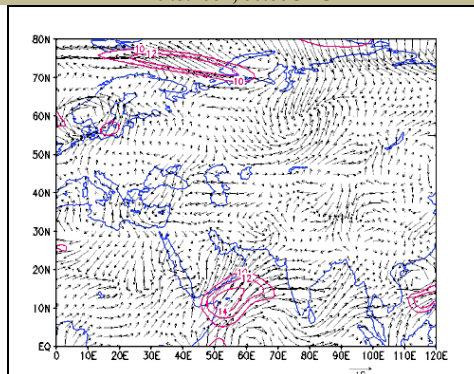


شکل (۱۵): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۱۸/۵/۸۰ ساعت ۰۰:۰۰

Figure (15): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 9.8.2001, 00.00UTC

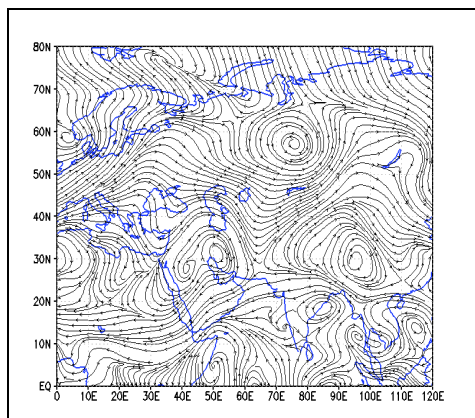
اشکال (۱۹) تا (۲۶) نقشه‌های جریان هوا را در دو تراز مورد بحث نشان می‌دهد. خطوط جریان هوا بر روی نقشه‌های جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت‌های همدید چهارگانه، نشان از استقرار و حاکمیت شرایط پرفشار بر روی خوزستان و بیابان‌های عربی مجاور با آن دارد و گردش و اچرخندی هوا بر روی این پهنه‌های جغرافیایی نشان‌دهنده پایداری هوا در تراز میانی جو است. این در حالی است که در نقشه‌های جریان هوا در تراز دریا در این ساعت‌های همدید، هوا از سمت بیابان‌های مجاور عربی (عربستان، عراق و سوریه) به طرف خلیج فارس و پهنه خوزستان در حال جریان می‌باشد و جهت جریان عمدتاً از سمت شمال غربی به جنوب شرقی است. چنین شرایطی می‌تواند با برداشت و انتقال گردوغبار از بیابان‌های مزبور، جوی غبارآلود را برای خوزستان و شهر اهواز رقم بزند.



شکل (۱۶): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۱۸/۵/۸۰ ساعت ۰۶:۰۰

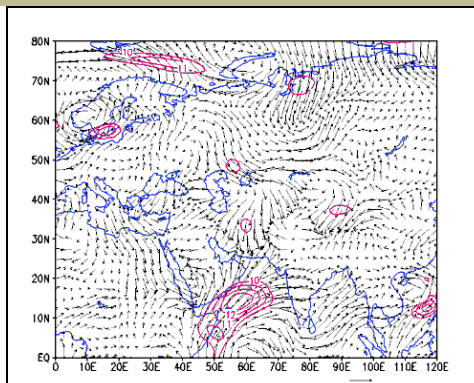
Figure (16): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 9.8.2001, 06.00UTC



شکل (۱۹): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ

۱۸/۵/۸۰ ساعت ۰۰:۰۰

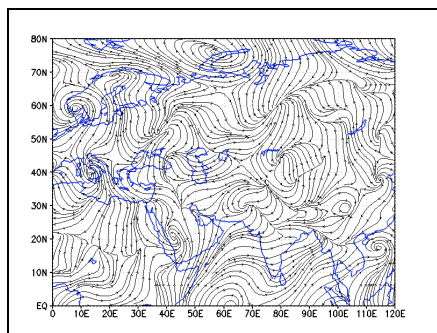
Figure (19): Stream lines at the 500 hPa level, 9.8.2001, 00.00UTC



شکل (۱۷): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

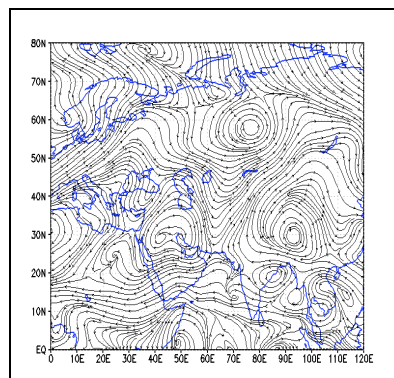
۱۸/۵/۸۰ ساعت ۱۲:۰۰

Figure (17): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 9.8.2001, 12.00UTC



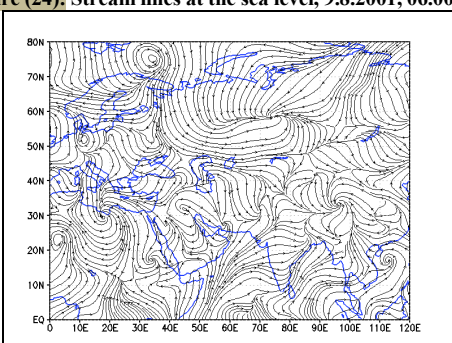
شکل (۲۴): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۰۶:۰۰

Figure (24): Stream lines at the sea level, 9.8.2001, 06.00UTC



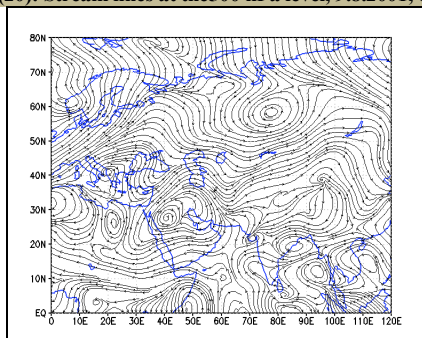
شکل (۲۰): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۰۶:۰۰

Figure (20): Stream lines at the 500 hPa level, 9.8.2001, 06.00UTC



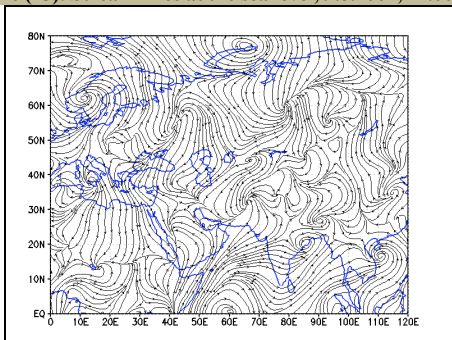
شکل (۲۵): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۲:۰۰

Figure (25): Stream lines at the sea level, 9.8.2001, 12.00UTC



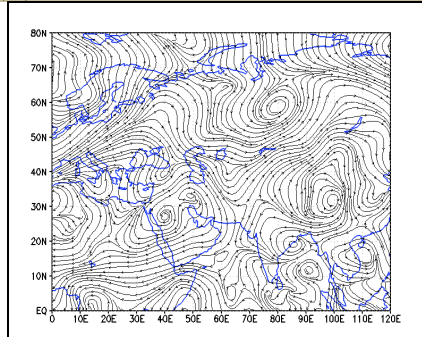
شکل (۲۱): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۲:۰۰

Figure (21): Stream lines at the 500 hPa level, 9.8.2001, 12.00UTC



شکل (۲۶): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (26): Stream lines at the sea level, 9.8.2001, 18.00UTC



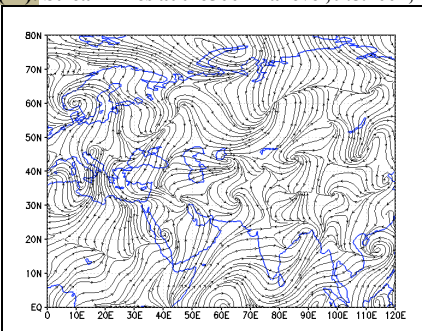
شکل (۲۲): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (22): Stream lines at the 500 hPa level, 9.8.2001, 18.00UTC

ب. تحلیل روز نماینده الگوی گردشی شماره ۲ فشار

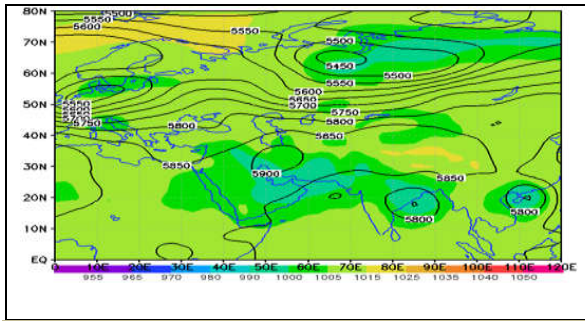
تراز دریا (۸۵/۵/۱۲)

طی این روز، شدت گردوغبار اهواز با ۱۳۹۰ میکروگرم بر مترمکعب به ۹ برابر حد مجاز خود رسیده است. بررسی نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال در این روز نشان از حضور آشکار دو مرکز کم ارتفاع با گستردگی مداری و نصف‌النهاری و با ارتفاع مرکزی ۵۵۰۰ و ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شمال روسیه و شمال غرب اروپا دارد. در منطقه اسکاندیناوی فرودی نسبتاً



شکل (۲۳): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۰/۵/۱۸ ساعت ۰۰:۰۰

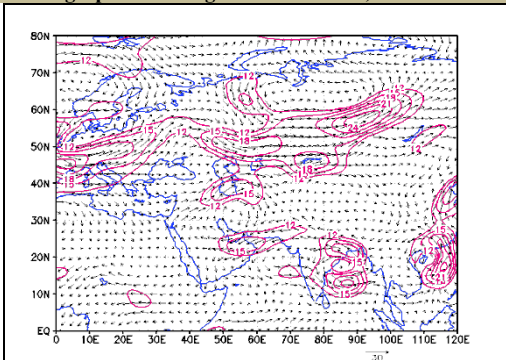
Figure (23): Stream lines at the sea level, 9.8.2001, 00.00UTC



شکل (۲۷): نقشه ترکیبی فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

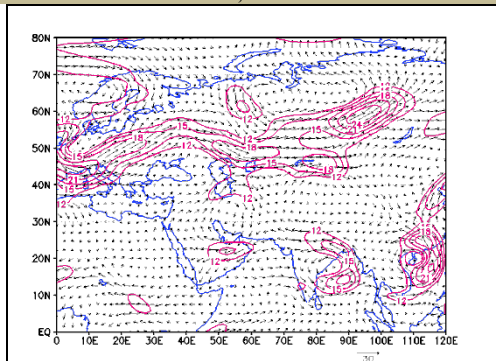
Figure (27): Composit map of the sea level pressure and geopotential height at the 500 hPa, 3.8.2006



شکل (۲۸): بردار باد و خطوط هم سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در

تاریخ ۸۵/۵/۱۲ ساعت ۰۰:۰۰

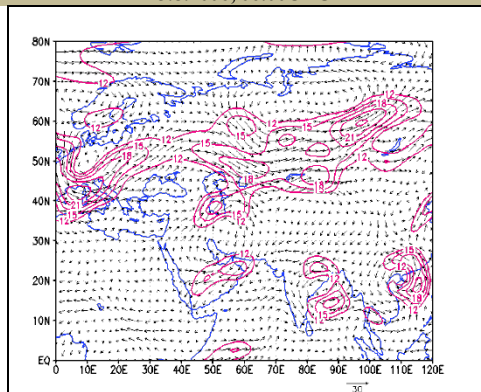
Figure (28): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 3.8.2006, 00.00UTC



شکل (۲۹): بردار باد و خطوط هم سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در

تاریخ ۸۵/۵/۱۲ ساعت ۰۶:۰۰

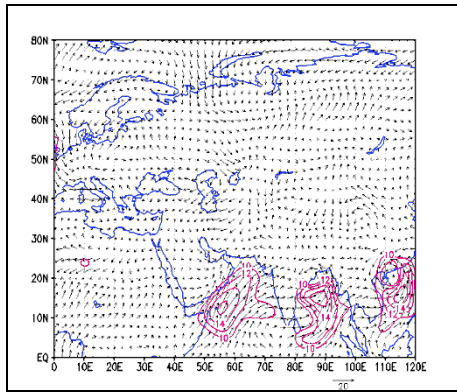
Figure (28): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 3.8.2006, 06.00UTC



عمیق با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی و گسترش نصف‌النهاری قابل توجه دیده می‌شود. دریای مدیترانه نیز شاهد حضور فرودی در منتهی‌الیه شرقی خود است. در این الگوی گردشی، کانونی از پراتفعا آزر بر روی ایران و عربستان با ارتفاع مرکزی ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر نمودی آشکار دارد. پیشروی این مرکز پراتفعا سبب پس‌نشینی امواج بادهای غربی در جهت نصف‌النهاری به طرف عرض‌های بالاتر شده است. نتیجه اینکه گستره وسیعی از ایران از جمله اهواز تحت سیطره این مرکز پراتفعا قرار گرفته و شرایط پایداری پویشی (دینامیکی) شدیدی بر آن حکمفرماست (شکل ۲۷). زبانه‌های این پراتفعا نیز در جهت شرقی ضمن در بر گرفتن تمامی پهنه‌های شمالی و شرقی آفریقا، عربستان و ایران تا شمال شرقی شبه‌قاره هند کشیده شده است. بررسی الگوهای فشار تراز دریا در روز ۸۵/۵/۱۲ در نقشه ترکیبی نیز نشان از استقرار کانونی از سامانه کم‌فشار گنگ با فشار مرکزی ۹۹۰ هکتوپاسکال بر روی شمال شرقی شبه‌قاره هند دارد. در عین حال، کم‌فشار خلیج فارس در این روز با فشار مرکزی ۹۹۰ هکتوپاسکال پهنه‌های وسیعی از پاکستان، جنوب ایران از جمله خوزستان، جنوب شرقی تا شمال عراق، جنوب و شرق شبه‌جزیره عربستان را در بر گرفته است. بدین ترتیب، گردش پادساعتگرد هوا در درون این سامانه چرخندی موجبات انتقال گردوغبار از بیابان‌های عراق و عربستان به خوزستان و شهر اهواز را فراهم می‌سازد (شکل ۲۷).

اشکال (۲۸) تا (۳۱) نقشه‌های بردار سرعت و خطوط

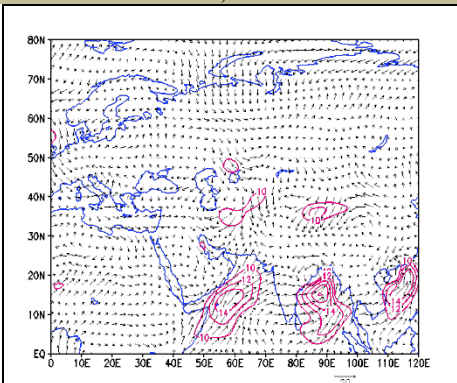
هم‌سرعت باد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز نماینده الگوی گردشی شماره ۲ (۸۵/۵/۱۲) نشان می‌دهد. این نقشه‌ها بیانگر این است که در ساعات چهارگانه همدید باد در قالب یک سامانه و اچرخندی از روی بیابان‌های عراق و عربستان به سمت جنوب غربی ایران در حال وزیدن است. بنابر این هوا در تراز میانی جو از وضعیت تقریباً پایداری برخوردار بوده است. در این روز، کانون‌های سرعت باد بر روی جنوب خلیج فارس و جنوب عربستان با سرعت ۱۵-۱۸ متر بر ثانیه و جنوب خزر با سرعت ۱۲-۱۸ متر بر ثانیه تشکیل شده است.



شکل (۳۳): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۰۶:۰۰ ساعت ۸۵/۵/۱۲

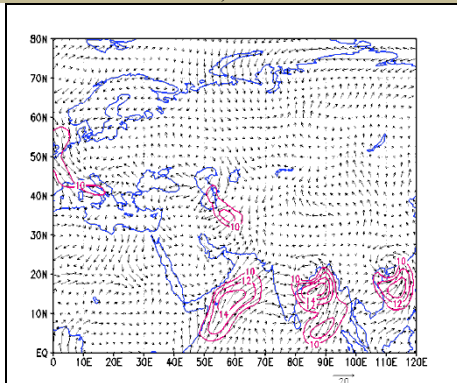
Figure (33): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 3.8.2006, 06.00UTC



شکل (۳۴): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۱۲:۰۰ ساعت ۸۵/۵/۱۲

Figure (34): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 3.8.2006, 12.00UTC



شکل (۳۵): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۱۸:۰۰ ساعت ۸۵/۵/۱۲

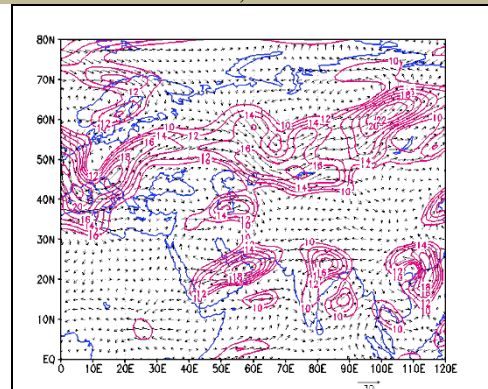
Figure (35): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 3.8.2006, 18.00UTC

اشکال (۳۶) تا (۴۳) نقشه‌های جریان هوا را در دو تراز مورد بحث نشان می‌دهد. خطوط جریان هوا بر روی نقشه‌های جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت‌های همدید چهارگانه، سیطره پرفشار بر روی خوزستان و بیابان‌های عربی هم‌جوار با آن را نشان می‌دهد. چرخش آنتی‌سیکلونی هوا بر

شکل (۳۰): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در

تاریخ ۱۲/۵/۸۵ ساعت ۱۲:۰۰

Figure (30): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 3.8.2006, 12.00UTC

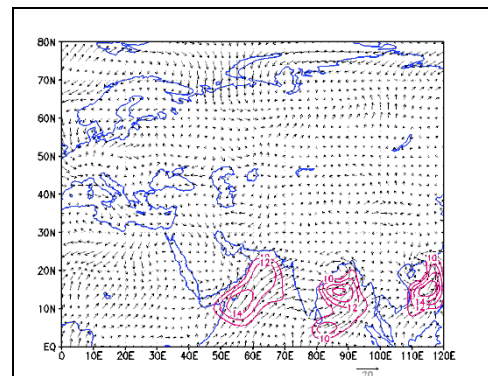


شکل (۳۱): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در

تاریخ ۱۲/۵/۸۵ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (31): Wind vector and isovelocity lines at the 500hPa, 3.8.2006, 18.00UTC

نقشه‌های بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا نشان می‌دهد که در ساعت‌های چهارگانه همدید در سطح زمین باد از سمت بیابان‌های عربستان، عراق و سوریه به سوی خلیج فارس و خوزستان در حال وزش است. بدین ترتیب، در این روز شرایط برای ایجاد و انتقال گردوغبار به خوزستان با توجه به ریز و سست بودن ذرات خاک و خشکی سطح زمین در بیابان‌های مزبور مهیاست. در این روز، کانون‌های سرعت باد بر روی دریای عرب با سرعت ۱۶ متر بر ثانیه (۵۸ کیلومتر بر ساعت) تشکیل شده است (اشکال ۳۲ تا ۳۵). آرایش خطوط بردار باد و جهت وزش آن از بیابان‌های عربی مجاور به سمت خلیج فارس و خوزستان اهمیت کم‌فشار خلیج فارس در انتقال و گسترش پدیده گردوغبار به منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

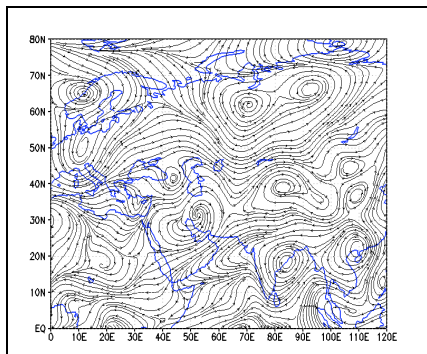


شکل (۳۲): بردار باد و خطوط هم‌سرعت در تراز دریا در تاریخ

۰۰:۰۰ ساعت ۸۵/۵/۱۲

Figure (32): Wind vector and isovelocity lines at the sea level, 3.8.2006, 00.00UTC

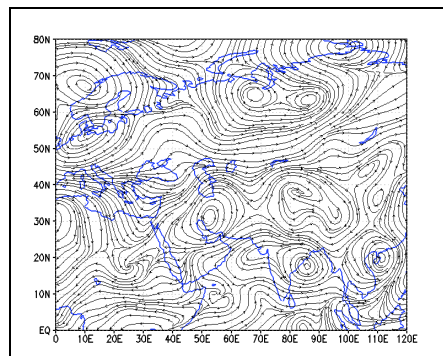
روی این مناطق حکایت از پایداری هوا در تراز میانی جو دارد. در عین حال، در نقشه‌های جریان هوا در تراز دریا، این ساعت‌های همدید، هوا از سمت بیابان‌های عربستان، عراق و سوریه به طرف خلیج فارس و منطقه خوزستان در حال جریان است. این جریان می‌تواند ضمن برداشت و انتقال ذرات گردوغبار از بیابان‌های عربی همجوار، جوی غبارآلود را برای خوزستان و شهر اهواز ایجاد کند.



شکل (۳۹): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۱۸:۰۰

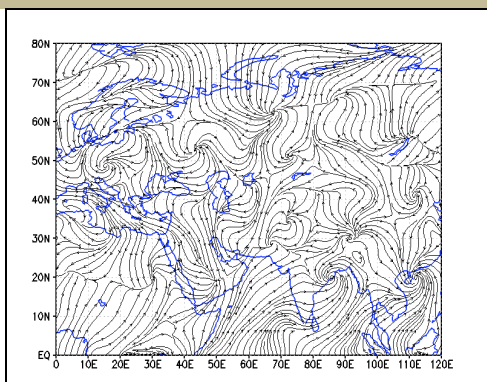
Figure (39): Stream lines at the 500 hPa level, 3.8.2006, 18.00UTC



شکل (۳۶): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۰۰:۰۰

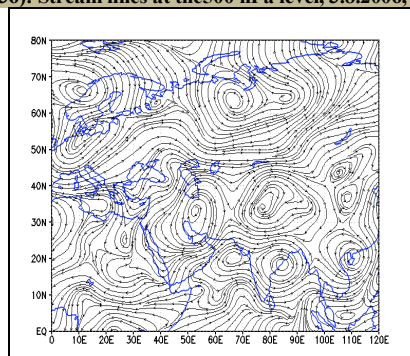
Figure (36): Stream lines at the 500 hPa level, 3.8.2006, 00.00UTC



شکل (۴۰): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۰۰:۰۰

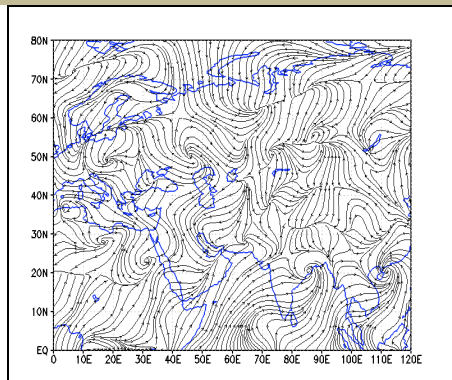
Figure (40): Stream lines at the sea level, 3.8.2006, 00.00UTC



شکل (۳۷): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۰۶:۰۰

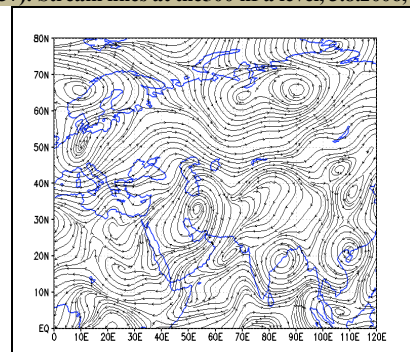
Figure (37): Stream lines at the 500 hPa level, 3.8.2006, 06.00UTC



شکل (۴۱): جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۰۶:۰۰

Figure (41): Stream lines at the sea level, 3.8.2006, 06.00UTC

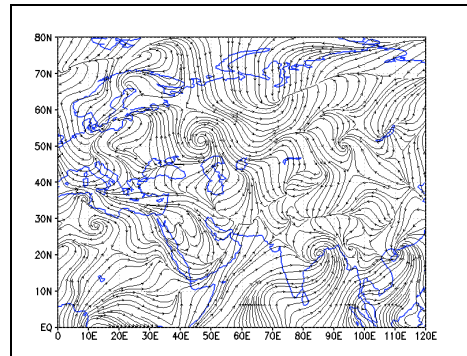


شکل (۳۸): جریان هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۸۵/۵/۱۲

ساعت ۱۲:۰۰

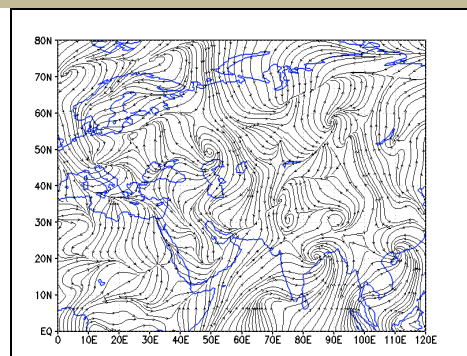
Figure (38): Stream lines at the 500 hPa level, 3.8.2006, 12.00UTC

فشار تراز دریا داشت. همچنین با انتخاب روزهای نماینده هر الگو بر اساس ضریب همبستگی ۰.۹۵٪ برای هر یک از روزهای نماینده، نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بردارهای سرعت و جریان‌های هوا ترسیم و تحلیل شد. نتایج این پژوهش بر اساس الگوهای ۱ و ۲ فشار تراز دریا و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای فعالیت موج‌های گردوغباری شدید نشان از استقرار کم‌فشارهای سطحی گنگ بر شبه‌قاره هند و خلیج فارس بر روی بیابان‌های عربی همجوار با خوزستان (عراق، عربستان و سوریه) دارد. استقرار این سامانه بر روی منطقه و تقویت شرایط ناپایداری در سطح بیابان‌های مزبور، زمینه را برای گسترش و انتقال گردوغبار به جو منطقه مهیا می‌کند. هماهنگی این کم‌فشار سطحی و فرود موج کوتاه بادهای غربی مستقر بر روی شرق مدیترانه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با تقویت جریان چرخندی بر روی بیابان‌های عراق، عربستان و سوریه می‌تواند انبوهی از گردوغبار را بر روی پهنه جنوب غربی ایران پخش نماید. به عبارت دیگر، گردش پادساعتگرد هوا درون این سامانه چرخندی موجب مکش هوای بیابان‌های عربستان، عراق و سوریه به سمت خلیج فارس شده و زمینه را برای گسترش و نفوذ گردوغبار به خوزستان و از جمله شهر اهواز مهیا می‌کند. الگوهای ۳ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار تراز دریا نیز نشانگر همگرایی مداری سامانه‌های پرفشار آזור، کم‌فشارهای حرارتی به‌ویژه خلیج فارس و افزایش شیو فشار در روزهای اوج طوفان‌های گردوغباری دارد که موجب گسترش، نفوذ و انتشار انبوهی از ریزگردها به جنوب غرب کشور و شهر اهواز می‌شود. مهم‌ترین منابع گردوغبارهای وارده به بخش‌های جنوب غربی ایران با توجه به مسیر حرکت امواج گردوغباری، نحوه استقرار فرود شرق مدیترانه و کم‌فشارهای سطح زمین به‌ویژه سامانه خلیج فارس در نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا و الگوهای برداری باد عبارت از بیابان‌های عربی همجوار مشتمل بر صحاری عراق، عربستان و سوریه است. این پژوهش با شناسایی کانون‌های پدیدآورنده گردوغبار می‌تواند در زمینه‌های راهبردی، برنامه‌ریزی، پیشگیری و مهار این پدیده



شکل (۴۲): نقشه‌های جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۵/۵/۱۲ ساعت ۱۲:۰۰

Figure (42): Stream lines at the sea level, 3.8.2006, 12.00UTC



شکل (۴۳): نقشه‌های جریان هوا در تراز دریا در تاریخ ۸۵/۵/۱۲ ساعت ۱۸:۰۰

Figure (43): Stream lines at the sea level, 3.8.2006, 18.00UTC

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به منظور شناسایی الگوهای گردشی همزمان با رخداد روزهای گردوغباری شدید اهواز در قالب رویکرد محیطی به گردشی، پایگاه داده محیطی ۳۹۰ روز گردوغباری شدید منطقه طی دوره ۱۴ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۳) به کمک آستانه حد مجاز $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در شاخص AQI استخراج شد. سپس روزهای گردوغباری شدید به دو دوره سرد (۱۶۱ روز) و گرم (۲۲۹ روز) تقسیم شد. در روزهای دوره گرم، داده‌های شبکه‌ای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فشار تراز دریا، باد مداری و باد نصف‌النهاری از پایگاه داده (NCEP/NCAR) استخراج شد. اعمال تحلیل خوشه‌ای پایگانی انباشتی به روش ادغام وارد بر روی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار تراز دریا در دوره گرم نشان از سه الگوی گردشی برای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۳ الگوی گردشی برای

تفاهم‌نامه و همکاری بین‌المللی با کشورهای مجاور برای اجرای برنامه‌های مقابله با این پدیده است.

مؤثر واقع شود. کاهش زیان‌های ناشی از گردوغبار در منطقه نیز مستلزم تعامل بین سازمانی در کشور و همچنین انعقاد

منابع

- Alijani, B., 1997. Iran's climate, Payame Noor, Tehran, Iran.
- Alijani, B., 2001. Weather types and its effect on Iran climate, Kavoshnameh, 3, 21-50.
- Arimoto, R., 2001. Eolian dust and climate: Relationships to source, tropospheric chemistry, transport and deposition, Earth Science Reviews, 51, 29-42.
- Awad, A.M. and Mashat, A.S., 2014. The synoptic patterns associated with spring widespread dusty Days in central and eastern Saudi Arabia. Atmosphere, 5, 889-913.
- Barati, G.H., Lashkari, H. and Karami, F., 2011. Convergence role of pressure systems on the occurrence of sand storms in Khuzestan Province, Geography and Development, 9, 39-56.
- Barkan, J., Alpert, P., Kutiel, H. and Kishcha, P., 2005. Synoptic of dust transportation days from Africa toward Italy and central Europe, Journal of Geophysical Research Atmospheres, 110, 1-14.
- Barkan, J., 2008. Synopsis patterns associated with dust and non-dusty seasons in the Sahara. Theor. Appl. Climatol, 10, 354-364.
- Beegum, S.N., Gherboudj, I., Chaouch, N., Temimi, M. and Ghedira, H., 2018. Simulation and analysis of synoptic scale dust storms over the Arabian Peninsula, Atmospheric Research, 199, 62-81.
- Calastrini, F., Guarnieri, F., Becagli, S., Busillo, S., Chiari, C., Chiari, M., Dayan, U., Lucarelli, F., Nava, S., Pasqui, M., Traversi, R., Udisti, R. and Zipoli, G., 2012. Desert dust outbreaks over Mediterranean basin: A modeling, observational and synoptic analysis approach, Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology, Article ID 246874, 14 pages.
- Dayan, U., Baruch, Z., Shoob, T. and Enzel, Y., 2008. Suspend dust over southeastern Mediterranean and Its relation to atmospheric circulations, International Journal of Climatology, 28, 915-924.
- Dehghanpour, A.R., 2005. Synoptic and statistical analysis of dust storm Iran plateau, Ph.D. thesis, University of Kharazmi, 223 pp.
- Goudie, A. and Midelton, N.J., 2001. Sanaran dust storms: Nature and consequences: Earth Science Review. 56, 179-190.
- Heidari, M.T., 2007. Sand and atmospheric patterns over west of Iran, Journal of Kermanshah Meteorology, 2, 11-12.
- Hemmati, N., 1995. Review of requeencies in dust storms happened in central and southwest of Iran, M.Sc. thesis, University of Tehran. 103 pp.
- Kang, L., Huang, J., Chen, S. and Wang, X., 2016. Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during 1961-2010, Atmospheric Environment. 125, 188-198
- Karami, F., 2009. Convergence of pressure systems and dust storms in Khozestan province, M.Sc. thesis, University of Razi, 73 pp.
- Khorshiddoust, A.M., Mohammadi, G.H., Hosseini Sadr, A., Javan, K. and Jamali, A., 2014. Synoptic analysis of effective factors on dust frequency in west of Iran, Journal of Geography and Planning, 17, 47-66.
- Kutiel, H., 2003. Dust storm in Middle East: sources of origin and their temporal characteristic, Indoor and Built Environment, 12(6), 419-425.
- Raeispour, K., 2008, Statistical analysis of dust phenomenon in Khuzestan Province, M.Sc. thesis, University of Sistan va Balochestan. 157 pp.
- Marjani, S., 1993. Synoptic analysis of severe winds of more than 97 m/s in Khorasan, M.Sc. thesis, University of Tehran, 182 pp.
- Movahedi, S., Sahnalizadeh, M. and Afzali, S.M., 2012, "Trend analysis of occurrence and transfer dust storm and its effect pollution in Ahwaz", 1st National Conference on Geography, Environmental Hazards and Sustainable Development. Iran.
- Omidvar, K. and Sepandar, N., 2018. Synoptic analysis and satellite monitoring dust phenomenon in Kermanshah province in 1987-2010 (case study: wide spread dust in 17 and 18 June 2009), Journal of Applied researches in Geographical Sciences, 49, 1-18.
- Romanof, B., 1951. Dust storm in Gobian zone of Mongolina, The first PRC-Mongolina workshop on climate change in arid and semi-arid region over the central Asia, pp. 21.

24. Shaemi barzuki, A. and Habibi Nokhandan, M., 2009, Global warming, Tarjoman Kerad, Mashhad, Iran.
25. Shojaee, M., 2010, Study of dust and its effect on diseases of heart and respiratory in in Khuzestan Province, M.Sc. thesis, University of Islamic Azad. 134 pp.
26. Tavousi, T., Khosravi, M., Raeispour, K., 2011. Synoptical analysis of dust system in Khuzestan Province. Geography and Development, 8, 97-118.
27. Tavousi, T. and Zahraei, A., 2013. Modeling time series of dust phenomena in Ahwaz, Geographical research, 28, 159-170.
28. Zangeneh, M., 2014, Climatological analysis of dust storms in Iran, Applied Climatology, 1, 1-12.
29. Zoualfaghari, H. and Abedzadeh, M., 2006. A synoptic analysis of dust systems at the west part of Iran, Geography and Development, 3, 173-188.

Synoptic Analysis of the Effects of Severe Dust Days of a Warm Period on Deserts' Adjacent Regions: A Case Study of Ahwaz City

Amir Hosein Halabian^{1*}, Mehran Shabankari², Maram Amini³

Received: 09/01/2020

Accepted: 06/09/2020

Expanded abstract

Introduction: increasing dusty storms has been one of the most important consequences of climate change in recent years that directly or indirectly affected human society. Countries located in the arid and semiarid regions of the world, including Iran, have been affected more than other parts of the globe by this natural disaster and its harmful consequences, especially the atmospheric dust, which could bring about a wide variety of detrimental effects such as the reduction in growth and yield of crops, the occurrence of plant plagues and diseases, an increase in road accidents due to the decrease in the vision field, cancellation of flights, and rising health costs. These facts, along with repeated droughts in recent years and the potential consequences of climate change as a result of desertification, have brought the issue of dust storms and their relevant side effects, including increasing respiratory and pulmonary diseases, a disorder in the ground and air transportation, environmental destruction, and pollution of agricultural products to the attention of many researchers. Therefore, numerous researches have been carried out on the increase of global and regional dust and the identification and analysis of dust-generating regions' circulation patterns. These include Romanof (1951), Goudie and Midelton (2001), Kutiel (2003), Barkan et al. (2005), Dayan et al. (2008), Barkan (2008), Calastrini et al. (2012), Awad and Mashat (2014), Kang et al. (2016), Beegum et al. (2018), Hemmati (1995), Dehghanpour (2005), Zoualfaghari and Abedzadeh (2006), Heidari (2007), Raeispour (2008), Karami (2009), Tavousi et al. (2011), Movahedi et al. (2012) Tavousi and Zahraei (2013), Zangeneh (2014), Khorshiddoust, et al. (2014), Omidvar and Sepandar (2018) to mention a few.

Materials and methods: as located near deserts, Ahwaz city is directly exposed to dusty storms. This study, therefore, set out to investigate the relationship between circulation patterns that cause severe specks of dust in Ahwaz and the environment-circulation approach. To this end, the required data were collected from the environmental database of 390 sever dusty days of the region during 14 years (2001-2014), and the severity of dusty days was determined according to the allowance limit index AQI (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) for two cold (161 days) and

1. Associate Professor, Geography Department, Payame Noor University, Tehran, Iran halabian_a@yahoo.com

2. Ph. D in climatology, Ahwaz Farhangian University

3. M.A Student in climatology, Payame Noor University

DOI: 10.22052/deej.2020.9.28.21

hot (229 days) periods. The data were then evaluated based on the frequency of severe dusty days throughout the hot period. For this reason, daily network data regarding the geopotential height in 500 hPa, sea level pressure, and the zonal and meridional wind were obtained from the database (NCEP/NCAR). Conducting an accumulation hierarchical cluster analysis for sea level pressure and geopotential height map with matrix in 229×1617 dimension and linkage days using Ward method, three circulation patterns were identified for level 500 hPa, and three circulation patterns were found for sea level pressure. Moreover, for every pattern, one day has been determined as an indicator based on the correlation coefficient of 95% threshold, and the composite maps of sea level pressure and height patterns of geopotential in level 500 hPa, the speed vectors, and streamlines in these days have been drawn and analyzed.

Results & Discussion: The results of the study indicated that according to patterns 1 and 2 in level 500 hPa and at sea level pressure, severe dusty storms in Ahwaz were influenced by the eastern Mediterranean currents and low thermal pressures of the earth surface, especially the Persian Gulf low pressure. In pattern 3, the two levels mentioned above, cyclonic system zonal convergence of the Persian Gulf, Azores high pressure, and enhancement of gradient pressure on the region, resulted in the distribution and transfer of the dust phenomenon in Khuzestan province and Ahwaz city.

Conclusion: According to the findings of this study, the most important sources of dust distribution in the study area are the deserts of Iraq, Saudi Arabia, and Syria. This study's results could be useful for preventing and controlling dust storms via the identification of dust-generating regions. To reduce the damages caused by the study region's dust phenomenon, an international agreement with the adjacent countries needs to be made. Moreover, the issue requires inter-organizational cooperation of relevant entities at the domestic scale.

Keywords: Synoptic analysis, Dust, Warm period, Cluster analysis, Pressure systems, Ahwaz.