مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

صفحات: ۴۴ - ۲۲

تحلیل همدید گرد وغبار شمال شرق ایران

رضا دوستان[1]*

چکیده

شناسایی الگوهای جوی گرد وغبار و فرین های گرد وغبار در شمال شرقی ایران، هدف مطالعه است. این مهم با استفاده از داده روزانه دید افقی ۱۰ ایستگاه سینوپتیک از بدو تأسیس تا سال ۲۰۰۹ و داده های رقومی ارتفاع ژئوپتانسیل متر و مؤلفه‌های باد از مرکز پیش‌بینی محیطی و مطالعات جوی آمریکا با روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه-بندی، تعیین گردید. در شمال‌شرق ایران، به ترتیب گرد و غبار نیمه سرد مرتبط با ناوه آسیای غربی، کم ارتفاع شرق ایران، کم فشار منطقه تا آسیای مرکزی و مسبب گرد و غبار نیمه گرم، پرفشار جنب حاره، کم فشار پاکستان تا ایران و پرفشار دریای خزر با بیشینه شیب فشار در منطقه می باشند. این شرایط در تابستان با هم ارتفاع ۵۹۰۰ متر بر روی منطقه، تشدید می شود. گرد و غبارهای شدید نیمه سرد را سردچال شمال و شمال غرب دریای خزر با کم فشار قوی در منطقه و در نیمه گرم با شکل‌گیری مانع و سردچال آسیای غربی، کم فشار پاکستان و پرفشار دریای خزر، فرین‌های گرد وغبار منطقه حادث می‌گردد. بنابراین گرد و غبار فرین، مشابه دیگر رخدادهای اقلیمی با الگوی سردچال و مانع نزدیک به ایران مرتبط است. با توجه به موقعیت استقرار الگوهای جوی فوق در طول سال، بیابان آسیای مرکزی و شرق منطقه با جریان شمال و شمال شرقی، منبع گرد وغبار نیمه گرم (بیشینه گرد وغبار) و منبع گرد وغبارهای نیمه سرد مرتبط با موقعیت جبهه‌های سیکلون و ناپایداری هوا، بیابان‌های داخلی ایران می‌باشند.

واژگان کلیدی: پدیده گرد وغبار، الگوی جوی، تحلیل همدید، گرد وغبار شدید، شمال شرق ایران.

[1]- استادیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد doostan@um.ac.ir

مقدمه

گرد و غبار، پدیده غالب اقلیمی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی جهان است. این پدیده در این مناطق و مناطق حاشیه بیابان‌های بزرگ اتفاق می‌افتد و گاهی اوقات تا مناطق دورتر از منبع خود حرکت می‌کند. بیشترین گرد وغبارهای کره زمین، در منطقه‌ای معروف به نوار گرد وغبار از شمال غربی آفریقا، خاورمیانه، مرکز و جنوب آسیا تا چین در نیمکره شمالی، حادث می‌گردد (پروسپری[1] و همکاران، ۲۰۰۲). در ایستگاه‌های هواشناسی کاهش میزان دید افقی به کمتر از ۱۰ کیلومتر در ارتباط با ریزگردها را با کد گرد وغبار (۱۱ کد هواشناسی) گزارش می‌کنند. این پدیده اقلیمی یکی از اولین مخاطرات اقلیمی در خاورمیانه است و در سالهای اخیر با کاهش ریزش‌های جوی و مصارف بالای آب با افزایش جمعیت و مسائل محیطی دیگر، افزایش داشته است. چنانکه با فزونی خشکسالی‌ها در سالهای اخیر و خشک شدن دریاچه‌ها و تالابها، روزهای همراه با گرد وغبار در مناطق مختلف خاورمیانه و ایران مشهود است. در سالهای اخیر، گردوغبار در جنوب غرب و غرب ایران به یک بحران منطقه‌ای و ملی تبدیل شده و برنامه ریزان و دولت را با مشکل روبررو می‌سازد. افزایش گرد وغبارهای سال‌های اخیر در ایران، پیامدهای زیان باری را بر جوامع انسانی تحمیل کرده است که از بین آنها می‌توان به کاهش رشد وبازدهی محصولات کشاورزی، تشدید خسارات ناشی از بروز آفات و بیماریهای گیاهی، افزایش تصادفات جاده‌ای به علت کاهش دید، لغو پروازها و خسارات مالی ناشی از آن، افزایش هزینه‌های درمان، افزایش کدورت در تأسیسات آبی، افزایش مصرف آب برای شستشو، تعطیلی واحدهای صنعتی- خدماتی- آموزشی و زیان‌های مالی وارده، مشکلات روحی و روانی انسان‌ها و غیره اشاره کرد. چنانکه برآورد زیانهای اقتصادی گرد و غبار در استانهای غربی ایران (ایلام، خوزستان و کرمانشاه) برای دوره ۱۳۸۵-۱۳۹۰ نشان داد، خسارت وارد از ۲۲۲۷ میلیون دلار در سناریوی اول تا ۱۳۳۶۱ میلیون دلار در سناریوی چهارم افزایش داشته و در سال ۱۳۸۸، هر روز تعطیلی بر اساس ارزش افزوده استانی ایران، برابر با ۱۴۲ میلیون دلار و بر اساس ارزش افزوده کشوری، ۶۶ میلیون دلار مجموعاً بر سه استان خسارت وارد گردید (خالدی، ۱۳۹۲). در چند سال گذشته، وقوع توفان گردوغبار با تداوم چندروزه و غلظت بسیار بالا که مناطق وسیعی را پوشش داده، موجب مختل شدن جدی زندگی مردم شده است. این پدیده، علاوه بر اینکه فعالیت‌های انسانی را کاهش داده، به خاطر ریز بودن اندازه ذرات معلق در توفان، امکان بروز بیماری‌های متعدد تنفسی، ریوی، چشمی و پوستی را موجب می‌گردد. طی مطالعات مختلف از گذشته تا کنون منابع گرد وغبار در خاورمیانه بیابان‌های عربستان، عراق، سوریه و اردن تعیین گردیده‌اند (کوتییل و فرمن[2]، ۲۰۰۳). این پدیده اقلیمی در ارتباط با شرایط جوی و الگوهای فشار سطوح بالا و سطح زمین از مناطق با پوشش گیاهی ضعیف و خشک با پوشش خاک رس و ماسه بلند شده و در مناطق دورتر به زمین می‌نشیند و در مسیر خود شهرها و روستاها را آلوده می‌سازد. از آن جمله، توفان گرد وغبار تیرماه ۱۳۸۸ که ۱۸ استان ایران را تحت تاثیر قرار داده و ذرات معلق گرد وغبار از بیابان‌های سوریه و عراق تا تهران پیشروی کردند، طوریکه میزان ذرات معلق ثبت شده با ۴۶۰ پی پی ام بالاترین ثبت آلاینده ذرات معلق در تهران بوده است (رنجبر سعادت آبادی و

[1] -Prospero
[2] -Kutiel and Furman

عزیزی،۱۳۹۱). اغلب موقعیکه کانون ناپایداری های جوی(کم فشارها) همراه با جبهه‌های هوا برروی بیابان‌ها و تالاب‌های خشک قرار می‌گیرند و یا با عبور جریانات شدید از روی این مناطق، گرد وغبارها آغاز می‌شوند. شمال شرق ایران در بین بیابان‌های بزرگ دشت کویر در غرب، کویر بجستان در جنوب غرب، بیابان‌های آسیای مرکزی در شمال و شرق دریای خزر قرار دارد. در دهه گذشته (۲۰۰۰) خشکسالی‌های واقعی و شدیدی در این منطقه مشابه دیگر نقاط ایران اتفاق افتاده (دوستان، ۱۳۹۴) و با ضعف پوشش گیاهی در مناطق مختلف شمال شرقی ایران، گرد و غبار در سالهای اخیر نسبت به گذشته افزایش دارد (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۴). این پدیده در شمال شرقی ایران، مانند دیگر پدیده‌های اقلیمی از رفتار منطقی و طبیعی برخوردار است که نقش اقلیم شناسان شناسایی این رفتار و عوامل همدیدی منجر به وقوع این پدیده اقلیمی است. مطالعه علل جوی وقوع گرد و غبار در طول سال به برنامه-ریزان کمک می‌کند تا برای مواجه با این بحران و کاهش خسارت‌ها اطلاع رسانی کرده و آمادگی داشته باشند. بنابراین تعیین الگوهای همدیدی وقوع این پدیده در سطوح بالای جو و سطح زمین برای روز گرد وغبار، تداوم و منبع گرد وغبار، در پیش‌بینی‌ها، مدیریت ریسک و کاهش خسارت در شمال شرقی ایران ضرورت دارد. گرد وغبارها مشابه دیگر رخدادهای اقلیمی در مناطق مختلف جهان و ایران مطالعه شده است. از آن جمله است، مطالعه نقش ناوه عمیق، کم فشار ایسلند تا شرق پرفشار جنب حاره که موجب انتقال گرد وغبار از صحرا به ایتالیا گردید و با نزدیک شدن ناوه عمیق به ساحل اروپایی اطلس و آفریقا و جابجایی پرفشار جنب حاره به شمال شرق آفریقا با عبور جریانات قوی جنوب غربی، گرد وغبار از مدیترانه و آلپ به شمال اروپا انتقال می‌یابند. درحالیکه ناوه ضعیف باد غربی و پرارتفاع ضعیف، باعث حرکت مداری بادهای غربی و کاهش گرد وغبار می شود (بارکان و همکاران[1]، ۲۰۰۵). در آسیا، تغییرات دهه‌ای توفان گرد وغبار بهار در شمال غربی چین در ارتباط با گردش اتمسفری بررسی و مشاهده گردید، کاهش فراوانی وقوع توفانهای گرد و غبار بعد ۱۹۸۰ مرتبط با قوی‌تر شدن پرارتفاع دشت مغولستان، مرکز سیبری و تغییر در فاز و شدت موج ایستای بادهای غربی در روسیه است. همچنین با افزایش بارندگی در مناطق غرب شمال غربی چین، توفان گرد وغبار بهاره کاهش می‌یابد (دینگ و همکاران[2]، ۲۰۰۵). در ادامه ویژگیهای همدیدی توفان گرد وغبار مغولستان و اثر آن بر ناحیه بیجینگ- تیانجین بررسی و مشخص شد، از ۵۸ توفان گرد وغبار شدید حادث شده، اغلب آنها مرتبط با سه عامل: ناوه، جریانات شمال غربی و ورتکس مغولستان می‌باشند (تاو و همکاران[3]،۲۰۰۶). سیستم‌های همدیدی منجر به پدیده گردوغبار در جنوب شرقی مدیترانه نشان داد، وقوع بیشترگرد و غبارها با سه سیستم همدیدی، کم فشار قبرس، کم فشار صحرا و ناوه دریای سرخ مرتبط است (دایان و همکاران[4]، ۲۰۰۸). همچنین با بررسی الگوهای همدید تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال دوره گردوغبار صحرای افریقا مشاهده گردید، بیشینه وقوع گردوخاک پاییز، بهار و تابستان با جریان سیکلونی قوی شمال غربی آفریقا، کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل و انتقال سرمای شدید مربوط است و همزمان در شرق تا مرکز صحرا و مدیترانه، جریان آنتی

[1] - Barkan, Alpert, Kutiel and Kishcha
[2] - Ding, Li, Wang and Ren
[3] - Tao, Yongfu, Yuhua and Xiao
[4] - Dayan, Ziv, SHoob and Enzel

سیکلونی و افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل و گرما غالب می‌باشد (بارکان و آلپرت[1]، ۲۰۰۸). شرایط همدید انتقال گرد وغبار از آفریقا به ایتالیا و اروپای مرکزی با داده ماهانه و روزانه ۱۹۷۹-۱۹۹۲ بررسی شد. همچنین بررسی توفان‌های گرد وغبار خاورمیانه نشان داد، از سال ۲۰۰۳-۲۰۱۱ بیش از ۶۰ توفان در خاورمیانه اتفاق افتاد. علل همدیدی وقوع این پدیده، در دو بخش توفان با ساختار باد شمال در تابستان (ژوئن و ژوئیه) و توفان با ساختار جبهه‌ای در اواخر زمستان (مارس و آوریل) قرار می‌گیرد. الگوی جوی باد شمال در ارتباط با موقعیت قرارگیری آنتی سیکلون از شمال آفریقا تا اروپای شرقی و همزمان موقعیت کم فشار در عراق، جنوب ایران، پاکستان و شبه قاره هند است و توفانهای جبهه‌ای مرتبط با موقعیت پرفشار جنوب شرق ایران و کم فشار شرق دریای مدیترانه، اردن، ترکیه، سوریه و عراق می‌باشند (حمیدی و همکاران، ۲۰۱۱). عمدهٔ رخدادهای گرد وغبار خاورمیانه در چهار منطقه، سودان با بیشترین رخداد گردوغبار معلق و طوفان گرد وغبار با جریانات شمال‌غربی و شمال‌شرقی، ایران و افغانستان با بیشترین ریزگرد و طوفان شن مرتبط با باد شمال غربی یا ۱۲۰ روزه، پاکستان با بیشترین میانگین غلظت گرد وغبار و بیشترین سرعت و شدت بادها در عراق و عربستان با حرکت ریزگردها می‌باشند. زمان وقوع این گرد وغبارها در غرب خاورمیانه در زمستان و تا شرق منطقه به تابستان تغییر می‌کنند(رضا زاده و همکاران، ۲۰۱۵). در ایران نیز در سالهای اخیر مطالعات زیادی در ارتباط با فراوانی، گسترش و علل وقوع این پدیده در مناطق مختلف انجام شد. از آنجمله، تعیین سامانه همدید انتشار گردوغبار غرب در دوره پنج ساله نشان داد، ناوه‌ها و چرخندهای مهاجر بادهای غربی و کم‌فشارهای گرمایی سطح زمین، عوامل مؤثر در وقوع گردوغبار و انتقال آن به غرب ایران می‌باشند (ذوالفقاری وعابدزاده،۱۳۸۴). از طرفی در مناطق مرکزی ایران، توفان‌های ماسه دشت یزد- اردکان با نقشه‌های همدید سطح زمین، تراز ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و داده سمت و سرعت باد، دید افقی، رطوبت، دما، فشار و کدهای گردوغبار ایستگاه در دوازده دوره نمونه انتخابی بررسی شد. نتایج نشان داد، کم فشارهای دینامیک با جبهه سرد و جریان‌های قائم هوا، سبب ناپایداری شدید جو و ایجاد توفان‌های شدید ماسه می‌گردند. بنابراین وقوع توفان‌های یزد- اردکان ناشی از جبهه سرد و نزدیک شدن یا عبور ناوه در غرب منطقه، اغلب در بعدالظر ماه می، از غرب و شمال غرب می-وزند (امیدوار، ۱۳۸۵). همچنین توفان‌های گرد وغبار در شمال شرقی ایران از ۱۹۹۳-۲۰۰۵ بررسی همدیدی شد. نتایج نشان داد، استقرار پرفشار در جنوب خزر و کم فشار در جنوب خراسان و افغانستان در سطح زمین و همزمان شکل‌گیری چرخند افغانستان تا جنوب خراسان و واچرخند خزر و ترکمنستان در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، موجب شیب فشار بخصوص در نیمه جنوبی خراسان و بادهای شدید و گرد وغبار می‌گردند (لشگری و کیخسروی،۱۳۸۷). همچنین نقش همگرایی سامانه‌های فشار بر رخداد توفانهای خوزستان طی سالهای ۱۳۷۸- ۱۳۷۴ مشخص شد. نتایج نشان داد، نزدیک شدن همزمان دوسامانه کم فشار ایران- پاکستان و سامانه پرفشار آزور به ترتیب از خاور و باختر، عامل اصلی وقوع این پدیده با بیشینه وقوع دردوره گرم (اردیبهشت تا مهرماه) می‌باشند (براتی و همکاران،۱۳۸۸). گرد وغبارهای لرستان نیز با استفاده از دو سامانه گرد وغبار تحلیل شد. چنانکه ناوه باد غربی و کم فشار سطحی در دریای خزر موجب جریان شمال غربی- جنوب شرقی از شرق ترکیه و شمال غرب عراق به کم فشار

[1] - Barkan and Alpert

عراق و منطقه مطالعه گردید. در این مطالعه شمال عراق، جنوب عراق، جنوب شرق سوریه و شمال آفریقا منابع غبار در منطقه تشخیص داده شد (خوش کیش و همکاران،۱۳۹۰). از طرفی واکاوی همدیدی گرد وغبار بهاره غرب ایران در دوره ۲۰۰۰- ۲۰۱۱ با استفاده از ۱۵ رخداد گرد وغبار بررسی و تعیین گردید. به ترتیب سه الگوی پویا، گرما پویا و گرمایی عامل رخداد گرد وغبار می‌باشند که در الگوی اول، شکل‌گیری ناوه بادهای غربی همراه با الگوی بندالی در سطوح میانی، ناپایداری و جبهه زایی در منطقه و نبود رطوبت نقش دارد. در الگوی گرما پویا، گرد وغبارها تحت تأثیر گرما و حرارت سطحی در کشور عربستان و ناوه باد غربی و ناپایداری در کشور عراق حادث می‌گردد و در الگوی گرمایی، اثر پرفشار جنب حاره در سطوح میانی در اواخر بهار، کم فشار حرارتی سطح زمین و بادهای شدید، گرد وغبار را موجب می‌شوند (خوش اخلاق و همکاران،۱۳۹۱). تحلیل همدید توفان‌های گرد وغبار ایلام در دوره ۱۹ ساله ۱۹۸۷-۲۰۰۵ نشان داد، سامانه‌های بارش‌زا به دلیل فقدان رطوبت عامل گرد وغبارهای منطقه می‌باشند. چنانکه کم فشار سودان و گنگ در سطح زمین و فرود بلند مدیترانه، دریای سرخ و پرفشار جنب حاره در سطوح میانی مهم‌ترین عوامل جوی‌اند. همچنین روزهای فرین گرد وغبار در ارتباط با کم فشار پاکستان، خلیج فارس، ناوه مدیترانه و سلول ثانویه واچرخند در ایران است (خوشحال دستجردی و همکاران،۱۳۹۱). در یک مطالعه اقلیمی، گرد وغبار غرب ایران در بازه ۳۰ ساله ۱۹۷۹-۲۰۰۸ تحلیل همدیدی شد، نتایج نشان داد گرد وغبارها با بیشینه ماهای مه، ژوئن و ژوئیه و کمینه ماهای دسامبر و ژانویه با بیشترین و کمترین وقوع به ترتیب در ساعات بعدالظهر و ظهر حادث می‌گردند. منبع گرد و غبارها در شرق سوریه، عراق و بیابانهای عربستان می باشد. به ترتیب عامل گرد وغبارها در دوره گرم، ترمودینامیک و در اواخر دوره سرد و دوره‌های انتقال، دینامیک جو می باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین در این منطقه، نقش جت جبهه قطبی در وقوع گرد وغبارها با داده‌های ساعتی ۵ ایستگاه همدید از ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲ و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی گردید. نتایج نشان داد، ۲۰ درصد گرد وغبارهای جنوب غرب ایران مرتبط با جت جبهه قطبی در دوره سرد سال است و چگونگی تولید گرد وغبار با استفاده از الگوهای جوی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص گردید (رئیس پور و همکاران، ۱۳۹۲). در مجموع، تحلیل همدیدی روزهای گرد وغباری غرب کشور نشان از ۵ سامانه همدیدی گرد وغبار دارد. چنانکه سامانه آزور با ایجاد کم فشارها گرمایی در سطح زمین بیشترین نقش را در پراکندگی روزهای گرد وغبار منطقه دارد (خورشید دوست و همکاران،۱۳۹۲). همچنین با توجه به کدهای گرد وغبار ثبت شده در ۸۵ ایستگاه هواشناسی ایران در بازه ۲۰ ساله، توزیع مکانی آنها بررسی شد و نشان داد غبار با کد ۰۵ در سواحل جنوبی ایران دارای بیشترین فراوانی و در فصول انتقالی و قبل از ظهر بیشترین وقوع را دارد، گرد وغبار با کد ۰۶ در غرب ایران و در فصول بهار و زمستان بیشترین است و پدیده گرد وغبار با کد ۰۷ در شرق ایران بیشترین وقوع را دارد و پدیده طوفان گردو غبار با کد ۰۳۰-۰۳۵ در شرق ایران و بعد از ظهر بیشترین رخداد را دارد و این پدیده‌ها در سایر نقاط ایران به ندرت اتفاق می‌افتند (موحدی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین هر چند راهی برای کنترل کامل پدیده‌های اقلیمی وجود نداشته، اما تعیین رفتار پدیده-های اقلیمی و شناسایی شرایط جوی در مناطق مختلف، برنامه‌ریزان را در کاهش خسارتها و اطلاع رسانی به موقع و مدیریت ریسک (اقدامات قبل از وقوع مخاطره) کمک می‌کند. با این رویکرد، هدف این مطالعه تعیین الگوهای جوی

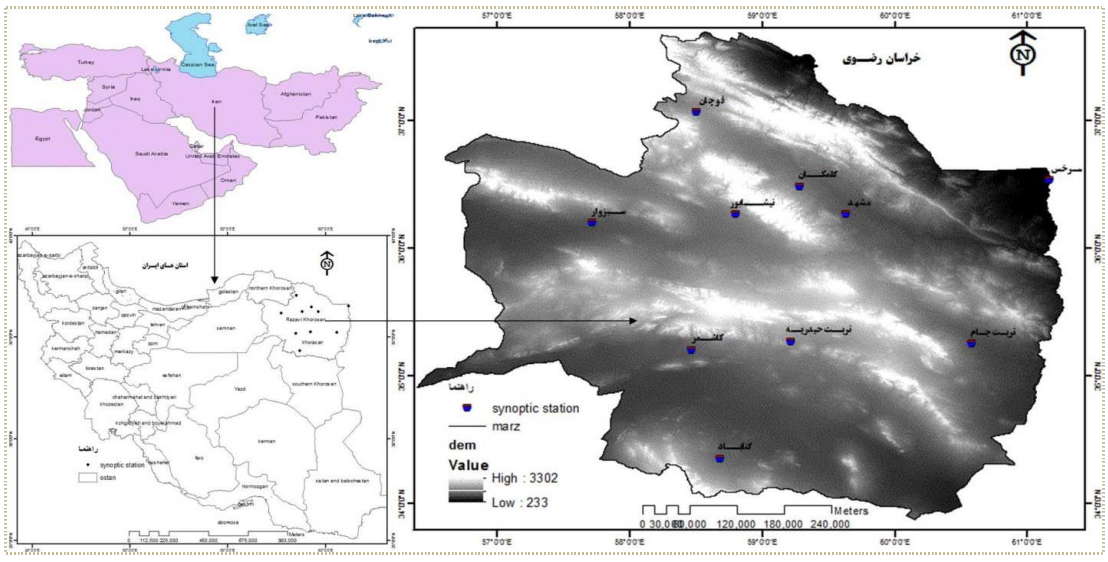
روزهای گردو غبار و فرین‌های گرد وغباری (توالی گرد وغبار، توفان، گرد وغبار فراگیر) در شمال شرقی ایران می-باشد.

داده‌ها و روش‌ها

برای این هدف (تحلیل همدید روزهای گرد وغبار و فرین‌ها)، ابتدا داده‌های ساعتی میزان دید افقی برای ۱۰ ایستگاه همدید شمال شرق ایران از بدو تأسیس تا ۲۰۰۹ از سازمان هواشناسی دریافت گردید (شکل ۱).

جدول۱: ویژگی‌های جغرافیایی ایستگاهای همدید مورد مطالعه

ایستگاه	قوچان	گلمکان	سرخس	مشهد	نیشابور	سبزوار	کاشمر	تربت حیدریه	تربت جام	گناباد
طول	۵۸/۳۰	۵۹/۱۷	۶۱/۱۰	۵۹/۳۸	۵۸/۴۸	۵۷/۴۳	۵۸/۲۸	۵۹/۱۹	۶۰/۳۵	۵۸/۴۱
عرض	۳۷/۴	۳۶/۲۹	۳۶/۳۲	۳۶/۱۶	۳۶/۱۶	۳۶/۱۲	۳۵/۱۲	۳۵/۱۶	۳۵/۱۵	۳۴/۲۱
ارتفاع	۱۲۸۷	۱۱۷۶	۲۳۵	۱۰۱۰	۱۲۱۳	۹۷۷/۶	۱۱۰۹/۷	۱۴۵۰/۸	۹۵۰/۴	۱۰۵۶
طول دوره	۲۰۰۹-۱۹۸۴	۲۰۰۹-۱۹۸۷	۲۰۰۹-۱۹۸۴	۲۰۰۹-۱۹۵۰	۲۰۰۹-۱۹۹۱	۲۰۰۹-۱۹۶۱	۲۰۰۹-۱۹۸۷	۲۰۰۹-۱۹۶۱	۲۰۰۹-۱۹۹۱	۲۰۰۹-۱۹۸۷



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شمال شرق ایران و ایستگاه‌های همدید

در مرحله بعد روزهای همراه با گرد وغبار برای هر ایستگاه تعیین شد. روزی به عنوان روز گرد وغبار معرفی شد که در ۸ نوبت ثبت داده‌ها در هر ایستگاه، در یک نوبت میزان دید افقی به کمتر از ۱۰ کیلومتر رسیده و با کد هواشناسی ۰۶ تا ۰۹ و ۳۰ تا ۳۵ ثبت گردیده باشد. بنابراین با توجه به این شاخص، روزهای همراه با گرد وغبار برای همه ایستگاه‌های از بدو تأسیس تا ۲۰۰۹ استخراج شد. در ادامه برای تعیین گرد وغبار همدید، روزی به عنوان روز

گرد وغبار معرفی گردید که ۳ ایستگاه و بالاتر در آن روز برای یک نوبت یا بیشتر گرد وغبار ثبت کرده باشند. لازم به ذکر است، به منظور شناسایی روزهای گردوغبار مشترک (گرد وغبار همدید) با توجه به دوره آماری متفاوت در ایستگاه‌های شمال شرقی ایران با دو روش انجام شد. ابتدا با توجه به اینکه سه ایستگاه شمال شرقی ایران (مشهد – تربت حیدریه و سبزوار) دارای طولانی‌ترین دوره آماری از ۱۹۶۱ بوده و پراکنش این سه ایستگاه در شمال، مرکز و غرب منطقه، از این قابلیت استفاده شد و روزی به عنوان روز گرد وغبار در شمال شرقی ایران انتخاب گردید که در ۲ ایستگاه و بالاتر در یک روز میزان دید افقی به کمتر از ۱۰ کیلومتر کاهش یافته و کدهای گرد وغبار ثبت گردید. در ادامه از سال ۱۹۸۴ به بعد که اغلب ایستگاه‌ها آمار داشتند، روزی به عنوان روز گرد وغبار در شمال شرقی ایران تعریف شد که همزمان ۳ ایستگاه و بالاتر گرد وغبار ثبت کرده‌اند. همچنین به منظور تعیین توالی گرد وغبار در شمال شرقی ایران، از بین روزهای گرد و غبار توالی های ۲ روز و بیشتر برای هر ایستگاه استخراج و در ادامه روزهای غالب گرد و غباری در ایستگاه‌ها، تعیین گردید. در مرحله بعد روزهای توفانی با توجه به شاخص روز توفانی روزی که میزان دید افقی در یک ایستگاه و بیشتر به کمتر از ۱ کیلومتر رسیده و با ثبت کد ۳۰ تا ۳۵ در ایستگاه و همزمان وجود گرد وغبار در دیگر ایستگاه‌ها، تعیین گردید. در ادامه روزی به عنوان روز گرد وغبار فراگیر در شمال شرقی ایران معرفی گردید که همزمان ۵ ایستگاه و بالاتر در یک روز حداقل در یک نوبت گرد وغبار ثبت کرده باشند. از نظر مقیاس زمانی، برای روزهای گرد وغبار و توالی گرد وغبارهای شمال شرقی ایران، مقیاس فصلی (زمستان، بهار، تابستان و پاییز) و برای روزهای توفانی و گرد وغبار فراگیر در دو دوره سرد (بهار و تابستان) و گرم (پاییز و زمستان)، الگوها مشخص گردید. در مرحله بعد، برای همه بخش‌های ذکر شده، الگوهای همدید جوی تعیین و تحلیل گردید. به منظور شناسایی الگوهای همدید، داده‌های رقومی روزانه (کالنی[1]، ۱۹۹۶) پارامترهای ارتفاع ژئوپتانسیل متر، مؤلفه مداری و نصف النهاری باد برای سطوح میانی (۵۰۰ و۷۰۰ هکتوپاسکال) و پایینی جو (۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه برای دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۹ از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و تحقیقات اتمسفری آمریکا[2] استفاده گردید. با توجه به مطالعات همدیدی گذشته، پنجره مناسب برای ترسیم الگوها ۱۵ تا ۶۰ درجه شمالی و ۲۰ تا ۸۰ درجه شرقی انتخاب شد که شامل ۴۷۵ سلول (گریدپونت) می‌باشد. در ادامه با مبنا قرار دادن ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ماتریس اولیه داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر برای روزهای همراه با گرد وغبار برای بخش‌های فوق (روز گرد و غبار، توالی گرد و غبار، توفان گرد و غبار و گرد و غبار فراگیر) آماده گردید. قابل ذکر است، الگوها به صورت فصلی زمستان (ژانویه، فوریه، مارس)، بهار (آوریل، می، ژوئن)، تابستان (ژوئیه، اوت، سپتامبر) و پاییز (اکتبر، نوامبر، دسامبر) برای روز گرد و غبار و توالی گرد و غبار و دوره سرد و گرم برای توفان گرد و غبار و گرد و غبار فراگیر تهیه گردید. در این مطالعه از روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی (علیجانی، ۱۳۸۵) به منظور تعیین الگوهای همدیدی منجر به وقوع گرد و غبار در چهار بخش فوق استفاده شد. بنابراین داده‌ها در حالت s از روش

[1] -Kalnay

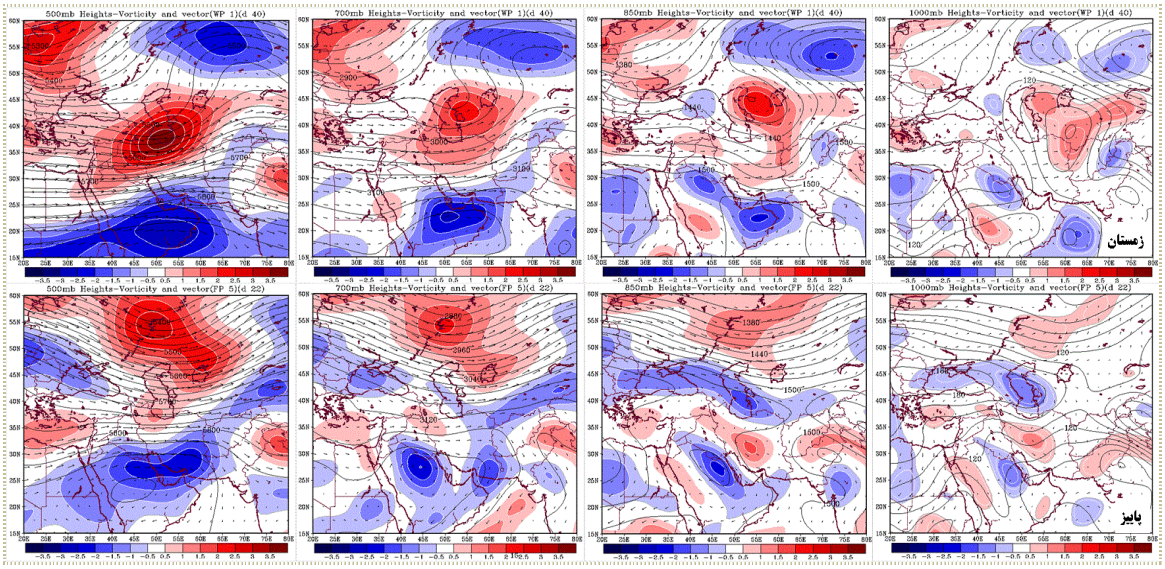
[2] -National Center for Environment Prediction-Natinal Center for Atmospheric Research(NCEP-NCAR)

تحلیل مولفه اصلی که ردیف‌ها معرف روزها یا مشاهدات و ستون‌های ماتریس معرف گرید پونت‌ها یا نقاط، مرتب گردید. در ادامه با انتقال ماتریس به محیط مت لب و با الگوریتم مناسب روش تحلیل مؤلفه اصلی بر روی داده‌های انجام شد. با استفاده از خروجی نهایی روش تحلیل مؤلفه اصلی (نمرات عاملی)، خوشه‌بندی سلسله مراتبی با روش ادغام وارد (ward) انجام و الگوها تعیین گردید. قابل ذکر است، در این مرحله عامل‌هایی برای مرحله خوشه‌بندی انتخاب گردید که حداقل ۵ درصد واریانس از داده‌های اولیه را توجیه کرده باشند. بنابراین با روش‌های فوق الگوهای دارای روزهای با کمترین واریانس درون گروهی (شباهت زیاد) و بیشترین واریانس بین گروهی (تفاوت بیشتر) مشخص شد. این مراحل برای هر کدام از چهار تقسیم‌بندی اولیه گرد و غبار شمال شرقی ایران (روز گرد وغبار، توالی، توفان و گرد وغبار فراگیر) به طور جداگانه انجام و الگوهای جوی در ترازهای مختلف تعیین گردید. در مرحله بعد برای تعیین و تحلیل دقیق شرایط جوی منجر به وقوع گرد و غبارها در شمال شرقی ایران، نقشه‌های ترکیبی از ویژگیهای جوی شامل نقشه‌های ترکیبی ارتفاع، تاوایی نسبی و باد وکتوری، برای چهار تراز مهم اتمسفری (۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال) برای الگوها تهیه و تفسیر شد. انتخاب این سطوح جوی این امکان را فراهم می-کند تا شرایط جوی و دینامیکی در سطوح میانی تا سطح زمین و نقش آنها در روزهای وقوع گرد و غبار و فرین‌ها در فصول مختلف مشخص شود. در ادامه با استفاده از پارامترهای مؤلفه باد، نقشه‌های ترکیبی سرعت و خطوط جریان باد به منظور تعیین مناطق با بیشینه سرعت باد و جهت جریان باد برای سطوح ذکر شده در الگوهای توالی، توفان گرد و غبار و گرد و غبار فراگیر ترسیم و تحلیل گردید. قابل ذکر است در چهار تقسیم‌بندی گرد و غبار، نقشه‌های الگوی فراگیر و غالب در هر بخش تفسیر و تحلیل شد.

نتایج و بحث

در نیمه سرد سال به ترتیب در دو فصل زمستان و پاییز، الگوی اول و پنجم با ۴۰ و ۲۲ روز، الگوی غالب گرد وغبار است. همچنین دردو فصل به ترتیب ماه مارس با ۸۹ روز و ماه اکتبر با ۱۳ روز، گرد وغبارترین ماه می‌باشند. الگوی جوی روز گرد وغبار زمستان(شکل۲) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ناوه خمیده وکم عمق بادهای غربی در دریای خزر و جریان مداری روی ایران بوده و منطقه مورد مطالعه با تاوایی مثبت بوده که منطقه بیشینه آن در ساحل جنوبی خزر و تاوایی منفی در جنوب ایران و عربستان مشهود است. همزمان در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ناوه خمیده عمیق روی دریای خزر و سردچال در شمال خزر قرار دارد و تاوایی مثبت در دریای خزر و شمال شرقی ایران با بیشینه‌ای در غرب دریای خزر (خلیج قره بغاز) و منطقه با تاوایی منفی بر روی عربستان و خلیج فارس مشاهده می شود. در این الگو، جریان غالب در ایران و منطقه مطالعه، غربی- شرقی است. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع بریده در شرق دریای خزر، موجب خمیدگی خطوط هم ارتفاع در شمال شرقی و شرق ایران شده است و شرق دریای خزر با بیشینه تاوایی مثبت تا مرکز ایران و شمال عراق نشان از ناپایداری جوی دارد. در این الگو، جریانات جوی از شمال عراق و بیابان‌های مرکزی ایران به منطقه مطالعه وارد شده و از طرف دیگر جریان باد در شرق دریای خزر از بیابان ترکمنستان به منطقه می وزد. همزمان در سطح زمین، مرکز کم فشار در شمال شرق ایران با هسته مرکزی روی جنوب ترکمنستان و منطقه تاوایی مثبت از شرق خزر تا ترکمستان و شمال شرق ایران، حاکی از ناپایداری چرخندی

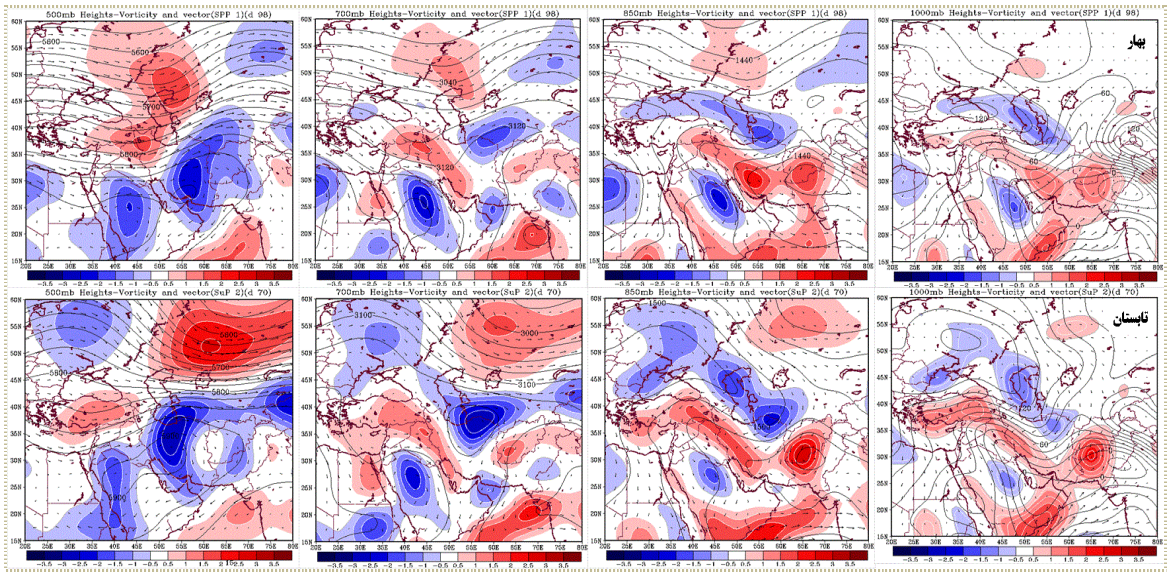
و ورود جریانات از بیابان شرق خزر، ترکمستان و مرکز ایران به منطقه است. الگوی جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گرد وغبار پاییز نشان داد (شکل۲)، پرفشار جنب حاره با هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر در جنوب ایران و بادهای غربی در عرض بالا و دریای خزر جریان دارند. بنابراین منطقه تاوایی مثبت بر روی مدیترانه، شمال غرب ایران، خزر تا شمال روسیه و تاوایی منفی بر روی عربستان، خلیج فارس و نیمه جنوبی ایران مشهود است. در این تراز، جریان غرب به شرق در مسیر خطوط هم ارتفاع از منطقه می‌گذرند. همچنین در تراز۷۰۰ هکتوپاسکال، پرفشار جنب حاره با ارتفاع ۳۱۴۰ متر تا عرض ۳۵ درجه پیشروی و کم ارتفاع بر روی روسیه و بخشی از مدیترانه قرار دارد. بنابراین مناطق با تاوایی مثبت(ناپایداری هوا) در مدیترانه، شمال عراق، شمال غرب ایران، روسیه شرقی و تاوایی منفی (پایداری هوا) در شمال عربستان و جنوب عراق، جنوب شرق و شرق ایران تا جنوب دریاچه بایکال مشاهده می‌شوند. در این الگو جریانات جوی از عراق، سوریه و بیابان‌های داخل ایران به منطقه می‌وزند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، زبانه کم ارتفاع از شمال هند تا جنوب شرق و مرکز ایران ادامه دارد و همزمان پرارتفاع در جنوب اروپا تا شرق دریای خزر و بخشی از شمال آفریقا و عربستان مشهود است. در این تراز مناطق با تاوایی مثبت در مرکز ایران تا شمال عراق، پاکستان، بخشی از مدیترانه و مناطق با تاوایی منفی در ترکمنستان، دریای خزر تا جنوب اروپا و عربستان مشاهده می‌شوند. در این الگو، جریانات جوی از شرق دریای خزر و ترکمنستان به مرکز ایران می‌وزند و منطقه مورد مطالعه در منطقه شیب فشار بین سیستم شرق دریای خزر و مرکز ایران، جریان شدید و همراه با ذرات گرد وغبار را تجربه می‌کند. همزمان در سطح زمین مرکز پرفشار در جنوب اروپا و شمال عراق و زبانه‌های آن تا شرق دریای خزر و مرکز کم فشار بر روی روسیه شمالی و کم فشار دیگری بر روی هند و پاکستان مستقر است. در این تراز نیز مناطق با تاوایی مثبت و منفی به ترتیب در مرکز ایران و دریای خزر و جریانات جوی از شرق دریای خزر و ترکمنستان به مرکز ایران با عبور از منطقه، ذرات معلق را به همراه دارند.



شکل۲: ارتفاع، تاوایی نسبی و باد در روز گرد وغبار از زمستان و پاییز در چهار تراز اتمسفری

فراوانی الگوها در نیمه گرم سال نشان می‌دهد، الگوی اول و دوم به ترتیب با ۹۸ و ۷۰ روز در دو فصل بهار و زمستان غالبند. همچنین به ترتیب ماهای ژوئن و ژوئیه با ۱۲۶ و ۱۱۳ روز گرد و غبارترین ماهای سال در شمال شرق می-باشند. الگوهای جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گرد وغبار بهار نشان می دهد (شکل۳)، ناوه کم عمق بادهای غربی با محور خمیده و پرانتزی از شرق روسیه به شرق دریای خزر تا شمال عراق و همزمان پرفشار جنب حاره به ایران وارد شده و هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر بخش عمده ایران، پاکستان، افغانستان و پشته باد غربی از شرق ایران تا روسیه مرکزی ادامه دارد. در این الگو، تاوایی مثبت در شمال غربی ایران، شمال عراق، شرق ترکیه، شرق و شمال دریای خزر و همزمان تاوایی منفی در مرکز عربستان، بخش مرکزی، جنوبی و شرق ایران تا بیابان جنوب ترکمنستان ادامه دارد. در این تراز، جریانات جوی در منطقه شیب فشار شدید بین شمال و جنوب شرق ایران، در نیمه شمالی و در منطقه مورد مطالعه می‌وزند. همزمان در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، هم ارتفاع ۳۱۲۰ متر از منطقه عبور و در غرب ایران خطوط هم ارتفاع انحنا داشته و ارتفاع آن کم است. در همین ارتباط، تاوایی مثبت در غرب ایران تا خلیج فارس با مرکزی در شمال عراق و تاوایی منفی در شمال شرق ایران تا ترکمنستان و جنوب شرق ایران مشاهده می‌شود. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، چند زبانه کم ارتفاع با سلول بسته شده با هم ارتفاع ۱۴۳۰ متر از پاکستان، کل ایران را پوشش داده و همزمان زبانه پرارتفاعی از اروپا تا شرق دریای خزر و شمال خراسان ادامه دارد. در این تراز، منطقه تاوایی مثبت با ناپایداری شدید بر روی پاکستان، افغانستان تا مرکز وغرب ایران، شمال عراق و منطقه با تاوایی منفی (پایداری هوا) بر روی خزر و ترکمنستان مشهود است. بنابراین جریانات در منطقه بیشینه شیب فشار از بیابان ترکمنستان با سرعت بالا از منطقه عبور و گرد وغبار را منتقل می‌کنند. همزمان در سطح زمین، کم فشار پاکستان تا بخش غالب ایران با تاوایی مثبت (ناپایداری هوا) و مرکز پرفشار با تاوایی منفی (پایداری بالا) بر روی دریای خزر استقرار دارد. در این ارتباط جریانات هوا از آسیای مرکزی و ترکمنستان در شرق پرفشار با گذر از شمال شرق ایران به کم فشار پاکستان وارد شده و ذرات خاک را از خارج ایران و یا بیابان‌های شمال شرقی منتقل می‌کنند. در تابستان نیز (شکل۳) همین الگوی جوی غالب بوده و پرفشار جنب حاره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال قوی‌تر شده، طوریکه در بعضی روزها، سلول بسته با هم ارتفاع ۵۹۰۰ متر از شمال عربستان تا مرکز ایران پیشروی کرده و هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر تا عرض ۴۰ درجه شمالی ادامه دارد. طوریکه زبانه آن تا روی چین و شمال هند ادامه داشته و بادهای غربی در بالاتر از عرض۴۵ درجه جریان دارند. بنابراین بخش عمده ایران در سطوح بالای جو با تاوایی منفی، پایداری و نزول هوا و همزمان تاوایی مثبت در ترکیه و آسیای مرکزی با ناپایداری جوی مشاهده می‌شود. در این شرایط، جریانات جوی در سطوح بالای جو بر روی منطقه مطالعه با جهت شمال غربی و شمالی می‌وزند. زبانه پرفشار جنب حاره در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال با سلول بسته شده ۳۱۵۰ متر از مرکز تا شمال شرق ایران و ترکمنستان تسلط داشته و زبانه کم ارتفاع از هند تا شرق ایران مشاهده می‌شود. بنابراین منطقه بیشینه تاوایی منفی در شمال شرق ایران، ترکمنستان، عربستان و بخشی از دریای عمان و منطقه با تاوایی مثبت در غرب افغانستان، غرب هند و غرب ایران مشهود است. در این تراز، جریانات شمالی و شمال شرقی از روی بیابان‌های ترکمنستان به منطقه می‌وزند و بیشینه شیب ارتفاع، سرعت جریان را موجب می‌شود. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، زبانه کم ارتفاعی از هند تا بخش غالبی از ایران و شرق دریای مدیترانه تا جنوب خلیج فارس را پوشش داده، طوریکه سلول بسته با هم ارتفاع ۱۴۲۵

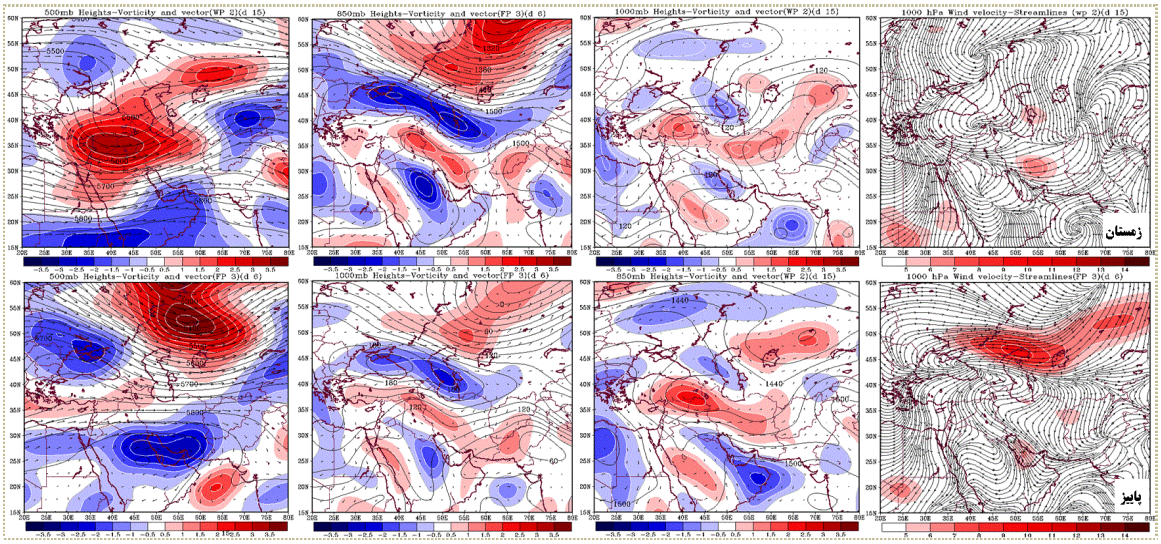
متر بر روی پاکستان و افغانستان قرار دارد. همزمان زبانه پرارتفاع از اروپا تا دریای خزر، ترکمنستان، خراسان شمالی و هم ارتفاع ۱۵۰۰ متر در شمال خراسان قرار دارد. بنابراین منطقه با تاوایی مثبت و ناپایداری هوا در شرق افغانستان، پاکستان تا غرب ایران و ترکیه و تاوایی منفی از اروپا تا خزر و شمال خراسان مشاهده می شود. در این الگو، جریانات جوی در شرق دریای خزر با عبور از بیابان‌های قزاقستان و ترکمنستان به منطقه می‌وزند و با نزدیک شده به مناطق با ناپایداری زیاد با سرعت زیاد، ذرات گرد و غبار را به همراه دارند. در سطح زمین نیز کم فشار پاکستان بخش عمده ایران تا غرب و جنوب خلیج فارس را پوشش داده و همزمان مرکز پرفشار بر روی اروپا مستقر می‌باشد. بنابراین مناطق بیشینه ناپایداری بر روی غرب افغانستان و پاکستان، غرب ایران تا ترکیه و مناطق با تاوایی منفی و پایداری هوا بر روی اروپای شرقی تا دریای خزر و شمال خراسان وجود دارند. در این الگو جریان باد از عرض بالا و شرق دریای خزر (شرق پرفشار) به کم فشار در جنوب شرق ایران و با عبور از بیابان‌های قزاقستان، افغانستان و بیابان‌های شمال شرقی ایران با خود ذرات گرد وغباررا منتقل می‌کنند.



شکل ۳: ارتفاع، تاوایی نسبی و باد روز گرد و غبار از بهار و تابستان در چهار تراز اتمسفری

فراوانی توالی روزهای گرد وغبار به ترتیب در الگوی دوم و سوم با ۱۵ و ۶ روز در دو فصل زمستان و پاییز مشهود است. این توالی‌ها اغلب در ماه مارس و اکتبر اتفاق می‌افتند. الگوهای جوی توالی گرد و غبار زمستان (شکل ۴) مبین آن است، سردچال تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در غرب دریای خزر موجب عمیق شدن ناوه بادهای غربی با محور خمیده تا شمال دریای احمر شده و دیگر ناوه کم عمق بادهای غربی در شمال دریاچه آرال قرار دارد. در حالیکه پشته بادهای در اروپا و پشته دیگری از جنوب بایکال تا پاکستان ادامه داشته و هم ارتفاع ۵۶۵۰ متر از منطقه مطالعه می-گذرد. در این تراز، منطقه وسیعی با تاوایی مثبت در شمال ایران تا شرق مدیترانه و شمال عربستان و همزمان هسته دیگری در شمال دریاچه آرال، بیشینه تاوایی مثبت در سوریه و شمال عراق و تاوایی منفی در شمال دریای سیاه، جنوب عربستان تا سواحل جنوبی ایران و ازبکستان مشهود است. در این تراز، جریانات جوی از شرق اروپا تا شرق مدیترانه و با جهت غربی به ایران و منطقه می‌وزند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، خطوط کم ارتفاع در ایران بوده و هم

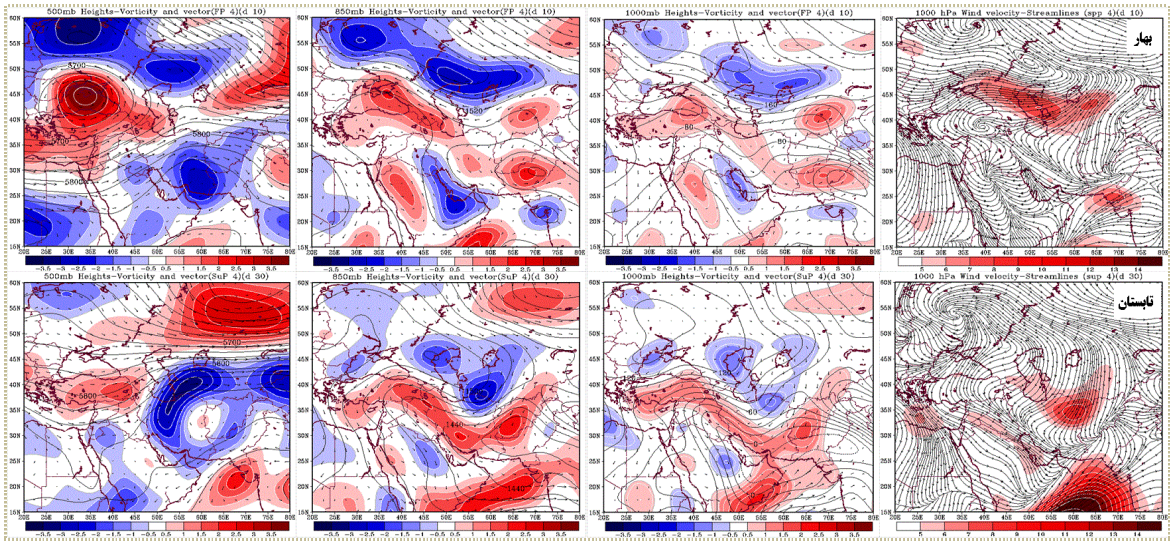
ارتفاع ۱۴۵۵ متر از جنوب منطقه مطالعه عبور می‌کند و خطوط پر ارتفاع بر روی اروپا و عربستان جریان دارند. بنابراین منطقه بیشینه تاوایی مثبت بر روی ترکیه، عراق تا شرق ایران و تاوایی منفی در دریای خزر، اروپا تا شمال آفریقا و شرق عربستان مشاهده می‌شود. جریانات جوی با حرکت چرخند از روی عراق و شمال عربستان به بیابان‌های مرکزی و با سرعت بالا به منطقه می‌وزند. همچنین در سطح زمین زبانه کم فشاری از روی هند به ایران تا شرق مدیترانه و شمال دریاچه بایکال ادامه دارد وسلول کم فشار بر روی منطقه و همزمان پرفشار در اروپا و زبانه آن تا شرق دریای خزر، خلیج فارس و شمال شرقی آفریقا مشهود است. در این شرایط نیمه شمالی ایران تا ترکیه و دریاچه بایکال با حرکت چرخندی و تاوایی مثبت و همزمان دریای خزر، غرب خلیج فارس و دریای عمان با تاوایی منفی و حرکت واچرخند می‌باشند. بنابراین با چرخند در منطقه، جریان از مرکز ایران و بیابان شرق دریای خزر (مناطق بیشینه سرعت جریان) با همگرایی در شمال شرق ایران، ذرات گرد وغبار منتقل می‌گردد. همچنین در فصل پاییز (شکل۴)، ناوه بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از شمال روسیه تا شرق دریای مدیترانه و پشته در اروپا قرار دارد و همزمان پرفشار جنب حاره با ۵۸۵۰ متر در جنوب ایران مشهود است. منطقه تاوایی مثبت این الگو در روسیه غربی تا شمال آرال، مدیترانه تا شمال غرب ایران، بخشی از دریای عمان و تاوایی منفی در عربستان تا مرکز، شرق ایران و اروپای غربی مشهود است. در این الگو، جریانات جوی با جهت غربی به منطقه می‌وزند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز کم ارتفاع در روسیه و بخشی از خاورمیانه و پرارتفاع بر روی اروپا تا دریای خزر و عربستان قرار دارند. بنابراین تاوایی مثبت بر روی روسیه، عراق تا جنوب غرب ایران، بخشی از افغانستان، پاکستان، عربستان و تاوایی منفی بر روی اروپا تا دریای سیاه، شرق دریای خزر و جنوب خلیج فارس مشاهده می‌شود. در این شرایط جوی، جریانات شمال شرقی در حرکت واچرخند شرق دریای خزر از ترکمنستان و آسیای مرکزی به منطقه مطالعه و غرب ایران می‌وزند. همچنین در سطح زمین، پرفشار بر روی اروپا، شمال آفریقا و زبانه آن تا شرق دریای خزر و کم فشار در روسیه، هند، پاکستان و ایران می‌باشد. در این تراز مناطق با تاوایی مثبت و حرکت چرخندی در پاکستان، جنوب افغانستان تا غرب ایران، جنوب ترکیه، بخشی از غرب عربستان و روسیه و مناطق با تاوایی منفی در دریای سیاه تا شرق دریای خزر و جنوب اروپا قرار دارند. بنابراین جریانات شمال شرقی از بیابان آسیای مرکزی به منطقه می‌وزند. در این الگو نیز با توجه به عمیق شدن ناوه و پایایی آن در سطوح میانی جو و شرایط سطحی، گرد و غبار تداوم دارد. جریانات شمال شرقی از مناطق با بیشینه سرعت (روسیه غربی و قزاقستان)، گرد وغبار ار موجب می-شوند.



شکل۴: ارتفاع، تاوایی نسبی، باد، الگوی جریان و سرعت توالی گرد وغبار از زمستان و پاییز در چهار تراز اتمسفری

در دوره گرم سال به ترتیب الگوهای پنجم و چهارم با ۳۲ و ۳۰ روز بیشترین توالی گرد وغبارها را در دو فصل بهار و تابستان دارند. این توالی بیشتر در ماهای ژوئن و ژوئیه غالب می‌باشد. در الگوی جوی توالی گرد و غبار بهار (شکل۵)، پرفشار جنب حاره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر تا مرکز ایران موجب پایداری جو ایران شده، مانع و سردچال در عرض بالا به ترتیب در اروپای شرقی و دریای سیاه استقرار دارند. بنابراین ناوه عمیق بادهای در شرق دریای مدیترانه و پشته در شرق ایران مشهود است. دراین شرایط، مناطق با تاوایی مثبت از دریای سیاه تا شمال مدیترانه، غرب دریای خزر و تاوایی منفی در شمال اروپا تا روسیه شرقی و جنوب شرق ایران تا مرکز ایران مشاهده می‌شوند. در این تراز، جریانات جوی از شرق مدیترانه و عراق با جهت جنوب غربی به منطقه می‌وزند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز زبانه کم ارتفاع از هند تا ایران و دریای سیاه و زبانه پرارتفاع اروپای شرقی تا شمال خزر و شرق دریاچه بایکال پیشروی دارد. مناطق با تاوایی مثبت از دریای سیاه تا جنوب خزر، مرکز ایران تا پاکستان، بخشی از ازبکستان، شرق دریای احمر و مناطق با تاوایی منفی از اروپای شرقی تا شمال خزر، شمال آرال، خلیج فارس و شمال شرقی عربستان مشاهده می‌شوند. جریانات شمال شرقی از شرق آرال، قزاقستان، ازبکستان و ترکمستان از منطقه عبور و به مرکز ایران می‌وزند. همچنین در سطح زمین مرکز کم فشار پاکستان در خاورمیانه و پرفشار در شمال دریای خزر استقرار دارد. در این تراز نیز جریانات شمال شرقی از مرکز چرخند ازبکستان به مرکز ایران و با عبور از بیابان ترکمنستان و ازبکستان (مناطق بیشینه سرعت جریان) با خود ذرات معلق را برای چند روز منتقل می‌کنند. همچنین تداوم گرد وغبار تابستان (شکل ۵) در ارتباط با پرفشار جنب حاره در ایران، طوریکه هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر و ۵۸۷۵ متر از شمال ایران تا روی چین ادامه و بادهای غربی در روسیه و اروپا تا مدیترانه جریان دارند، طوریکه ناوه کم عمقی در شرق مدیترانه مشاهده می‌شود. در این تراز مناطق با تاوایی منفی و پایداری جوی از ایران تا چین و تاوایی مثبت و پایداری هوا در ترکیه، روسیه و بخشی از شرق ایران (جنوب خراسان) مشاهده می‌شوند. جریانات هوا

بر روی منطقه مطالعه با جهت متفاوت جریان دارند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع از هند و زبانه آن کل خاورمیانه تا شرق دریای مدیترانه و شمال آفریقا را پوشش داده و همزمان پر ارتفاع از اروپا تا شرق روسیه، آسیای مرکزی، دریای خزر تا شمال شرق ایران ادامه دارد. بنابراین مناطق با تاوایی مثبت درافغانستان، پاکستان تا مرکز، غرب ایران تا ترکیه، جنوب عربستان تا شمال غرب هند و تاوایی منفی از شمال خزر تا آسیای مرکزی و شمال شرق ایران مشهود است. جریانات شمال شرقی از قزاقستان و ترکمنستان و با سرعت بالا در منطقه شیب ارتفاعی با ۱۵۰۰ متر در شمال خراسان و ۱۴۴۰ متر در جنوب خراسان، در منطقه می‌وزند. در سطح زمین نیز کم فشار پاکستان در بخش عمده خاورمیانه و پرفشار در اروپا با سلول بسته دریای سیاه با زبانه‌هایی تا مرکز آسیا و دریای خزر ادامه دارد. در این تراز نیز مناطق با تاوایی مثبت و ناپایداری در افغانستان تا غرب ایران، دریای عمان و تاوایی منفی در دریای خزر تا شمال شرقی ایران و بخشی از دریای سیاه مشهود است. جریانات جوی با جهت شمال شرقی در شرق پرفشار از مناطق بیشینه سرعت (شمال شرقی ایران، ترکمنستان، جنوب دریای خزر) با سرعت بالا به منطقه می‌وزند و به همراه ذرات خاک، موجب کاهش میزان دید می‌شوند. در این الگو نیز با توجه به سیستم مانع در تراز ۷۰۰ و زبانه پرفشار جنب حاره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، شرایط جوی برای چند روز در منطقه تداوم دارد. در این الگو، منبع گرد و غبارهای شمال شرقی ایران، بیابان‌های شمال شرقی ایران و ترکمنستان (قره قوم) می‌باشند.

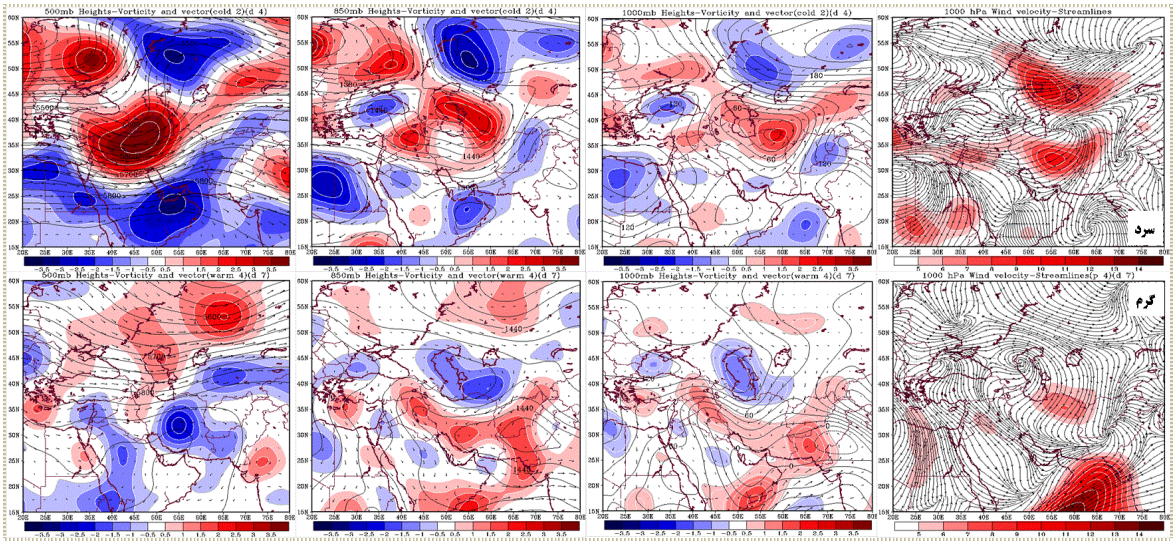


شکل۵: ارتفاع، تاوایی نسبی، باد، الگوی جریان و سرعت توالی گرد وغبار از بهار و تابستان در چهار تراز اتمسفری

الگوهای منجر به توفان گرد و غبار در دوره سرد سال در ۴ الگو با فراوانی چهار توفان می‌باشند. همچنین در شمال شرق ایران، به ترتیب ماه فوریه و مارس با ۶ و ۴ توفان، بیشترین توفان گرد و غبار را تجربه می‌کند. الگوی جوی توفان گرد وغبارحاکی است (شکل۶)، ناوه خمیده و عمیق بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال از اروپا تا ترکیه و غرب خلیج فارس ادامه دارد. در این الگو، ایران در جلوی ناوه ومنطقه ناپایداری جو و پشته بادهای غربی برروی مدیترانه و روسیه غربی مشهود است. همچنین سردچال در شمال غربی دریای خزر، موجب عمیق شدن تاوه در غرب ایران شده است. چنانکه بیشینه تاوایی مثبت و ناپایداری شدید از شرق مدیترانه تا شرق خزر، خلیج فارس تا شمال دریای سیاه و مناطق با تاوایی منفی ازجنوب مدیترانه تا جنوب عربستان، جنوب و جنوب شرق ایران تا شمال شرقی

افغانستان و بخشی از روسیه غربی قرار دارند. در این تراز، جریانات جوی از عراق و ترکیه به ایران و منطقه مطالعه می‌وزند. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع بادهای غربی از اروپا تا شمال ایران و سردچال برروی دریای خزر و شمال شرق ایران قرار دارد، همزمان پر ارتفاع با محور افقی در روسیه غربی، شمال دریای خزر و بخشی از آفریقا و عربستان تا جنوب ایران مشهود است. در این الگو، مناطق با تاوایی مثبت در اروپای شرقی، دریای خزر و شرق آن تا نواحی مرکزی ایران، سوریه، شمال عراق و تاوایی منفی در جنوب دریای سیاه، روسیه غربی، شمال آفریقا، شرق عربستان تا شرق افغانستان مشاهده می‌شوند. جریانات جوی با جهت غربی و جنوب غربی از سوریه و عراق و با شدت گرفتن در بیابان‌های مرکزی ایران به منطقه مطالعه می‌وزند. در سطح زمین کم فشار در اروپا و زبانه‌های آن تا نواحی جنوبی ایران، با مرکزی در دریای خزر تا شمال افغانستان، ازبکستان و پرفشار در آفریقا و روسیه مشهود است. بنابراین مناطق با تاوایی مثبت و حرکت چرخندی در سوریه و شمال ایران، دریای خزر تا شمال شرقی ایران، دریاچه بایکال تا بخشی از اروپای شرقی و مناطق با تاوایی منفی و حرکت واچرخند در دریای سیاه، شمال خلیج فارس، جنوب شرقی افغانستان، شمال پاکستان و روسیه قرار دارند. در این الگو، جریانات جوی از مناطق اطراف با حرکت چرخندی به منطقه می‌وزند و با توجه به شیب فشار و عبور از بیابان‌های داخلی ایران و ترکمنستان با سرعت بالا، موجب توفان گرد و غبار می‌شوند. در این الگو با سردچال در جو میانی و قرارگیری بیشینه ناپایداری و حرکت چرخندی روی منطقه مطالعه در سطوح پایینی جو، بر سرعت بادها از بیابان داخلی افزوده شده و بیشینه سرعت و شدت باد در مرکز و بخشی از شرق ایران تا غرب افغانستان، قزاقستان، اردن، مدیترانه مرکزی و سودان قرار دارد. بنابراین جریانات با جهت جنوب‌غربی و توفان گرد و غبار به منطقه مطالعه می‌وزند. فراوانی توفان گرد وغبار دوره گرم در الگوی چهارم با ۷ و در ماه می با ۵ توفان گرد و غبار غالب می‌باشد. الگوی جوی توفان گرد و غبار دوره گرم (شکل۶)، حرکت مداری بادهای غربی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دریای خزر و عرض بالا و پرفشار جنب حاره با هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر تا شمال ایران و هم ارتفاع ۵۸۷۵ متر در شمال خلیج فارس مشهود است. در این الگو، مناطق با تاوایی منفی از عربستان تا شرق مدیترانه، کل ایران بجز شمال غربی، آسیای مرکزی و تاوایی مثبت از روسیه تا شمال دریای خزر، شمال غربی ایران تا اروپای شرقی و بخشی از مدیترانه و جریانات جوی با جهت غربی به منطقه مطالعه می‌وزند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، کم ارتفاع و زبانه آن از هند و پاکستان تا شمال ایران، مدیترانه تا شمال شرقی آفریقا، طوریکه سلول بسته آن با هم ارتفاع ۱۴۲۰ متر برروی پاکستان و جنوب افغانستان مشهود است. همزمان پرارتفاع در اروپا تا جنوب دریای خزر و شرق و تاوایی مثبت در عراق، غرب ایران تا مرکز و شرق ایران تا افغانستان، پاکستان، جنوب عربستان، مدیترانه مرکزی و تاوایی منفی برروی دریای خزر تا ترکمنستان، بخشی از دریای عمان و اردن قرار دارد. بنابراین جریانات جوی با جهت شمال شرقی از شرق دریای خزر و ترکمنستان با سرعت بالا و توفان در منطقه شیب فشار به شمال شرقی ایران می‌وزند. همچنین در سطح زمین، کم فشار پاکستان در کل خاورمیانه و پرفشار از اروپا تا دریای خزر و شرق آن قرار دارد. بنابراین منطقه با تاوایی مثبت و حرکت چرخندی برروی پاکستان، افغانستان و نیمه‌جنوبی ایران تا عراق، ترکیه، جنوب عربستان و منطقه با تاوایی منفی و حرکت واچرخند هوا در دریای خزر و شرق آن می‌باشد. در این شرایط، جریانات جوی در سطح زمین از شرق دریای

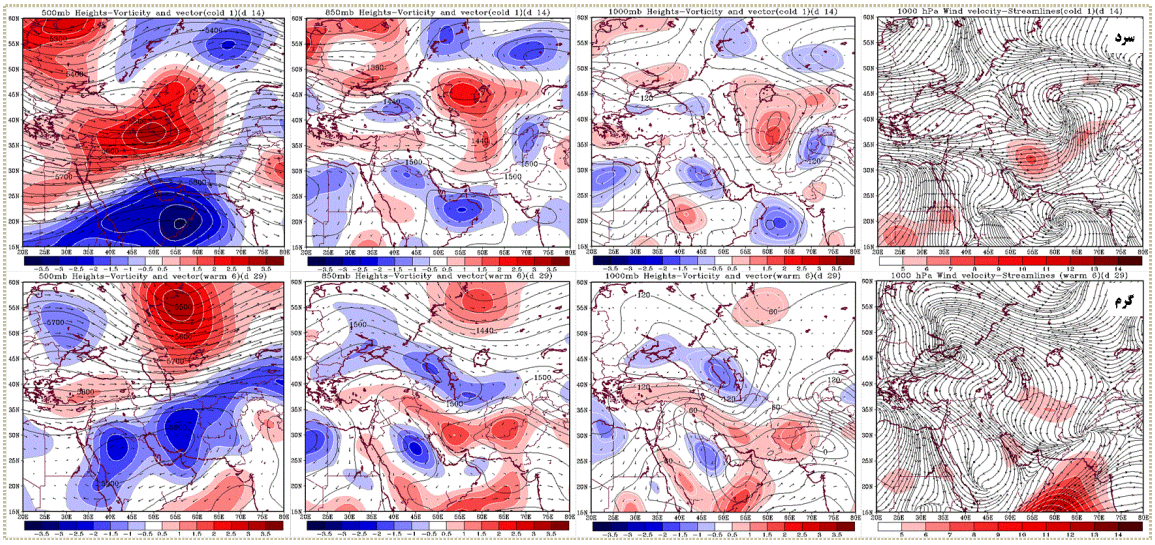
خزر و با سرعت بالا در منطقه شیب فشار از بیابان‌های شرق دریای خزر و زمین‌های خشک، توفان گرد و غبار در منطقه را موجب می‌شوند.



شکل۶: ارتفاع، تاوایی نسبی، باد، الگوی جریان و سرعت توفان گرد وغبار از دوره سرد و گرم در چهار تراز اتمسفری

در بین الگوهای جوی گرد وغبار فراگیر، الگوی اول با ۱۴ روز غالب بوده و شمال شرق ایران در ماه مارس با ۱۷ روز، فراگیرترین گرد وغبارها را تجربه می‌کند. الگوی جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال گرد وغبار فراگیر دوره سرد حاکی است (شکل۷)، سردچال در دریای خزر موجب عمیق شدن ناوه تا مرکز ایران گردید. چنانکه ناوه بلند بادهای غربی از جنوب اروپا تا شرق دریای خزر و محور دیگر ناوه در شرق اروپا و پشته بادهای غربی در سیبری قرار دارد. در این الگو پرفشار جنب حاره تا جنوب ایران و برروی عربستان با هم ارتفاع ۵۸۵۰ و ۵۸۷۵ متر به شکل مانع می‌باشد. بنابراین مناطق با تاوایی مثبت از شرق اروپا تا دریای مدیترانه، نیمه شمالی ایران تا شمال دریای خزر و تاوایی منفی در عربستان، جنوب ایران و بخشی از روسیه مشهود است. جریانات جوی با جهت غربی و با سرعت بالا در نیمه شمالی ایران و منطقه جریان دارند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، سردچال در شمال شرقی دریای خزر و آرال، کم ارتفاع در شمال شرق و شرق ایران و پرارتفاع برروی آفریقا، عربستان تا افغانستان و روسیه غربی مشهود است. بنابراین مناطق با تاوایی مثبت در شرق دریای خزر و قزاقستان تا شرق و مرکز ایران، شمال دریای مدیترانه تا عراق و اروپا و مناطق با تاوایی منفی و پایداری هوا در شرق دریای سیاه، شمال و شرق عربستان، شرق افغانستان، بخشی از روسیه مرکزی و غربی مشاهده می‌شوند. در این تراز، جریانات جوی با جهت غربی و شمال غربی از روی عراق و بیابان‌های مرکزی ایران با سرعت زیاد به منطقه مورد مطالعه می‌وزند. همچنین در سطح زمین، زبانه‌های کم فشار شمال اروپا تا شرق دریای خزر و کم فشار در منطقه مشهود است. همزمان پرفشار در جنوب اروپا و آفریقا، زبانه آن تا عربستان و غرب ایران و پرفشار دیگری در آسیا تا روسیه غربی قرار دارد. بنابراین تاوایی مثبت در آسیای مرکزی، شمال شرق ایران، منطقه مطالعه، شمال دریای سیاه، غرب عربستان و تاوایی منفی در شمال غرب خلیج فارس، شرق افغانستان و بخشی از روسیه مشاهده می‌شوند. در این تراز، جریانات جوی در سطح زمین با جهت غربی در شرق پرفشار از عراق و بیابان داخلی ایران با سرعت بالا همراه با جریاناتی دیگر از شرق دریای خزر به چرخند در منطقه می‌وزند. این

جریانات از منطقه بیشینه سرعت در بیابان مرکزی ایران تا شمال افغانستان با گرد و غبار از بیابان‌های اطراف همراه می‌باشد. همچنین در دوره گرم، الگوی ششم با ۲۹ روز فراگیرترین گرد و غبار را در منطقه موجب شده و در ماه می، منطقه شمال شرق گرد وغباری می‌باشد. در الگوی جوی دوره گرم (شکل۷)، بادهای غربی در خارج از ایران برروی اروپا و روسیه جریان دارند و پرفشار جنب حاره بر روی ایران با هم ارتفاع ۵۸۵۰ متر، از جنوب دریای خزر گذشته و هم ارتفاع ۵۹۰۰ متر به شکل سلول بسته در نیمه جنوبی ایران و عربستان مشاهده می‌شود. در این شرایط تاوایی مثبت بر روی روسیه غربی تا شمال شرق دریای خزر، ترکیه و تاوایی منفی برروی ایران، عربستان تا شمال چین و بخشی از اروپای شرقی قرار دارند. در این تراز، جریانات جوی با جهت غربی به منطقه مورد مطالعه می‌وزند. همچنین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، زبانه‌های کم ارتفاع از روی هند تا ترکیه و شرق دریای مدیترانه و پر ارتفاع در شمال آفریقا و جنوب اروپا مشاهده می‌شود، طوریکه زبانه‌های آن تا شرق دریای خزر ادامه دارد. در این شرایط، مناطق با تاوایی مثبت در جنوب عربستان، پاکستان، افغانستان تا مرکز و غرب ایران، شمال عراق تا جنوب ترکیه، روسیه غربی و تاوایی منفی برروی اروپای شرقی تا دریای خزر و شرق آن، بخشی از شمال شرقی ایران، شمال عربستان و آفریقا مشهود است. در این تراز جریانات جوی با جهت شمال شرقی و سرعت بالا برروی منطقه مطالعه می‌وزند. همچنین در سطح زمین، کم فشار پاکستان بخش عمده خاورمیانه را پوشش داده و همزمان پرفشار بر روی اروپا، شمال آفریقا و سلول بسته آن در دریای سیاه تا خزر مشاهده می‌شود. در این تراز نیز شمال دریای سیاه تا خزر و شمال عربستان با تاوایی منفی و حرکت واچرخند و تاوایی مثبت در جنوب ترکیه تا شمال عراق، نیمه جنوبی ایران، جنوب افغانستان، پاکستان، جنوب عربستان و حرکت چرخندی غالب می‌باشد. در این تراز جریانات جوی با جهت شمال شرقی از شرق پرفشار آسیای مرکزی و شرق دریای خزر به شمال شرقی ایران در منطقه شیب فشار می‌وزند و با خود ذرات گرد و غبار را منتقل می‌کنند. در این الگو نیز با توجه به قوی‌تر شده پرفشار جنب حاره در سطوح بالای جوی و پایایی آن، گرد و غبارها در سطح زمین تداوم دارند. در این شرایط، الگوی جریان در بخش عمده ایران، شمال شرقی و بیشینه سرعت در شمال شرقی ایران، بخشی از ترکمنستان و افغانستان، خلیج فارس و دریای عرب مشاهده می‌شود.



شکل۷: ارتفاع، تاوایی نسبی، باد، الگوی جریان و سرعت گرد و غبار فراگیر از دوره سرد و گرم در چهار تراز

نتیجه‌گیری

- همدید روز گرد وغبار: آرایش الگوهای جوی گرد و غبار زمستان در شمال شرق ایران، شامل محور ناوه غرب آسیا در غرب یا روی دریای خزر، کم ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در شرق ایران با کم فشار روی منطقه مطالعه است. با پیشروی پرفشار جنب حاره در بهار، زبانه کم فشار پاکستان تا ایران و همزمان زبانه پرفشار جنوب اروپا تا شرق دریای خزر و موقعیت منطقه مطالعه در مرز این دو سیستم (منطقه شیب فشار)، جریان گرد وغبار از بیابان‌های آسیای مرکزی را موجب می‌شوند. هر چند گاهی در فصل بهار نیز الگوهای زمستان گرد وغبار، مشاهده می‌شوند. با شروع تابستان و قوی‌تر شدن پرفشار جنب حاره (هم ارتفاع ۵۹۰۰ متر در مرکز ایران) و گسترش کم فشار پاکستان در خاورمیانه و همزمان شکل‌گیری پرفشار قوی آسیای مرکزی از دریای خزر تا قزاقستان و ترکمنستان، بادها با جهت شمال شرقی از بیابان‌های شرق دریای خزر، گرد و غبار را به همراه دارند. همچنین در فصل پاییز، ترکیبی از الگوی زمستانه و تابستانه موجب گرد وغبار شمال شرق ایران می‌شوند. چنانکه در این فصل، اغلب ناوه‌ها نزدیک به دریای خزر و کم ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در شرق ایران با حرکت چرخندی کم فشار منطقه، گرد وغبار از بیابان های اطراف را به همراه دارند.

- همدید تداوم گرد و غبار: با وقوع سردچال در شمال و شمال‌غربی دریای خزر و هسته کم فشار در منطقه، تداوم گرد وغبارها با جریان غربی و جنوب غربی از بیابان‌های مرکزی ایران در زمستان اتفاق می‌افتد. این تداوم‌ها در بهار نیز در ارتباط با موقعیت سردچال در غرب و شرق دریای خزر، پراتفاع جنب حاره در نیمه جنوبی ایران و شکل‌گیری کم فشار منطقه تا مرکز ایران است. در این فصل جریان شمال شرقی از ترکمنستان و بعضاً با حرکت چرخندی منطقه از بیابان‌های مرکزی می‌وزند. مولفه‌های الگوی تداوم گرد و غبار در تابستان، مرتبط با مانع پرفشار جنب حاره در جنوب خزر، سرچال شرق دریای خزر و غرب روسیه در سطوح میانی جو با کم فشار پاکستان و پرفشار دریای

خزر در سطح زمین می‌باشد. در این شرایط، باد شمال و شمال‌شرقی از شرق دریای خزر به منطقه جریان دارد. همچنین در فصل پاییز ترکیبی از الگوهای فوق، تداوم گرد وغبار را موجب می‌شوند.

- همدید توفان گرد وغبار: توفانهای گرد و غبار شمال شرقی ایران مرتبط با سردچال‌ها در شمال و شمال شرق دریای خزر با کم فشار قوی درمنطقه مطالعه و آسیای مرکزی سبب گرد و غبار از بیابان مرکزی و غرب منطقه در دوره سرد می‌شوند. مؤلفه‌های جوی این توفان‌ها در دوره گرم، مرتبط با مانع و سردچال در آسیای غربی، کم فشار پاکستان و پرفشار دریای خزر با جریان شمالی و شمال شرقی از بیابان‌های شرق دریای خزر است.

- همدیدگرد وغبار فراگیر: فراگیر بودن گرد وغبارها در دوره سرد در ارتباط با موقعیت سردچال در شمال دریای خزر، ناوه کم عمق شرق ایران در سطوح پایین جو، کم فشار منطقه و آسیای مرکزی است که جریان غربی و جنوب غربی از بیابان‌های داخلی ایران با همگرایی در آسیای مرکزی را موجب می‌شوند. این فراگیری گرد و غبارها در دوره گرم سال، مشابه الگوی دوره سرد و یا همراه با پراتفاع جنب حاره، کم فشار پاکستان، پرفشار دریای خزر با جریانات شمالی و شمال شرقی از بیابان‌های آسیای مرکزی می‌باشد. بنابراین فرین‌های گرد وغبار شامل: توالی، توفان و فراگیر بودن گرد وغبارهای شمال شرقی ایران مرتبط با سردچال و مانع در آسیای غربی و اطراف دریای خزر و مشابه دیگر فرین‌های اقلیمی از جمله دما (عزیزی وخلیلی،۱۳۹۰)، گرد وغبار(رئیس پور، خسروی، طاوسی و شریفی کیا، ۱۳۹۲) و بارش در ارتباط با الگوهای سردچال و مانع بادهای غربی نزدیک به ایران می‌باشند.

- یافته دیگر در تأیید مطالعات گذشته این است که پدیده‌های اقلیمی و از جمله گرد و غبار در دوره سرد سال تابع سیستم‌های سطوح میانی جو تا سطح زمین بوده اما در دوره گرم با پایداری هوا و سیستم یکدست سطوح میانی جو (پرفشار جنب حاره) در کل ایران، نقش سطوح پایین جو و پدیده های جغرافیایی، از جمله، ارتفاعات و جهت آن، پوشش سطحی، ارتفاع مناطق و غیره بعلاوه عنصر مهم تابش در سطح زمین، نقش تعیین کننده در رخداد پدیده‌های اقلیمی و گرد و غبار دارند. بنابراین گردش تابستانه در ایران همان پرفشار جنب حاره است و بهتر است محقق در ارتباط با رخدادهای دوره گرم به نقش عوامل سطحی و جغرافیایی در وقوع پدیده‌های اقلیمی توجه کند. چنانکه در مطالعات همدید دیگر نیز نقش تابش و کم‌فشارها در دوره گرم در وقوع گرد و غبار مشاهده گردید (خوش اخلاق، نجفی و صمدی، ۱۳۹۱) و (خورشید دوست، محمدی، حسینی صدر، جوان و جمالی،۱۳۹۲).

- منبع گرد وغبارهای شمال شرقی ایران با توجه به مناطق بیشینه سرعت در الگوها، در دوره گرم با بیشینه گرد وغبار، بیابان‌های آسیای مرکزی، ترکمنستان (بیابان قره قوم)، زمین‌های خشک و پست شمال شرقی ایران و در دوره سرد با ورود بادهای غربی و ناپایداری هوا، موقعیت سیکلون‌ها و جبهه‌های آن، بیابان‌های داخلی ایران و غرب منطقه مطالعه، منبع گرد وغبارها می‌باشند. همچنین کاهش روزهای گرد وغبار در جنوب غربی منطقه و ایستگاه کاشمر و بیشینه آن در سرخس حاکی است، بیابان مرکزی ایران و کویر بجستان نقش کمتری در وقوع گرد و غبار شمال شرقی ایران بجز در فصل زمستان دارند. بنابراین برای مدیریت گرد وغبارها در شمال شرقی ایران ضروری است تا مبنای طرح‌های عمرانی و آبخیزداری برای کاهش پیامدهای گرد وغبار در بیابان‌ها و زمین‌های خشک شمال شرقی ایران، شمال و شرق شهرها، روستاها، منابع آبی و کشاورزی انجام شود. چنانکه در گذشته نیز برای کاهش گرد و

غبارها و کنترل آن در منطقه سبزوار در شرق شهرستان، جنگل‌کاری انجام و این در روند کاهشی معنی‌دار گرد و غبارهای سبزوار در دوره مطالعه، مشاهده گردید.

منابع

امیدوار، کمال (۱۳۸۵). بررسی و تحلیل همدیدی توفانهای ماسه در دشت یزد – اردکان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۸۱، صص۵۸-۴۳.

براتی، غلامرضا؛ لشکری، حسن و کرمی، فریبا (۱۳۸۸). نقش همگرایی سامانه های فشار بر رخداد توفانهای غباری استان خوزستان، جغرافیا و توسعه، سال نهم، شماره ۲۲، صص۵۶-۳۹.

پورهاشمی، سیما؛ بروغنی، مهدی؛ زنگنه اسدی، محمدعلی و امیر احمدی، ابولقاسم (۱۳۹۴). تحلیل ارتباط پوشش گیاهی با وقوع تعداد گرد و غبار استان خراسان رضوی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ششم، شماره۴، صص۴۵-۳۳.

خوشحال دستجردی، جواد؛ موسوی، سیدحجت وکاشکی، عبدالرضا (۱۳۹۲). تحلیل همدید توفانهای گرد وغبار ایلام(۱۹۸۷-۲۰۰۵)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال چهل و ششم، شماره۲، صص۳۴-۱۵.

خوش اخلاق، فرامرز؛ نجفی، محمدسعید و صمدی، مهدی (۱۳۹۱). واکاوی همدید رخداد گرد وغبار بهاره در غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال چهل و چهارم، شماره۸۰، صص۱۲۴-۹۹.

خوش کیش، اسداله؛ علیجانی، بهلول و حجازی زاده، زهرا (۱۳۹۰). تحلیل همدیدی سامانه های گرد وغبار در استان لرستان، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هیجدهم، شماره۲۱، صص۱۱۰-۹۱.

خورشید دوست، علی محمد؛ محمدی، غلام حسن؛ حسینی صدر، عاطفه؛ جوان، خدیجه؛ جمالی، ابوالفضل (۱۳۹۲). تحلیل همدید عوامل مؤثر در فراوانی روزهای گرد وغباری غرب کشور، جغرافیا و برنامه ریزی، سال هفدهم، شماره۴۶، صص۶۶-۴۷.

خالدی، کوهسار (۱۳۹۲). زیانهای اقتصادی توفان گرد وغبار بر استانهای غربی ایران (مطالعه موردی: ایلام، خوزستان و کرمانشاه)، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، سال هفتم، شمراه۲۳، صص۱۲۵-۱۰۵.

دوستان، رضا (۱۳۹۴). تحلیلی بر خشکسالی های ایران در نیم قرن اخیر، پژوهش های اقلیم شناسی، سال ششم، شماره۲۳-۲۴، صص ۱۹-۱.

ذوالفقاری، حسن؛ عابدزاده، وحید (۱۳۸۴). تحلیل همدید سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، سال سوم، شماره۶، صص۱۸۷-۱۷۳.

رنجبر سعادت آبادی، عباس؛ عزیزی، قاسم (۱۳۹۱). مطالعه الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه های تولید گرد وغبار و مسیر حرکت ذرات معلق برای توفان ژوئیه ۲۰۰۹، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال چهل و چهارم، شماره۳، صص۹۲-۷۳.

رئیس پور، کوهزاد؛ خسروی، محمود؛ طاوسی، تقی؛ شریفی کیا، محمد (۱۳۹۲). بررسی نقش سیستم های کم فشار بریده شده در شکل گیری گرد وغبارهای فراگیر جنوبغرب ایران، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ماه ۱۳۹۲.

موحدی، سعید؛ حاتمی بهمن بیگلو، خداکرم و نارنگی فرد، مهدی(۱۳۹۳). پایش مکانی و زمانی پدیده های آب و هوایی مرنبط با گرد وغبار در شهر های ایران. جغرافیا و مطالعات محیطی، سال سوم، شماره۱۱، صص۴۷-۳۷.

علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). اقلیم شناسی سینوپتیک. تهران، انتشارات سمت، جلد اول، چاپ دوم، ۲۵۷ صفحه.

عزیزی، قاسم؛ خلیلی، مائده (۱۳۹۰). نقش بلاکینگ در رخداد سرماهای فرین ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال چهل و سوم، شماره۷۷، صص۵۵-۳۹.

عزیزی، قاسم؛ شمسی پور، علی اکبر؛ میری، مرتضی و صفر راد، طاهر (۱۳۹۱). تحلیل آماری-همدیدی پدیده گرد وغبار در نیمه غربی ایران. محیط شناسی، سال سی و هشتم، شماره۳، صص۱۳۴-۱۲۳.

لشکری، حسن؛ کیخسروی، قاسم (۱۳۸۷). تحلیل آماری همدیدی توفانهای گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی(۱۹۹۳-۲۰۰۵)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال چهلم، شماره۶۵، صص۳۳-۱۷.

Barkan, J. Alpert, P. (2008), Synopsis Patterns associated with dust and non- dusty seasons in the Sahara. Theoretical and Applied Climatology, volum94, number 3-4, pp.153- 162.

Barkan, J. Alpert, P. Kutiel, H. Kishcha, P. (2005), Synoptics of dust transportation days from Africa toward Italy and central Europe. Journal of Geophysical Research. volume 110, number D7, pp.1-14.

Dayan, u. Ziv, B. Shoob, T. Enzel, Y. (2008), suspended dust over southeastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations. International Journal of Climatology, Volume 28, number 7, pp.915-924.

Ding, R. Li, J. Wang, SH. Ren, F. (2005), decadal change of the spring dust storm in northwest China and the associated atmospheric circulation, Geophysical Research Letters, volume 32, number 2, pp. 1-4.

Hamidi, M. Kavianpour, M.R. Shao, Y. (2012), Synoptic analysis of dust storms in the middle east. Asia-pacific Journal atmospheric science, volume 49, number 3, pp.279-286.

Kalnay, E, and Coauthors, (1996), the NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the AmericanMeteorological Society, Volume 77, pp. 437–471.

Kutiel H. Furman H. (2003), Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. Indoor Built Environment, volume 12, number6, pp. 419-426.

Prospero, JM. Ginoux, P. Torres, O. Nicholson, SE. Gill, TE. (2002), Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone MappingSpectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product.Reviews of Geophysics, Volume 40, number1, pp. 1-31.

Rezazadeh, M. Irannejad, P. Shao, Y. (2013), Climatology of the Middle East dust events. Aeolian Research, Volume 10, pp. 103-109.

Tao, G. Yongfu, X. Yuhua, B. Xiao, Y, (2006), Synoptic characteristics of dust storms observed in Inner Mongolia and their influence on the downwind area (the Beijing- Tianjin region). Meteorological Applications, volume 13, number 4, pp. 393-403.

Synoptic Analysis of Dust in the North East of Iran

Reza Doostan[1]

Received: 04-12-2016 Accepted: 02-07-2017

Abstract

An Identity of dust atmospheric patterns and extreme dust in northeastern Iran is the aim of the study. This main was determined to using of daily visibility data in ten synoptic stations from its establishment until 2009 and digital data of geopotential height and wind components from NCEP- NCAR and to principle component analysis and clustering approach. In northeastern of Iran, respectively, the dust of cold half is related to western Asia trough, Iran eastern trough and low in the region to central Asia, whereas the cause of warm half dust is subtropical high, Iran-Pakistan low and Caspian high with maximum pressure gradient in the region. This condition intensified to 5900 meters of subtropical height in the region. In the cold half, Cutoff low in north and northwest of Caspian along strong low caused extreme dust and extreme dust of warm half is related to the establishment of blocking and cutoff low of Western Asia, Pakistan low and Caspian high. Thus, extreme dust, other similar climatic events is related to the cutoff low and blocking neighbor to Iran. According to the position of the atmospheric patterns above-mentioned, throughout the year, central Asia desert and eastern of the region to north and northeast flow, is a source of dust in warm half and dust course of cold half related to the position of fronts of the cyclone and unstable weather, are internal deserts.

Keywords: dust phenomena, atmospheric pattern, synoptic analysis, extreme dust, northeast of Iran.

[1]*- Assistant professor of climatology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran Email: doostan@um.ac.ir