

شبیه‌سازی طوفان گرد و غبار ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ استان فارس با مدل WRF

احمد مزیدی، دانشیار دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، ایران
سیده فاطمه جعفری زوج*، دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران
سمیه حیدری آفاکلی*، دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران
نویسنده مسئول: fjafarij@gmail.com

وصول: ۹۵/۲/۲۱ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۴
صص: ۶۸-۴۹

چکیده

پدیده گرد و غبار شاید در نگاه اول برای عموم مردم پدیده‌ای عادی جلوه کند، اما از زمانی که این پدیده در نوع حادث خود، کاهش شدید دید افقی و به‌خطراتادن سلامت افراد را سبب شد، اهمیت شناسایی آن دو چندان شده است. تا کنون مطالعات متعددی از نظر آماری و همدیدی در ارتباط با گرد و غبار انجام شده است؛ اما مدل اعتمادپذیری از پیش‌بینی و مدل‌سازی وقوع این پدیده ارائه نشده است. در این تحقیق با استفاده از مدل ورف، طوفان ۲۸ فوریه ۲۰۰۹، شبیه‌سازی و تحلیل سینوپتیکی آن با استفاده از نقشه‌های هوا انجام شده است. داده‌هایی که این پژوهش به آن نیاز دارد عبارت از داده‌های هواشناسی از جمله دما، رطوبت، سرعت باد، فشار، وضعیت هوای حاضر برای ایستگاه‌های شیراز، درودزن، زرقان، آباده، فسا، داراب، لار و لامرد در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ است. در نخستین گام، طوفان گرد و غبار مذکور با استفاده از داده‌های FNL با مدل ورف شبیه‌سازی شد. سپس نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، رودباد و وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال از ساعت ۰۰ UTC دو روز قبل از وقوع طوفان تا ساعت ۱۲ UTC روز خاتمه آن در محیط نرم‌افزار GrADS، ترسیم و تجزیه و تحلیل شد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد استقرار چند روزه پشته در نواحی دریای خزر در شمال ایران و همچنین وجود ناهای در شمال دریای سیاه باعث می‌شود که سامانه‌های غربی در برخورد با این پراتفعا، مسیر جنوبیتری را انتخاب کنند و با حرکت خود از نظر ترمودینامیکی تقویت شوند و ناپایداری در نواحی مرکزی و جنوبی ایران و همچنین طوفان گرد و غبار را ایجاد کنند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، طوفان گرد و غبار، مدل WRF، نقشه همدیدی، استان فارس

مقدمه و طرح مسئله

وقوع خشکسالی‌های مکرر طی سال‌های اخیر و فعالیت‌های انسانی به‌ویژه سدسازی‌های زیاد که موجب خشک‌شدن دریاچه‌ها و رودخانه‌ها شده است و همچنین پیامدهای احتمالی تغییرات اقلیمی در خصوص بیابان‌زایی، پدیده گرد و غبار و طوفان‌های گرد و غبار را در توجّه بسیاری از محققان قرار داده است. استان فارس به علت قرارگرفتن در عرض‌های جغرافیایی پایین از مسیر رطوبتی کمتری بهره برده است. نزدیکی آن به خاستگاه گرد و غبار یعنی بیابان‌های عربستان و عراق باعث شده است تا همواره در معرض پدیده گرد و غبار قرار داشته باشد و در بعضی از مواقع، خسارت ببیند. طوفان‌های گرد و غبار، خسارات گسترده‌ای را در کشور و منطقه موجب شده است؛ از جمله این خسارات می‌توان به نمونه‌های ذیل اشاره کرد (خالدی، ۱۳۹۲: ۱۰۷).

۱- طوفان گرد و غبار در سال ۱۳۸۸، کاهش ۷۲۶ هزار تن محصولات کشاورزی (معادل ۳۴۱/۵ میلیارد تومان) را در استان کرمانشاه موجب شده است.

۲- سالانه به علت بروز این پدیده، حدود ۱۹ هزار بیمار به جمع بیماران کشور اضافه می‌شود که سهم خوزستان از این میزان، حدود ۵ هزار نفر است.

۳- به دلیل ریزگردها نزدیک به ۳۰۰ گونه گیاهی کمیاب با کاربری دارویی در استان ایلام در حال نابودی هستند.

۴- در سال ۱۳۸۸ کاهش تولیدات زراعی و باغی ناشی از گرد و غبار در استان‌های خوزستان، ایلام، بوشهر، فارس، لرستان و کردستان بین ۷ تا ۱۷ میلیون تن محصول برآورد شده است.

از آن جا که طوفان‌های گرد و غبار، زیان‌های زیادی در زندگی بشر به وجود می‌آورند، بنابراین به تحقیقات گسترده در این زمینه نیاز است تا بتوان به راهکاری برای کاهش اثرات این معضل طبیعی دست یافت. محققان با توجّه به افزایش گرد و غبار و اثرات مخرب آن، این پدیده را از دیدگاه‌های مختلفی از جمله دیدگاه آماری، شرایط همدیدی و دینامیکی جو، تصاویر ماهواره‌ای، مدل‌های پیش‌بینی و مدل‌سازی این پدیده بررسی کرده‌اند. هدف این تحقیق، شبیه‌سازی و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان فارس است.

پیشینه پژوهش

پژوهش‌های متعددی در زمینه طوفان‌های گرد و غبار و اثرات آن‌ها و روش‌های مطالعاتی در منابع علمی دنیا موجود است. در این بخش به تاریخچه‌ای از این آثار که در چند دهه اخیر انجام شده است، اشاره می‌شود. رومانوف^۱ (۱۹۶۱)، رژیم طوفان گرد و غبار را در آسیای مرکزی بر اساس دیده‌بانی‌های یک دوره پنج‌ساله (۱۹۵۵-۱۹۵۱) بررسی کرده است. او علاوه بر تعیین فراوانی و مدت زمان طوفان گرد و غبار برای این دوره، یک دسته‌بندی از شرایط همدیدی لازم برای شروع طوفان گرد و غبار نیز ارائه کرده است. مک‌کندی^۲ و همکاران (۲۰۰۱: ۱۰۶) طوفان کم نظیر گرد و خاک در بریتیش کلمبیای کانادا را مطالعه کردند. آن‌ها منبع طوفان را از ذرات گرد و خاک منتقل‌شده از آسیای شرقی

¹ Remanov

² McKendry

معرفی کردند. ژائولینگ و یینگ چین^۱ (۲۰۰۳: ۱۰۳) طوفان گرد و خاک منطقه بیجینگ چین را با استفاده از مدل MM5^۲ بررسی کردند. آن‌ها با تحلیل وضعیت جوئی حاکم بر طوفان گرد و خاک روز ۶ آوریل ۲۰۰۰ به این نتیجه رسیدند که توسعه یک ناوه کوچک سطوح بالا همراه با باد شمال غربی در پشت آن و گسترش آن در منطقه‌ای که عبور سامانه سردی را به دنبال دارد، به ایجاد طوفان منجر شده است. نتایج شبیه‌سازی، وجود باد قائم قوی و یک مرکز بیشینه تاوایی مثبت را در ترازهای بالا و در ساعت طوفان نشان می‌دهد. یونگ و لیم^۳ (۲۰۰۴: ۱۴۴) با بررسی گرد و غبار و غبار مه آسیایی در سئول کره جنوبی نشان دادند که اکثر گرد و خاک‌های آسیایی در فصل بهار و ماه آوریل رخ می‌دهند و در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ این پدیده، شدت بیشتری داشته است. همچنین آن‌ها دریافتند که وقتی یک گرادیان فشار قوی روی منطقه خشک بین چین و مغولستان شکل می‌گیرد، ایجاد باد قوی برای بالابردن ذرات گرد و غبار را موجب می‌شود و پدیده گرد و غبار شکل می‌گیرد. ریوار^۴ و همکاران (۲۰۰۹: ۳۴۷) طوفان‌های شمال آمریکا را با استفاده از مدل MM5 و مدل تحلیل آماری مسیر برگشت HYSPLIT^۵ بررسی کردند. تحلیل خروجی‌های مدل MM5 و مسیر برگشت نشان داد که چرخندهای سطحی که از نزدیکی بیابان‌های منطقه عبور می‌کنند به طوفان گرد و خاک در منطقه منجر می‌شوند و نتایج آن‌ها با تحلیل‌های گذشته مطابق بوده است. بارکن و آلپرت^۶ (۲۰۱۰: ۲۰۸) انتقال گرد و غبار از نواحی غربی آفریقا به شمال اسکاندایناوی را در تأثیر شرایط همدیدی حاکم بر منطقه به این صورت بیان کردند که ناوه تشکیل شده در سواحل آتلانتیک آفریقا، ایجاد جریان شدید جنوب غرب را موجب می‌شود. در اثر آن کم‌فشار ایسلند به سمت شرق (نزدیک شبه جزیره اسکاندایناوی) جابه‌جا می‌شود و گرادیان شدید فشار بین کم‌فشار ایسلند و پرفشار جنب حاره، بادهای شدید غربی را ایجاد می‌کند. این بادهای با حرکت به سمت شمال و ترکیب آن با جریان‌های جنوب غربی در جنوب و غرب اسکاندایناوی، توانایی انتقال گرد و غبار از غرب آفریقا به نواحی شمالی‌تر را دارد. علیزاده و همکاران (۲۰۱۲: ۱۱۷) در خصوص شبیه‌سازی طوفان گرد و غبار با استفاده از جفت مدل ورف و بخش Chem با بررسی یک نمونه موردی روی استرالیا به این نتیجه رسیدند که عبور یک جبهه سرد، ساختار لایه مرزی را در هنگام وقوع این پدیده در تأثیر قرار می‌دهد و برخاستن ذرات گرد و غبار و انتقال آن تا مسافت زیادی را باعث می‌شود. اورلوسکی و همکاران (۲۰۱۳: ۲۲۷) با استفاده از اطلاعات ۱۴۴ ایستگاه قزاقستان و ۲۹ ایستگاه ازبکستان و ترکمنستان طی دوره ۱۹۷۲-۱۹۳۶، طوفان‌های شدید گرد و خاک در آسیای مرکزی را مطالعه کرده‌اند. آن‌ها طوفان‌های شدید را با شرایط طول زمانی ۱۲-۳ ساعت، سرعت باد ۱۴-۱۰ متر بر ثانیه و دید افقی ۱۰۰-۵۰۰ متر معرفی کرده‌اند که طوفان‌های بسیار شدید، شرایط وخیم‌تری را مانند دید افقی کمتر از ۵۰ متر دارند. علیزاده چوبری (۲۰۱۴: ۳۲۸) طوفان گرد و خاک را در منطقه سیستان در دوره تابستان و عوامل مؤثر در افزایش سرعت باد را در این منطقه مطالعه و بررسی کرده است. او با استفاده از جفت مدل ورف و بخش Chem نشان می‌دهد که چگونه افزایش سرعت باد، پخش و جابه‌جایی ذرات گرد و خاک و رسوبات کف دریاچه هامون را که خشک شده است باعث می‌شود.

¹ Xiao-Ling & Ying-Chun

² The PSU/NCAR mesoscale model

³ Youngsin & lim

⁴ Riveva

⁵ Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model

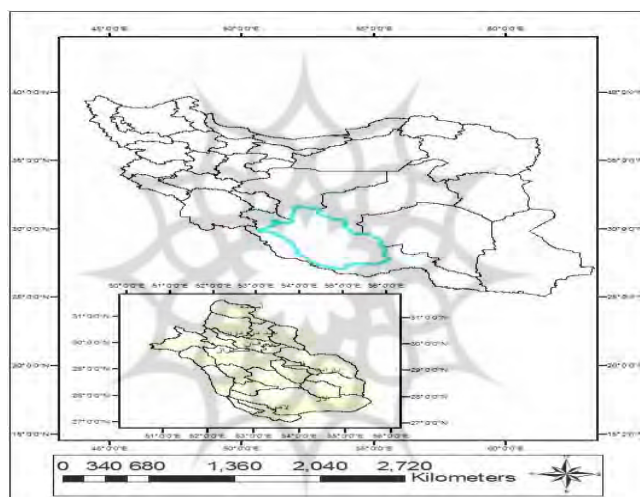
⁶ Barkan & Alpert

لشکری و کیخسروی (۱۳۸۷: ۱۷) تحلیل آماری - همدیدی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی را در بازه زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳ انجام داده‌اند. نتایج این پژوهش بیان می‌کند که طوفان‌های گرد و غبار در جنوب استان خراسان رضوی پدیده متداولی است که از شمال به جنوب بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود و بیشتر طوفان‌ها در تمام طول سال از ساعت ۱۲ به بعد شکل می‌گیرند. جمالی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹: ۲۰۵) با استفاده از داده‌های هواشناسی و روش شبکه عصبی مصنوعی، وقوع طوفان گرد و خاک و میزان دید حداقل روزانه در شهر زابل را پیش‌بینی کردند. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این است که این روش در پیش‌بینی کوتاه‌مدت وقوع طوفان‌ها، موفقیت بیشتری نشان می‌دهد ($d=0/96$)؛ گرچه با بیشتر شدن زمان پیش‌بینی از دقت نتایج، کاسته می‌شود ($d=0/95$)؛ این در حالی است که در پیش‌بینی میزان دید، موفقیت کمتری به دست آمد ($d=0/88$). فرج‌زاده و عزیززاده (۱۳۹۰: ۶۵) با بررسی و تحلیل زمانی و مکانی گرد و غبار در ایران به این نتیجه رسیدند که بیشترین فراوانی ماهانه پدیده گرد و غبار به ماه ژولای و کمترین آن‌ها به ماه دسامبر مربوط است و ایستگاه زابل بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار را در طی دوره آماری بررسی شده، داشته است. محمدپور پنجاه و همکاران (۱۳۹۱: ۱) با استفاده از سامانه مدل‌سازی ورف، طوفان گرد و خاک ۸ خرداد ۱۳۸۲ در منطقه یزد را شبیه‌سازی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که ایجاد بستر مناسب برای ایجاد طوفان گرد و خاک با پیشروی شرایط همدیدی و شکل‌گیری مناطق همگرایی در منطقه همراه است که حرکت‌های قائم را تشدید می‌کند و ایجاد طوفان گرد و خاک را سبب شده است. رضازاده و همکاران (۱۳۹۲: ۱۹۱) با استفاده از جفت مدل ورف و بخش Chem و داده‌های جدید سطح در منطقه خاورمیانه، گسیل غبار را شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی‌ها چهار چشمه عمده غبار را در منطقه خاورمیانه نشان می‌دهد که سودان، عربستان سعودی و بخشی از عراق، ایران، افغانستان و پاکستان هستند. هر یک از این چشمه‌ها در طی رویداد گرد و غبار اثرات متفاوتی دارند. مبارک‌حسن و همکاران (۱۳۹۳: ۱) طوفان گرد و غبار ۲۶ ژانویه ۲۰۱۰ را در استان خوزستان با استفاده از جفت مدل ورف و بخش Chem پیش‌بینی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تغییر زمانی غلظت گرد و غبار پیش‌بینی‌شده مدل با تغییر زمانی PM_{10} و کاهش دید افقی در جنوب غرب ایران هماهنگی دارد. این مدل در این مطالعه در پیش‌بینی مکانی و زمانی غلظت گرد و غبار، موفق بوده است. هاشمی‌دوین و غفاریان (۱۳۹۴: ۲) با استفاده از خروجی مدل ورف مطالعه همدیدی طوفان گرد و خاک در شمال شرق ایران را انجام داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که حاکم شدن کم‌فشار روی شمال شرق و سپس نفوذ پرفشار باعث ایجاد جو ناپایدار، گرادیان شدید فشار و عبور جبهه سرد از روی منطقه شده است. در نقاطی که رطوبت، کافی نبوده است ناپایداری‌ها به شکل وزش باد شدید و ایجاد گرد و خاک و باعث افزایش سریع فشار هوا، کاهش دید و افت دما شده است. این ناپایداری‌ها در مشهد و بجنورد در فصول گذر، بیشتر رخ می‌دهد. شجاعی و شکوهی‌پور (۱۳۹۴: ۲) با مطالعه فراوانی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان طی دوره آماری ۲۰۰۹-۱۹۹۶ منشأ اصلی گرد و غبارهای وارد شده به استان خوزستان را دریاچه‌های خشک‌شده و نواحی آبرفتی بدون پوشش گیاهی جنوب عراق، بیابان‌های نفوذ و دهن در شمال عربستان و صحرای بادیه‌الشم در جنوب شرق سوریه می‌دانند. در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی از دیدگاه آماری (فراوانی وقوع طوفان گرد و غبار) و شناسایی الگوی همدیدی وقوع گرد و غبار در کشور و استان فارس انجام شده است؛ اما هنوز مدل اعتمادپذیری برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی وقوع این پدیده در منطقه

ارائه نشده است. در این تحقیق سعی خواهد شد تا با استفاده از مدل WRF، پیش‌بینی و شبیه‌سازی صحیح این پدیده و شناسایی کانون‌های گرد و غبار انجام شود.

مواد و روش‌ها

استان فارس بین ۲۷ درجه و ۰۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در جنوب غرب کشور قرار دارد. این استان از شمال به استان‌های اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد، از مشرق به استان‌های یزد و کرمان، از مغرب به استان بوشهر و از جنوب به استان هرمزگان محدود می‌شود. برای این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های شیراز، زرقان، درودزن، آباد، فسا، داراب، لار و لامرد طی دوره آماری ۲۰ ساله در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های مطالعه‌شده در جدول (۱) و نگاره (۱) آمده است.



نگاره ۱- موقعیت ایستگاه‌های مطالعه‌شده در استان فارس

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استفاده‌شده در این مطالعه

سال تأسیس	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی		نام ایستگاه
		درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	
۱۳۴۳	۱۴۸۴	۲۹	۳۲	۵۲	۳۶	شیراز
۱۳۶۵	۱۶۵۰	۳۰	۱۱	۵۲	۱۷	درودزن
۱۳۶۵	۱۵۹۶	۲۹	۴۷	۵۲	۴۳	زرقان
۱۳۶۳	۲۰۳۰	۳۱	۱۱	۵۲	۴۰	آباد
۱۳۵۳	۱۲۸۸	۲۸	۵۸	۵۳	۴۱	فسا
۱۳۶۴	۷۹۲	۲۷	۴۲	۵۴	۱۷	لار
۱۳۷۲	۴۰۵	۲۷	۲۲	۵۳	۱۲	لامرد
۱۳۷۳	۱۰۹۸	۲۸	۴۷	۵۴	۱۷	داراب

برای این تحقیق، داده‌های ساعتی دما بر حسب سانتی گراد، رطوبت نسبی بر حسب درصد، باد بر حسب متر بر ثانیه، فشار بر حسب هکتوپاسکال و وضعیت هوای حاضر ایستگاه‌های شیراز، زرقان، درودزن، آباده، فسا، داراب، لار و لامرد طی دوره آماری ۲۰ ساله در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. در ابتدا داده‌های منظور با استفاده از نرم‌افزار اکسل، مرتب و کدهای ۳۰ تا ۳۵ وضعیت هوای حاضر جدا می‌شود. در جدول (۲) شدیدترین طوفان‌های گرد و غبار در استان فارس آورده شده است که یکی از شدیدترین طوفان‌های گرد و غبار با مدل ورف شبیه‌سازی شد. برای ایجاد شرایط مرزی و جانی در مدل، داده‌های FNL برای طوفان مذکور از پژوهشکده اقلیم‌شناسی تهران دریافت شد. مرکز NCEP، داده‌های FNL را با تفکیک مکانی یک درجه و با بازه زمانی ۶ ساعته روی ۲۶ تراز از سطح زمین تا بام جو (ترازهای فشاری ۱۰۰۰ تا ۱۰ میلی بار) تهیه می‌کند. از جمله پارامترهای مهم این داده‌ها، فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیلی، دما، دمای سطح دریا، مقادیر خاک، پوشش یخ، رطوبت نسبی، بادهای افقی، حرکت قائم تاوایی و ازن است. فرمت این داده‌ها نیز گریب^۱ است.

جدول ۲- شدیدترین طوفان‌های گرد و غبار استان فارس طی دوره آماری ۱۹۹۵-۲۰۱۴

شهرستان	روز	ماه	سال	کد گزارش طوفان
لامرد	۱۷	July	۱۹۹۸	۳۱
لامرد	۱۳	August	۲۰۰۱	۳۲
داراب	۲۴	April	۲۰۰۸	۳۲
داراب	۲۸	February	۲۰۰۹	۳۱
لار	۷	August	۲۰۱۳	۳۲

بحث

در این تحقیق از مدل WRF برای شبیه‌سازی طوفان گرد و غبار استفاده شده است. مدل پیش‌بینی و تحقیقاتی جو (WRF) نسل جدیدی از سیستم میان مقیاس پیش‌بینی عددی آب و هوا و نخستین مدل پیش‌بینی جوی است که هم پیش‌بینی عملیاتی و هم نیازهای تحقیقاتی جوی را برآورده می‌کند. گروهی از دانشمندان مؤسسات و مراکز مختلف، این مدل را توسعه داده‌اند. توسعه این مدل، تلاش مشترک میان چند سازمان مانند مرکز ملی تحقیقات جوی^۲ (NCAR)، مرکز ملی پیش‌بینی محیطی^۳ (NCEP)، آزمایشگاه سیستم‌های پیش‌بینی^۴ (FSL)، آژانس هواشناسی نیروی هوایی^۵ (AFWA) و تعدادی از مؤسسات و دانشگاه‌های مشارکت‌کننده دیگر است. یکی از اهداف مهم ایجاد مدل علاوه بر توسعه مدل، هماهنگ کردن گروه‌های تحقیقاتی و عملیاتی برای ترکیب کردن ماهیت تلاش‌های توسعه مدل از جنبه‌های

^۱ GRIdded Binary

^۲ National Center for Atmospheric Research

^۳ National Centers for Environmental Prediction

^۴ Forecast Systems Laboratory

^۵ Air Force Weather Agency

نظری و عملی با یکدیگر است. مدل مذکور یک مدل انعطاف‌پذیر است که می‌تواند در مکان‌ها و با حالت‌های پردازش سری و موازی به اجرا در آید. کاربرد مدل WRF روی شبه‌سازی‌های با تفکیک ۱-۱۰ کیلومتر متمرکز شده است؛ هرچند می‌تواند در تفکیک پایتتر نیز به کار رود. این مدل، هسته‌های دینامیکی چندگانه، یک سیستم همانندسازی داده متغیر سه بعدی و یک نرم‌افزار برای محاسبات موازی و توسعه‌پذیری سیستم را شامل می‌شود. مدل WRF در اکثر سیستم‌های لینوکس، می‌تواند اجرا شود. این مدل در سه مرحله اجرا می‌شود. مرحله اول، WPS، نوعی پیش‌پردازش است که وظیفه آن تعریف کردن آشیانه‌ها، درون‌یابی کردن داده‌های زمینی مانند کوهساری، کاربری زمین، نوع خاک برای ناحیه شبه‌سازی و درون‌یابی داده‌های هواشناسی از مدل‌های دیگر برای ناحیه شبه‌سازی است. مرحله دوم حلال، ARW، برنامه اصلی سیستم مدل‌سازی WRF است که از چندین برنامه مقداردهی ابتدایی برای شبه‌سازی‌های ایده‌آل، داده‌های واقعی و برنامه انتگرال‌گیری عددی ترکیب شده است. در مرحله سوم مدل (UPP) می‌توان فایل نمایشی و کنترل آن را ساخت. این فایل‌ها را در نرم‌افزارهایی مانند GrADS می‌توان دید. طرح‌واره‌های متعددی برای برآورد گسیل غبار در مدل، طراحی شده است. بهترین طرح‌واره‌ها برای بررسی گرد و غبار در این تحقیق در جدول (۳) آمده است.

در این تحقیق، دو آشیانه تعریف شده است. آشیانه اول با تفکیک افقی ۹ کیلومتر و برای آشیانه دوم ۳ کیلومتر تنظیم شده است. نسبت تفکیک افقی آشیانه‌ها ۱ به ۳ است. آشیانه اول به گونه‌ای انتخاب شده است که علاوه بر کشور ایران، مناطق چشمه‌های گرد و غبار مانند عراق، عربستان و سوریه را پوشش می‌دهد و آشیانه دوم، کشورمان، ایران را در بر می‌گیرد. از نداشت لامبرد در این مدل و از داده‌های FNL برای ورودی مدل استفاده شده است.

جدول ۳- طرح‌واره‌های فیزیکی استفاده‌شده در اجرای مدل WRF

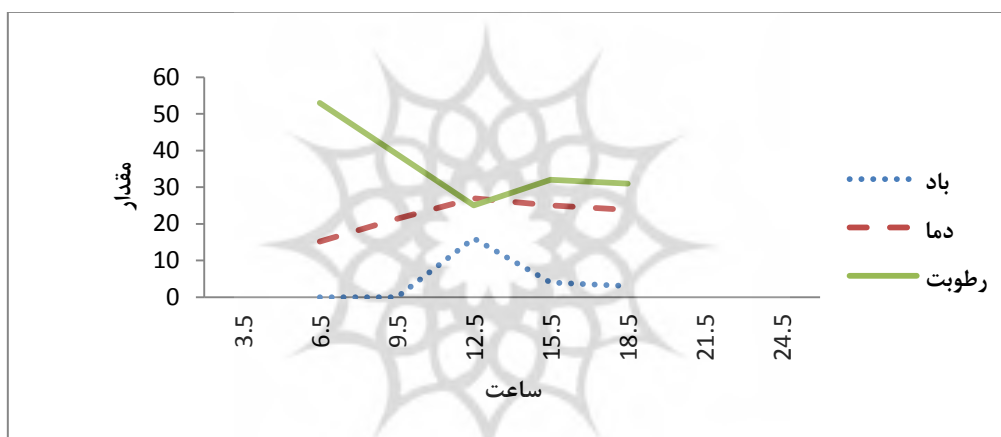
پارامتری کردن مدل	پارامتری کردن مدل	تابش موج کوتاه	لایه سطحی	سطح خشکی	لایه مرزی	پارامتری کردن مدل
WRF	لین و همکاران	موج کوتاه گذارد	موتین-ابوخوف (جاتجیک اتا)	مدل سطحی - نوآ-لند	طرح‌واره دانشگاه یونسی	کین-فريتج (اتا جدید)

طوفانی که در این مطالعه با استفاده از مدل ورف شبه‌سازی و بررسی شده است، طوفان روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ است که در ساعت ۹ UTC (۱۲/۵ به وقت محلی) در شهرستان داراب اتفاق افتاده است. برای تحلیل شرایط حاکم بر این طوفان، ابتدا وضعیت عمومی طوفان بررسی شد. سپس نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، رودباد و وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال از ساعت ۰۰ UTC دو روز قبل از وقوع طوفان تا ساعت ۱۲ UTC روز خاتمه آن در محیط نرم‌افزار GrADS ترسیم شد.

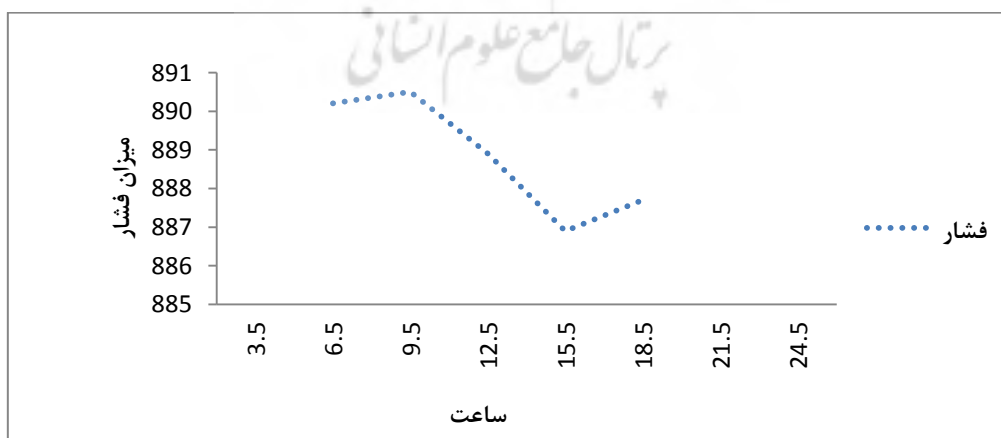
الف- بررسی وضعیت عمومی طوفان ۲۸ فوریه ۲۰۰۹

شهرستان داراب در ساعت ۱۲/۵ به وقت محلی روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ در برابر تهاجم یک سامانه ناپایدار و طوفان گرد و غبار قرار گرفته است. این رویداد در ایستگاه هواشناسی داراب با کد ۳۱ گزارش شده است. در این روز،

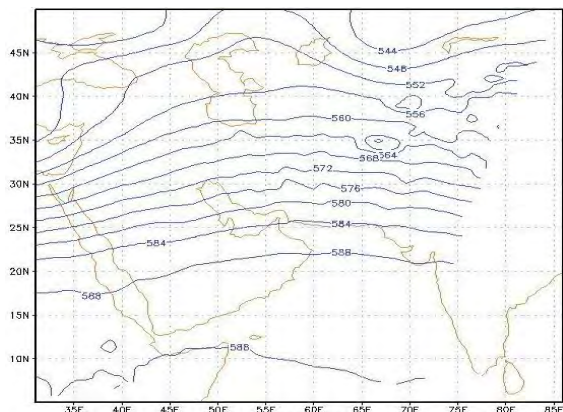
دیدافتی از ۷۰۰۰ متر بر ثانیه به ۸۰۰ متر بر ثانیه در زمان اوج طوفان رسیده و سپس دوباره تا ۸۰۰۰ متر بر ثانیه افزایش یافته است. در طی این مدت، جهت باد جنوب غربی بوده است. همچنین سرعت باد از ۰ به ۱۶ متر بر ثانیه در جهت جنوب غرب در زمان اوج رسیده و پس از آن روند کاهشی را تا ۳ متر بر ثانیه طی کرده است. در این روز ۱۱/۵ میلی متر بارندگی گزارش شده است. در روز طوفان، فشار هوا از ۸۹۰/۲ هکتوپاسکال به ۸۸۸/۹ هکتوپاسکال کاهش یافته است. به علاوه رطوبت نسبی در روز طوفان از ۵۳ درصد به ۲۵ درصد در زمان اوج طوفان کاهش و دوباره بعد از طوفان، روند افزایشی داشته است. دمای هوا در ساعتی قبل از طوفان ۲۱/۴ درجه سانتی گراد بوده و در زمان اوج طوفان به ۲۷ درجه سانتی گراد رسیده است که نسبت به روز گذشته در همین ساعت که دمای هوا ۲۴/۴ درجه سانتی گراد گزارش شده، ۲/۶ درجه اختلاف دما مشاهده شده است. در نگاره (۲) تغییرات دما بر حسب سانتی گراد، رطوبت نسبی بر حسب درصد، سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه و در نگاره (۳) فشار بر حسب هکتوپاسکال ایستگاه داراب آمده است.



نگاره ۲- تغییرات دما بر حسب سانتی گراد، رطوبت نسبی بر حسب درصد و سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه ایستگاه داراب در روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹

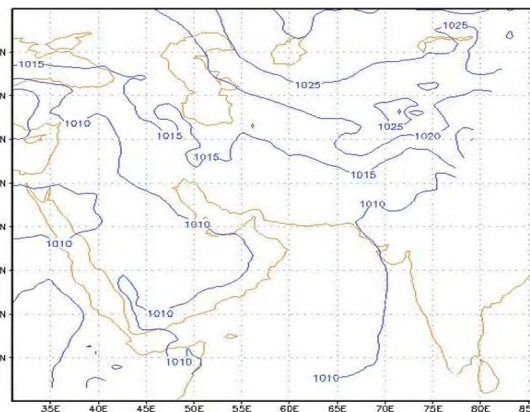


نگاره ۳- تغییرات فشار بر حسب هکتوپاسکال ایستگاه داراب در روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹



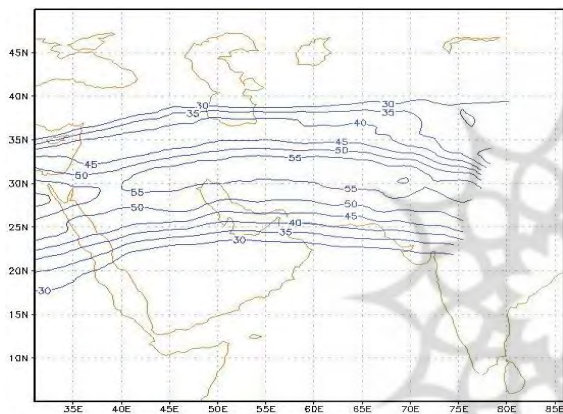
نگاره ۵- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۶



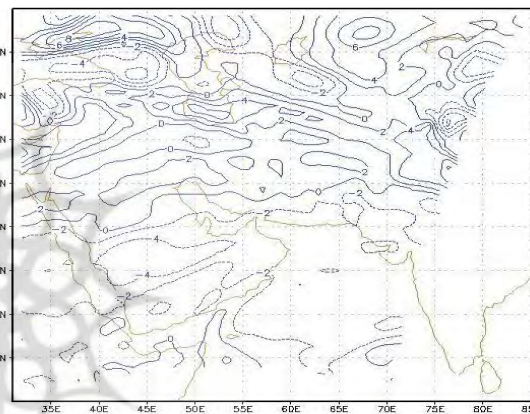
نگاره ۴- نقشه سطح زمین (۱۲ UTC) ۲۰۰۹/۲/۲۶

WRF مدل



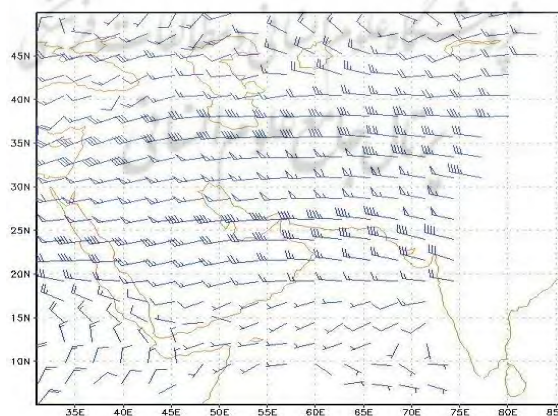
نگاره ۷- نقشه روبرباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۶



نگاره ۶- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۶

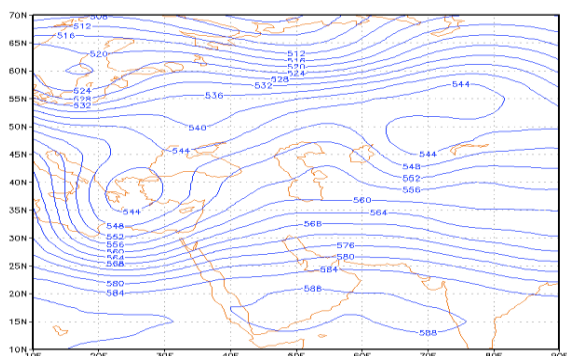


نگاره ۸- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

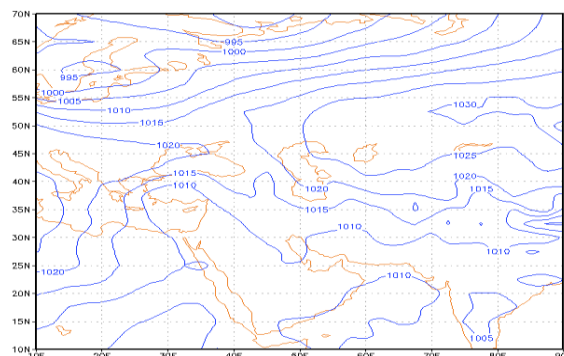
WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۶

ب- تحلیل شرایط حاکم بر منطقه در روز ۲۶ فوریه ۲۰۰۹ با استفاده از خروجی مدل ورف در نقشه فشار سطح زمین ساعت ۱۲ UTC روز ۲۶ فوریه ۲۰۰۹، سامانه پرفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال از سمت شمال - شرق وارد کشور شده و نواحی مرکزی ایران را پوشش داده است. پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن، نواحی جنوبی و مرکزی را نیز در تأثیر قرار داده و نزول هوای سرد را به این نواحی موجب شده است که این با ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مطابقت دارد. در این روز در نواحی جنوب غرب و غرب کشور بارش‌هایی رخ داده است. همچنین یک کم‌فشار دیگر با مرکزیت ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در سمت شرق دریای مدیترانه در حال شکل‌گیری و حرکت به سمت ایران بوده است (نگاره ۴). در این روز هسته پرا ارتفاع ۵۸۸ ژئوپتانسیل دکامتر با محور شمال غرب - جنوب شرق در شمال غرب کشور قرار گرفته و پربندهای آن تمام نواحی ایران را در بر گرفته است (نگاره ۵). با توجه به نگاره (۶) در روز ۲۶ فوریه، نقشه چرخندگی در این روز، چرخندگی مثبت یا سیکلونی را در تمام نواحی کشور و روی دریای خزر نشان می‌دهد. نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال این روز نشان می‌دهد هسته‌ای با سرعت ۵۵ متر بر ثانیه با جهت شرقی - غربی، نواحی وسیعی از ایران را فرا گرفته است و در این تاریخ شرایط را برای ایجاد طوفان در روزهای آتی فراهم می‌کند (نگاره‌های ۷ و ۸).

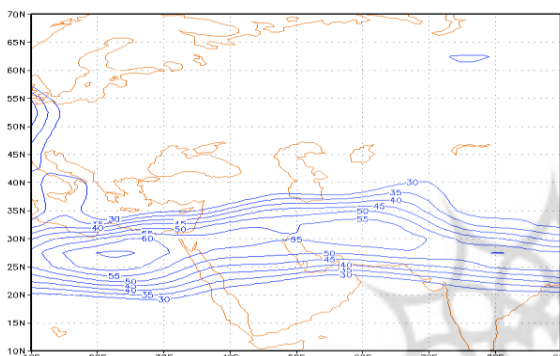
پ- تحلیل شرایط همدیدی حاکم بر منطقه در روز ۲۶ فوریه ۲۰۰۹ در نقشه فشار سطح دریا ساعت ۱۲ روز ۲۶، پرفشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال از سمت شمال شرق وارد ایران شده و نواحی مرکزی ایران را پوشش داده است. پربندهای ۱۰۱۰ و ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن تا نواحی جنوبی را هم در تأثیر قرار داده است و نزول هوای سرد ترازهای بالاتر را روی کشور موجب شده است. همچنین یک کم‌فشار با مرکزیت ۹۹۵ هکتوپاسکال در سمت غرب آفریقا در حال تشکیل بوده است که خارج از چهارچوب نقشه و در حال حرکت به سمت ایران است (نگاره ۹). در این روز، هسته پرا ارتفاع ۵۸۸ دکامتر (پشته) با محور شمالی - جنوبی روی ایران قرار گرفته و پربندهای آن تمام نواحی ایران را در بر گرفته است. جریان‌های آن بیشتر قسمت‌های کشور را فرا گرفته و تداوم ناپایداری را در کشور باعث شده است. در همین حال کم‌ارتفاع عمیقی با مرکزیت ۵۴۴ دکامتر و محور شمالی - جنوبی، روی دریای مدیترانه و شمال دریای سیاه در حال پیشروی است. دریای مدیترانه، شمال و شمال غرب و غرب ایران در جلو محور ناوه قرار گرفته‌اند و وجود چنین شرایطی به همراه رطوبت فراوان دریای سیاه و مدیترانه شرایط مناسب برای ناپایداری است (نگاره ۱۰). با توجه به نگاره (۱۱) در روز ۲۶، نقشه چرخندگی در این روز، چرخندگی مثبت یا سیکلونی را در تمام نواحی کشور و روی دریای سیاه و مدیترانه نشان می‌دهد و چرخندگی منفی در نواحی شمال شرق دریای خزر مشاهده می‌شود. در روز ۲۶ فوریه، هسته‌ای با سرعت ۵۵ متر بر ثانیه (سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال) با جهت شرقی - غربی، نواحی وسیعی از ایران را فرا گرفته است. همچنین هسته دیگری با سرعت ۶۰ متر بر ثانیه نیز از سمت عربستان در حال حرکت به سمت ایران است و شرایط را برای ایجاد طوفان در روزهای آینده فراهم می‌کند (نگاره‌های ۱۲ و ۱۳).



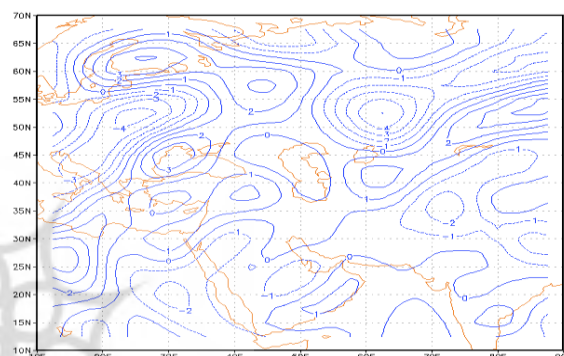
نگاره ۱۰- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۶ (UTC ۱۲)



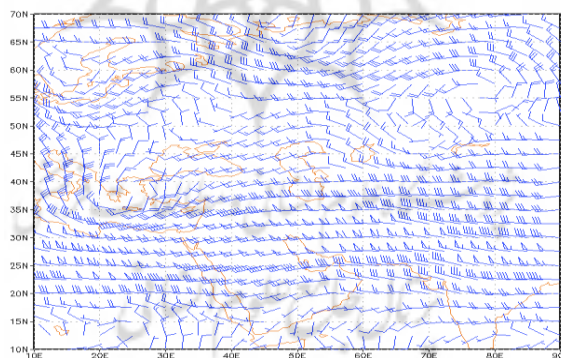
نگاره ۹- نقشه سطح زمین ۲۰۰۹/۲/۲۶ (UTC ۱۲)



نگاره ۱۲- نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۶ (UTC ۱۲)



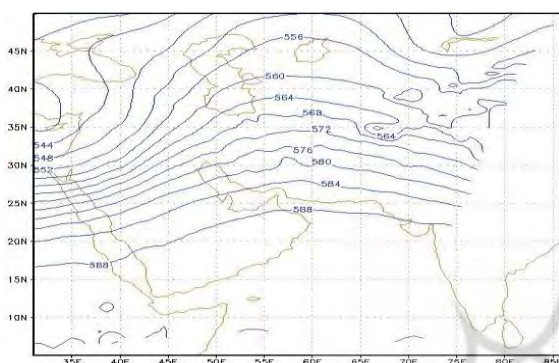
نگاره ۱۱- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۶ (UTC ۱۲)



نگاره ۱۳- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۶ (UTC ۱۲)

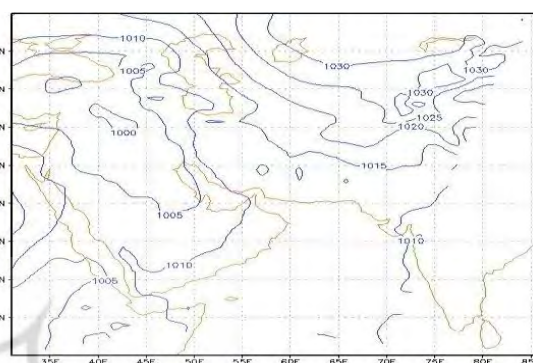
ت- تحلیل شرایط حاکم بر منطقه در روز ۲۷ فوریه ۲۰۰۹ با استفاده از خروجی مدل ورف در این روز، سامانه پرفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال که روز قبل از شمال شرق در حال شکل‌گیری بوده است، قویتر شده و پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن نواحی شرقی را در تأثیر قرار داده است. سامانه کم‌فشاری که روز قبل در شرق دریای مدیترانه در حال تشکیل بود با حرکت و اچرخندی خود رطوبت را از خلیج فارس جذب کرده، تقویت شده و با مرکزیت ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نواحی غربی و جنوب غربی کشور را فرا گرفته است (نگاره ۱۴). با توجه به نقشه ساعت ۱۲ UTC تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۷ فوریه، پشته‌ای با ارتفاع ۵۸۸ ژئوپتانسیل دکامتر که روز قبل در امتداد ۵۵ درجه شرقی در حال شکل‌گیری بود، تقویت شده و به سمت عرض‌های بالاتر پیشروی کرده است. همچنین ناوه کم‌ارتفاعی که روز قبل در

شمال دریای مدیترانه در حال شکل گیری بود، در این روز تقویت شده و با وجود پدیده سردچال به سمت ایران در حال حرکت بوده است و در روزهای آینده باعث ایجاد ناپایداری شدید در نواحی وسیعی از کشور می شود (نگاره ۱۵). در این روز، چرخندگی شمال دریای خزر، منفی و با ناوه منطبق است و چرخندگی مستقر روی مرکز ایران مثبت است که با چرخندگی مثبت سیستم مانع منطبق است و بیشترین ناپایداری را دارد (نگاره ۱۶). نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال مربوط به این روز، دو هسته سرعت را نشان می دهد. هسته های سرعت با تندی ۶۰ و ۶۵ متر بر ثانیه با جهت شرقی - غربی به ترتیب روی نواحی شرقی و غربی کشور قرار گرفته اند (نگاره های ۱۷ و ۱۸).



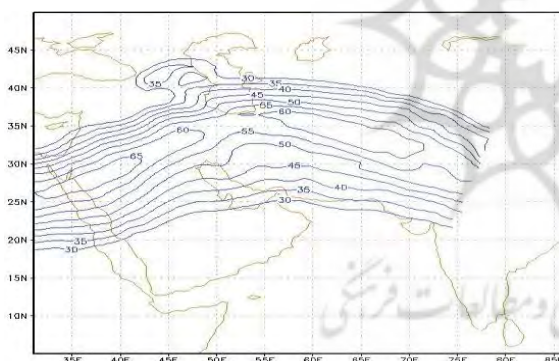
نگاره ۱۵- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

مدل WRF (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۷



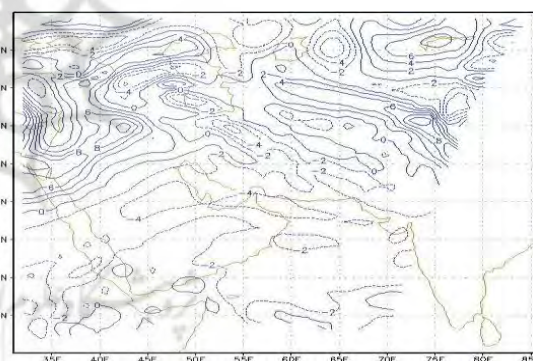
نگاره ۱۴- نقشه سطح زمین (۱۲ UTC) ۲۰۰۹/۲/۲۷

مدل WRF



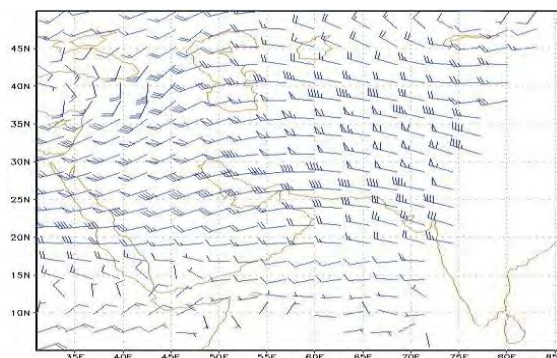
نگاره ۱۷- نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

مدل WRF (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۷



نگاره ۱۶- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

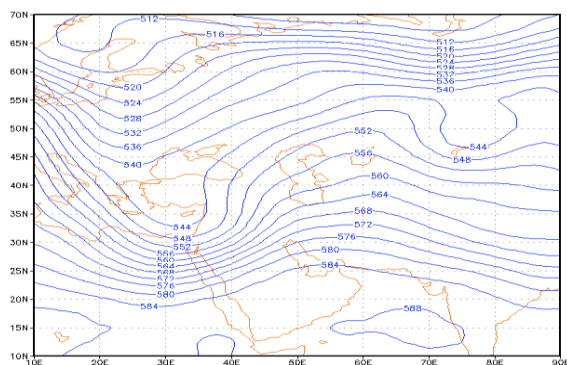
مدل WRF (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۷



نگاره ۱۸- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال (۱۲ UTC) ۲۰۰۹/۲/۲۷ مدل WRF

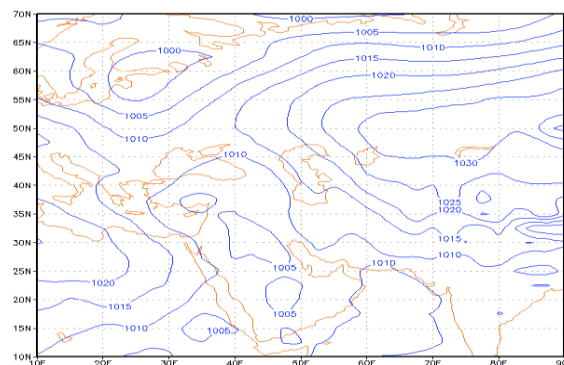
ج- تحلیل شرایط همدیدی حاکم بر منطقه در روز ۲۷ فوریه ۲۰۰۹

در این روز، همچنان زبانه‌های پرفشار سبیری که روز قبل نیز نواحی مرکزی و جنوبی ایران را در تأثیر قرار داده بود، روی ایران مستقر است و کم‌فشار ۹۹۵ هکتوپاسکال که روز قبل در غرب آفریقا و خارج از چهارچوب نقشه در حال شکل‌گیری بود، قویتر شده و به سمت نواحی شرقی پیشروی کرده است و کم‌فشار دیگری با مرکزیت ۱۰۰۵



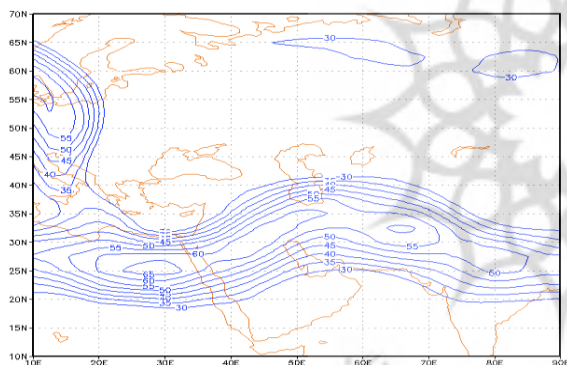
نگاره ۲۰- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۷ (UTC ۱۲)



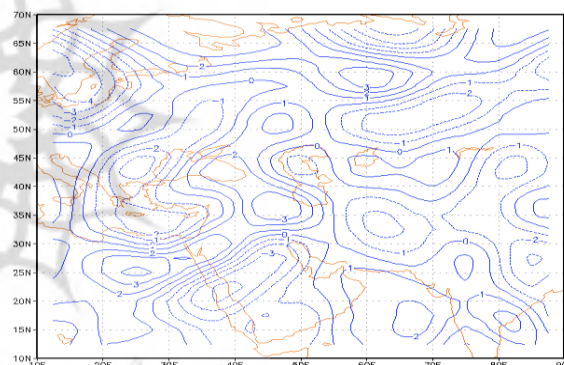
نگاره ۱۹- نقشه سطح زمین ۲۰۰۹/۲/۲۷

(UTC ۱۲)



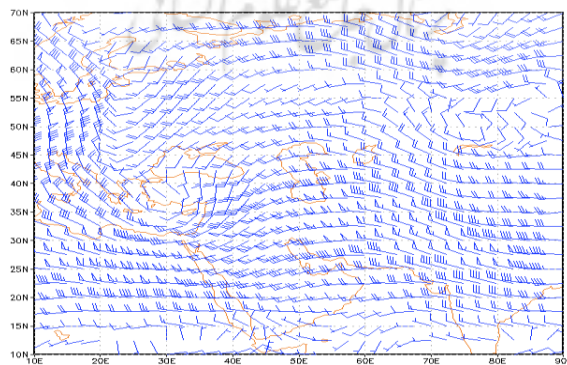
نگاره ۲۲- نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

۲۰۰۹/۲/۲۷ (UTC ۱۲)



نگاره ۲۱- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

۲۰۰۹/۲/۲۷ (UTC ۱۲)



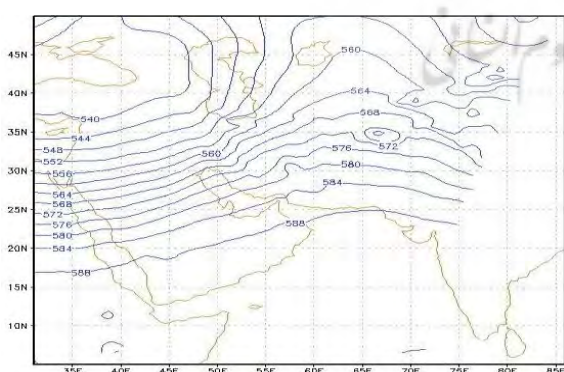
نگاره ۲۳- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۷ (UTC ۱۲)

هکتوپاسکال از سمت عربستان در حال حرکت به سمت ایران است (نگاره ۱۹). با بررسی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۷، پشته‌ای با ارتفاع ۵۸۸ ژئوپتانسیل دکامتر که روز قبل در امتداد ۵۰ درجه شرقی، تمام نواحی ایران را

در بر گرفته بود، تقویت شده و با محور شمال شرقی - جنوب غربی به سمت عرض‌های بالاتر پیشروی کرده است. همچنین ناوه کم‌ارتفاعی که روز قبل در شمال دریای مدیترانه مستقر بود، امروز تقویت شده، با وجود پدیده سردچال با محور شمال غربی - جنوب شرقی تا نواحی مرکزی ایران را در تأثیر قرار داده است و در روزهای آینده باعث ایجاد ناپایداری شدید در نواحی وسیعی از کشور می‌شود (نگاره ۲۰). نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ۲۷ نشان می‌دهد که چرخندگی دریای مدیترانه، منفی و با ناوه منطبق است. چرخندگی مستقر روی مرکز ایران مثبت است که با چرخندگی مثبت سیستم مانع، منطبق است و بیشترین ناپایداری و بارش را دارد (نگاره ۲۱). نقشه رودباد مربوط به این روز، دو هسته سرعت را نشان می‌دهد. هسته‌های سرعت با تندی ۵۵ و ۶۵ متر بر ثانیه با جهت شرقی - غربی به ترتیب روی نواحی شرقی و غربی قرار گرفته‌اند (نگاره‌های ۲۲ و ۲۳).

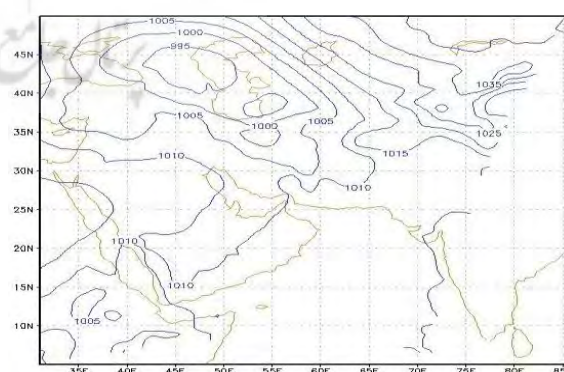
س - تحلیل شرایط حاکم بر منطقه در روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ با استفاده از خروجی مدل ورف

در نقشه سطح زمین ساعت ۱۲ UTC روز ۲۸ فوریه، سامانه کم‌فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در حال عبور از روی نواحی مرکزی کشور است که با حرکت و اچرخندی خود رطوبت را دریافت کرده و باعث ریزش بارش‌هایی در نواحی غربی و جنوبی کشور شده است (نگاره ۲۴). در این روز، پشته هوای گرمی که روز قبل بخش‌هایی از ایران را در تأثیر قرار داده بود، تقویت شده و بخش‌های وسیعتری از ایران را فرا گرفته است. در همین حال کم‌ارتفاع ۵۴۰ ژئوپتانسیل دکامتر نیز به سمت نواحی غربی حرکت کرده و محور فرود آن عمیق‌تر شده است (نگاره ۲۵). در این روز، مرکز فعالیت چرخندگی مثبت در نواحی شرقی دریای سرخ و مدیترانه انتقال یافته و در این مناطق باعث ایجاد ناهنجاری‌های مثبت شده است. هسته نزول هوا و چرخندگی منفی روی مناطق جنوبی و مرکزی قرار گرفته است (نگاره ۲۶). نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد که در روز ۲۸ فوریه، دو هسته پرسرعت ۶۵ و ۴۰ متر بر ثانیه به ترتیب در ۵۰ و ۶۰ درجه طول شرقی قرار گرفته، نواحی مرکزی و شرقی ایران را در تأثیر قرار داده و باعث ناپایداری‌ها و طوفان شدید و فراگیر در این مناطق شده است. جهت باد در اکثر نقاط کشور، شمال شرق - جنوب غرب است؛ ولی در نواحی شرق ایران جهت آن جنوب شرق - شمال غرب است (نگاره‌های ۲۷ و ۲۸ و ۲۹).



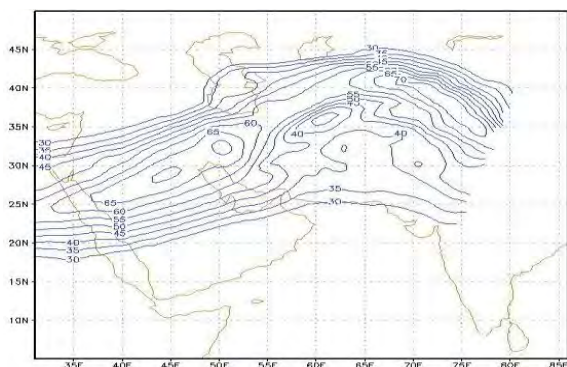
نگاره ۲۵ - نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۸



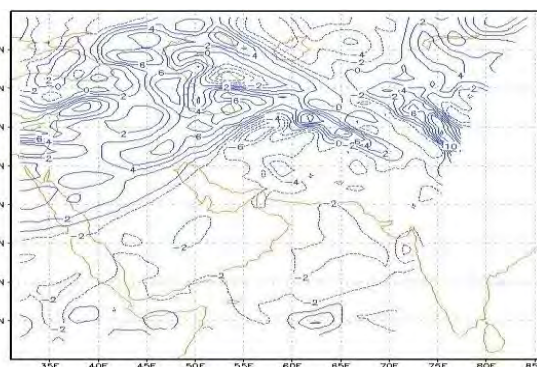
نگاره ۲۴ - نقشه سطح زمین ۲۰۰۹/۲/۲۸

WRF مدل (UTC ۱۲)



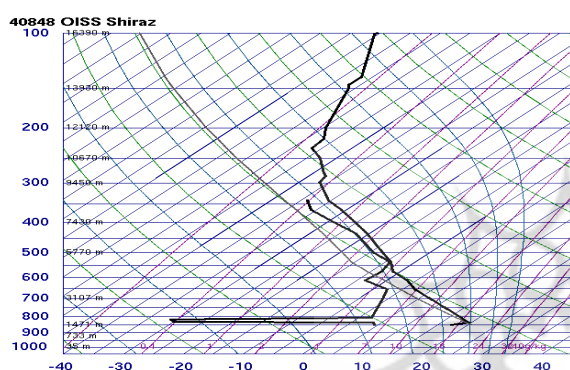
نگاره ۲۷- نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۸



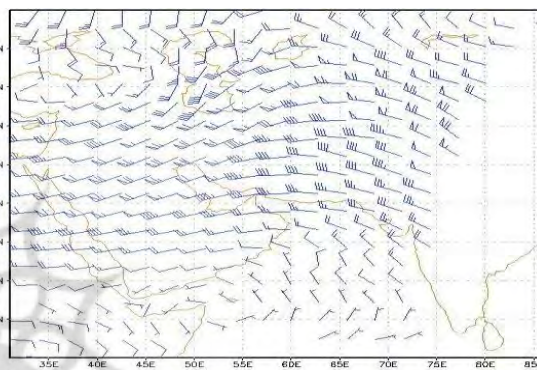
نگاره ۲۶- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۸



نگاره ۲۹- نمودار اسکیتوی ایستگاه شیراز

(UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۸



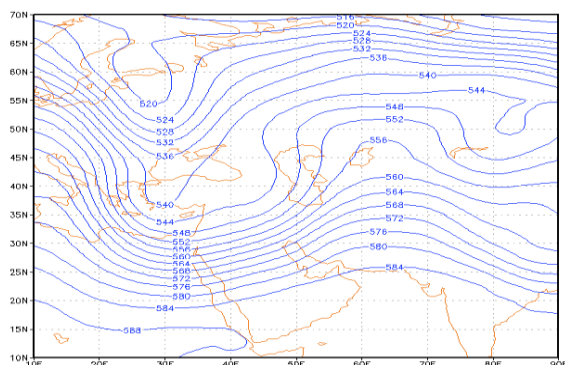
نگاره ۲۸- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

WRF مدل (UTC ۱۲) ۲۰۰۹/۲/۲۸

ش- تحلیل شرایط همدیدی حاکم بر منطقه در روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹

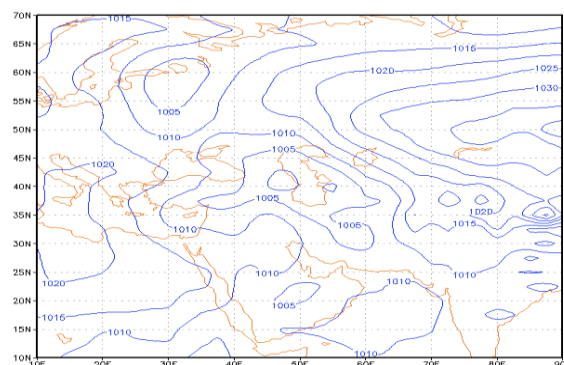
تداوم طوفان‌ها در نواحی مرکزی در این روز هسته پرا ارتفاع ۵۸۴ دکامتر پشته هوای گرم که روز قبل، بخش‌هایی از ایران را در تأثیر قرار داده بود، تقویت شده و به سمت نواحی بالاتر پیشروی کرده است. در همین حال کم‌ارتفاع ۵۲۰ دکامتر با محور شمالی - جنوبی نیز از شمال آفریقا به سوی نواحی جنوبی حرکت کرده، محور فرعی شمالی - جنوبی آن عمیقتر شده و از روی دریای سیاه تا عربستان کشیده شده است. در روزهای آینده با خروج پشته گرم از ایران، قسمت‌های وسیعی از ایران را در تأثیر قرار می‌دهد و باعث ایجاد ناپایداری در کشور می‌شود (نگاره ۳۰). نقشه سطح زمین نشان می‌دهد کم‌فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال که روز قبل روی عربستان مستقر بود، با عبور از روی خلیج فارس و نواحی جنوبی با حرکت و اچرخندی خود رطوبت را دریافت کرده، در قسمت‌های جنوبی و غربی ایران، ریزش‌هایی را سبب شده است. پرفشار عرض‌های شمالی به صورت کامل از ایران خارج شده و به سمت نواحی شرقی در حال حرکت است. در این روز در استان شیراز در اکثر ایستگاه‌ها طوفان ثبت شده است (نگاره ۳۱). همچنین در این روز مرکز فعالیت چرخندگی مثبت در نواحی شرقی و شمالی ایران انتقال یافته و در این مناطق باعث ایجاد ناهنجاری‌های مثبت شده است. هسته نزول هوا و چرخندگی منفی روی مناطق جنوبی و دریای خلیج فارس قرار گرفته است (نگاره ۳۲). نقشه رودباد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد که در روز ۲۸ فوریه، دو هسته پرسرعت ۶۵ و ۴۵ متر بر ثانیه به ترتیب در ۵۰ و ۶۰ درجه طول شرقی قرار گرفته، نواحی مرکزی و شرقی ایران را در تأثیر قرار داده و باعث ناپایداری‌ها و طوفان شدید

و فراگیر در این مناطق شده است. جهت باد در اکثر نقاط کشور، شمال شرقی - جنوب غربی است؛ ولی در نواحی شرق ایران جهت آن جنوب شرقی - شمال غربی می شود (نگاره‌های ۳۳ و ۳۴).



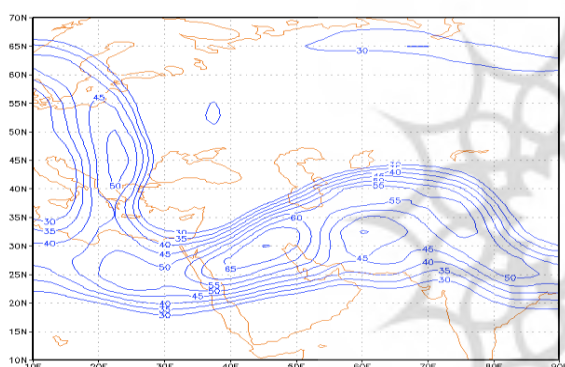
نگاره ۳۱- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۸ (UTC ۱۲)



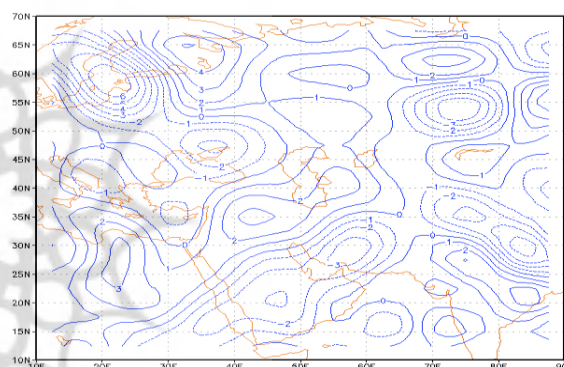
نگاره ۳۰- نقشه سطح زمین ۲۰۰۹/۲/۲۸

(UTC ۱۲)



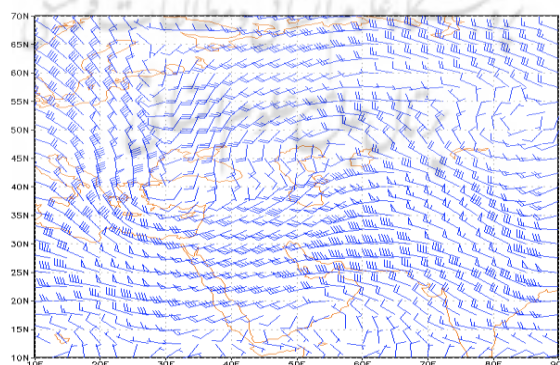
نگاره ۳۳- نقشه رودباد تراز ۳۰۰

هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۸ (UTC ۱۲)



نگاره ۳۲- نقشه چرخندگی تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۸ (UTC ۱۲)



نگاره ۳۴- نقشه جهت وزش باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال ۲۰۰۹/۲/۲۸ (UTC ۱۲)

نتایج مذکور نشان می دهد که علت اصلی وقوع طوفان‌ها در بازه زمانی گفته شده، استقرار چند روزه ناوه در نواحی دریای مدیترانه و سیاه است که وجود سیستم بندالی (سردچال) باعث حرکت کند سامانه‌های غربی روی ایران شده و ناپایداری در مناطق مختلف کشور شده است. همچنین سرعت بالای باد در ترازهای بالایی جو نیز باعث تشدید و تصدیق این ناپایداری در سطح زمین است.

یافته‌ها

در این مطالعه، شرایط همدیدی حاکم بر طوفان‌های گرد و غبار در استان فارس برای روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ بررسی شده است. ابتدا وضعیت عمومی طوفان‌ها تحلیل شده است. شرایط ناپایداری در طوفانی که به تفصیل بیان شد، در تأثیر وضعیت همدیدی سامانه‌های فعال در منطقه ایجاد شده است. این شرایط با ریزش هوای سرد در هنگام عبور سامانه‌های چرخندی در ترازهای بالای جو و نیز گرمایش سطحی به وجود آمده است. در روز ۲۸ فوریه ۲۰۰۹ به علت استقرار چند روزه ناوه در نواحی دریای مدیترانه و سیاه، وجود سیستم بندالی (سردچال) باعث حرکت کند سامانه‌های غربی روی کشور شده و سبب ناپایداری در مناطق مختلف ایران شده است. همچنین سرعت بالای باد در ترازهای بالایی جو نیز باعث تشدید و تصدیق این ناپایداری در سطح زمین است. در این روز، سرعت باد تا ۱۶ متر بر ثانیه افزایش پیدا کرده است و دید افقی به علت وجود گرد و غبار به ۸۰۰ متر می‌رسد. با بررسی طوفان‌های گرد و غبار مذکور با استفاده از خروجی مدل ورف و تحلیل الگوهای همدیدی برای این طوفان‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که مدل عددی ورف برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی طوفان‌های گرد و غبار که با این طوفان‌های بررسی شده در استان فارس، شرایط مشابهی دارند، مناسب است.

منابع

- ۱- جمالی‌زاده تاج‌آبادی، محمدرضا؛ مقدم‌نیا، علیرضا؛ پیری، جمشید؛ اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۹)، پیش‌بینی طوفان گرد و خاک با استفاده از روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهر زابل)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۲، صفحات ۲۲۰-۲۰۵.
- ۲- خالدی، کوهسار (۱۳۹۲)، زیان‌های اقتصادی طوفان گرد و غبار بر استان‌های غربی ایران (مطالعه موردی: ایلام، خوزستان و کرمانشاه)، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۳، پیاپی ۲۳، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۱۰۵-۱۲۵.
- ۳- خضوعی‌نژاد، مهین؛ شجاعی، مریم؛ کرمی، علی (۱۳۹۴)، بررسی فراوانی پدیده گرد و غبار در استان کهگیلویه و بویراحمد، کنفرانس ملی هواشناسی ایران، اردیبهشت (۱۳۹۴)، دانشگاه یزد، ۱-۱۶.
- ۴- ذوالفقاری، حسن؛ عابدزاده، حیدر (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۶، پاییز و زمستان ۸۴، صفحات ۱۷۳-۱۸۷.
- ۵- رضازاده، مریم؛ ایران‌نژاد، پرویز؛ شائو، یاپینگ (۱۳۹۲)، شبیه‌سازی گسیل غبار با مدل پیش‌بینی عددی وضع هوا WRF-Chem و با استفاده از داده‌های جدید سطح در منطقه خاورمیانه، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۹، شماره ۱، صفحه ۱۹۱-۲۱۲.
- ۶- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ عزیزی، قاسم (۱۳۹۱)، مطالعه الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گرد و غبار و مسیر حرکت، ذرات معلق برای طوفان جولای ۲۰۰۹، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۸۱، صفحات ۹۲-۷۳.

- ۷- شجاعی، مریم؛ شکوهی پور، فرج الله (۱۳۹۴)، بررسی چگونگی وقوع پدیده گرد و غبار و فراوانی آن در استان خوزستان در دوره (۲۰۰۹-۱۹۹۶)، کنفرانس ملی هواشناسی ایران (اردیبهشت ۱۳۹۴)، دانشگاه یزد، صفحات ۱-۱۵.
- ۸- لشکری، حسن؛ کیخسروی، قاسم (۱۳۸۷)، تحلیل آماری سینوپتیکی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۳، پژوهش جغرافیایی طبیعی، پاییز ۱۳۸۷، شماره ۶۵، صفحات ۱۷-۳۳.
- ۹- محمدپور پنجاه، محمدرضا؛ معماریان، محمدحسین؛ میررکنی، سید مجید؛ آزادی، مجید (۱۳۹۱)، مدل‌سازی طوفان گرد و خاک ۸ خرداد ۱۳۹۲ در منطقه یزد با استفاده از مدل‌سازی WRF، پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.
- ۱۰- مبارک حسن، الهام؛ غفاریان، پروین؛ ورشوساز، کتایون؛ آزادی، مجید (۱۳۹۲)، پیش‌بینی طوفان گرد و غبار ۲۶ ژانویه ۲۰۱۰ در استان خوزستان با استفاده از مدل WRF/Chem، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، ۲۶-۲۵ دی ماه ۱۳۹۲، یزد، دانشگاه یزد، ۸-۱.
- ۱۱- نظری سامانی، علی‌اکبر؛ دادفر، سمانه؛ شهبازی، علی (۱۳۹۲)، مطالعه طوفان گرد و غبار با استفاده از گلباد گل طوفان و گل شن (مطالعه موردی: استان تهران)، کویر ۱۸، صص ۹-۱۸.
- ۱۲- هاشمی‌دوین، مه‌ری، غفاریان، پروین (۱۳۹۴)، تحلیل طوفان گرد و خاک در شمال شرق ایران (مطالعه موردی: طوفان مشهد و بجنورد)، کنفرانس ملی هواشناسی ایران، اردیبهشت ۱۳۹۴، دانشگاه یزد، صص ۱-۱۴.
- 13- Alizadeh. Ch. O., Zawar-Reza, P. and Sturman, A. (2012) Atmospheric forcing of the three-dimensional distribution of dust particles over Australia: A case study. *Jour, of Geo, Res.*, Vol, 117.
- 14- Ashrafi, K., Shafiepour-Motlagh, M., Aslemand, A. and Ghader, S. (2014) Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT, *Journal of Environmental Health. Science and Engineering (JESHE)*, 12: 9, doi: 10.1186/2052-336X-12-9, 2014.
- 15- Alizadeh Choobari, O. P., UTCawar-ReUTCa and A. Sturman (2014) The wind of 120 days and dust storm activity over the Sistan Basin. *Atmospheric Research*, 143, 328-341.
- 16- Bagnold, R. A. (1941) *The Physics of Blown sand and Desert* London. Methuen, pp 265.
- 17- Gao, T. and Han, J. (2010) Evolutionary characteristics of the atmospheric Atmospheric Environment. 44; pp3728-3738.
- 18- Ginoux, P. and coauthors. (2001) Sources and distribution of dust aerosols simulated with the GOCART model. *J, Geophys, Res.* 106, 20255-20273.
- 19- Kutiel, H., Furman, H. (2003) Dust Storms in the Middle East: Source of Region and Their Temporal Characteristics. *Indoor and Built Environment*, vol. 12, No6, pp.419-426.
- 20- McKendry, G., Hacker, P., Stull, R., Sakiyama, S., Mignacca, D. and Reid, K. (2001) Long-range transport of Asian dust to the lower Fraser valley, British Columbia, Canada. *J Geophys Res* 2001, 106:18,361-18,370.
- 21- Nissen, K. M., Leckebusch, G. C., Pinto, J. G., Renggli, D., Ulbrich, S. and Ulbrich, U. (2010) Cyclones causing wind storms in the Mediterranean: characteristics, trends and links to large-scale patterns, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, PP.1379° 1391, 2010.
- 22- Orlovesky, L. (2013) Severe dust storms in Central Asia. *Arid Ecosystems*, Volume 3, Issue 4, pp: 227-234.

- 23- Riveva, I., Nancg, Tomas, E., Gill, Kristi, A., Gebhart, Jerbifer, L, Hand, P, Bleiveiss, Rosa, M, Fitzgerahd (2009) Wind modeling of chihuahuan Desert dust outereaks, Almospheric Envionment, 43, 347-354.
- 24- Remanov, N. N. (1961) Dust Storms in Central Asia. Samarghand University, Tashkent, 198 pp: (in Russian).
- 25- Xiao-Ling, and Ying-Chun, W. (2003) Analysis and Case study of Puststorm in the BEIJING AREA. Water, Air and Soil pollution: focus 3:103-115.
- 26- Youngsin, Ch. and lim, J. Y. (2004) therecent characteristics of Asian dust and haze events in seoul, korea. meteorol atmosphys, 87, 143° 152, Austria.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی