مقایسه همدیدی وقوع توفان های شدید گردو خاک در فصول بهار و تابستان در شمال استان سیستان و بلوچستان

سمیرا برخوردار[1]، محمد مرادی*[2] و فروزان ارکیان[3]

۱ و۳. گروه هواشناسی، دانشکده علوم فنون دریایی واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

۲. پژوهشکده هواشناسی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۱۲/۱۸

چکیده

توفان گرد و خاک از مهم ترین پدیده های اقلیمی شرق کشور ایران است. از آن جایی که نوع خاک منطقه ریز دانه محسوب می‌شود، وزش باد مناسب سبب حرکت این ذرات شده و هنگامی که سرعت باد از آستانه مورد نظر بیشتر شود، بستر مناسبی برای ایجاد توفان خاک و شن فراهم می‌شود. در مطالعه برای بررسی این پدیده، داده‌های ایستگاه هواشناسی همدیدی زابل در دوره آماری ۱۵ ساله ۲۰۱۰-۱۹۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تحلیل آماری توفان گرد و خاک دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر به عنوان شاخص تعریف شد. براساس این تعریف دو مورد از شدیدترین توفان‌های گرد و خاک منطقه در فصل بهار و تابستان انتخاب گردید و با استفاده از داده های همدیدی بایگانی NCEP/NCAR، شرایط همدیدی و دینامیکی حاکم بر توفان های گرد و خاک انتخابی بررسی شد. نتایج نشان داد که در تابستان استقرار سامانه کم فشارگرمایی روی پاکستان و همراهی آن با فرارفت هوای سرد در شمال شرق ایران، سبب به وجود آمدن شیو شدید فشاری مناسب در منطقه می‌شود و شرایط برای ایجاد باد فراتر از آستانه مهیا می‌گردد. در فصل بهار یک سامانه جوی کژفشار با رطوبت کم و فرارفت هوای سرد نسبتا شدید که با جبهه سرد فعال همراهی می کند، سبب افزایش سرعت وزش باد، ایجاد توفان گردوخاک و کاهش دید افقی در منطقه شرق ایران می‌شود.

واژگان کلیدی: بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و بلوچستان، توفان گرد وخاک، ایستگاه هواشناسی زابل

*نگارنده پاسخگو: **Moradim36@gmail.com**

مقدمه

در شمال استان سیستان و بلوچستان معمولا در فصل گرم سال بادهای ۱۲۰ روزه به علت وجود کم فشارگرمایی در بیشتر اوقات وجود دارد (Krishnamurti *et al.*, 2013)و در نتیجه بادهای شدید شمال غربی که سرعت آن گاهی به ۲۰ تا ۲۵ متر بر ثانیه می‌رسد، (نوحی و همکاران، ۱۳۸۴) مناطق مختلف شرق کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (موسوی بایگانی و اشرف، ۱۳۹۱). برای به وجود آمدن باد شدید باید الگوی همدیدی مناسبی وجود داشته باشد تا بتواند گرادیان فشار مناسبی برای ایجاد باد شدید فراهم نماید. نتایج این تحقیق الگوهای همدیدی حاکم بر بادهای شدید شرق کشور را آشکار می‌کند. در مطالعات پیشین به این نکته اشاره شده است که امکان وقوع توفان شن و خاک در فصول زمستان، بهار و پاییز هم وجود دارد که تداوم این پدیده نسبت به تداوم فصل گرم بسیار کم است (نوحی و همکاران،۱۳۸۴). این بحث در تحقیق حاضر نیز بررسی می‌شود. نوحی(۱۳۸۴) در مطالعه و بررسی نقش تغییرات اقلیمی در تشدید یا کاهش پدیده اقلیمی توفان‌های گردو خاک در جنوب شرق کشور، به بررسی همدیدی نقشه‌های میانگین ماهانه و آماری داده های ایستگاه‌های چابهار، زاهدان، بم، زابل، ایرانشهر و نهبندان می‌پردازد و عوامل و کمیت های موثر در توفان گردوخاک را مطالعه می‌کند. علیجانی(۱۳۹۰) در تحلیل آماری، همدیدی توفان های گردوخاک درجنوب شرق ایران (مطالعه موردی منطقه سیستان) طی دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۷۹) به نتایج آماری در خصوص روزهای توام با توفان گرد و خاک در دوره سرد و گرم سال و همچنین تحلیل همدیدی نقشه های فشاری، خطوط جریان و دما، به تاثیر فشارکم روی هند و پاکستان و نیز پرفشار دریای خزر در تشدید یا کاهش رخداد توفان گرد و خاک می پردازد Alizadeh Choobari *et al.*, 2014)) توفان گرد و خاک را در منطقه سیستان در دوره تابستانه مورد مطالعه قرار داده و به بررسی عوامل موثر در افزایش سرعت باد در منطقه می‌پردازد. او با استفاده از جفت مدل هواشناسیWRF و پخشChem نشان می‌دهد که چگونه افزایش سرعت باد باعث پخش و جابجایی ذرات گرد و خاک و رسوبات کف دریاچه هامون که خشک شده‌است، می‌شود. Goudie و Middleton (۲۰۰۱) در زمینه توفان‌های شمال آفریقا (صحرا) و آثار آن، پژوهش هایی انجام دادند و نشان دادند که گرد و خاک حاصل از این توفان ها تا نواحی مرکزی اروپا و حتی انگلستان گسترش می‌یابد. پژوهش حاضر با هدف مقایسه همدیدی وقوع توفان های شدید گردو خاک در فصول بهار و تابستان در شمال استان سیستان و بلوچستان انجام شده است.

مواد و روش ها

به منظور یافتن فراوانی ماهانه توفان شن و خاک در دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰، از داده‌های هوای حاضر گزارش های سه ساعته ایستگاه زابل با کدهای ۳۰ تا ۳۵ استفاده شد. این کدها که معرف توفان شن و خاک است، با کاهش دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر و باد بیشتر از ۱۵ متر بر ثانیه همراه می‌باشد. با تفکیک مقادیر دید افقی به کمتر از ۲۰۰ متر، ببین ۲۰۰ و ۴۰۰ متر، بین ۴۰۰ و ۶۰۰ متر، بین ۶۰۰ و ۸۰۰ متر از ۸۰۰ متر تا ۱۰۰۰متر در نظر گرفته شده است و نیز تفکیک تندی باد به بیشتر از ۲۵ متر بر ثانیه، بین ۲۰ تا ۲۵ متر بر ثانیه، ۱۵ تا ۲۰ متر بر ثانیه، نمودار فراوانی ماهانه مربوطه رسم شد. از بررسی این نمودارها، دو مورد از رخداد توفان شن که در آن دید افقی کم و باد شدید ایستگاه زابل در استان سیستان و بلوچستان را تحت تاثیر قرار داده بود، انتخاب شد که یک مورد در فصل تابستان (در ساعتUTC روز ۰۶چهارم ژولای سال ۲۰۰۳) و مورد دیگر نیز در فصل بهار (در ساعت UTC ۱۲ روز چهارم آوریل سال ۲۰۰۲) رخ داده است.

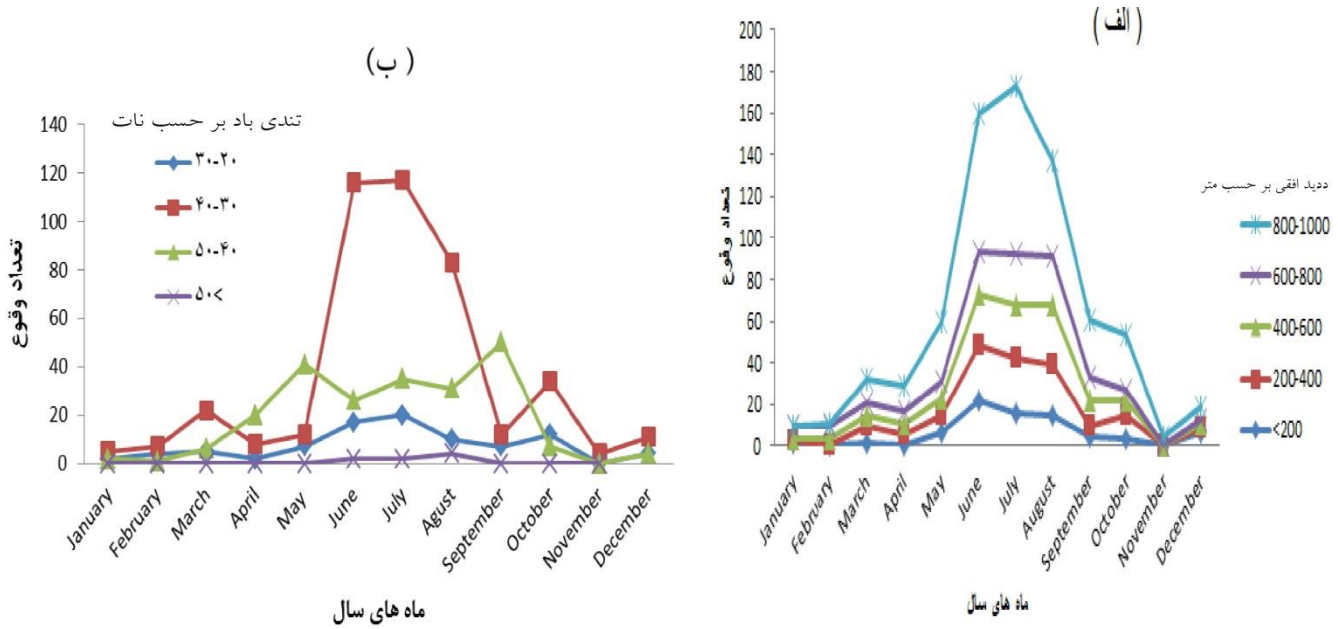
برای تحلیل همدیدی توفان شن و خاک از داده‌های بایگانی NCEP/NCAR استفاده شد که از تارنمای اینترنتی CDC\REANALYSIS گرفته شده‌است. این داده‌ها که در قالب netcdf می باشند، به فاصله زمانی ۶ ساعته و با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه، تمام نقاط کره زمین از ۹۰- تا۹۰+ درجه عرض جغرافیایی و صفر تا ۳۵۷/۵ درجه طول جغرافیایی را پوشش می‌دهند، استخراج شدند. برای تحلیل همدیدی ناحیه‌ای محدود به طول جغرافیایی ۴۰ تا ۹۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۵ تا ۵۵ درجه شمالی که منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد و امواج همدیدی در آن قابل آشکار است، در نظر گرفته شد. در این شبکه داده‌ها شامل فشار سطح متوسط دریا، دما، مولفه‌های مداری، نصف النهاری و قائم بردار باد استخراج شد و نقشه‌های همدیدی روزانه شامل میدان فشاری سطح زمین، میدان ارتفاع در ترازهای ۸۵۰،۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های فرارفت دما

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، تاوایی نسبی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، میدان باد در ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین، سرعت قائم و واگرایی نیز در ترازهای مختلف رسم و بررسی شد.

نتایج

۲تحلیل آماری ۱۵ ساله ایستگاه زابل

شکل (۱) نمودارهای (الف) و (ب) تعداد روزهای با توفان شن و خاک در ایستگاه زابل به ترتیب برای وقوع دید افقی و تندی باد در دوره آماری انتخابی را نشان می‌دهد. شکل نشان می دهد که در فصل گرم سال بیشترین آمار کاهش دید افقی و افزایش سرعت باد ثبت شده است که در آن ماه جولای دارای بیشترین تعداد روزهای با توفان شن و خاک است و ماه های ژوئن و آگوست در رتبه های بعدی قرار دارند.کمترین دید افقی در ماه‌های ژوئن و اگوست ۱۰۰ متر و در ماه ژولای به صفر رسیده است در حالی که بیشترین تندی باد در ماه های ژوئن،آگوست و ژولای به ترتیب ۵۴ ،۴۹ و ۵۱ نات در طی دوره آماری گزارش شده است که این آمارها حاکی از شدت توفان شن و خاک در ماه‌های مذکور می‌باشد.

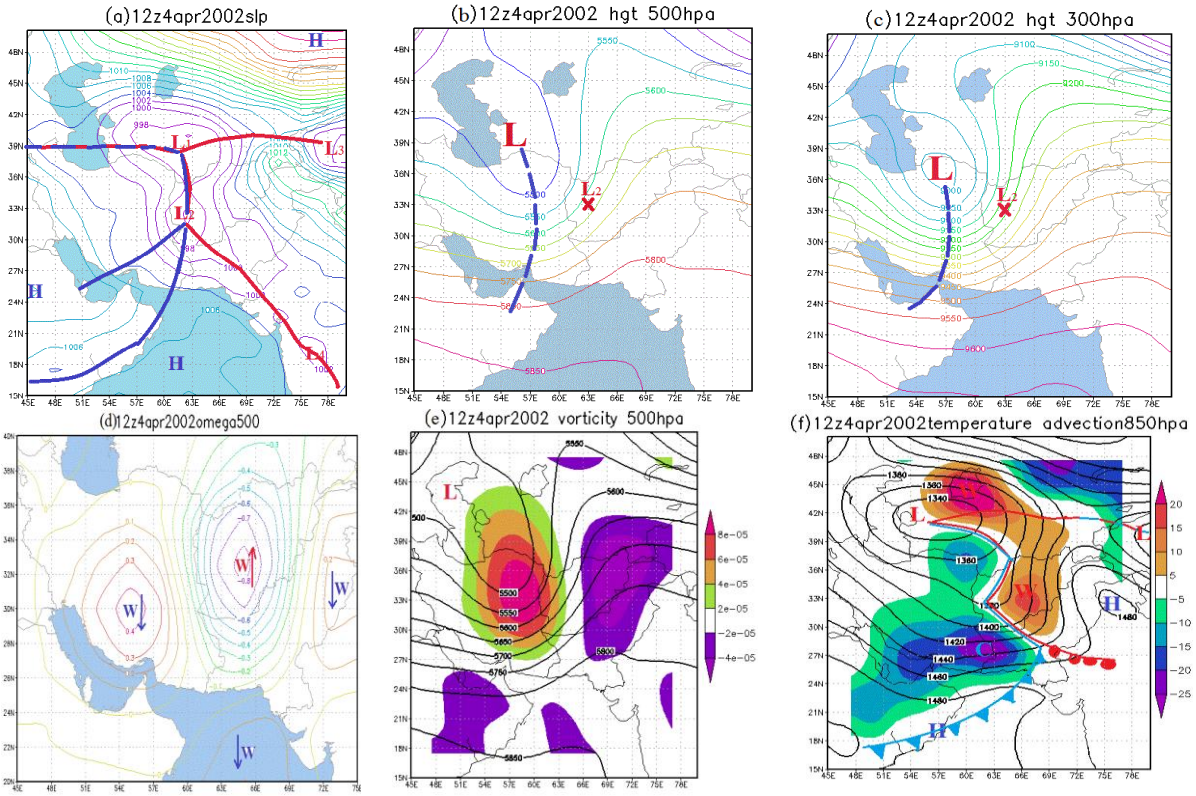


شکل ۱- الف) تعداد وقوع دید افقی در بازه های مختلف در ماه های سال طی دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ در ایستگاه زابل بر حسب متر.ب) تعداد وقوع تندی باد در بازه های مختلف در ماه های سال طی دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ در ایستگاه زابل بر حسب نات

بررسی همدیدی توفان گردوخاک در فصل بهار

شکل (۲-a) میدان فشار سطح دریا در ساعت z ۱۲ روز ۴ آوریل سال۲۰۰۲ دو مرکز کم فشار را نشان می‌دهد که یکی L_1 روی دریاچه آرال با سلول بسته ۹۹۶ هکتوپاسکال و دیگری L_2 با همان مقدار روی مرز بین ایران و پاکستان و در منتهی الیه شمال شرق قرار دارد که دارای جبهه‌های دینامیکی است. دو جبهه سرد در روی ایران قرار گرفته است که بسیار فعال می باشد. جبهه سرد اولی در مرکز کشور و جبهه سرد دومی به فاصله ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر در پشت آن اولی قرار دارد و با حدود سرعت ۲۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می کنند به صورت کم ارتفاع بریده با مقدار کمتر از ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر هماهنگ با کم فشار اولی به صورت فشارورد است. ناوه کم ارتفاع با مرکز کم فشار دومی که با ضربدر نشان داده شده، حالت کژفشاری دارد و مناطق شرق ایران را تحت تاثیر قرار داده است. مرکز کم ارتفاع بریده روی استان خراسان شمالی فعال بوده و با هوای سردی همراهی می‌کند این سامانه با سرعت زیاد به طرف شمال شرق در حال حرکت است و بازتاب آن در سطح زمین فرارفت هوای بسیار سرد روی شرق،شمال شرق و جنوب شرق کشور می‌باشد.این فرایند سبب ایجاد بادهای شدید و توفان‌های گرد و خاک و در صورت رطوبت کافی رگبارهای شدید باران و تگرگ خواهد

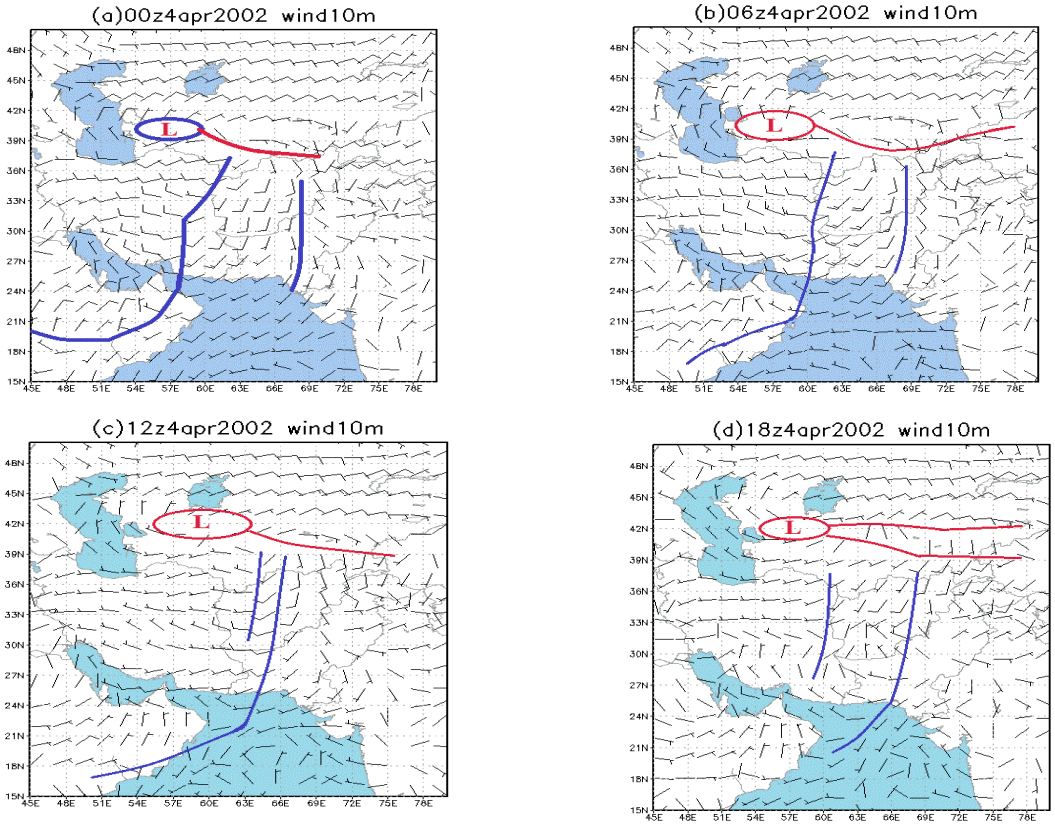
داشت. از بررسی میدان حرکت بالاسو که در شکل (d-۲) نشان داده شده است، دیده می‌شود که مرکز حرکت نزولی با مقدار ۴ سانتی متر بر ثانیه روی مرکز ایران و حرکت بالارو بر روی شمال پاکستان و جنوب افغانستان قرار دارد و مقدار آن حدود ۸ سانتی متر بر ثانیه در دستگاه z است. این توزیع سرعت قائم واگرایی و همگرایی سطح زمین را کاملا توجیه می نماید. از بررسی میدان تاوائی نسبی تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال که در شکل (e-۲) نشان داده شده است، دیده می‌شود که بیشینه مقدار تاوایی نسبی در داخل ناوه ارتفاع این تراز بوده و بزرگی آن ۸×۱۰^{-۵} برثانیه است. این کمیت برای تقویت چرخندهای سطح زمین بسیار مناسب می باشد. در این تراز تاوایی منفی در قسمت نزدیک پشته بوده که بزرگی آن -۳×۱۰^{-۵} بر ثانیه است. شکل(f-۲) میدان فرافت دما را در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در پشت جبهه سرد فرارفت هوای سرد به بزرگی -۱۰×۱۰^{-۵} تا -۱۵×۱۰^{-۵} کلوین بر ثانیه روی منطقه مورد مطالعه و درجلوی جبهه گرم فرارفت هوای گرم با مقدار ۱۵×۱۰^{-۵}تا ۲۰×۱۰^{-۵} کلوین بر ثانیه قرار گرفته است.



شکل ۲- (a) میدان فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال. فاصله خطوط هم فشار ۲ هکتوپاسکال است. (b) میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر یا ژئوپتانسیل متر. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۵۰ متر رسم شده است. (c) میدان ارتفاع تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر یا ژئوپتانسیل متر. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۵۰ متر رسم شده است. (d) معرف سرعت قائم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب پاسکال بر ثانیه. خطوط هم مقدار به فاصله ۰،۱ سانتیمتر بر ثانیه رسم شده است. (e) میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب متر و تاوایی نسبی برحسب هکتوپاسکال بر ثانیه. (f) میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر و توزیع فرارفت دمایی تراز ۸۵۰ میلی باری بر حسب کلوین متر بر ثانیه ، دما برحسب کلوین می باشد. در تمام نقشه ها محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه و در ساعتUTC ۱۲روز ۴ آوریل ۲۰۰۲ می باشند.

شکل (۳) نیز میدان باد در ارتفاع۱۰ متری از سطح زمین را در ساعات مختلف روز چهارم آوریل سال ۲۰۰۲ را نشان می‌دهد. از شکل a-۳ دیده می‌شود که خط جدا کننده باد که کاملا مشخص می‌باشد، در روی مرکز ایران است و ادامه آن

تقریبا از روی بندرعباس گذشته است. این خط که همان خط جبهه است که در روی سطح زمین هم مشخص شده است. خط دیگری نیز بر روی پاکستان و حدود مرز شرقی ایران قرار دارد که خط همگرایی می‌باشد. پس از گذشت ۶ ساعت، خط جبهه با سرعت نسبتا خوبی به طرف شرق در حال حرکت می‌باشد و به نظر می‌رسد هنوز به منطقه مورد مطالعه نرسیده است(شکل ۳-b). در ساعتUTC ۱۲۰۰ که ساعت وقوع توفان شن می‌باشد، می توان ملاحظه نمود که خط جبهه با خط همگرایی تقریبا یکی شده و منطقه همگرایی شدیدی را در سطح زمین به وجود آورده است(شکل ۳-c) در ساعت UTC۱۸۰۰ . شکل (۴-d) خط جبهه و همگرایی بسرعت به طرف شرق حرکت کرده و از منطقه مورد نظر خارج شده است ولی خط جبهه دوم در حال نزدیک شدن به منطقه می‌باشد.

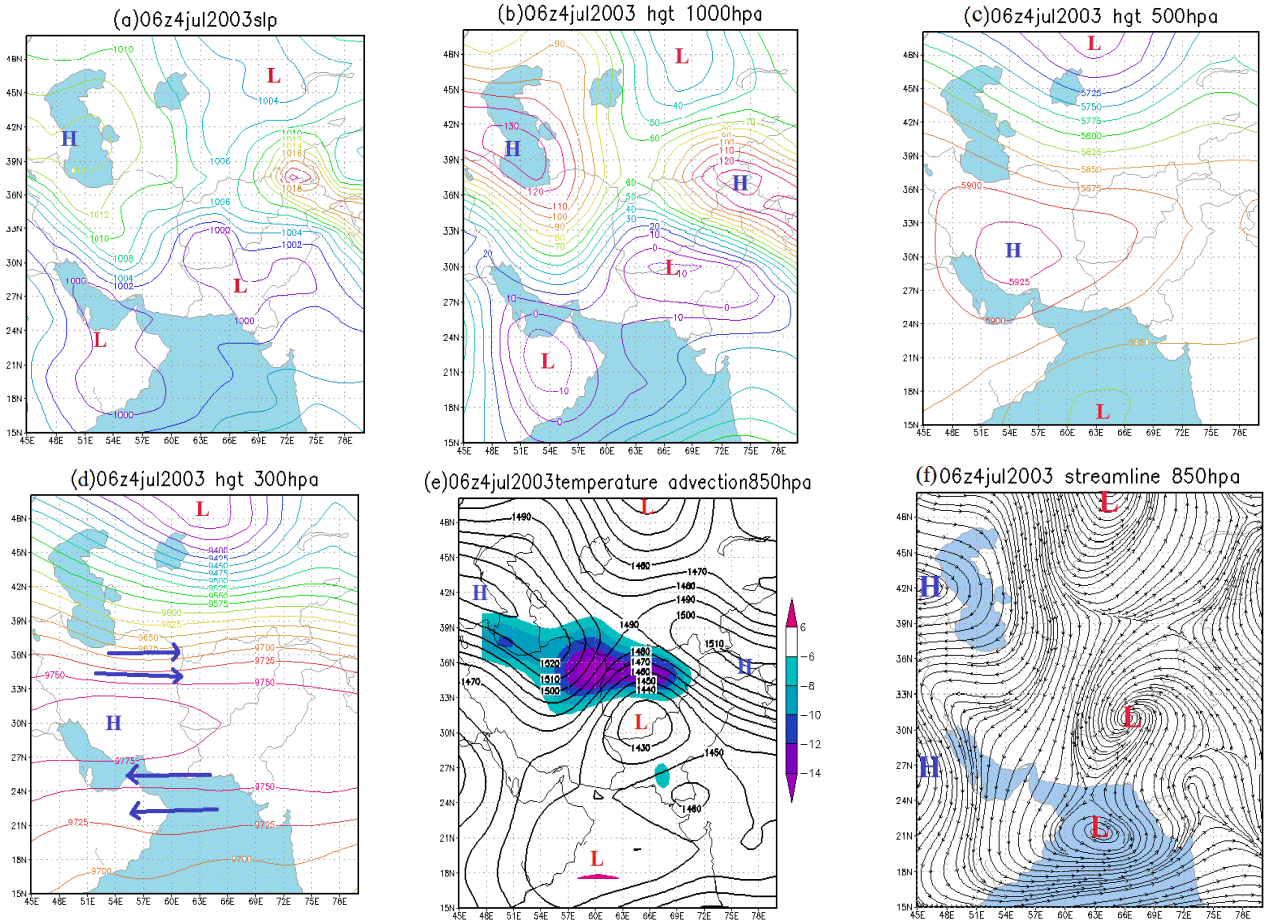


شکل ۳- میدان باد ۱۰ متری بر حسب متر بر ثانیه در روز ۴ آوریل سال ۲۰۰۲ . محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه می باشند. (a) ساعت UTC ۰۰.(b) ساعت UTC ۰۶. (c) ساعت UTC۱۲. (d) ساعت UTC ۱۸

بررسی همدیدی توفان گردوخاک در فصل تابستان

شکل (۴) الگوهای همدیدی را برای روز چهارم ژولای ۲۰۰۳ که معرف الگوی تابستانه است، نشان می‌دهد که کم فشارگرمایی به صورت کشیده و طویل از روی منطقه جنوب تا شمال پاکستان کشیده شده است و گرادیان شدید فشاری را بر روی شرق کشور مخصوصا استان خراسان جنوبی ایجاد کرده است.(a-۴)وجود یک هسته واچرخند روی دریای خزر که فرارفت هوای سرد را به طرف شمال شرق کشور ایجاد کرده است، باعث شده که این گرادیان فشاری افزایش یابد که در این ساعت سرعت باد در منطقه زابل ۳۹ نات بوده است. در تراز ۱۰۰۰هکتو پاسکال که در شکل (b-۴) نشان داده شده است، دو مرکز کم ارتفاع کاملا طویل و کشیده شده یکی در جنوب پاکستان با مرکزیت ۱۰- ژئوپتانسیل متر این منطقه را پوشانیده است اما مرکز کم ارتفاع دیگری در جنوب خلیج فارس با مرکزیت ۱۰- ژئو پتانسیل وجود دارد که هر دو آنها معرف کم ارتفاع گرمایی است. در عوض دو مرکز پر ارتفاع یکی در شمال هندوستان، با خط هم مقدار۱۳۰ متر و پرارتفاع دیگر روی دریای خزر با مرکزیت هم مقدار ۱۳۰ متر به طور قرینه دیده می‌شود. قابل توجه است که در روی نقشه یک منطقه تکینه (col) در ۶۳ درجه شرقی و ۳۹ درجه شمالی و

همین طور باد زمین گرد در منطقه سیستان مشاهد می‌شود. از شکل (c-۴) دیده می‌شود که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال واچرخند جنب حاره ای کاملا روی ایران بسته شده است بطوری که خط هم مقدار مرکزی آن با ۵۹۲,۵ دکامتر مشخص شده است. محور این واچرخند کاملا غربی-شرقی بوده و یا به طور مداری بر روی نقشه ظاهر شده است. شکل (d-۴) میدان ارتفاع را در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که محور واچرخند جنب حاره ای به صورت غربی-شرقی یا مداری بوده و محور این واچرخند نسبت به میانگین خودش کمی به طرف عرض های پایین تر حرکت کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، فرارفت هوای سرد بر روی شمال شرق کشور به مقدار۱۴- کلوین بر ثانیه دیده می‌شود.(شکل e-۴) این شرایط سبب افزایش گرادیان فشار و همچنین گرادیان کنتور می‌شود که تقویت توفان گردوخاک را در منطقه به همراه خواهد داشت. شکل (f-۴) معرف نقشه خطوط جریان در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال می باشد. از این شکل دو منطقه همگرایی خط جریان یکی در شمال شرق کشور و دیگری در قسمت جنوب غرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود که در داخل کم فشار گرمایی، همگرایی وجود داشته و نشان دهنده آن است که این همگرایی می تواند باعث توفان شدید خاک در منطقه شود، در ضمن یک همگرایی بسیار شدید خط جریان در شمال شرق کشور وجود دارد که از تلفیق مرکز کم ارتفاع شمال دریاچه آرال و همچنین پرارتفاع منطقه غرب دریای خزر به وجود آمده است.



شکل ۴- (a) میدان فشار سطح دریا بر حسب هکتوپاسکال. فاصله خطوط هم فشار ۲ هکتوپاسکال است. (b) میدان ارتفاع تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر یا ژئوپتانسیل متر. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۱۰ متر رسم شده است. (c) میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر یا ژئوپتانسیل متر. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۲۵متر رسم شده است. (d) میدان ارتفاع

تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال بر حسب متر یا ژئوپتانسیل متر. خطوط هم ارتفاع به فاصله ۲۵متر رسم شده است. (e) میدان ارتفاع تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر و توزیع فرارفت دمایی تراز ۸۵۰ میلی باری بر حسب کلوین متر بر ثانیه، دما برحسب کلوین می باشد. (f) نقشه جریان باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال.

در تمام نقشه ها محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه و در ساعتUTC ۰۶روز۴ ژولای ۲۰۰۳می باشند.

بحث و نتیجه گیری

آمارهای ایستگاه هواشناسی زابل بیان کننده کاهش دید افقی نزدیک به صفر(متر) در طی توفان گردوخاک ۱۲۰ روزه منطقه سیستان است، البته این وضعیت می‌تواند با تواتر خیلی کمتر در فصل های پاییز، زمستان و بهار هم اتفاق بیفتد. به همین منظور در این مقاله سعی شده است که یک مقایسه موردی از فصل بهار و فصل تابستان که از جهت سازوکار، وضعیت همدیدی، ترمودینامیکی و دینامیکی کاملا متفاوتی با یکدیگر دارند، انجام شود. توفان گردوخاک در ایام تابستان (ماه های ژوئن، ژولای،آگوست و سپتامبر) در اثر سامانه کم فشار گرمایی که در جنوب غربی پاکستان تشکیل می‌شود و گاه این مرکز کم فشار گرمایی تقویت شده و کمی به طرف شمال غرب خود حرکت کرده و با همراهی فرارفت هوای سرد در شمال شرق ایران باعث به وجودآمدن یک گرادیان شدید فشاری شده که سرعت باد را به بیش از ۲۵ تا ۳۰ متر بر ثانیه افزایش می‌دهد و در نهایت طبق مطالعه موردی انجام شده (۴ ژولای ۲۰۰۳) توفان‌های شدید گردوخاک مخصوصا در ساعات ۶ و ۱۲ گرینویچ شود. گاهی این توفان تا ساعت ۱۵ نیز ادامه می یابد. البته در این وضعیت ها نقش محور واچرخند جنب حاره‌ای را در ترازهای ۲۰۰و ۵۰۰ هکتوپاسکال در تشدید و تضعیف توفان‌های این منطقه نباید از نظر دور داشت. اما طبق مطالعه موردی برای فصل بهار(۴آوریل ۲۰۰۲) امواج غربی با شدت کم یا زیاد می‌توانند در این منطقه حرکت نماید. ماهیت این امواج به شکل کژفشاری است ولی بعضی مواقع سامانه‌های جوی هم به ندرت می‌توانند به صورت فشاروردی در این منطقه ظاهر شوند. به هر حال هرگونه اغتشاش غربی که از منطقه عبور نماید، می تواند در صورت داشتن رطوبت کافی بارش‌هایی با شدت کم و زیاد را حادث شود ولی در زمستان با دمای کم هم می‌تواند ریزش برف را در منطقه به وجود آورد اما در صورت نداشتن رطوبت کافی با وجود سامانه‌های کم فشاری جبهه‌ای با گرادیان شدید فشاری و همچنین فرارفت های شدید هوای سرد و گرم بر روی منطقه باعث توفان‌های شدید شن و خاک شود. علاوه بر آن در این حالت فرارفت هوای سردی که با جبهه سرد فعال همراهی می‌کند، نسبتا شدید بوده و رطوبت کافی نداشته و سبب کاهش دید افقی و علت تداوم کمتر سرعت باد و کاهش دید افقی الگوی بهاره نسبت به الگوی تابستانه شده است. در تحلیل نقشه‌های باد در ارتفاع ۱۰ متری بالای سطح زمین نشان داده شده که دو جبهه سرد متوالی و یک خط همگرا در روز وقوع توفان از منطقه عبور کرده اند که با مراجعه نقشه‌های مورد مطالعه کاملا مشهود است، بنابراین در پیش بینی‌های جوی این منطقه نباید تشکیل این خط ها را از نظر دور داشت.

منابع

Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P. & Sturman, A. 2014. The 'wind of 120 days' and dust storm activity over the Sistan Basin. *Atmospheric Research*, 143: 328-341.

Goudie, A.S. & Middleton, N.J. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth-Science Reviews*56: 179–204.

Krishnamurti, T.N., Stefanova, L. & Misra, V. 2013. Tropical Meteorology: An introduction. Springer Verlag. New York.

,

علیجانی، ب و رئیس پور،ک. ۱۳۹۰. تحلیل آماری، همدیدی توفان‌های گردو خاک در جنوب شرق ایران(مطالعه ی موردی: منطقه ی سیستان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۵: ۱۰۷-۱۲۹ .

موسوی بایگی، م. و اشرف، ب. ۱۳۹۱. مطالعه وضعیت ناپایداری هوا و الگوهای سینوپتیکی موثر بر وقوع توفان‌های گرد و خاک (مطالعه موردی مشهد). *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای* ، ۱۸: ۲۷ -۴۳.

نوحی، ا. ۱۳۸۴. مطالعه و بررسی نقش تغییرات اقلیمی در تشدید یا کاهش پدیده اقلیمی توفان‌های گرد و خاک در جنوب شرق ایران. جلد۱. سازمان هواشناسی کشور، ایران.

The Synoptic Comparison of Severe dust Storms in the Spring and Summer in North of Sistan and Baluchistan Province

Barkhordar, S[1]., Moradi, M*[2]. & Arkian, F[3]
1, 3. Dept. of Meteorology, Islamic Azad University, Tehran North branch
2. Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran

Abstract
Dust storm is one of the most important climate phenomena in the east of Iran. Because the soil type of this area is fine aggregate, the appropriate wind velocity causes to rise of the particles and when the wind speed exceed than the certain threshold, suitable situation for dust and sand storms would provide. In this article to investigate the mentioned phenomenon we analyzed synoptic data from meteorological station in Zabol for the 15-years period from 1995 to 2010. To analyze the dust storm, Horizontal visibility less than 1000 m was defined as the index. Based on this definition, two of the most severe dust storms in spring and summer were chosen and by using the Synoptic data archives NCEP/ NCAR, Synoptic and dynamic conditions of the dust storms were investigated. The results showed that in the summer due to the thermal low pressure system over Pakistan accompanied by cold air advection in the North East of Iran, Causing an Intensive pressure gradient creation in the region and conditions for wind, exceed than the threshold, would be provided. In spring the a baroclinic atmospheric system with low humidity, and Relatively severe cold air advection accompanied by a active cold front, cause increases in wind speed, reducing horizontal visibility and creating dust storms in the east region of Iran.
Key words: Zabol weather station, dust storm, horizontal visibility, low heat, synoptic 120 days Winds

***** Corresponding author: Moradim36@gmail.com