

## بررسی ارتباط متقابل باد صدویست روزه سیستان و بادهای شرق خراسان

محمود خسروی\*

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

عباس مفیدی

استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

رویا پور کریم برآبادی

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی)، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۸

### چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی ارتباط بین بادهای شرق خراسان و باد صدویست روزه سیستان از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک (خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان) در طی دوره آماری ۲۰۱۱-۲۰۰۰ استفاده گردید. برای تحلیل‌های همبندی از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، جهت باد و تاوایی نسبی، برای ۱۴ روز از شدیدترین بادهای ایستگاه مینا(زابل) استفاده شده است. نتایج نشان داد جهت بادهای در منطقه خراسان، شمالی و تا رسیدن به منطقه‌ی سیستان تغییر جهت داده و شمال غربی می‌شود. این تغییر جهت تحت تأثیر عوامل توپوگرافی منطقه است. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل معرف این هستند که هسته پرفشار واقع بر روی دریای خزر و کم‌فشار پاکستان عامل اصلی به وجود آمدن بادهای صدویست روزه می‌باشند و تقویت کم‌فشار باعث تشدید بادهای می‌شود. نتایج داده‌های ایستگاهی نشان می‌دهد که جهت بادهای در منطقه مورد مطالعه باهم تفاوت دارند این تفاوت نیز در داده‌های جو بالا نیز مشاهده می‌شود. در محاسبه ضریب همبستگی پیرسون مشخص شد که به صورت هم‌زمان ایستگاه‌های قاین و تربت جام و با یک روز تأخیر ایستگاه کاشمر با ایستگاه زابل ارتباط دارند و با دو روز تأخیر هیچ‌گونه ارتباطی بین ایستگاه‌ها مشاهده نگردید.

واژگان کلیدی: تحلیل همبندی، شرق ایران، بادهای ۱۲۰ روزه، ناحیه‌ی سیستان.

### مقدمه

باد به جابجایی افقی هوا گفته می‌شود که سرعت وزش آن از یک متر بر ثانیه کمتر نباشد. در ایران پنج پهنه‌ی باد خیز دیده می‌شود که بسته به نحوه‌ی تشکیل و تکوین الگوهای منطقه‌ای فشار در بخش‌هایی از کشور در دوره زمانی معینی

پدید می‌آیند، به اوج می‌رسند و ناپدید می‌شوند (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۵۷). سرعت باد نسبت به ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند.

ویژگی‌های فیزیکی عوارض سطح زمین یکی از مهم‌ترین عواملی است که در سرعت باد تأثیر می‌گذارد. تغییر سرعت باد در مقیاس‌های زمانی بلندمدت ۳۰ تا ۵۰ سال بیشتر، به دلایل گوناگونی همچون تغییرات همدیدی در مقیاس‌های بلندمدت از دیگر عوامل مؤثر بر تغییرات سرعت باد به شمار می‌روند. عوامل انسانی مانند ایجاد تأسیسات و توسعه‌ی شهری، گرایش الگوهای ساخت‌وساز به سمت سازه‌های بلند و برج‌ها نیز در کاهش سرعت باد و انرژی آن در محدوده‌های شهری و در سطح زمین مؤثر می‌باشند (Robinson & Shin, 1997). الگوهای همدید و فشار می‌تواند محیط طبیعی را کنترل کند و تبیین‌کننده‌ی بسیاری از جریان‌های جوی در محیط باشند؛ بنابراین الگوهای همدیدی در تبیین و پیش‌بینی و حتی تعدیل حوادث محیطی نقش اول را دارد. اختلاف بین مراکز پرفشار و کم‌فشار منجر به حرکت هوا و باد می‌شود (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۴، ۱۴۳).

باد غالباً با دو ویژگی مشخص می‌شود: سرعت و جهت. سرعت باد شتابی است که توسط حجمی از هوایی که به‌طور افقی در اتمسفر حرکت می‌کند حاصل می‌شود. سرعت باد غالباً توسط بادسنج برحسب کیلومتر در ساعت، نات یا متر در ثانیه اندازه‌گیری می‌شود. جهت باد از سمتی که می‌وزد اندازه‌گیری می‌شود، مثلاً باد جنوبی بادی است که از جهت جنوب به شمال می‌وزد (جهانبخش و رضوی، ۱۳۸۸، ۱۲۵).

در رابطه با عملکرد باد می‌توان گفت از یک‌طرف دریافت انرژی خورشیدی بسیار قابل توجه است و از سوی دیگر اختلاف ارتفاع بین سطوح پست و ارتفاع‌های حاشیه‌ای باعث شده، همواره دشت‌ها گرم‌تر از کوه‌های مجاور باشند. در نتیجه‌ی این اختلاف دما، شیب فشار بین این سطوح بسیار زیاد بوده و منجر به وزش بادهای تقریباً مداوم روزانه یا فصلی از ارتفاع‌های به‌سوی دشت‌ها می‌شود. علاوه بر بادهای محلی و ناحیه‌ای، بادهای فرا ناحیه‌ای مانند باد صدویست روزه نیز که دارای فصل، جهت و شدت تقریباً ثابت و معینی هستند در ایجاد اشکال و فرآیندهای بیابانی کشور سهیم هستند (زمردیان، ۱۴۰ و ۱۳۸۱، ۱۴۱).

(Goudie & Midelton, 2006): در ارائه‌ی یک تصویر جهانی از مناطق دارای توفان‌های گردوغباری، وقوع توفان‌های گردوغباری تابستانه در خاورمیانه را ناشی از استقرار یک مرکز کم‌فشار در جنوب ایران و یک مرکز پرفشار نیمه دائمی بر جانب شمالی شبه‌جزیره عربستان و در پی آن پیدایش یک باد شدید و مداوم موسوم به باد شمال بر روی منطقه‌ای دانسته‌اند. در واقع گادی و میدلتون در تبیین الگوی گردشی حاکم بر وقوع توفان‌های گردوغباری در منطقه خاورمیانه از نتایج پژوهش ممبری در رابطه با باد شمال بهره‌جسته‌اند. اگر توفان‌های گردوغباری را نتیجه‌ی آشکار افزایش فعالیت‌های باد در مناطق خشک بدانیم (Goudie, 2008).

بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان از نظر پراکندگی زمانی و مکانی و سرعت وزش دارای تنوع زیادی است. ایستگاه زابل دارای سریع‌ترین بادهای قوی (بالاتر از ۸ گره) از ماه فوریه شروع شده و تا ماه نوامبر ادامه

می‌یابد (کاویانی، ۱۳۷۴). بررسی عوامل ژنتیکی بادهای صدویست روزه سیستان نشان داد توفان‌های سریع با سرعت حدود هشتاد نات در ثانیه هنگامی رخ می‌دهد که منطقه‌ی چرخندگی مثبت بادهای غربی در مجاورت زبانه‌ی کم‌فشار فرعی موسمی قرار می‌گیرد (خسروی و سلیقه، ۱۳۸۴، ۱). در عین حال بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان معروف‌ترین بادهای محلی ایران می‌باشند که از اواسط ماه می (اوایل خردادماه) تا اواسط ماه سپتامبر (اواخر شهریورماه) با جهت شمال غربی تا شمال شرقی در منطقه وسیعی از استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی می‌وزند (گندمکار و کیا رسی، ۱۳۸۵).

حیدری نسب (۱۳۸۶) با مطالعه‌ی نقش باد در ایجاد لند فرم‌های بادی در سیستان مشخص نمود که مهم‌ترین عوامل فرسایش در منطقه، باد است و عوامل دیگری نیز از جمله وجود یا عدم وجود آب، وضعیت زمین‌شناسی و رطوبت تأثیر دارند. همچنین نشان داد که لند فرم‌هایی که در منطقه وجود دارند عبارت‌اند از حفره‌های باد کنده، کلوتک، نیکا، تپه‌های ماسه‌ای گیر افتاده، برخان، ریپل مارک و پیکان ماسه‌ای.

در مطالعه‌ی توفان‌های گردوخاک منطقه‌ی سیستان را بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که با وقوع خشک‌سالی در منطقه‌ی سیستان و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی و خشک شدن دریاچه هامون و وجود بادهای ۱۲۰ روزه، شرایط مناسبی جهت فرسایش بادی و وقوع توفان‌های گردوخاک فراهم آمده است، پس از وقوع خشک‌سالی در منطقه‌ی سیستان، تعداد و شدت توفان‌های گردوخاک افزایش یافته است به طوری که تعداد روزهای با توفان گردوخاک از ۸ روز در سال ۱۳۷۷ به ۳۳ روز در سال ۱۳۷۸ و ۷۴ روز در سال ۱۳۸۰ افزایش یافته است (راشکی و همکاران، ۱۳۸۶، ۵۷).

در پژوهشی در استان خراسان رضوی لشکری (۱۳۸۷)، توفان‌های گردوخاک را مطالعه کرد و نتیجه گرفته که این توفان‌ها در نتیجه‌ی افزایش شیب فشار و شیب گرمایش دید بین کم‌فشار جنوب خراسان و افغانستان و پرفشار واقع بر روی دریای خزر و ترکمنستان صورت می‌گیرد. بنا بر نظر محقق، این اختلاف فشاری باعث وزش بادهای شدید به خصوص در نیمه‌ی جنوبی استان خراسان رضوی می‌شود.

سرعت وزش باد در دو ایستگاه ایران با دیگر ایستگاه‌ها تفاوت فاحشی دارد، این دو ایستگاه منجیل و زابل هستند. در زابل باد در فصل تابستان شدید است و در دیگر فصول از سرعت آن کاسته می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷).

در سطح جهان بررسی‌های زیادی در مورد بادهای شدید و توفان‌های گردوخاک و ماسه‌ای انجام شده از جمله (Orlovesky, 1962) توزیع زمانی و فضایی توفان‌های خاک و ماسه‌ای را در طی مهر و موم‌های ۱۹۳۶ تا ۱۹۶۰ مورد بررسی قرار داد. همچنین مطالعه مقدماتی (Midelton, 1989) از نحوه‌ی انتشار و ویژگی فصلی توفان‌های گرد و غبار نشان داد که جنوب عراق و کویت بالاترین تعداد حوادث گرد و غبار را دارند. توفان‌های گرد و غبار ناشی از شیو فشار، ویژگی‌هایی در مقیاس همدید هستند که می‌توانند گرد و غبار را در منطقه‌ی وسیعی در سراسر پاکستان و شمال غربی هند به هوا بلند کنند و اغلب برای چند روز ادامه داشته باشند.

خسروی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از توفان در سیستان ثابت کرد که بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان تا سطوح بالای ۳۰۰ هکتوپاسکال را غبار آلود می‌سازند و همچنین در شبانه‌روز حداکثر توزیع عمودی گرد و غبار در ساعت‌های میانی روز و حداقل آن در نیمه‌های شب است؛ و گندمکار (۱۳۸۹) بر اساس انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی سرعت و جهت روزانه وزش باد در ۱۲۰ ایستگاه سینوپتیک طی مهر و موم‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ کشور ایران به ۱۰ پهنه‌ی بادی مجزاً تقسیم شد.

طاووسی و رئیس پور (۱۳۸۹) در مقاله‌ی خود به تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های شدید با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل سری‌های جزئی در منطقه‌ی سیستان پرداخته‌اند، نتایج نشان داد که احتمال وقوع بالاترین سرعت توفان در یک دوره بازگشت صدساله در سیستان تا ۴۲ متر بر ثانیه پیش‌بینی می‌شود؛ بنابراین، در برنامه‌ریزی‌های محیطی و ایمن‌سازی سازه‌ها بایستی وقوع این مخاطره طبیعی را مدنظر قرارداد تا در صورت وقوع، آسیب‌های وارده به حداقل ممکن کاهش یابد.

همچنین مفیدی و کمالی (۱۳۹۱) در بررسی توفان گرد و غبار در دشت سیستان در تاریخ ۳۰ جولای ۲۰۱۱ پی بردند که در دو ایستگاه زابل و زهک بیشترین فراوانی ساعتی وقوع گردوخاک ساعت‌های آغازین روز است و ساعت‌های میانی روز کمترین میزان وقوع گرد و غبار را دارد. در مقیاس ماهانه در ماه‌های ژوئن و جولای فراوان‌ترین و ماه‌های ژانویه و فوریه کمترین وقوع گردوغبارها دیده می‌شود. فصل تابستان بیشینه‌ی وقوع گردوخاک در منطقه‌ی سیستان است.

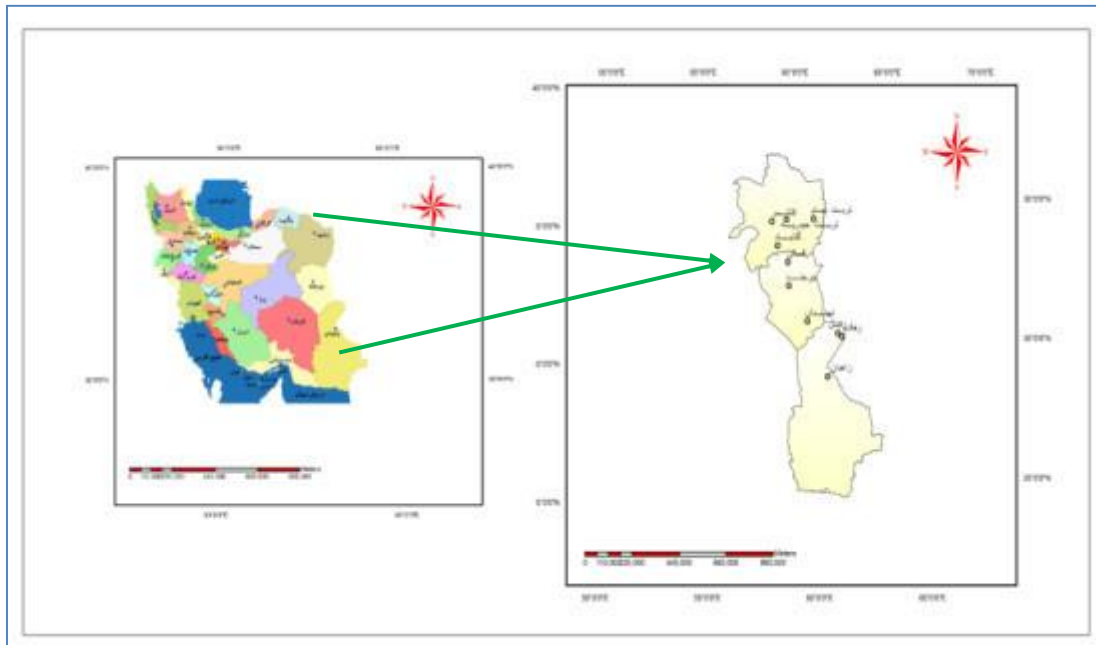
## داده‌ها و روش‌شناسی

### – معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه محدوده استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان است که با وسعتی معادل ۳۸۸۱۳۵/۵۵ کیلومترمربع حدود ۲۴/۶۷ درصد مساحت کشور را شامل می‌شود. استان خراسان رضوی از شمال به کشور ترکمنستان، از شمال غرب به خراسان شمالی، از شرق به کشورهای ترکمنستان و افغانستان، از جنوب به استان خراسان جنوبی و از غرب به استان‌های سمنان و یزد محدود می‌گردد. استان خراسان جنوبی از شمال به خراسان رضوی، از غرب به استان‌های یزد و کرمان و از جنوب با استان سیستان و بلوچستان همسایه است.

سیستان و بلوچستان جز پهناورترین استان‌های کشور بوده که در جنوب شرقی کشور و در جوار دریای عمان و همسایگی افغانستان و پاکستان قرار داشته که دارای ۳۰۰ کیلومتر مرز آبی با دریای عمان در جنوب، ۱۸۰۰ کیلومتر مرز خاکی با کشورهای پاکستان و افغانستان در شرق و نیز استان‌های خراسان در شمال، کرمان و هرمزگان در غرب می‌باشد (خاک سفیدی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۹).

منطقه‌ی مورد مطالعه از ۳: ۲۵ تا ۵۲: ۳۳ عرض شمالی و از ۱۹: ۵۶ تا ۴۷: ۵۸ طول جغرافیایی گسترده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

#### – داده‌ها

جهت انجام این پژوهش، شمال شرق و شرق کشور در محدوده‌ی استان‌های (خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان) انتخاب شده است. پارامترهای آب‌وهوایی مورد استفاده در این مطالعه شامل میانگین سرعت و جهت باد است، این آمار برای ده ایستگاه سینوپتیکی که در منطقه مورد نظر وجود داشت از سازمان هواشناسی کشور طی دوره‌ی آماری (۲۰۱۱-۲۰۰۰) اخذ شده است. این ایستگاه‌ها شامل زابل، زاهدان و زهک در سیستان و بلوچستان، تربت‌جام، تربت‌حیدریه، کاشمر و گناباد در استان خراسان رضوی و بیرجند، قاین و نهبندان در استان خراسان جنوبی می‌باشد.

علاوه بر داده‌های ایستگاهی، داده‌های جو بالا شامل متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال طی روزهای نمونه، فشار هوا در تراز دریا برحسب هکتوپاسکال و مؤلفه‌ی باد مدارى (u) و مؤلفه‌ی باد نصف‌النهارى (v) برحسب متر بر ثانیه جهت ترسیم نقشه‌ها استفاده شد. متغیرهای جو، داده‌های آن از تارنمای<sup>۱</sup> مربوط به آزمایشگاه پژوهش‌های سامانه‌ی زمین<sup>۲</sup> وابسته به سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده آمریکا برداشت گردید. این داده‌ها دارای تفکیک مکانی ۲/۵\*۲/۵ درجه قوسی به صورت شبکه‌بندی قرار دارند. نقشه‌های سطوح فوقانی جو برای ترازهای مختلف ۱۷ گانه‌ی جو از ۱۰۰۰ تا ۱۰ هکتوپاسکال تهیه می‌شوند. در نقشه‌های سطوح فوقانی جو برخلاف نقشه‌های تراز دریا ارتفاع سطح هم‌فشار متغیر، اما مقدار فشار ثابت محسوب شده است. متداول‌ترین نقشه‌های سطوح فوقانی جو، نقشه‌های تراز ۸۵۰ خصوصاً تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (که متغیرترین و درعین‌حال مهم‌ترین تراز جو است)

<sup>1</sup>. www.esrl.noaa.gov

<sup>2</sup>. NOAA Earth System Research Laboratory

هستند در ادامه، به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات مورد نیاز در مسائل آماری و ترسیم از نرم افزارهای Excel, Spss و Grads استفاده شده است.

### – روش شناسی پژوهش

داده‌ها وارد محیط Excel شدند و ایستگاه زابل به عنوان ایستگاه پایه در این پژوهش مورد استفاده قرار گیرد به دلیل اینکه زابل در دشت سیستان واقع شده و شدیدترین بادهای در آنجا اتفاق می‌افتد. برای انجام این کار داده‌های ایستگاه زابل Sort شدند و سپس با فیلتر کردن و انتخاب بالاترین بادهای در این ایستگاه در دوره‌ی آماری، روزهای نمونه انتخاب گردید؛ و کارهای آماری از جمله ضریب همبستگی پیرسون بر روی داده‌ها انجام شد.

جدول ۱: ضریب همبستگی پیرسون بین ایستگاه مینا (زابل) و سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه

گناباد	تریت جام	تریت حیدریه	کاشمر	نهبندان	بیرجند	قاین	زهک	زاهدان	ایستگاه	
									تاخیر زمانی	ایستگاه مینا زابل
۰/۲۵۹	**۰/۸۰۰	۰/۲۷۹	-۰/۴۲۷	۰/۱۳۴	۰/۳۶۲	**۰/۶۳۱	۰/۲۷۲	-۰/۵۱۸	هم‌زمان	
۰/۳۷۲	۰/۰۰۱	۰/۳۳۴	۰/۱۲۸	۰/۶۴۸	۰/۲۰۳	۰/۰۱۶	۰/۳۴۶	۰/۰۵۸	Sig	
۰/۲۲۶	**۰/۶۸۵	۰/۵۳۷	-۰/۲۳۷	-۰/۰۹۶	**۰/۶۰۸	۰/۱۷۰	۰/۱۸۸	-۰/۴۳۰	یک‌روز تاخیر	
۰/۴۵۸	۰/۰۱۰	۰/۰۵۸	۰/۴۳۵	۰/۷۵۵	۰/۰۲۷	۰/۵۷۸	۰/۵۳۹	۰/۱۴۳	sig	
۰/۲۵۵	۰/۲۳۸	۰/۰۳۰	-۰/۰۴۱	-۰/۰۵۸	-۰/۳۱۴	۰/۳۶۰	۰/۰۵۴	-۰/۳۰۷	دو روز تاخیر	
۰/۴۲۴	۰/۴۵۷	۰/۹۲۷	۰/۸۹۹	۰/۸۵۸	۰/۳۲۰	۰/۲۵۰	۰/۸۶۷	۰/۳۳۲	Sig	

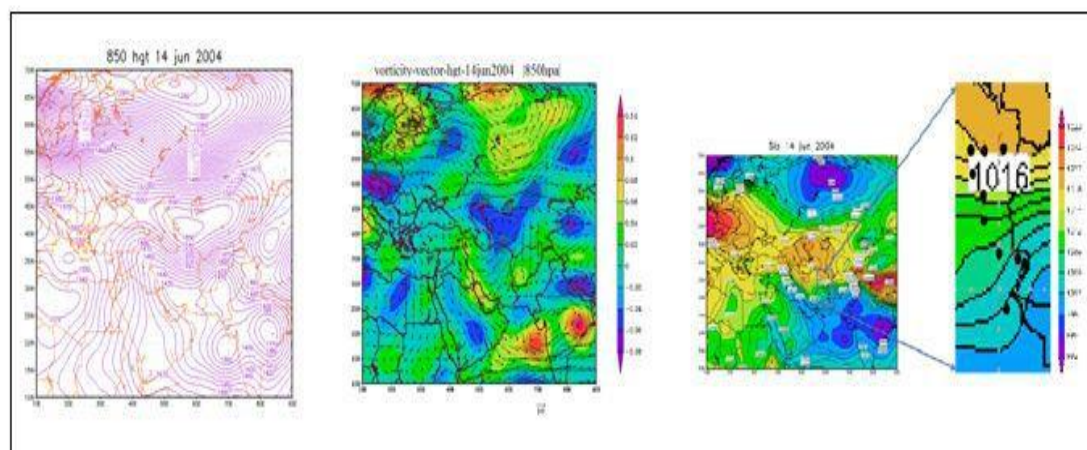
برای ترسیم نقشه‌های همیدی، داده‌های مربوط به متغیرهای جوی در بازه زمانی (۲۰۰۰-۲۰۱۱) اخذ گردیده است در این پژوهش از داده‌های جوی ۲/۵ در ۲/۵ درجه‌ی قوسی در ۱۰ تا ۷۰ درجه‌ی عرض جغرافیایی و ۱۰ تا ۹۰ درجه‌ی طول جغرافیایی استفاده شده است. هدف از انتخاب این محدوده‌ی مکانی به این دلیل بوده که می‌تواند پدیده‌ی مذکور را در منطقه‌ی مورد مطالعه به خوبی نشان دهد.

نقشه‌های سطح زمین، جهت و شدت باد و ارتفاع ژئوپتانسیل با استفاده از نرم‌افزار گرس ترسیم شد. با توجه به این که جو زمین پدیده‌ای سه بعدی است، برای مطالعه‌ی بعد سوم یعنی ارتفاع جو نقشه‌های گوناگونی تهیه می‌شود. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، نقشه‌های دما، رطوبت، باد مداری و نصف‌النهاری و نقشه‌های ضخامت از مهم‌ترین نقشه‌های جو فوقانی می‌باشند. البته تهیه نقشه برای سطوح فوقانی جو بستگی به حجم و نوع داده‌های لازم متفاوت

است. تحلیل نقشه‌های سطوح فوقانی جو نیازمند اطلاعات کافی از پدیده‌های همدید عرض‌های مختلف جغرافیایی مانند جبهه قطبی، رود باد جبهه قطبی، رود باد جنب حاره و بادهای غربی می‌باشد.

## نتایج و بحث

شکل (۲) وضعیت متوسط روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را برای روز ۱۴ ژوئن ۲۰۰۴ نشان می‌دهد. در این روز شکل‌گیری یک مرکز پر ارتفاع بر جانب شرقی دریای خزر از یک سو و تشکیل مجموعه‌ای از مراکز کم ارتفاع در حفاصل غرب خلیج بنگال تا جنوب و شرق دشت سیستان از سوی دیگر، شیب فشار قابل ملاحظه‌ای را در محدوده‌ی مرزهای شرقی ایران ایجاد نموده‌اند. استقرار هم‌زمان مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۵۵۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر بر جانب شرقی دریای خزر و مرکز کم ارتفاع با کمینه‌ی ۱۴۷۰ ژئوپتانسیل متر بر جانب شرقی دشت سیستان ضمن ایجاد شیب قابل ملاحظه‌ی فشار بر روی منطقه، بادهای شمالی شدیدی را در شرق فلات ایران موجب گردیده است. نحوه‌ی قرارگیری خطوط ارتفاعی و فشردگی آن‌ها در مرزهای شرقی کشور به‌خوبی بیانگر جهت وزش باد و شدت بالای آن در این منطقه می‌باشد. همچنین جهت وزش باد در قسمت‌های شمالی خراسان شمال شرقی و بعد تا رسیدن به منطقه‌ی سیستان شرقی می‌شود؛ و تاوایی منفی در روی دریای خزر وجود دارد. لازم به ذکر است که در روز ۱۴ ژوئن ۲۰۰۴ حداکثر سرعت باد در ایستگاه مینا (زابل) ۲۸ متر بر ثانیه و جهت باد ۳۳۰ درجه بوده است و بر اساس نقشه‌ی سطح زمین یک مرکز پرفشار با هسته مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر تشکیل شده که زبانه‌های آن تا شمال شرق ایران کشیده شده است و یک مرکز کم‌فشار با هسته مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی پاکستان شکل گرفته است. با توجه به هدف این پژوهش الگوهای همدیدی در هر دو منطقه یکسان بوده و روی شکل-گیری بادهای با سرعت بالا پرفشار روی دریای خزر و کم‌فشار روی پاکستان مؤثر است.

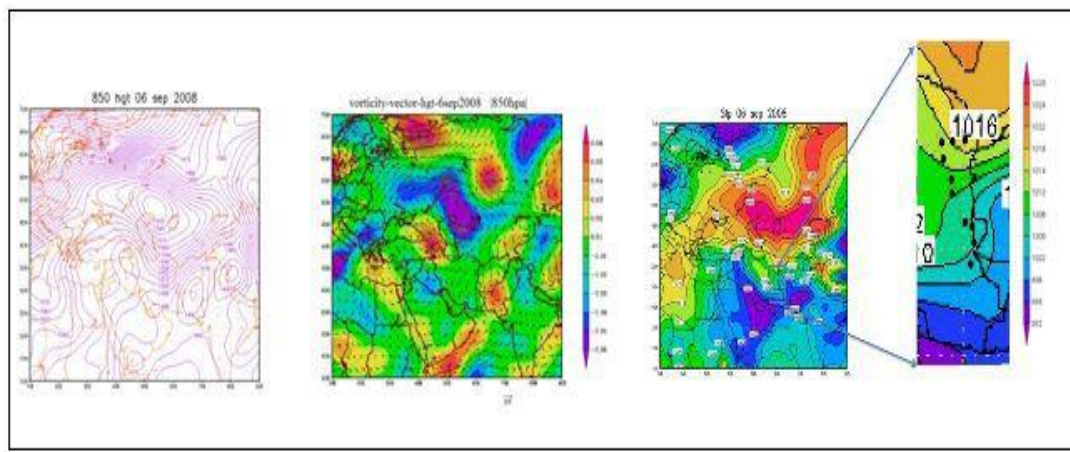


شکل ۲: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین روز ۱۴ ژوئن ۲۰۰۴

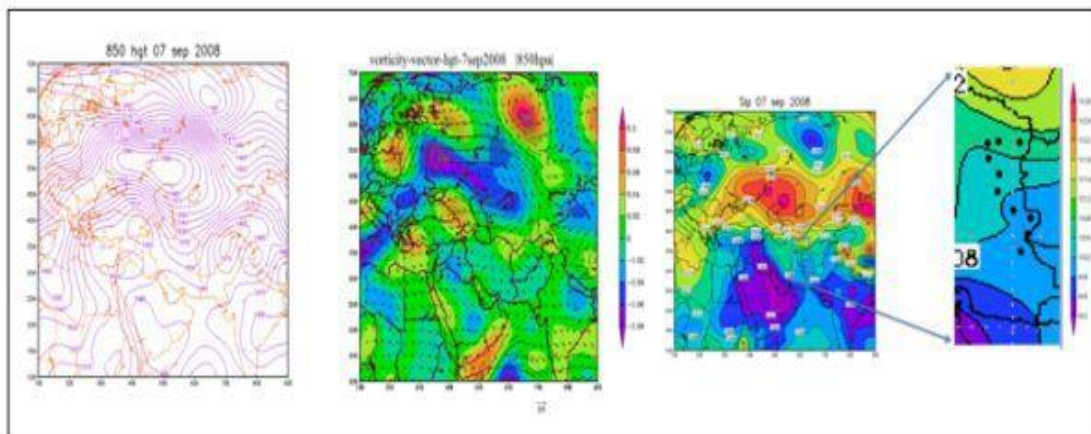
شکل (۳ و ۴) نقشه ترکیبی میانگین روزانه‌ی سه فرا سنج مختلف جوئی شامل ارتفاع ژئو پتانسیل، جهت باد و تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را برای روز ۶ ام و ۷ ام سپتامبر سال ۲۰۰۸ میلادی نشان می‌دهد. در نقشه‌ی میانگین روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک هسته‌ی پر ارتفاع در شمال دریای خزر تشکیل شده و زبانه‌های آن تا نواحی جنوب ایران کشیده شده است و یک هسته‌ی کم ارتفاع بر روی ایالت بلوچستان پاکستان تا جنوب افغانستان تشکیل شده و تا نواحی مرزی ایران در جنوب شرق گسترش یافته است. استقرار هم‌زمان مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۶۰۰ ژئو پتانسیل متر در شمال دریای خزر و کم ارتفاع با کمینه‌ی ۱۴۵۰ ژئو پتانسیل متر بر جنوب شرقی منطقه‌ی سیستان، زمینه‌ساز شکل‌گیری باد شدید مورخه ۶ ام سپتامبر سال ۲۰۰۸ میلادی را فراهم کرده است. نقشه‌ی تاوایی نسبی همین روز نیز بیانگر وجود تاوایی منفی (پرفشار) در شمال شرق دریای خزر و تاوایی مثبت (کم‌فشار) در منطقه‌ی وسیعی از جنوب پاکستان تا جنوب شرق افغانستان و شرق منطقه‌ی سیستان می‌باشد. بر اساس نقشه‌ی فشار سطح زمین نیز، یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۲۳ هکتوپاسکال در مختصات ۶۰ درجه‌ی طول شرقی و ۴۵ درجه‌ی عرض شمالی جغرافیایی قرار دارد و یک سامانه کم‌فشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۰۱ هکتوپاسکال بر روی جنوب پاکستان تشکیل شده است. این وضعیت منجر به شکل‌گیری جریان بادی با سرعت حدود ۱۰۵ کیلومتر در ساعت و جهت تقریباً شمالی (N) در منطقه‌ی سیستان (ایستگاه زابل) شده است که پس از رسیدن به شهرستان زاهدان سرعت آن به ۱۰۸ کیلومتر بر ساعت رسید. در روز ۶ سپتامبر ۲۰۰۸ نیز الگوهای همدیدی در هر دو منطقه یکسان است و عامل به وجود آورنده‌ی بادهای در هر دو منطقه پرفشار دریای خزر و کم‌فشار روی پاکستان است.

در روز ۷ ام مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۵۹۰ ژئو پتانسیل متر در شمال دریای خزر و مرکز کم ارتفاع با کمینه‌ی ارتفاع منحنی مرکزی ۱۴۷۰ ژئو پتانسیل متر در قسمت شرقی دشت سیستان، ضمن ایجاد شیب قابل‌ملاحظه فشار بر روی منطقه، بادهایی را با امتداد شمال غربی (NW) در شرق فلات ایران موجب گردیده است نحوه‌ی استقرار خطوط ارتفاعی و میزان بالای فشردگی آن‌ها بر روی مرزهای شرقی کشور، بیانگر جهت وزش باد و سرعت بالای باد در این منطقه می‌باشد. بر اساس نقشه‌ی تاوایی نسبی، میزان منفی تاوایی نسبی در شمال دریای خزر و مقدار منفی آن در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز مؤید هسته‌های پایدار و ناپایدار و برقراری شیب ارتباط فشار بین آن‌ها می‌باشد. این وضعیت باعث شده که جریان بادی بین دو منطقه‌ی مذکور با شدت و سرعت بالایی برقرار گردد. بر اساس نقشه‌ی سطح زمین نیز یک مرکز پرفشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر تشکیل شده که زبانه‌های آن تا شمال شرق ایران کشیده شده است و در همین زمان بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه سیستم کم‌فشار حاکم می‌باشد. این وضعیت بیانگر هماهنگی سیستم‌های فشار مذکور با سیستم‌های فشار تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال می‌باشد. به عبارتی دیگر سیستم‌های فشار سطح زمین با گسترش قائم تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز امتداد یافته‌اند که این وضعیت شرایط را برای رخداد جریان بادی با سرعت ۳۲ متر بر ثانیه در راستای شمال غربی گردیده است.





شکل ۳: نقشه ارتفاع ژئو پتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۶ سپتامبر ۲۰۰۸

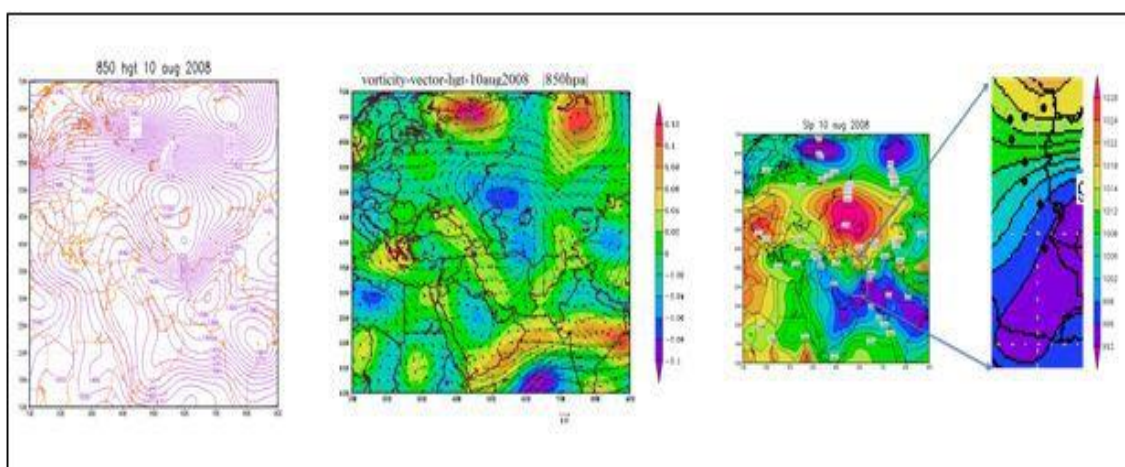


شکل ۴: نقشه ارتفاع ژئو پتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۷ سپتامبر ۲۰۰۸

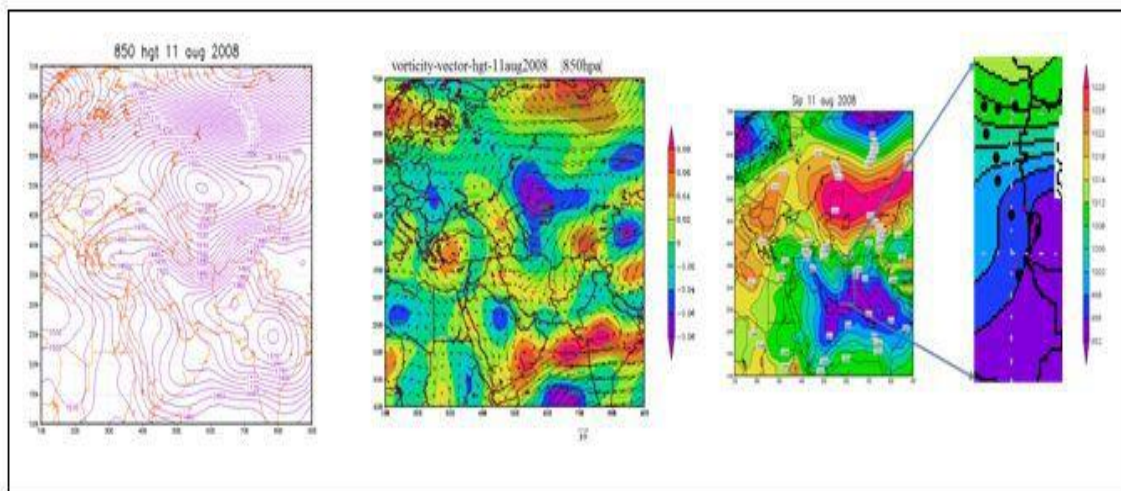
شکل (۵) نقشه‌ی ترکیبی سه متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت باد و تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۰ آگوست ۲۰۰۸ میلادی نشان می‌دهد. بر اساس نقشه‌ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک سامانه‌ی پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۵۵۰ ژئو پتانسیل متر در شمال دریای خزر و دو مرکز کم ارتفاع که یکی با کمینه‌ی ارتفاعی ۱۳۶۰ ژئو پتانسیل متر بر روی خلیج بنگال و دیگری با منحنی پربندی هسته‌ی مرکزی ۱۳۷۰ ژئو پتانسیل متر ژئو پتانسیل متر بر روی منطقه‌ی مرزی مشترک میان ایران - پاکستان و افغانستان مستقر شده‌اند. برقراری این شرایط باعث شده تا شیب قابل ملاحظه‌ی از فشار بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه ایجاد گردیده و جریان بادی با سرعت حدود ۳۰ متر بر ثانیه (۱۰۸ کیلومتر در ساعت) و راستای شمال شرقی در شمال شرق ایران برقرار شده که پس از رسیدن به منطقه تا اندازه‌ای تغییر جهت داده و هنگام رسیدن به منطقه‌ی سیستان جهتی شمالی می‌یابد. الگوهای تاوایی نسبی نیز به نحو مطلوبی این وضعیت را تأیید

نموده و بیانگر اختلاف فشار بین دو منطقه مذکور و برقراری جریان باد می‌باشند. بر اساس نقشه‌ی سطح زمین نیز هسته کم‌فشار موسمی با فشار مرکزی ۹۹۲ هکتوپاسکال بر روی خلیج بنگال مستقر بوده و با گسترش به سمت غرب با تنگه هرمز گسترده شده است. در این روز بخش جنوبی پاکستان به همراه جنوب شرق ایران تحت سیطره‌ی سیستم کم‌فشار یادشده می‌باشد. در همین زمان یک هسته پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر شکل گرفته است. نحوه‌ی استقرار الگوهای فشار یادشده و بالا بودن میزان اختلاف فشار بین آن‌ها شرایط را برای رخداد جریان بادی با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت از سمت شمال غربی (NNW) فراهم نموده است. لارم به ذکر است که سرعت باد در این روز ۲۹ متر بر ثانیه و جهت آن ۳۵۰ درجه بوده است.

شکل (۶) نقشه‌ی ترکیبی سه متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت باد و تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در روز (۱۱) آگوست ۲۰۰۸ میلادی) نشان می‌دهد، بر اساس نقشه‌ی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک هسته‌ی پر ارتفاع در مختصات جغرافیایی ۵۵ درجه طول شرقی و ۵۰ درجه عرض شمالی شکل گرفته و زبانه‌های آن تا شمال شرق ایران کشیده شده است. این هسته نسبت به روز قبل (۱۰ آگوست ۲۰۰۸) به عرض‌های بالاتر عقب‌نشینی کرده و هم‌زمان یک سامانه کم ارتفاع ۱۳۷۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر از خلیج بنگال تا مرکز خلیج فارس گسترش یافته است و نسبت به روز قبل از قدرت و گستره‌ی بیشتری برخوردار شده است. این وضعیت باعث گردیده که جریان باد شدیدتری نسبت به روز قبل در منطقه‌ی مورد مطالعه برقرار گردد. بر اساس نقشه‌ی تاوایی نسبی، میزان تاوایی در شمال دریای خزر منفی و بر روی گستره‌ای از خلیج بنگال تا جنوب ایران مثبت می‌باشد. برقراری چنین شرایطی زمینه را برای رخداد جریان باد شدیدی با سرعت ۳۲ متر بر ثانیه (حدود ۱۱۰ کیلومتر در ساعت) با جهتی شمال شرقی به سمت منطقه‌ی سیستان فراهم کرده که پس از رسیدن به این منطقه در راستای شمال غربی تغییر جهت داده و همچنان تا رسیدن به دریای عمان به حفظ وضعیت موجود ادامه می‌دهد. در این روز نیز الگوی همیدی در دو منطقه یکسان است.

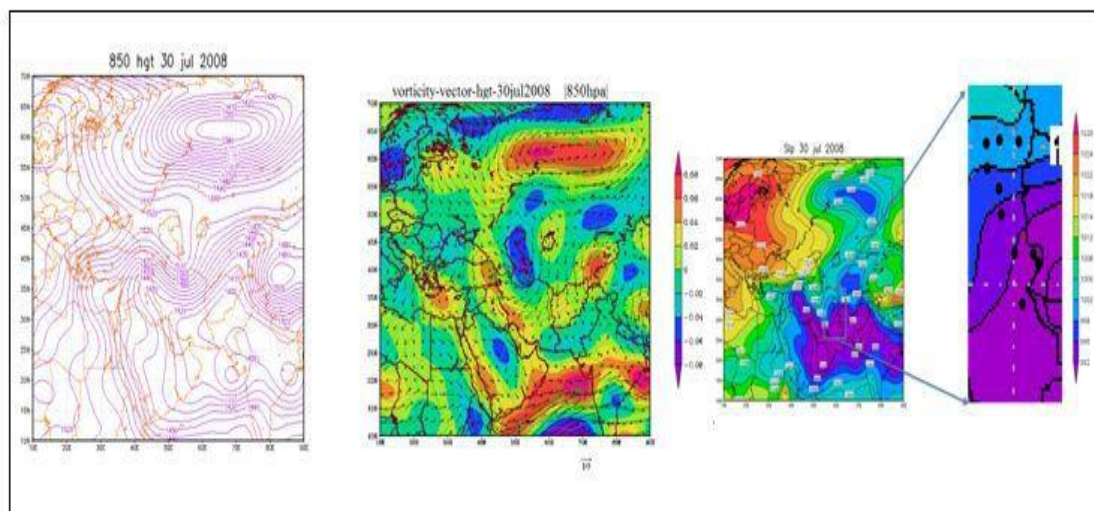


شکل ۵: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۱۰ آگوست ۲۰۰۸



شکل ۶: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۱۱ آگوست ۲۰۰۸

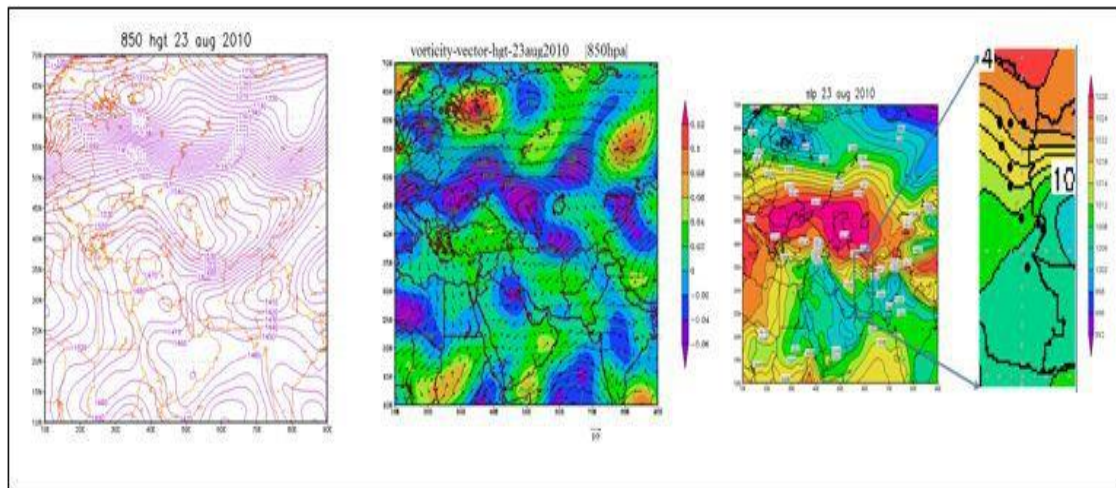
شکل (۷) نقشه‌ی ترکیبی سه متغیر ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت باد و تاوایی نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۳۰ جولای ۲۰۰۸ میلادی نشان می‌دهد. بر اساس نقشه‌ی سطح زمین در روز ۳۰ جولای یک مرکز کم‌فشار با دو هسته‌ی مرکزی که یک هسته بر روی پاکستان با فشار مرکزی ۹۹۶ هکتوپاسکال تشکیل شده که نواحی شرق ایران را تحت تأثیر قرار داده است. هسته‌ی دیگر آن با فشار مرکزی ۹۹۴ هکتوپاسکال در جنوب خلیج فارس و دریای عمان شکل گرفته که تمام نواحی جنوب و جنوب غرب ایران را در بر گرفته است. در نقشه‌ی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال یک مرکز کم ارتفاع ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر بر روی پاکستان تشکیل شده و زبانه‌های آن نیمه جنوبی ایران را تحت تأثیر قرار داده است، حرکت باد ساعت گرد در این هسته سبب ایجاد ناپایداری و وزش باد در منطقه مورد مطالعه می‌شود، جهت باد شمالی است که تا رسیدن به منطقه مورد مطالعه شمال غربی می‌شود، تاوایی منفی در شمال دریای خزر و تاوایی مثبت بر روی دریای غرب تشکیل شده است. شدت باد در این روز در ایستگاه مبنا زابل ۲۹ متر بر ثانیه و جهت باد ۲۹ متر بر ثانیه بوده است.



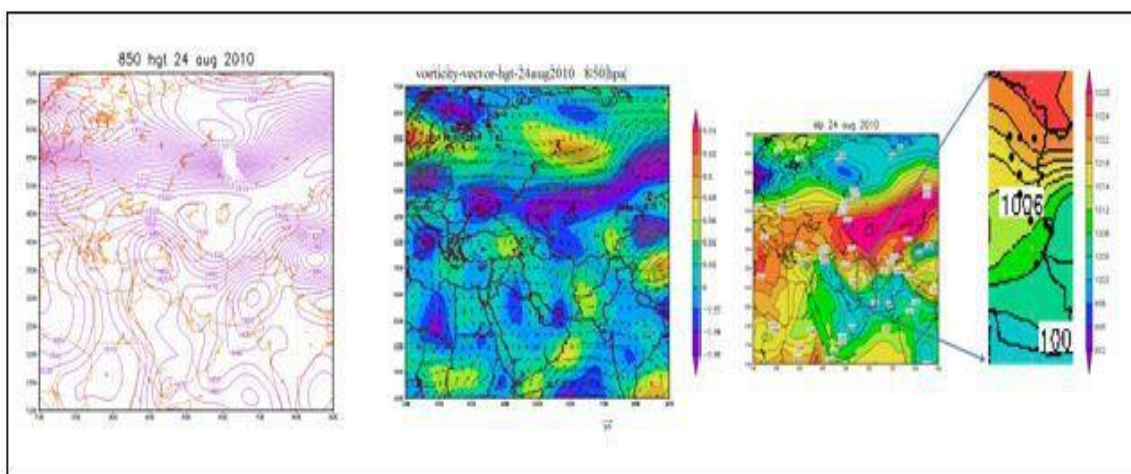
شکل ۷: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۳۰ جولای ۲۰۰۸

شکل (۸) روز ۲۳ آگوست ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد در این روز شکل‌گیری یک مرکز پر ارتفاع بر جانب شمالی دریای خزر از یک سو و تشکیل مجموعه‌ای از مراکز کم ارتفاع در حد فاصل غرب پاکستان تا جنوب و شرق دشت سیستان از سوی دیگر، شیب فشار قابل‌ملاحظه‌ای را در محدوده‌ی مرزهای شرقی ایران ایجاد کرده‌اند. استقرار هم‌زمان مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۵۵۰ ژئوپتانسیل متر بر شمال دریای خزر و مرکز کم ارتفاع با کمینه‌ی ۱۴۱۰ ژئوپتانسیل متر بر جانب شرقی دشت سیستان ضمن ایجاد شیب قابل‌ملاحظه فشار بر روی منطقه‌ی، بادهای شدیدی را در شرق فلات ایران موجب شده است. جهت وزش باد شمالی است و با رسیدن به منطقه‌ی مورد مطالعه شمال‌غربی می‌شود و تاوایی منفی در شمال دریای خزر وجود دارد و همچنین بر اساس نقشه‌ی سطح زمین در روز ۲۳ آگوست ۲۰۱۰ یک مرکز پرفشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر تشکیل شده و یک مرکز کم‌فشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی پاکستان شکل گرفته است. تقابل این مرکز کم‌فشار و پرفشار باعث وزش باد شدید در منطقه می‌شود. لازم به ذکر است که در روز ۲۳ آگوست ۲۰۱۰ حداکثر سرعت باد در ایستگاه مینا (زابل) ۲۸ متر بر ثانیه و جهت باد ۳۳۰ درجه بوده است. شکل (۹) روز ۲۴ ام آگوست ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد، بر طبق نقشه‌ی فشار در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز پر ارتفاع همانند روز ۲۳ آگوست با بیشینه‌ی ۱۵۳۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر در شمال دریای خزر وجود دارد و مرکز ارتفاع پاکستان با کمینه‌ی ۱۴۱۰ به عرض‌های جغرافیایی بالاتر صعود پیدا کرده است فشردگی خطوط شدت وزش باد را نشان می‌دهد، جهت باد در منطقه‌ی مورد مطالعه شمال‌غربی است. تاوایی منفی در شمال دریای خزر می‌باشد، بر اساس نقشه‌ی سطح زمین همانند روز قبل مرکز پرفشار در شمال دریای خزر با هسته‌ی مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال وجود دارد و هسته‌ی کم‌فشار ۹۹۶ هکتوپاسکال شکل یافته است تقابل مراکز پرفشار و کم‌فشار باعث به وجود آمدن بادهای شدید در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌شود. لازم به ذکر است که سرعت باد در ایستگاه مینا

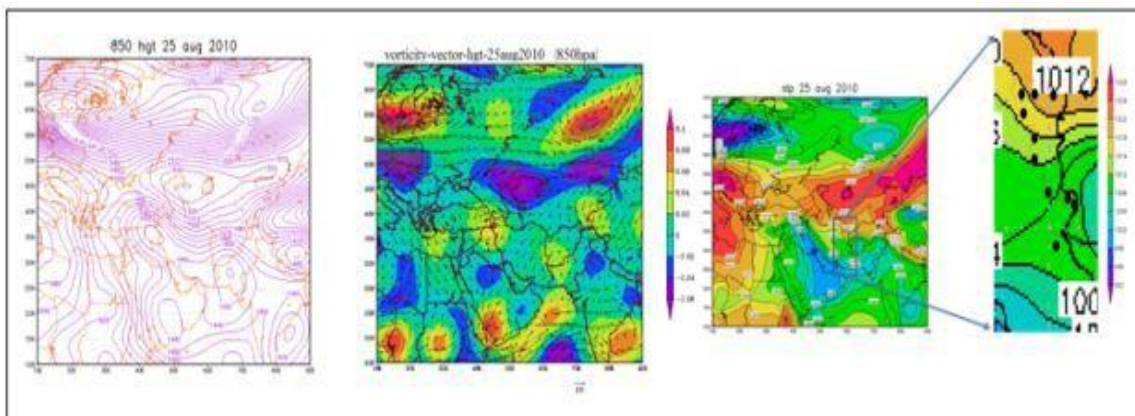
۲۹ (زابل) متر بر ثانیه و جهت باد ۳۲۰ درجه است. شکل (۱۰) روز ۲۵ ام آگوست را نشان می‌دهد، بر اساس نقشه‌ی سطح زمین مرکز پرفشار واقع بر روی دریای خزر نسبت به روز قبل (۲۴ آگوست ۲۰۱۰) به عرض‌های جغرافیایی بالاتر رفته است و مرکز کم‌فشار واقع بر روی پاکستان از بین رفته است. بر اساس نقشه‌ی فشار سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز پر ارتفاع ۱۵۱۰ ژئوپتانسیل متری در شمال دریای خزر شکل یافته که زبانه‌های آن تا نواحی شرق ایران را در بر گرفته است و هسته‌ی کم ارتفاع ۱۴۲۰ ژئوپتانسیل متری بر روی پاکستان شکل یافته است و زبانه‌های آن تا غرب کشور کشیده شده است. فشردگی خطوط بیانگر شدت وزش باد در منطقه می‌باشد که نسبت به روز قبل افزایش یافته است، جهت وزش باد شمالی است. تاوایی منفی بر روی دریای خزر (پرفشار) وجود دارد. لازم به یادآوری است که سرعت وزش باد در روز ۲۵ آگوست ۲۰۱۰ در ایستگاه مینا (زابل) ۳۱ متر بر ثانیه و جهت باد ۳۳۰ درجه بوده است.



شکل ۸: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۲۳ آگوست ۲۰۱۰

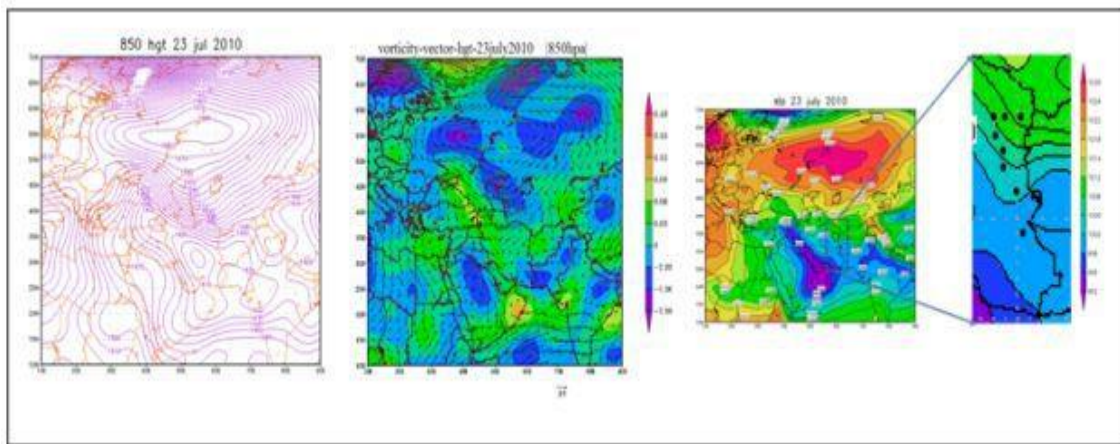


شکل ۹: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۲۴ آگوست ۲۰۱۰

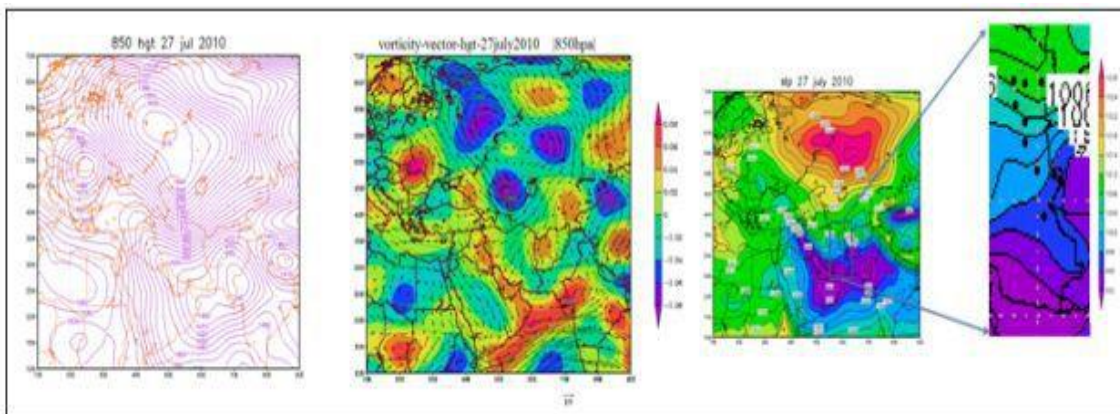


شکل ۱۰: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقشه فشار سطح زمین جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۲۵ آگوست ۲۰۱۰

شکل (۱۱) وضعیت متوسط روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت باد و تاوایی نسبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و همچنین نقشه‌ی فشار سطح زمین را برای روز ۲۳ جولای ۲۰۱۰ نشان می‌دهد در نقشه متوسط روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل روز یک مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ۱۵۸۰ ژئوپتانسیل متر در شمال دریای خزر تشکیل شده که منحنی‌های آن تا شرق کشور کشیده شده است، فشردگی خطوط بیانگر شدت بالای باد در منطقه می‌باشد و همچنین مرکز کم ارتفاع در داخل فلات مرکزی ایران با کمینه‌ی ارتفاعی ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر شکل یافته است. جهت باد شمال-شرقی است که تا رسیدن به منطقه‌ی مورد مطالعه شمالی است. مقدار تاوایی منفی بر روی دریای خزر و پاکستان (۰/۰۶) می‌باشد. در نقشه‌ی سطح زمین مرکز پرفشار در بالای دریای خزر (روسیه) با هسته مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال شکل یافته و مرکز کم‌فشار با هسته‌ی مرکزی ۹۹۴ هکتوپاسکال بر روی پاکستان تشکیل شده است. لازم به ذکر است سرعت وزش باد در ایستگاه مبنا (زابل)، ۲۸ متر بر ثانیه است و جهت وزش باد ۳۳۰ درجه می‌باشد. شکل (۱۲) بیانگر نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت باد و تاوایی نسبی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه‌ی سطح زمین در روز (۲۷ جولای ۲۰۱۰) می‌باشد بر طبق نقشه‌ی فشار در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال تشکیل مرکز پر ارتفاع در بالای دریای خزر با بیشینه-ی ۱۶۱۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر را نشان می‌دهد که منحنی‌های آن تا نواحی جنوب کشور را در برمی‌گیرد فشردگی خطوط و منحنی‌ها به‌خوبی بیانگر شدت باد در قسمت شرق کشور می‌باشد و مرکز کم ارتفاع در جنوب پاکستان با کمینه‌ی ۱۳۹۰ ژئوپتانسیل متر می‌باشد، تقابل این دو مرکز کم ارتفاع و پر ارتفاع باعث به وجود آمدن باد شدید در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌شود. جهت باد شمال شرقی است که تا رسیدن به منطقه‌ی مورد مطالعه شمالی می‌شود. تاوایی مثبت (کم‌فشار) واقع بر روی دریای خزر و تاوایی مثبت واقع بر روی شبه قاره‌ی هند می‌باشد. نقشه‌ی سطح زمین مرکز پرفشار واقع بر روی شبه قاره‌ی هند با فشار مرکزی ۱۰۲۶ هکتوپاسکال تشکیل شده است، مرکز کم‌فشار واقع بر روی خلیج بنگال با هسته مرکزی ۹۹۴ هکتوپاسکال می‌باشد، تقابل کم‌فشار و پرفشار باعث وزش باد در منطقه می‌شود، سرعت باد ۲۸ متر بر ثانیه و جهت آن ۳۲۰ درجه است.

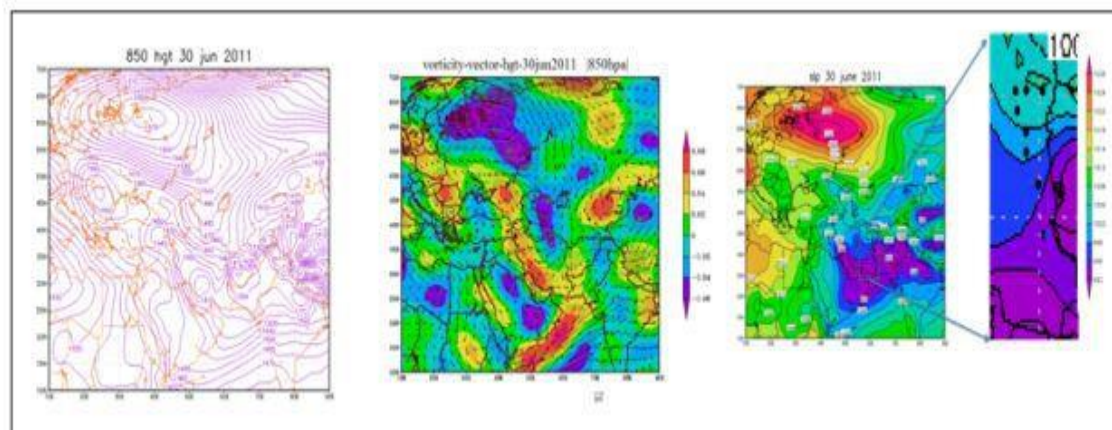


شکل ۱۱: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۲۳ جولای ۲۰۱۰



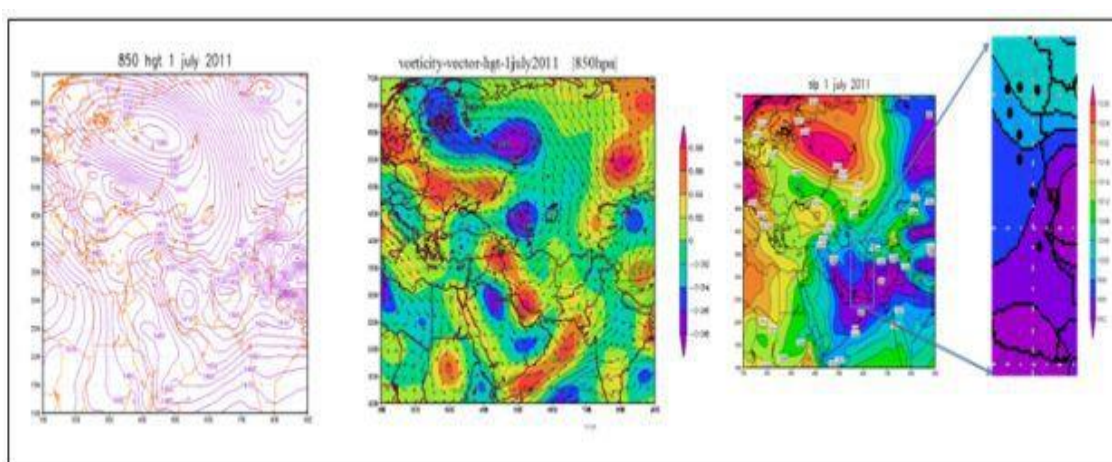
شکل ۱۲: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۲۷ جولای ۲۰۱۰

شکل (۱۳) بیانگر نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت باد و تاوایی نسبی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه‌ی سطح زمین در روز ۳۰ ژوئن ۲۰۱۱ می‌باشد در نقشه‌ی متوسط روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل، هسته پر ارتفاع در غرب روسیه شکل یافته که زبانه‌های آن تا نواحی شرق کشور را تحت تأثیر قرار داده است. هسته‌ی کم ارتفاع در شمال پاکستان تشکیل شده است، هسته‌ی پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاعی ۱۵۷۰ ژئوپتانسیل متر در غرب روسیه و هسته کم ارتفاع با کمینه‌ی ارتفاعی ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر در شمال پاکستان وجود دارد. تقابل مرکز کم‌فشار و پرفشار باعث به وجود آمدن باد در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌شود. جهت باد شمال شرقی است که تا رسیدن به منطقه مورد مطالعه تغییر جهت داده و غربی می‌شود. مقدار تاوایی منفی در شمال دریای خزر (-۰/۰۶) و در خلیج بنگال (-۰/۰۲) می‌باشد. در نقشه‌ی سطح زمین مرکز پرفشار با هسته‌ی مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال در شمال روسیه شکل یافته و هسته‌ی کم‌فشار با هسته مرکزی ۹۹۶ هکتوپاسکال در شمال پاکستان تشکیل شده است. لازم به یادآوری است که سرعت وزش باد در ایستگاه مینا (زابل)، ۲۸ متر بر ثانیه است و جهت وزش باد ۳۳۰ درجه می‌باشد.



شکل ۱۳: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۳۰ ژوئن ۲۰۱۱

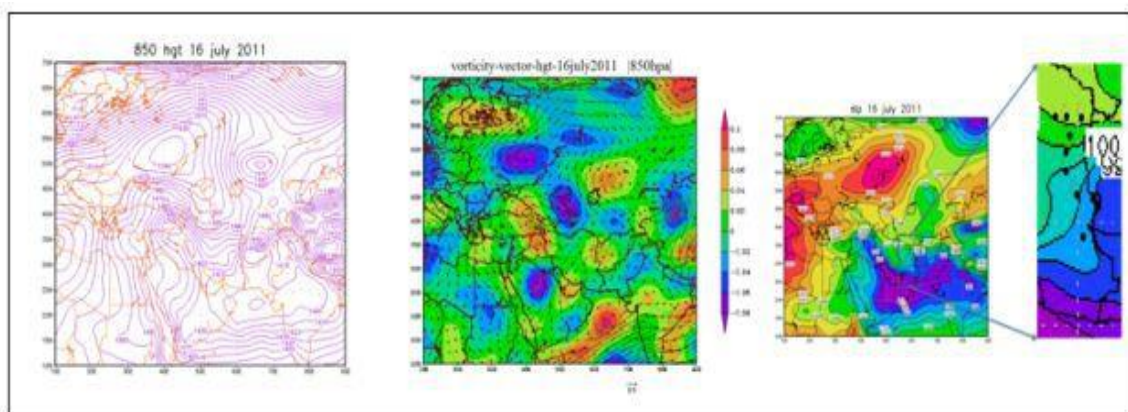
شکل (۱۴) بیانگر نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت باد و تاوایی نسبی در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه‌ی سطح زمین در روز ۱ جولای ۲۰۱۱ می‌باشد در نقشه‌ی فشار در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز پر ارتفاع در شمال روسیه نسبت به‌روز قبل به عرض‌های پایین‌تر عقب‌نشینی کرده و مرکز پر ارتفاع در شمال پاکستان واقع‌شده است و سرعت باد نسبت به‌روز قبل تغییری نداشته است. مرکز کم ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاعی ۱۵۶۰ ژئوپتانسیل متر و مرکز کم ارتفاع با کمینه‌ی ارتفاعی ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر قرار گرفته است. نقشه‌ی سطح زمین نسبت به‌روز قبل تغییری نداشته است. تاوایی منفی در شمال دریای خزر می‌باشد و تاوایی مثبت در جنوب پاکستان می‌باشد. جهت باد نیز شمال شرقی است که تا رسیدن به منطقه سیستان تغییر جهت داده و شمال غربی می‌شود. لازم به یادآوری است که سرعت وزش باد در ایستگاه مینا (زابل)، ۲۸ متر بر ثانیه است و جهت وزش باد ۳۲۰ درجه می‌باشد.



شکل ۱۴: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه‌های فشار سطح زمین، جهت باد و تاوایی نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۱ جولای ۲۰۱۱



شکل (۱۵) نقشه ترکیبی میانگین روزانه‌ی سه فرا سنج مختلف جوی شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، جهت باد و تاواری نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را برای روز ۱۶ ام جولای سال ۲۰۱۱ میلادی نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، در نقشه‌ی میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال یک هسته پر ارتفاع در شمال دریای خزر تشکیل شده و زبان‌های آن تا نواحی جنوب ایران کشیده شده است و یک هسته‌ی کم ارتفاع بر روی افغانستان تشکیل شده و تا نواحی مرزی ایران در جنوب شرق گسترش یافته است. استقرار هم‌زمان مرکز پر ارتفاع با بیشینه‌ی ارتفاع ۱۵۴۰ ژئوپتانسیل متر در شمال دریای خزر و کم ارتفاع با کمینه‌ی ۱۴۰۰ ژئوپتانسیل متر ژئوپتانسیل متر بر جانب شرقی منطقه‌ی سیستان، زمینه‌ساز شکل‌گیری باد شدید مورخه ۱۶ ام سپتامبر سال ۲۰۱۱ میلادی را فراهم نموده است. نقشه‌ی تاواری نسبی همین روز نیز بیانگر وجود تاواری منفی (پرفشار) در شمال شرق دریای خزر و تاواری مثبت (کم‌فشار) در منطقه افغانستان و شرق منطقه‌ی سیستان می‌باشد. بر اساس نقشه‌ی فشار سطح زمین نیز، یک مرکز کم‌فشار با هسته مرکزی ۹۹۰ هکتوپاسکال در جنوب پاکستان واقع شده است.



شکل ۱۵: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال. نقشه فشار سطح زمین، جهت باد و تاواری نسبی. نقشه فشار سطح زمین، روز ۱۶ جولای ۲۰۱۱

### نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه بررسی‌ها بر روی نقشه‌های سطوح بالا صورت گرفته و جهت‌ها بر روی نقشه‌ها مشخص شده است بادها در منطقه‌ی شمال شرقی ایران با جهت شمالی می‌وزند و تا رسیدن به منطقه‌ی سیستان بادها تغییر جهت داده و به صورت شمال غربی و پس از گذر از منطقه مورد مطالعه به صورت جنوب غربی درمی‌آید. داده‌های ایستگاهی نیز مؤید این مطلب این تغییر جهت به علت وجود توپوگرافی و پستی و بلندی‌های واقع در منطقه و عوامل محلی و تفاوت دما می‌باشد. منطقه‌ی شرق کشور بین دو رشته کوه بنام کوه‌های بیرجند و زهبدان در شمال و کوه‌های سیاه کوه نصرت‌آباد و ملوسان در جنوب واقع شده است. به همین علت جریان بادها تا رسیدن به خراسان جنوبی شمالی و سپس در منطقه‌ی سیستان تحت تأثیر همین عوامل شمال غربی می‌شود.

بر طبق ضربیب همبستگی پیرسون در ایستگاه مینا و مقایسه‌ی آن با سایر ایستگاه‌ها، همبستگی مثبت و معنادار در روز هم‌زمان بین ایستگاه زابل و قاین و تربت‌جام است. یک روز تأخیر همبستگی معنادار در ایستگاه کاشمر با ایستگاه مینا وجود دارد. با دو روز تأخیر هیچ‌گونه همبستگی بین ایستگاه مینا و سایر ایستگاه‌ها وجود ندارد. منطقه‌ی سیستان جایی که بادهای ۱۲۰ روزه در آن شدت می‌یابد حداقل بین سیستم‌های حاره و بین حاره است. بادهای ۱۲۰ روزه یک باد منطقه‌ای است که بر اثر تقابل فشار و حرارت بین این دو سیستم بادهای شدید شکل می‌گیرد. بررسی عوامل ژنتیکی نشان می‌دهد این جریان‌های هوا یا بادهای متأثر از آرایش مراکز فشار در این ناحیه هستند. بدین منظور توزیع مراکز فشار در سطوح مختلف جو شناسایی شد و جهت بررسی مراکز فشار سطوح، سطح زمین و سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال مورد بررسی قرار گرفتند. نقشه‌های آرایش فشار در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های سطح زمین در هر دو منطقه عوامل همدید یکسانی دارد که نشان می‌دهد عامل اصلی به وجود آمدن این بادهای کم‌فشار موسمی هندوستان است که در عرض‌های جغرافیایی پایین قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا پایین است؛ و همچنین پرفشار واقع بر روی شمال یا شمال شرق دریای خزر واقع شده است که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر قرار دارد و در ارتفاع بالاتری از سطح دریا قرار دارد و در یک منطقه‌ی کوهستانی قرار دارد. تقابل این کم‌فشار و پرفشار باعث به وجود آمدن گردبادان فشار در منطقه می‌شود و بادهای شدید را در منطقه‌ی مورد مطالعه سبب می‌شود. با نزدیک شدن خطوط هم‌فشار به هم سرعت بادهای افزایش می‌یابد و با توجه به اینکه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال اثر اصطکاک ناشی از ناهمواری‌ها از بین می‌رود، سرعت باد زیاد می‌شود. جهت وزش بادهای در سطح زمین از جهت ناهمواری‌ها پیروی می‌کند.

بررسی نقشه‌های تاوایی نشان از حاکمیت تاوایی منفی (پرفشار) در شمال شرق دریای خزر و تاوایی مثبت (کم‌فشار) در منطقه افغانستان و شرق منطقه‌ی سیستان می‌باشد.

## منابع

- ۱- جهانبخش، سعید و معصومه رجبی (۱۳۸۸): مبانی جغرافیای طبیعی، انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول.
- ۲- حیدری نسب، مهدی (۱۳۸۶): نقش باد در ایجاد لند فرم‌های بادی منطقه سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۳- خاک سفیدی، عباس و نادر نورا و علی نجفی نژاد (۱۳۸۹): الگوی توزیع زمانی بارش در استان سیستان و بلوچستان، مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک، جلد هفدهم، شماره‌ی اول، صص ۵۰-۴۹.
- ۴- خسروی، محمود و محمد سلیقه (۱۳۸۴): اثرات اکولوژیکی و زیست‌محیطی بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، طرح پژوهشی، پژوهشکده علوم زمین و جغرافیا، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۲.
- ۵- خسروی، محمود (۱۳۸۹): بررسی توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS، کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، دانشگاه سیستان و بلوچستان، فروردین ۱۳۸۹.
- ۶- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۱): ژئومورفولوژی ایران، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی.

- ۷- طاووسی، تقی و کوه زاد رئیس پور(۱۳۸۹): تحلیل آماری و پیش‌بینی احتمال وقوع توفان‌های شدید با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سری‌های جزئی مطالعه موردی: منطقه سیستان، دانشگاه تربیت‌معلم سبزوار، مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۲، صص ۱۰۵-۹۳.
- ۸- کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی(۱۳۸۴): مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، تهران.
- ۹- گائودی ا.اس. وان جی میدلتون(۱۳۹۰): گرد و غبار بیابان در سامانه‌ی جهانی، ترجمه‌ی داریوش یاراحمدی، انتشارات دانشگاه لرستان.
- ۱۰- گندمکار، امیر و فرینوش کیا رسی(۱۳۸۵): ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران، بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی انرژی برق، پژوهش نیرو، تهران.
- ۱۱- گندمکار، امیر(۱۳۸۹): تعیین گستره افقی باد سیستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۱۰ صص ۶۷-۷۶.
- ۱۲- لشکری، حسن و قاسم کیخسروی(۱۳۸۷): تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های گردوغباری استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۱۹۹۳-۲۰۰۵)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۳۳-۱۷.
- ۱۳- مسعودیان، سید ابوالفضل(۱۳۹۰): آب‌وهوای ایران، انتشارات شریعت توس مشهد، ص ۵۷.
- ۱۴- مفیدی، عباس و سمیه کمالی(۱۳۹۱): بررسی و تحلیل ساختار توفان‌های گردوغباری در دشت سیستان با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای Regcm4: مطالعه موردی ۳۰ جولای ۲۰۰۱، اولین همایش ملی بیابان(علوم، فنون و توسعه پایدار).

- 15- Goudie A, and Middleton N J. (2006): Desert Dust in The Global System, Springer, Heidelberg. pp. 1-90
- 16- Goudie A.S. (2008): The History and Nature of Wind Erosion in Deserts, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 36, pp. 97-119
- 17- Midelton NJ. (1989): Climatic Controls on The Frequency, Magnitude and Distribution of Dust Storms: Examples from India/Pakistan, Mauritania and Mongolia, Paleoclimatology and Pale Meteorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport NATO ASI Series Volume 282, 1989, pp. 97-132
- 18- Orlovesky, L N. Orlovskya, A. Durdyevb (2005): Dust storm in Turkmenistan; Journal of Arid Environments, Vol. 60, pp. 83-97.
- 19- Robeson, S.M. and K. A. Shein. (1997): Spatial Coherence and Decay of Wind Speed and Power in The North-Central United States. Physical Geography, Vol. 18, pp. 479-495.