

شناسایی سامانه‌های کم فشار جنوبی

محبوبه پوراآتشی*^۱، محمد مرادی^۲، ابراهیم فتاحی^۳

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی

۲- استادیار، پژوهشکده هواشناسی

۳- دانشیار، پژوهشکده هواشناسی

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۹

چکیده

سامانه جنوبی یکی از سامانه‌های بارشی است که در آن کم فشار بسته‌ای از ناه فشاری وارون دریای سرخ جدا می‌شود و در حین حرکت شرق سوی خود از مناطق جنوبی ایران عبور می‌کند و سبب ریزش بارش‌های متوسط و سنگین در این مناطق می‌شود. در این مقاله با نگاهی کوتاه به مبانی نظری، یک الگوریتم مناسب برای شناسایی سامانه‌های یاد شده در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶، طراحی شد که اجرای آن منجر به شناسایی ۱۵۸ سامانه جنوبی در این دوره آماری گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم طراحی شده به دلیل در نظر گرفتن ساختار دینامیکی این سامانه‌ها، در شناسایی سامانه‌های جنوبی از توانایی بالایی برخوردار است. همچنین دیده شد که در سال ۱۹۹۴، دوازده مورد سامانه جنوبی از منطقه مطالعاتی عبور کرده است ولی در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱، ۲۰۰۰، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ این تعداد سه مورد بوده است. بعلاوه ماه‌های آوریل با فراوانی ۱۸/۴ درصد بیشترین تعداد رخداد و اکتبر با ۳/۸ درصد کمترین فراوانی رخداد سامانه جنوبی را به خود اختصاص می‌دهد. بررسی هم‌دیدگی و دینامیکی دو حالت موردی نشان داد که نحوه شکل‌گیری و ساختار سامانه‌های جنوبی مشابه سامانه‌های عرض‌های میانی است و کزفشاری شدید، فرارفت دمایی زیاد، هسته سرد و حرکت چرخندی در راستای قائم از مهمترین ویژگی‌های این سامانه می‌باشد.

واژگان کلیدی: کم فشار جنوبی، کم فشار گرمایی، جنوب غرب ایران

مقدمه

جانسا و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی نقش دریای مدیترانه در چرخندزائی و بارش‌های سنگین، نشان دادند که بارانهای سنگین در مدیترانه در نزدیکی مرکز چرخند مریزش میکنند. ماتلیک و پیاپوست (۲۰۰۸) بارش‌های سنگین و رابطه این بارش‌ها را با انواع الگوهای آب و هوایی در استونیا در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند. در این پژوهش با به کارگیری روش‌های تحلیل دستی و طبقه‌بندی موقعیت‌های سینوپتیکی و همچنین مشخص کردن مسیرهای چرخندی و جبهه‌ها شرایط منجر به بارش‌های سنگین را مشخص کردند. آنها در پایان نتیجه گرفتند که اغلب بارش‌های سنگین در منطقه مورد مطالعه توسط کم فشارهای جبهه‌ای به وقوع پیوسته است.

روم و همکاران (۲۰۰۷) نحوه توسعه چرخندهای مدیترانه را بر مبنای تحلیل داده‌های NCAR/NCEP بررسی کردند. آنها نشان دادند که دریای مدیترانه یکی از مناطق چرخندزایی در جهان است. چرخندها در طول سواحل شمالی متمرکز می‌شوند و مسیر آنها از غرب به شرق متمایل می‌شود و با چندین مسیر ثانویه آنها را به اروپا و افریقای شمالی ارتباط می‌دهد.

آلپرت و همکاران (۱۹۹۰) چرخندهای مدیترانه‌ای را از دیدگاه اقلیمی بررسی نمودند. در این مطالعه با استفاده از تحلیل داده‌های ECMWF از ۱۹۸۷-۱۹۸۲، فراوانی ماهانه چرخند، مسیر حرکت چرخند و تغییر قائم میانگین تاوایی نسبی بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که مدیترانه به ویژه در فصل زمستان یکی از مناطق مهم چرخندزایی می‌باشد. مشکواتی و مرادی (۱۳۸۳) به بررسی ناوه فشاری دریای سرخ از دیدگاه دینامیکی پرداختند. براساس پژوهش آنها چنانچه فرارفت تاوایی نسبی مثبت در شرق دریای مدیترانه یا شمال دریای سرخ صورت گیرد، ناوه فشاری دریای سرخ به سوی شرق دریای مدیترانه حرکت میکند و سامانه آب و هوایی که شکل می‌گیرد غرب و شمال غرب ایران را متأثر می‌نماید و چنانچه فرارفت تاوایی نسبی مثبت در شمال شرق دریای سرخ صورت گیرد، سلول‌های کم فشار کوچکی از ناوه فشاری دریای سرخ جدا شده و به سوی شمال شرق حرکت می‌کند، غرب، جنوب غرب و جنوب ایران را تحت تأثیر قرار میدهند.

بارشهای سیل آسا در مناطق جنوبغرب، غرب و جنوب کشور هر ساله خسارات زیادی به بار آورده است. بررسی پژوهشهای موردی نشان می‌دهد که در سالهای اخیر فراوانی رخداد این پدیده‌های حدی افزایش یافته است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۱). از نمونه‌های بارز بارشهای سنگین که با سامانه‌های جنوبی همراه است، می‌توان به بارش‌های ماه نوامبر سالهای ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ اشاره کرد.

از دیدگاه این پژوهش سامانه‌های جنوبی به سامانه‌هایی گفته می‌شود که مرکز کم فشار سطح زمین بطور بسته از ناوه فشاری وارون دریای سرخ جدا می‌شود. این سامانه در شرق ناوه تراز میانی در اثر حرکت چرخندی و ایجاد همگرایی سطوح زیرین جو تشکیل می‌شود و سپس با ناوه ارتفاع تراز میانی به صورت یک چرخند، در جهت شرق حرکت می‌کند و از جنوب یا جنوب غرب کشور وارد ایران می‌شود و سبب ریزش بارش‌های شدید در این مناطق می‌گردد. بررسی و پیش بینی به موقع این سامانه‌ها نقش مهمی در کاهش خسارات جانی و مالی ناشی از بارش‌های سیل آسا در جنوب و جنوب غرب کشور دارد.

بررسی نحوه شکل‌گیری سامانه‌های همرفتی میان مقیاس و بر هم کنش شارش‌های همدیدی بزرگ مقیاس با آنها، شناسایی نحوه انتقال هوای گرم و مرطوب لایه‌های زیرین و ردسپهر به سوی این نوع سامانه‌ها و شناخت دینامیک و ترمودینامیک آنها از جمله عوامل موثر در پیش بینی فعالیت بارشی سامانه‌های جنوبی می‌باشد. بعلاوه برخورد این نوع سامانه‌ها با ناهمواریها و بازخورد متوالی آنها با عوامل جغرافیایی بنا به موقعیت، سبب تشدید یا تضعیف این سامانه‌ها می‌شود. در نتیجه آگاهی از این نوع رخدادها در شناسایی پدیده‌های همرفتی بسیار مهم است.

بررسی سامانه‌های بارشی و تحلیل بارشهای سنگین آن، همواره مورد توجه پژوهشگران هواشناسی و اقلیم‌شناسی قرار گرفته است. برخی از این پژوهشگران چرخند زائی و برخی نیز شناسائی سامانه‌های بارشی و نحوه فعالیت آنها را بررسی کرده‌اند که در زیر به چند نمونه اشاره می‌شود.

سامانه‌ها می باشد. برای شناسایی کم فشارهای جنوبی بر پایه ساختار دینامیکی این سامانه‌ها، ابتدا الگوریتمی طراحی شد و در دوره آماری انتخابی، روی داده های یک شبکه منظم انتخابی اجرا شد. اجرای این الگوریتم منجر به شناسایی ۱۵۸ سامانه جنوبی شد که تغییرات ماهانه و سالانه آن بررسی شد و دو سامانه جنوبی به عنوان حالت‌های موردی انتخاب و از دیدگاه همدیدی و دینامیکی بررسی گردید. این سامانه‌ها در روزهای دهم و یازدهم مارس ۲۰۱۵ و شانزدهم و هفدهم ژانویه ۲۰۰۰ با عبور از نوار جنوبی ایران، سبب ریزش بارش شدید باران در استان‌های واقع در جنوب کشور شده اند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای شناسایی کم فشارهای جنوبی از داده های فشار سطح متوسط دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، باد مداری سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و دمای ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و برای بررسی همدیدی و دینامیکی حالت‌های موردی نیز از میدان ارتفاع، باد و دمای ترازهای پایین و میانی جو استفاده شد. این داده‌ها که در بایگانی NCEP/NCAR با گام شبکه ای ۲/۵ درجه افقی در دسترس قرار دارد، در محدوده ۱۰ تا ۶۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و صفر تا ۸۰ درجه طول جغرافیایی شرقی با گام زمانی ۱۲ ساعته برای ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارچ، آوریل و مه دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶ گرفته شد.

الگوریتم شناسایی کم فشارهای جنوبی با استفاده از میدان ارتفاع، دما و مولفه مداری باد سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و نیز ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بر اساس ساختار سامانه‌های دینامیکی با هسته سرد، در محدوده ۱۵ تا ۳۲/۵ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۳۲/۵ تا ۵۲/۵ درجه طول جغرافیایی شرقی به شرح زیر کم فشارهای جنوبی را آشکار می کند:

۱. ارتفاع سطوح ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نسبت به ۸ نقطه مجاور مقایسه شد. در صورتیکه ارتفاع تراز ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال حداقل از شش نقطه مجاور کمتر باشد آن نقطه به عنوان مرکز کم فشار مشخص شد.

بررسی و شناسایی چرخندهای ممکن است در نگاه اول کاری ساده به نظر برسد ولی اینکار بسیار چالش برانگیز است. به همین دلیل، الگوریتم‌های چرخندیابی متعددی به کارگرفته شده است که می توان به پژوهش‌های سرز (۱۹۹۵)، لینلا و همکاران (۲۰۰۲)، هانسن و همکاران (۲۰۰۴)، بارتلی و همکاران (۲۰۰۸)، کلمن و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد. عمده این پژوهش‌ها برای شناسایی چرخند از میانگین فشار سطح متوسط دریا (MSLP) استفاده می کنند، در ان الگوریتم‌ها از کمینه فشار روی نقطه شبکه ای برای پیدا کردن مرکز چرخند استفاده میشود. همچنین الگوریتم‌های محاسباتی دیگری برای یافتن چرخندها نیز وجود دارد، پیکورن و همکاران (۲۰۰۱)، جانسا و همکاران (۲۰۰۱) از گرادیان میانگین فشار سطح متوسط دریا برای پیدا کردن مرکز چرخند استفاده کردند. موری و سیموند (۱۹۹۱) لاپلاسیان میانگین فشار که به عنوان تاوایی نسبی شبه زمینگرد (پینتو و همکاران ۲۰۰۵) در نظر گرفته می شود، را برای تعیین مرکز کم فشار سطحی بکار بردند. در کنار میانگین فشار سطح زمین و تاوایی نسبی، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز برای شناسایی چرخندها به کار می‌رود (تریگو و همکاران، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰؛ آلپرت و همکاران ۱۹۹۰).

نیتو (۲۹۹۵) و ریوتا (۲۰۱۰) برای شناسایی کم فشارهای بریده از الگوریتمی استفاده کردند که بتواند مرکز کم ارتفاع بسته را تشخیص دهد. در این الگوریتم علاوه بر تعیین مرکز کم ارتفاع در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال، از تغییر علامت مولفه مداری باد آن تراز برای آشکار کردن مرکز بسته نیز استفاده شد.

در همه روش‌های تشخیص مرکز چرخند، مطالعه نقاط همسایه‌ی نقاط مشخص معمول ترین روش می باشد. در بسیاری از روش‌ها فقط ۸ نقطه مجاور به هر نقطه شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد (آلپرت و همکاران، ۱۹۹۰؛ ماهراس و همکاران، ۲۰۰۱؛ هانسن و همکاران، ۲۰۰۴؛ تریگو و همکاران، ۱۹۹۹).

هدف از این پژوهش بررسی اقلیمی و همدیدی سامانه‌های جنوبی در فصل سرد سال در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶ برای آشکار کردن ارتباط بارش مناطق جنوبی ایران و عبور این

1. Mean Sea Level Pressure

$$\zeta = \frac{1}{a^2 \cos \varphi} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (av) - \frac{\partial}{\partial \varphi} (au \cos \varphi) \right] \quad (۱)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = \frac{1}{a^2 \cos \varphi} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (au) + \frac{\partial}{\partial \varphi} (av \cos \varphi) \right] \quad (۲)$$

در این معادلات \mathbf{u} و \mathbf{v} به ترتیب مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد افقی بر حسب متر بر ثانیه، φ و λ به ترتیب زاویه عرض و طول جغرافیایی بر حسب درجه، a شعاع متوسط زمین بر حسب متر، ζ مولفه قائم تاوانی نسبی بر حسب s^{-1} و $\nabla \cdot \mathbf{V}$ واگرایی (همگرایی) بر حسب s^{-1} است.

در ادامه با بکارگیری برنامه‌های رایانه‌ای، واگرایی و تاوانی محاسبه شد و نتایج به صورت الگوهای همدیدی بوسیله نرم افزارهای مناسب رسم و تحلیل شد.

نتایج و بحث

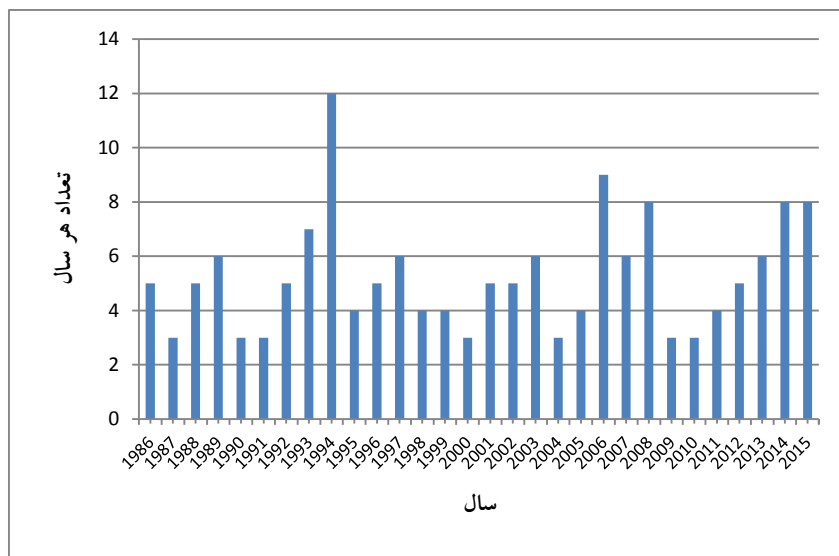
با استفاده از الگوریتم طراحی شده و اجرای آن برای دوره مورد مطالعه ۲۰۱۵-۱۹۸۶، مجموعاً ۱۵۸ مورد از سامانه کم فشار جنوبی مطابق تعریف ارائه شده، شناسایی شد. شکل ۱ تعداد رخداد سامانه جنوبی در دوره مورد مطالعه در هر سال را نشان می‌دهد. در شکل ۲ فراوانی ماهانه سامانه‌های جنوبی نشان داده شده است. از این شکلها دیده می‌شود که سال ۱۹۹۴ با ۱۲ مورد به عنوان بیشترین تعداد رخداد سامانه‌های جنوبی و سالهای ۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱، ۲۰۰۰، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ با تعداد ۳ مورد، به عنوان کمترین تعداد رخداد سامانه‌های جنوبی شناسایی شد. همچنین ماه آوریل با فراوانی ۱۸/۴ درصد بیشترین تعداد رخداد و اکتبر با حدود ۳/۸ درصد کمترین فراوانی رخداد سامانه جنوبی را به خود اختصاص می‌دهد.

۲. مولفه مداری باد تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در نقاط شمالی نقطه مورد نظر مقایسه شد. در صورتیکه این مولفه نسبت به نقاط فوق تغییر علامت داشته باشد، آنگاه نقطه مورد نظر به عنوان یک مرکز کم ارتفاع بسته سطحی مشخص گردید.

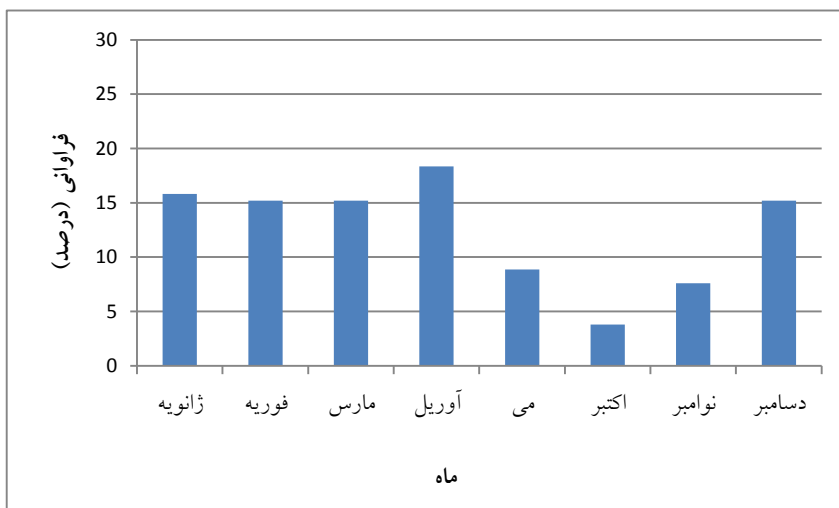
۳. دمای ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نسبت به ۸ نقطه مجاور مقایسه شد در صورتیکه دمای این نقطه حداقل از شش نقطه مجاور کمتر بود نقطه فوق به عنوان هسته سرد سامانه معرفی شد.

پس از طراحی، آزمایش و صحت سنجی کیفی الگوریتم طراحی شده، این الگوریتم برای ماه‌های فصل سرد دوره آماری انتخابی اجرا شد و ۱۵۸ سامانه جنوبی شناسایی گردید. از این تعداد سامانه، بر پایه تحلیل بارش ایستگاه‌های معرف در مناطق جنوبی، دو حالت موردی برای تحلیل همدیدی و دینامیکی انتخاب شد. در این مطالعه ایستگاه‌های معرف در جنوب ایران، بندرعباس، کیش، بوشهر و آبادان هستند که فعالیت آنها در دوره آماری انتخابی قرار داشته است.

برای تحلیل همدیدی و دینامیکی حالت‌های موردی از داده‌های فشار سطح متوسط دریا، دما، ارتفاع، باد و کمیت‌های واگرایی (همگرایی) و تاوانی در سطوح زیرین، میانی و زبرین جو در ترازهای ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال استفاده شد. برای محاسبه کمیت‌های واگرایی (همگرایی) و تاوانی در شبکه منظم ۳۳ در ۲۱ نقطه‌ای، از روش‌های عددی متداول در مختصات کروی استفاده شد. در این دستگاه فراسنج‌های تاوانی و واگرایی بر اساس معادلات زیر بدست می‌آیند (کوفییر، ۲۰۱۱):



شکل ۱- تعداد سالانه رخداد سامانه جنوبی از سال ۱۹۸۶-۲۰۱۵.



شکل ۲- فراوانی سامانه در ماه‌های سال

برای بررسی همدیدی در این پژوهش، نقشه‌های سطح زمین و سطوح فشاری ۸۵۰، ۵۰۰، ۲۰۰ هکتوپاسکالی و برای بررسی دینامیکی میدان همگرایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، میدان واگرایی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و میدان تاوایی سطح ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال در محدوده مطالعاتی تحلیل شد. این تحلیل در روزهای قبل از بارش با گام زمانی دوازده ساعته انجام شد و برای کاهش حجم مطالب، فقط به شکل‌های کلیدی اشاره می‌شود.

مورد اول: روز ۱۰ مارس ۲۰۱۵

بررسی همدیدی و ساختار سامانه جنوبی

بررسی کیفی سامانه‌های جنوبی شناسایی شده، نشان داد که فعالیت بارشی برخی از آنها نسبت به دیگری در ایستگاه‌های معرف بیشتر است. بنابراین با تحلیل بیشترین بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های معرف، از بین سامانه‌های آشکار شده، دو حالت موردی به شرح زیر برای تحلیل همدیدی انتخاب شد:

- مورد اول، روز ۱۱ مارس ۲۰۱۵
- مورد دوم، روز ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰

به کم فشار جنوبی نامیده می‌شود. پرفشار روی دریای خزر در شمال شرقی ایران قرار دارد و به سمت شرق حرکت کرده است، مرکز این سامانه در این روز ۱۰۳۴ هکتوپاسکال است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۸) مرکز کم ارتفاع روی مدیترانه، به صورت یک زبانه کم ارتفاع در روی مدیترانه تبدیل شده است. مشابه الگوی ارتفاعی قبلی، روی دریای خزر همچنان پراارتفاع ۱۵۷۰ ژئوپتانسیل متر وجود دارد و پشته ناشی از آن تا عربستان امتداد دارد. کم ارتفاع روی خلیج فارس در حین تقویت، به سمت جنوب و شرق حرکت کرده است و مرکز آن به ۱۵۰۰ هکتوپاسکال تغییر کرده است. در روی خلیج فارس نیز زبانه کم ارتفاع دیده می‌شود. همچنان گردیان شدید دمایی در جنوب ایران وجود دارد. در روی خلیج فارس و غرب آن، فرارفت هوای سرد مشاهده می‌شود. از بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز (شکل ۹) دیده شد که الگوی کم ارتفاع مدیترانه و ناوه آن مانند دوازده ساعت قبل است. همچنین پشته ارتفاعی در غرب دریای خزر تا روی دریای سرخ امتداد یافته است. ناوه ارتفاعی هم از شمال شرقی ایران تا جنوب شرقی امتداد دارد. بررسی میدان باد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در این روز (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که محور جت حاره نسبت به روز قبل تغییر چندانی نداشته است و فقط انحنای چرخندی محور آن در نوار جنوبی ایران کمی بیشتر شده است.

در ساعت ۱۲ روز ۱۱ مارس ۲۰۱۵ (شکل ۱۱) زبانه کم فشار شرق مدیترانه همچنان وجود دارد. مرکز کم فشار جنوبی در جنوب خلیج فارس است و مرکز آن همچنان ۱۰۱۱ هکتوپاسکال است. پرفشار شمال شرقی ایران به سمت شرق حرکت کرده است و پشته فشاری آن تا جنوب ایران کشیده شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۲) دیده شد که در شمال مدیترانه و روی دریای سیاه مجدداً یک کم ارتفاع تشکیل شده است و مرکز آن ۱۴۶۰ ژئوپتانسیل متر می‌باشد. پراارتفاع روی دریای خزر کمی به سمت شرق حرکت کرده است و مرکز بسته آن ۱۵۸۰ ژئوپتانسیل متر است که نسبت به قبل تقویت شده است. کم ارتفاع خلیج فارس گسترش یافته و نیز تقویت شده و مرکز آن ۱۴۹۰ ژئوپتانسیل متر است. از بررسی میدان دما و ارتفاع در این تراز دیده شد که در غرب ایران، خلیج فارس و غرب آن فرارفت هوای سرد و در جنوب

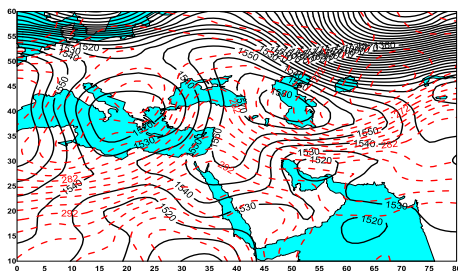
در ساعت ۱۲ روز ۱۰ مارس ۲۰۱۵ (شکل ۳) دیده شد که در سطح زمین ناوه فشاری دریای سرخ روی جنوب مصر قرار دارد که ناوه آن در راستای شمالشرق-جنوبغرب به سوی شرق دریای سرخ امتداد یافته است و مناطق اطراف تنگه هرمز را نیز در تحت تاثیر قرار داده است. یک ناوه فشاری نیز در شرق مدیترانه است. در روی دریای خزر پرفشاری با مرکز ۱۰۳۵ هکتوپاسکال وجود دارد و زبانه پرفشار ناشی از آن تا روی دریای سیاه و شرق اروپا توسعه یافته است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۴) دیده شد که کم ارتفاع روی دریای مدیترانه قرار دارد و ارتفاع مرکز آن ۱۵۲۰ ژئوپتانسیل متر است. پراارتفاعی که مرکز بسته آن ۱۵۸۰ ژئوپتانسیل متر است روی دریای خزر مشاهده می‌شود. پشته ناشی از آن از غرب دریای خزر تا سوریه و شمال عربستان امتداد دارد. کم ارتفاعی هم در جنوب ایران با مرکز ۱۵۲۰ ژئوپتانسیل متر قرار دارد. از این شکل دیده می‌شود که گردیان دمایی مناسبی در روی ایران وجود دارد. در این تراز فشاری دیده می‌شود که در روی عربستان و خلیج فارس فرارفت هوای سرد و در جنوب شرقی ایران فرارفت هوای گرم وجود دارد. از بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) دیده شد که یک مرکز کم ارتفاع بسته روی مدیترانه قرار دارد و ناوه آن تا شمال آفریقا و لیبی امتداد یافته است. پشته ارتفاعی از روی دریای سرخ تا روی دریای سیاه کشیده شده است و در شرق کم ارتفاع مدیترانه قرار دارد. ناوه کم ارتفاع شرق دریاچه آرال در جهت شمال شرق- جنوب غرب از شرق آن دریاچه تا غرب ایران کشیده شده است. از بررسی میدان باد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در این روز (شکل ۶) دیده شد که محور جت جنب حاره در اطراف مدار ۲۵ درجه به سمت شرق شارش یافته است و در مناطق منطبق بر سامانه‌های کم ارتفاع دارای انحنای چرخندی می‌باشد. سرعت باد در محور جت هفتاد و شش متر بر ثانیه ثبت شده است. جت جنب قطبی نیز در شمال دریای خزر دیده می‌شود.

در ساعت ۰۰ روز ۱۱ مارس ۲۰۱۵ (شکل ۷) ناوه فشاری شرق دریای مدیترانه با ناوه وارون دریای سرخ ترکیب می‌شود. بخش شمالشرقی ناوه فشاری دریای سرخ در جنوب خلیج فارس به یک مرکز کم فشار بسته با خط هم فشار ۱۰۱۱ هکتوپاسکال تبدیل شده است. این مرکز از این به بعد

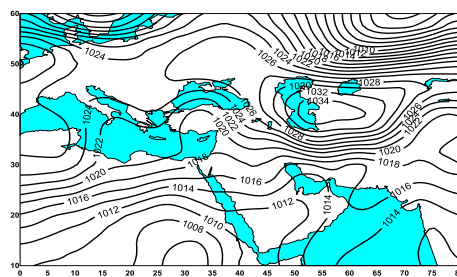
ست. ناوه این سامانه تا دریای سیاه امتداد دارد. پراارتفاع روی خزر به سمت شرق حرکت کرده است و ارتفاع مرکز آن به ۱۵۹۰ ژئوپتانسیل متر رسیده است. در خلیج فارس و دریای عمان کم ارتفاع ۱۴۹۰ ژئوپتانسیل متر قرار دارد که نسبت به قبل به سمت شرق حرکت کرده است. گرادیان شدید دمایی در نیمه جنوبی ایران وجود داشته است. بررسی میدان دما و ارتفاع در این تراز بیانگر آن است که در غرب دریای سرخ فرارفت هوای سرد و در روی عربستان فرارفت هوای گرم وجود دارد. در غرب و جنوب غرب ایران هم فرارفت هوای سرد دیده می شود. از بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۷) دیده شد که در شمال دریای مدیترانه یک کم ارتفاع بریده وجود دارد که مرکز آن ۵۴۹۰ ژئوپتانسیل متر است. پشته ارتفاعی از دریای سرخ تا دریای خزر امتداد یافته است. مرکز بسته کم ارتفاعی با مرکز ۵۶۵۰ ژئوپتانسیل متر در مرکز ایران قرار دارد و ناوه ارتفاعی ناشی از آن تا جنوب تنگه هرمز کشیده شده است. منطقه این سامانه با منطقه کم فشار جنوبی منطبق می باشد. از بررسی میدان باد در این روز در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۸) دیده می شود که سرعت محور جت نسبت به قبل کاهش یافته است. انحنای چرخندی نیز در دریای عمان افزایش یافته است.

شرقی ایران فرارفت هوای گرم وجود دارد. از بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۳) دیده شد که کم ارتفاع روی مدیترانه به یک کم ارتفاعی عمیق تبدیل شده است و از روی مدیترانه تا شمال افریقا کشیده شده است. روی دریای سرخ تا دریای خزر یک پشته ارتفاعی وجود دارد که نسبت به قبل کمی به سمت شرق جابجا شده است. در نیمه شرقی ایران همچنان ناوه کم ارتفاع قرار دارد. سرعت باد در محور جت در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکالی در این روز (شکل ۱۴) نسبت به قبل کاهش یافته است.

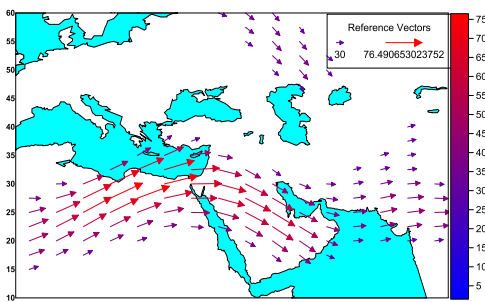
در ساعت ۰۰ روز ۱۲ مارس ۲۰۱۵ (شکل ۱۵) ناوه فشاری از دریای سرخ تا سوریه امتداد یافته است. این ناوه دارای دو بخش است. بخش شمالی آن با کم ارتفاع شرق دریای مدیترانه معرف یک سامانه چرخندی است و بخش جنوبی آن با پشته ارتفاعی تراز میانی معرف یک کم فشار گرمائی میباشد. در اثر گسترش پشته فشاری ناشی از پر فشار سیبری که در روی دریاچه بالخاش قرار گرفته است، کم فشار جنوبی نیز به عرضهای پایین جابجا شده است و فشار مرکز آن به ۱۰۱۲ هکتوپاسکال رسیده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۶) دیده شد که کم ارتفاع روی دریای سیاه کمی تقویت شده است و مرکز آن به ۱۴۳۰ ژئوپتانسیل متر رسیده



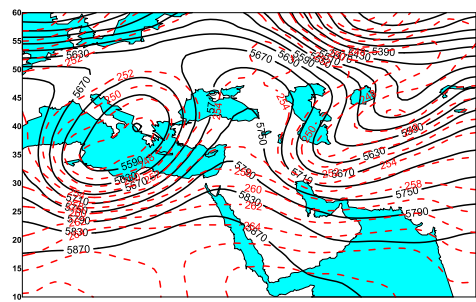
شکل ۴- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



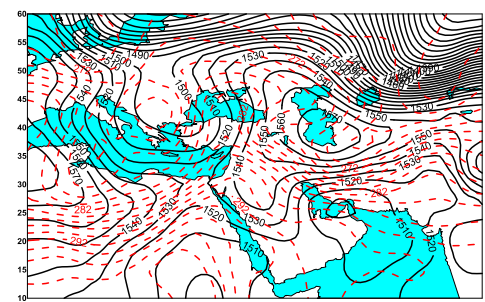
شکل ۳- میدان فشار (hpa) در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



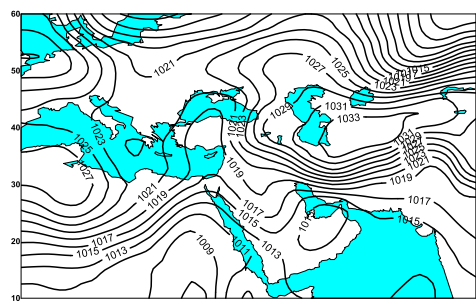
شکل ۶- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲۰۰ گریجوی ۱۰ مارس ۲۰۱۵



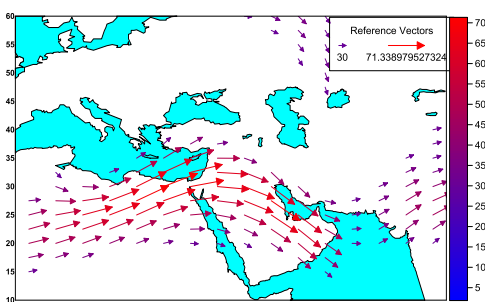
شکل ۵- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گریجوی ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



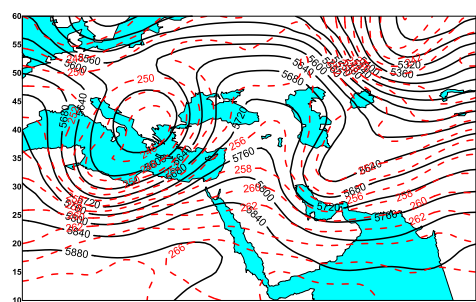
شکل ۸- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



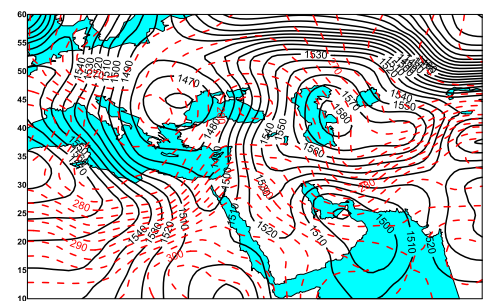
شکل ۷- میدان فشار (hpa) در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



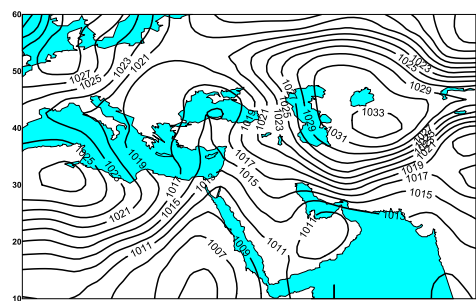
شکل ۱۰- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵



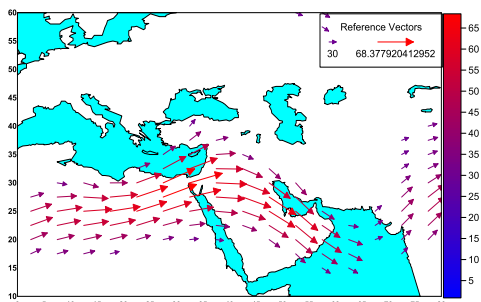
شکل ۹- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



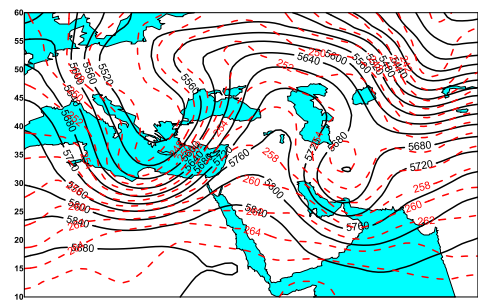
شکل ۱۲- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



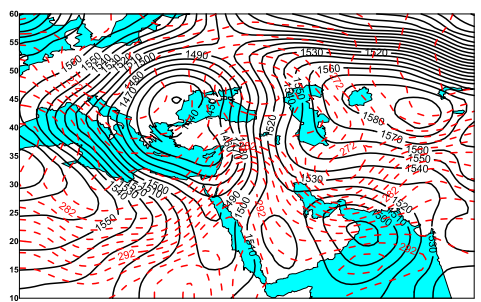
شکل ۱۱- میدان فشار (hpa) در ساعت ۱۲۰۰ گریجوی ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



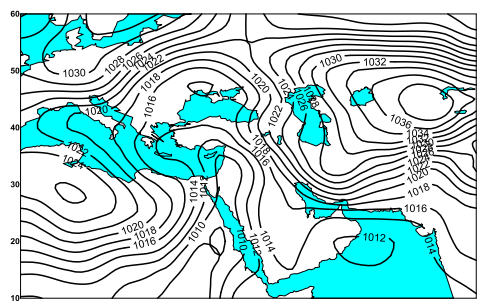
شکل ۱۴- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵



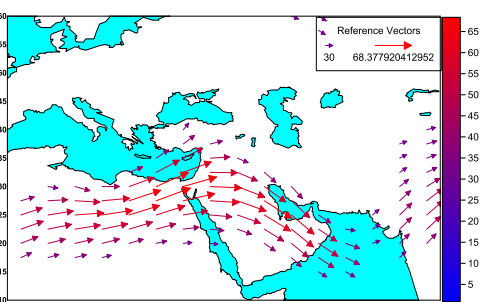
شکل ۱۳- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



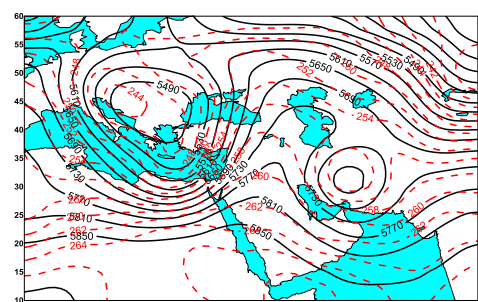
شکل ۱۶- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۲ مارس ۲۰۱۵.



شکل ۱۵- میدان فشار (hpa) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۲ مارس ۲۰۱۵.



شکل ۱۸- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۲ مارس ۲۰۱۵



شکل ۱۷- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۲ مارس ۲۰۱۵.

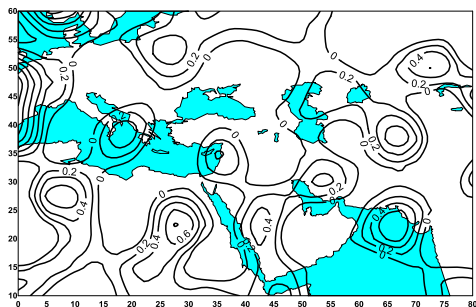
زمین و ناوه فشاری سطح زمین نیز در جنوب خلیج فارس منطبق می باشد، گویای وجود یک سامانه فشاری عرض‌های میانی می‌باشد. از معادله گرایش فشار سطحی (هولتون ۲۰۰۴) دیده شد که فشار سطحی نسبت به زمان کاهش یافته، بنابراین مرکز کم فشار در سطح زمین تقویت شده است.

این بحث نشان می‌دهد که ساختار این سامانه فشاری مشابه یک کم فشار دینامیکی می‌باشد. از بررسی میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۰ مارس ۲۰۱۵ ساعت ۰۰ (شکل

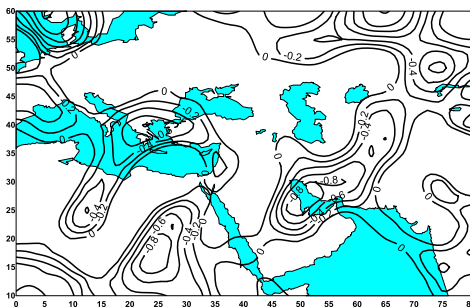
از بررسی میدان همگرایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۰ مارس ۲۰۱۵ ساعت ۰۰ (شکل ۱۹) دیده شد که هسته بیشینه این کمیت با مقدار $0.8 \times 10^{-5} s^{-1}$ در روی خلیج فارس قرار گرفته است. همچنین دیده شد که هسته بیشینه همگرایی تراز زیرین بر منطقه ناوه فشاری وارون سطح زمین منطبق می باشد. از بررسی میدان واگرایی تراز میانی جو (شکل ۲۰) هم دیده شد که در شرق ناوه ارتفاع این تراز مقادیر بیشینه واگرایی تراز میانی وجود دارد. جایگاه این منطقه که با همگرایی سطح

غربی ایران وجود دارد. سلول کم فشار در سطح زمین روی خلیج فارس در شرق محور بیشنه تاوایی مثبت قرار دارد. از بررسی میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۱ مارس ۲۰۱۵ ساعت ۱۲ (شکل ۲۵) دیده شد که با حرکت زبانه کم ارتفاع به سمت جنوب، بیشنه تاوایی نسبی مثبت منطبق با آن به سمت جنوب حرکت کرده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۶) نیز مقادیر بیشنه تاوایی نسبی در جنوب ایران دیده شد. سلول کم فشار در جنوب خلیج فارس نیز در شرق محور بیشنه تاوایی مثبت قرار دارد. با خارج شدن سامانه کم فشار جنوبی از محدوده مورد مطالعه، در ترازهای ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، بیشینه تاوایی مثبت نسبت به قبل در جنوب و جنوب غرب ایران تضعیف شده است.

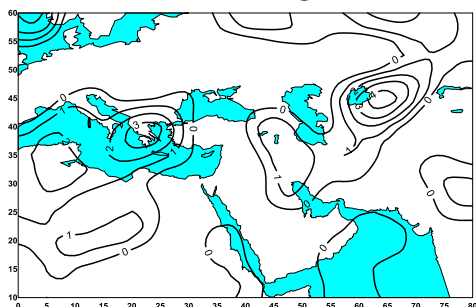
(۲۱) دیده شد که زبانه کم ارتفاع در غرب، شمال غرب و شمال ایران بر بیشنه تاوایی نسبی مثبت منطبق می‌باشد که با مبانی نظری همدیدی نیز مطابقت دارد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۲) مقادیر بیشنه تاوایی نسبی در نیمه غربی ایران وجود دارد. اگرچه که نسبت به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به دلیل کم بودن انحنای ناوه ارتفاع در این تراز مقادیر کمتری نسبت به تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دارد. بررسی میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۱ مارس ۲۰۱۵ ساعت ۰۰ (شکل ۲۳) نشان داد که بیشنه تاوایی نسبی مثبت همچنان منطبق بر زبانه کم ارتفاع می‌باشد و مانند آن به سمت جنوب و شرق در حرکت است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۴) مقادیر بیشنه تاوایی نسبی در جنوب



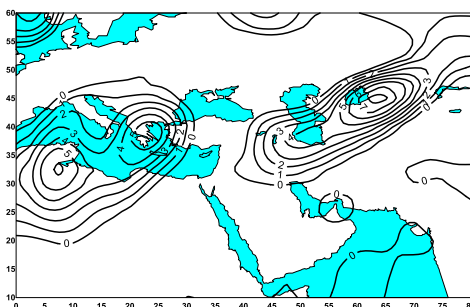
شکل ۱۹- میدان همگرایی در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵. شکل ۲۰- میدان واگرایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



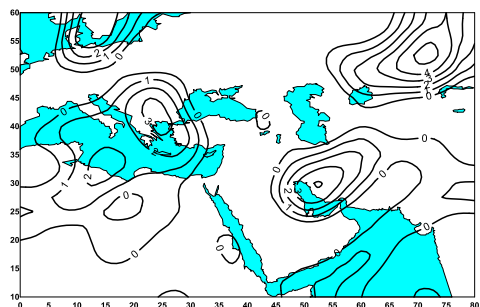
شکل ۲۱- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵. شکل ۲۲- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



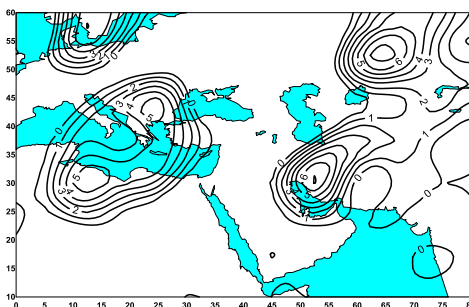
شکل ۲۱- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵. شکل ۲۲- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



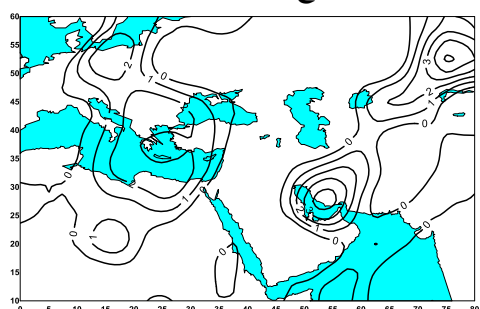
شکل ۲۱- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵. شکل ۲۲- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۰ مارس ۲۰۱۵.



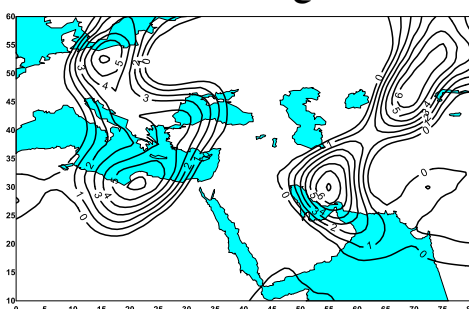
شکل ۲۴- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



شکل ۲۳- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



شکل ۲۶- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵.



شکل ۲۵- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ ۱۱ مارس ۲۰۱۵.

همدمای ۲۴۰ (کلوین) به کم فشار بریده معروف است و شمال، شمال غرب، غرب و جنوب غرب ایران را تحت تاثیر قرار داده است. در این روز محور جت تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳۰) انحناء زیادی ندارد و بطور مداری با عبور از شمال دریای سرخ و نوار جنوبی ایران، از غرب به شرق شارش یافته است.

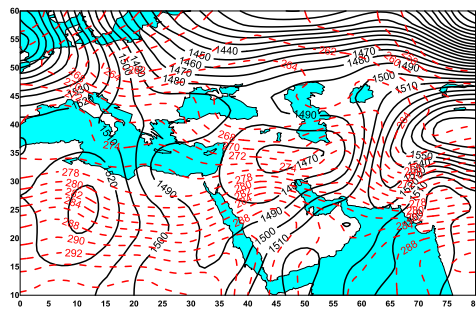
در نقشه سطح زمین روز ۱۷ ام (شکل ۳۱) دیده شد که ناوه وارون جنوب دریای سرخ به دو بخش شمالی و جنوبی تبدیل شده است. بخش شمالی آن در روی دریای سرخ بسته شده است و ناوه آن تا روی بوشهر امتداد یافته است. همچنین این ناوه در امتداد جنوب غرب-شمال شرق به سوی شمال شرق نیز امتداد یافته است. در روی شمال غرب ایران نیز مرکز پرفشار قرار گرفته است. در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال این روز (شکل ۳۲) الگوی ارتفاعی نسبت به روز قبل اختلاف فاحشی دارد بطوریکه محور غربی-شرقی کم ارتفاع روی ایران به جنوب غربی-شمال شرقی تغییر یافته است. همچنان فرارفت هوای سرد از شمال غرب ایران به سوی شرق عربستان و فرارفت هوای گرم از جنوب تنگه هرمز به سمت شرق ایران وجود دارد. این شرایط کژفشاری معرف وجود

مورد دوم: روز ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰

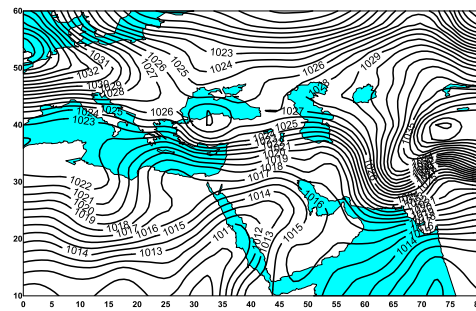
در ساعت ۰۰ روز ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰ (شکل ۲۷) دیده شد که در سطح زمین در جنوب خلیج فارس ناوه وارون فشاری ناشی از مرکز کم فشار جنوب غرب دریای سرخ وجود دارد بطوریکه محور آن در راستای جنوب غربی-شمال شرقی قرار می‌گیرد و کشور ایران را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. همچنین پشته فشاری ناشی از پرفشار سبیری به سمت دریای عمان امتداد پیدا کرده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۸) کم ارتفاع روی ایران بطور مشخص تری از شرق دریای مدیترانه تا شرق ایران را تحت تاثیر قرار داده است. گرادیان دمایی شدیدی از جنوب دریای خزر تا جنوب خلیج فارس وجود دارد. از بررسی میدان ارتفاع و دمای این تراز مشاهده شد که فرارفت هوای سرد از جنوب دریای سیاه به شمال شرق دریای سرخ و فرارفت هوای گرم از شرق عربستان به روی خلیج فارس و تنگه هرمز وجود دارد. از بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۹) دیده شد که مرکز کم ارتفاع در غرب دریای خزر وجود دارد. مرکز بسته آن ۵۴۵۰ ژئوپتانسیل متر می‌باشد. این سامانه با هسته سرد (خط

مورد نظر از کشور ایران خارج شده است. فرارفت هوای سرد بخش‌های جنوب شرق و جنوب ایران را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۳۷) نیز در این روز نشان می‌دهد که کم ارتفاع شرق دریای خزر به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شده است ولی در نیمه جنوبی ایران گرادیان ارتفاعی مناسبی همچنان در این روز وجود دارد که می‌تواند ناپایداری‌هایی را در این مناطق ایجاد نماید. در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال همین روز (شکل ۳۸) مشاهده شد که انحنای چرخندی جت جنب حاره در روی غرب ایران قرار گرفته است. از آنجاییکه جت جنب قطبی از شمال به سوی دریای مدیترانه شارش یافته است شرایط برای تشکیل یک سامانه چرخندی فراهم شده است.

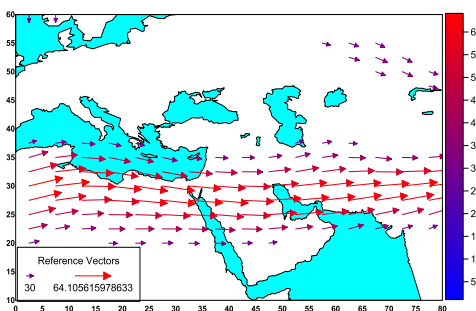
جبهه‌های جوی در مناطق فوق می‌باشد. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همین روز (شکل ۳۳) نشان می‌دهد که کم فشار بریده به سمت شرق حرکت کرده و ناوه آن از شرق دریای خزر به سوی جنوب عراق امتداد یافته است. بیشتر مناطق کشور تحت تاثیر این ناوه ارتفاع قرار دارند. در بررسی الگوی باد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال همین روز (شکل ۳۴) دیده می‌شود که در محور جتی جنب حاره ای در روی عراق انحناء چرخندی ایجاد شده است. شایان ذکر است که جت قطبی از عرض ۶۰ درجه به سوی مرکز مدیترانه نیز شارش یافته است. در نقشه سطح زمین ساعت ۰۰ روز ۱۸م ۲۰۰۰ (شکل ۳۵) ناوه فشاری وارون تحت بررسی در روی تنگه هرمز قرار گرفته است و تمامی مناطق دیگر نیز تحت تاثیر سامانه پرفشار قرار دارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۳۶) کم ارتفاع



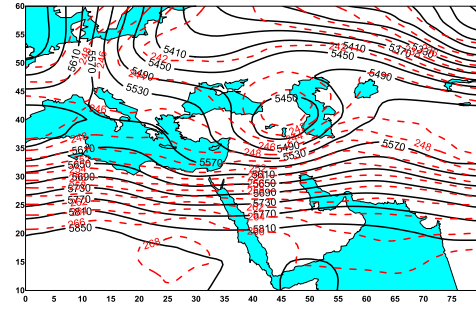
شکل ۲۸- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



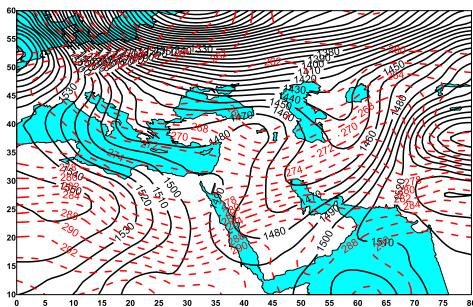
شکل ۲۹- میدان فشار (hpa) در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



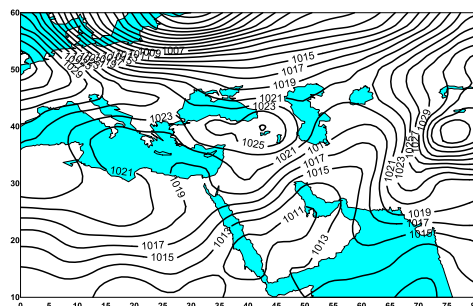
شکل ۳۰- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



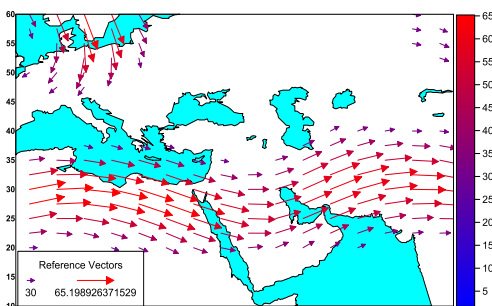
شکل ۳۱- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰:۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



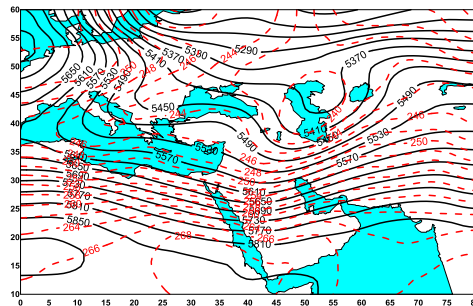
شکل ۳۲- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰



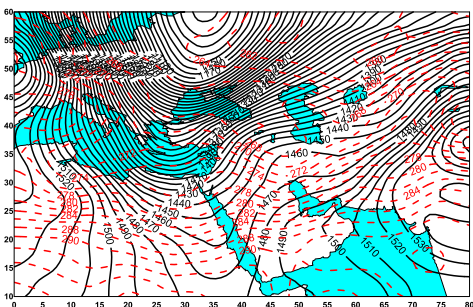
شکل ۳۱- میدان فشار (hpa) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



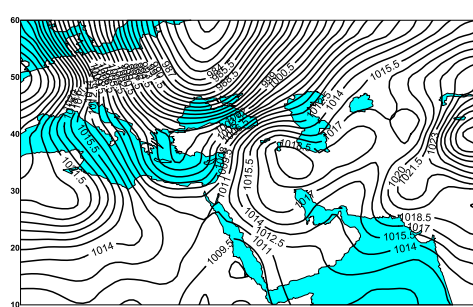
شکل ۳۴- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



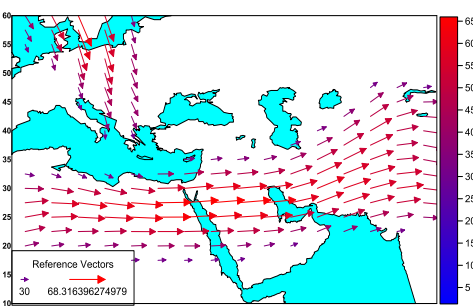
شکل ۳۳- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



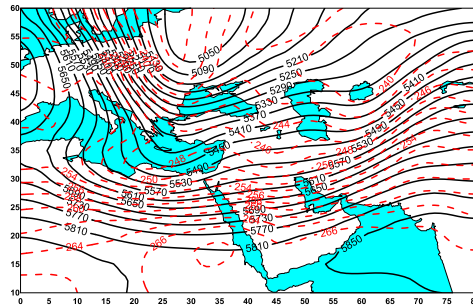
شکل ۳۶- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.



شکل ۳۵- میدان فشار (hpa) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.



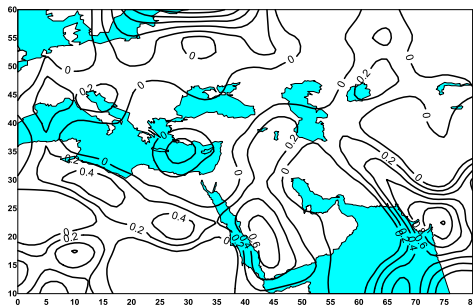
شکل ۳۸- میدان باد (m/s) در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.



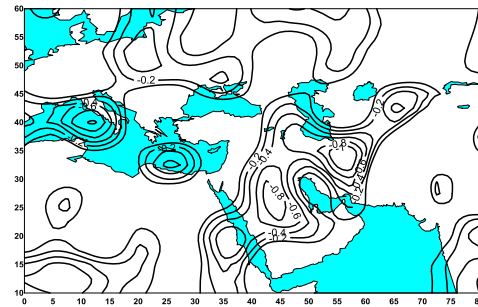
شکل ۳۷- میدان ارتفاع ژئوپتانسیل (gpm) و دما (k) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.

از بررسی میدان تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰ ساعت (شکل ۴۳) دیده شد که بیشینه تاوایی نسبی مثبت منطبق بر زبانه کم ارتفاع در غرب، شمال غرب ایران می باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴۴) مقادیر بیشینه تاوایی نسبی در غرب ایران وجود دارد. در روز ۱۷ ام در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴۵) بیشینه تاوایی به سمت شرق حرکت کرده و منطبق بر زبانه کم ارتفاع در شمال، غرب و جنوب غرب ایران می باشد. همچنین کم فشار سطح زیرین در جلوی مقدار بیشینه تاوایی قرار دارد. در روز ۱۸ ام در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴۷)، با خارج شدن سامانه کم فشار جنوبی از جنوب و جنوب غرب ایران، بیشینه تاوایی مثبت نسبت به قبل در جنوب و جنوب غرب ایران تضعیف شده است.

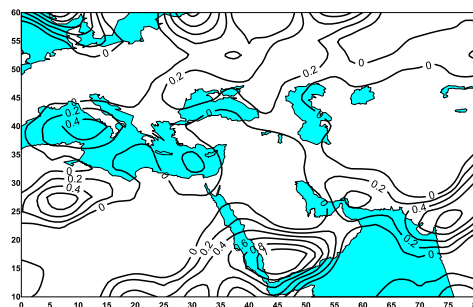
از بررسی میدان همگرایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰ ساعت (شکل ۳۹) دیده شد که مرکز بیشینه همگرایی با مقدار $0.8 \times 10^{-5} s^{-1}$ در غرب خلیج فارس وجود دارد و بر منطقه ناوه فشاری وارون سطح زمین منطبق می باشد. در روز ۱۷ ژانویه ساعت ۰۰ (شکل ۴۱) نیز هسته بیشینه همگرایی به سمت شرق حرکت کرده است و مقدار آن $1.2 \times 10^{-5} s^{-1}$ می باشد. از بررسی میدان واگرایی تراز میانی جو در روز ۱۶ ام (شکل ۴۰) هم دیده شد که مقادیر بیشینه واگرایی تراز میانی با مقدار $0.6 \times 10^{-5} s^{-1}$ در شرق ناوه ارتفاع این تراز وجود دارد و در روز ۱۷ ام (شکل ۴۲) نیز هسته بیشینه واگرایی به سمت شرق حرکت کرده است. جایگاه منطقه واگرایی تراز میانی که با همگرایی سطح زمین و ناوه فشاری سطح زمین نیز در جنوب و غرب خلیج فارس منطبق می باشد این شرایط نیز مشابه حالت موردی اول می باشد.



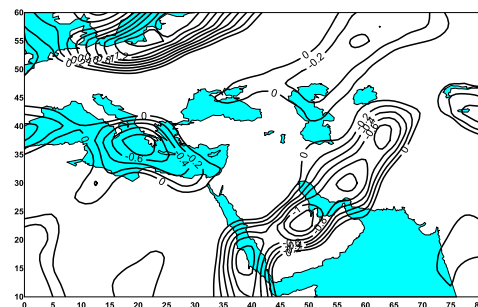
شکل ۴۰- میدان واگرایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



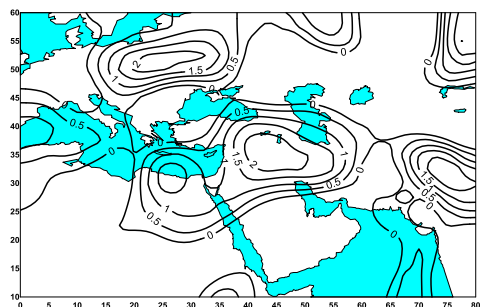
شکل ۳۹- میدان همگرایی در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



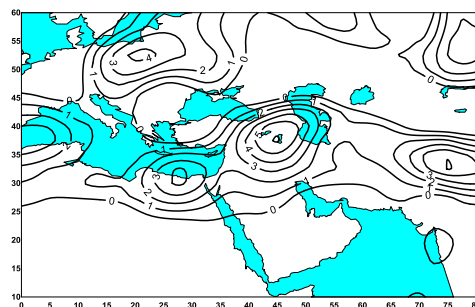
شکل ۴۲- میدان واگرایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



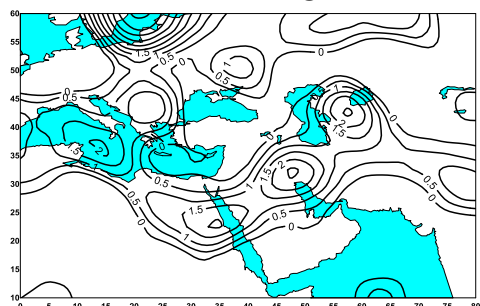
شکل ۴۱- میدان همگرایی در ساعت ۰۰۰۰ گریجوی ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



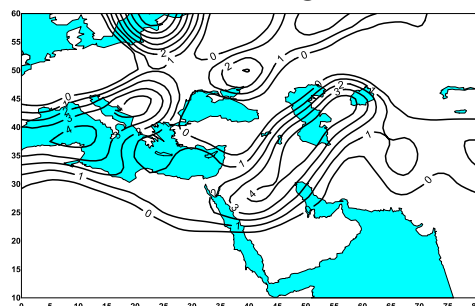
شکل ۴۴- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



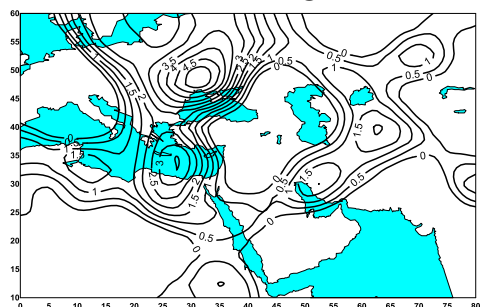
شکل ۴۳- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۶ ژانویه ۲۰۰۰.



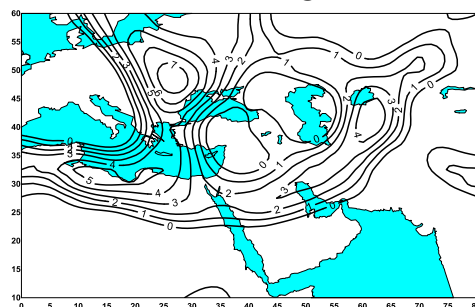
شکل ۴۶- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



شکل ۴۵- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۷ ژانویه ۲۰۰۰.



شکل ۴۸- میدان تاوایی در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.



شکل ۴۷- میدان تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ ۱۸ ژانویه ۲۰۰۰.

با استفاده از فراسنج های ارتفاع، دما و باد در ترازهای مختلف فشاری، الگوریتمی طراحی شد که برای اولین بار در آشکارسازی سامانه‌های جنوبی بکار برده شد. با این الگوریتم، تعداد ۱۵۸ مورد سامانه کم فشار جنوبی در هشت ماهه سرد سال در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۶ در منطقه مطالعاتی شناسایی شد. بررسی کیفی این موارد نشان داد که الگوریتم طراحی شده برای این سامانه‌ها به درستی عمل می‌کند. بر پایه مطالب ارائه شده در بندهای پیش، موارد زیر به عنوان نتایج این پژوهش ارائه می‌شود:

۱- نتایج بررسی دینامیکی این دو حالت موردی نشان می‌دهد که همگرایی تراز زیرین و واگرایی تراز میانی جو در منطقه

بررسی این دو حالت موردی نشان می‌دهد که اگرچه الگوهای همدیدی معرف سامانه های جنوبی یکسان هستند ولی تفاوت های قابل توجهی دارند. در حالت موردی اول (حالت موردی دوم) تغییرات سرعت باد شدید (ضعیف) است و ارتفاع ناوه تراز میانی زیاد (کم) است. بنابراین تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیلی این دو سامانه باهم تفاوت دارند. این تفاوت در انرژی ایجاد شده توسط گرمای نهان است که در سامانه اولی کمتر از سامانه دومی می‌باشد.

جمع بندی و نتیجه گیری

7. HMSO, 1962, Weather in the Mediterranean I: General Meteorology, 2d ed., Her Majesty's Stationery Office, 362 p.
 8. Holton, J. R., 2004, An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press Inc., San Diego. 511 pp.
 9. Hoskins, B. J., M. E. McIntyre and A. W. Robertson, 1985, On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 111, 877-946.
 10. Jansa, A., A. Genoves, M.A. Picornell, J. Campins, R. Riosalido and O. Carretero, 2001, Western Mediterranean cyclones and heavy rain. Part 2: Statistical approach. *Meteorol. Appl.* 8, 43-56.
 11. Krichack, S.O., P. Alpert and T.N. Krishnamurti, 1997a, Interaction of topography and tropospheric flow – a possible generator for the Red sea trough? *Meteorology and Atmospheric Physics* 63: 149-158.
 12. Krichack, S.O., P. Alpert and T.N. Krishnamurti, 1997b, Red Sea Trough/cyclone development – numerical investigation. *Meteorology and Atmospheric Physics* 63: 159-170.
 13. Krichak, S.O., J.S. Breitgand and S.B. Feldstein, 2012, A Conceptual Model for the Identification of Active Red Sea Trough Synoptic Events over the Southeastern Mediterranean. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Vol. 51, 962-971.
 14. Lashkari, H., 2002, Routing Low Pressure Systems to Iran. *Journal of Human Sciences MODARES*, Vol. 6, No. 2, PP. 133-156.
 15. Lashkari, H., 2003, Synoptic Pattern of heavy Precipitation in Southwest of Iran. PhD Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran.
 16. Lionello, P., F. Dalan and E. Elvini, 2002, Cyclones in the Mediterranean region: the present and the doubled CO₂ climate scenarios. *Climate Res.* 22, 147-159.
 17. Maheras, P., H.A. Flocas, I. Patrikas and C. Anagnostopoulou, 2001, A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution. *Int. J. Climatol.* 21, 109-130.
 18. Matlik, O. and P. Post, 2008, Synoptic Weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961-2005, *Estonia Journal of Engineering*, 195-208.
 19. Meshkati, A. H., M. Moradi, 2004, The Red Sea Trough Investigation from Dynamic Point of View. *Nivar*, No. 52, PP. 53-74.
- تحت تاثیر سامانه جنوبی وجود دارد و بیشینه واگرایی تراز میانی جو با ناوه ارتفاع این تراز و نیز بیشینه همگرایی سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با ناوه فشاری سطح زمین منطبق است، بنابراین ساختار این دو سامانه کم فشار جنوبی مانند ساختار سامانه های عرض‌های میانی است.
- ۲- بررسی همدیدی نقشه‌های تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان دهنده گرادیان شدید دمایی و وجود سیملوله‌های قوی در هر دو سامانه انتخابی می‌باشد. بنابراین وجود فرارفت هوای سرد و گرم در مناطق تحت تاثیر سامانه‌های جنوبی، بیانگر حالت کژفشاری جو در زمان تشکیل این سامانه‌های فشاری می‌باشد.
- ۳- بررسی‌ها نشان داد که ساختار سامانه های جنوبی با ساختار کم فشارهای گرمایی کاملاً تفاوت دارند بطوریکه کژفشاری شدید، فرارفت دمایی زیاد، هسته سرد و حرکت چرخندی در راستای قائم از مهمترین ویژگی‌های سامانه‌های جنوبی است که در این پژوهش آشکار شد.
- ۴- مطابق نقشه های تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بیشینه تاوایی نسبی مثبت منطبق بر زبانه کم ارتفاع می‌باشد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز به همین صورت می‌باشد.

منابع

1. Alpert, P., B. U. Neeman and Y. Shay-el, 1990, Climatological Analysis of Mediterranean Cyclones Using ECMWF Data, *Tellus*, Vol. 42(A), PP. 65-77.
2. Bartholy, J., R. Pongrácz and M., Pattantyús-Ábrahám, 2008, Analyzing the genesis, intensity, and tracks of western Mediterranean cyclones. *Theor. Appl. Climatol.* 96, 133-144.
3. Bluestein, H.B., 1993, Synoptic-Dynamic meteorology in multitudes. Vol. II: Observation and theory of weather systems. Oxford University Press. 594 pp.
4. Carlson, T.N., 1991, Mid-Latitude Weather System. University Press Cambridge.
5. Coiffier, J, 2011, Fundamentals of Numerical Weather Prediction. Cambridge University Press. 363 pp.
6. Hanson, C.E., J.P. Palutikof and T.D. Davies, 2004, Objective cyclone climatologies of the North Atlantic? A comparison between the ECMWF and NCEP Reanalyses. *Climate Dynamics* 22, 757-769.

- detection and tracking algorithm: individual tracks and climatology. *Meteorol. Z.* 14, 823–838.
25. Reboita, M. S., R. Nieto, L. Gimeno, R.P.D. Rocha, T. Ambrizzi, R. Garreaud and L.F., Krüger, 2010, Climatological features of cutoff low systems in the Southern Hemisphere. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, D17104.
 26. Romem, M., B. Ziv and H. Saaroni, 2007, Scenarios in the development of Mediterranean cyclones. *Advance Geoscience*, 12, 59–65.
 27. Serreze, M.C., 1995: Climatological aspects of cyclone development and decay in the Arctic. *Atmosphere-Ocean*, 33, 1–23.
 28. Trigo, I.F., T.D. Davies and G.R. Bigg, 1999, Objective Climatology of Cyclones in the Mediterranean Region. *J. Climate* 12, 1685–1696.
 29. Trigo, I.F., T.D. Davies and G.R. Bigg, 2000, Decline in Mediterranean rainfall by weakening of Mediterranean cyclones. *Geophys. Res. Lett.* 27, 2913–2916
 20. Murray, R.J. and I. Simmonds, 1991, A numerical scheme for tracking cyclone centers from digital data Part I: development and operation of the scheme. *Australian Meteorol. Mag.* 39, 155–166.
 21. Nieto, R., L. Gimeno, L. de la Torre, P. Ribera, D. Gallego, R. García - Herrera, J. A. García, M. Nuñez, A. Redaño, and J. Lorente, 2005, Climatological features of cut - off low systems in the Northern Hemisphere, *J. Clim.*, 18, 3805-3103, doi:10.1175/JCLI3386.1.
 22. Nohegar, A., N. Ghashghaee zadeh, A. Helisaz, 2013, Determination of Flood Generation Areas and Flood Alignment in Sub-basins (Case Study: Jamash Basin, Hormozgan Province). *Journal of Earth Science Researches*, Vol. 3, No. 9, 14-22.
 23. Picornell, M.A., A. Jansá, A. Genovés and J. Campins, 2001, Automated database of mesocyclones from the HIRLAM(INM)-0.5° analyses in the western Mediterranean. *Int. J. Climatol.* 21, 335–354.
 24. Pinto, J.G., T. Spanghel, U. Ulbrich and P. Speth, 2005, Sensitivities of a cyclone