Arch

نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی | سال هشتم | شماره سی و یکم و سی و دوم | پاییز و زمستان ۱۳۹۶

ارزیابی موردی چینش قائم باد سطوح بالا

محمد مرادی[1*]، مهرنوش سلیقه زاده[2]، فروزان ارکیان[3]

۱–دکترای هواشناسی، استادیار و عضو هیات علمی پژوهشکده هواشناسی

۲ –دانشجوی کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال.

۳–دکترای هواشناسی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال.

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/٤/١٤

چکیده

در این مقاله برای دو سامانه فشاری، داده‌های فشارسطح متوسط دریا، ارتفاع و باد در ترازهای فشاری معیار از بایگانی NCEP/NCAR برای یک شبکه منظم استخراج شد و با استفاده از روابط فرمولبندی شده، کمیتهای چینش قائم باد و باد گرمائی سطوح بالا، واگرائی و حرکت بالاسو در روزهای مختلف محاسبه و تحلیل شد. نتایج حاصل از تحلیل چینش قائم باد سطوح بالا و باد گرمائی نشان می‌دهد که مقادیر بیشینه این دو کمیت با محور جت استریم منطبق می‌باشد. این نتیجه ارتباط مستقیم بین این دو کمیت و تمام کنشهای انرژی زای درون جو را بیان می کند. بعلاوه بررسیها نشان داد که مقادیر بیشینه چینش قائم سطوح بالا در حد فاصل بین خط ناوه و خط پشته ارتفاع تراز میانی قرار می گیرد و مقادیر آن در عرضهای جغرافیائی بالا نسبت به عرضهای جغرافیائی پایین کمتر می‌باشد. همچنین دیده شد که چینش قائم سطوح بالا توانائی تعیین مسیر سامانه های چرخندی در عرضهای میانی را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چینش قائم باد سطوح بالا، باد گرمائی، واگرایی، حرکت قائم.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چینش باد به صورت افقی و قائم یکی از کمیت‌های هواشناسی و اقلیم شناسی است که در سطوح پایین و بالای جو بررسی می‌شود. چینش افقی باد، اختلاف برداری باد افقی در راستای افق و چینش قائم آن، اختلاف برداری باد افقی در راستای قائم می‌باشد.

چینش قائم باد در سطوح پایین[1] که اختلاف برداری باد افقی در سطوح زیرین می‌باشد، یکی از پدیده‌های مخرب هواشناسی است که پژوهشگران هوانوردی برای نشست و برخاست هواپیما به آن توجه ویژه ای دارند. توصیه به بررسی این کمیت از اوایل دهه ٦٠ میلادی در دستور کار سازمان هواشناسی جهانی قرار گرفت و نتیجه حاصل از کار پژوهشگران کشورهای مختلف در زمینه چینش قائم باد سطوح پایین در سال ١٩٦٩ بوسیله یک نشریه جداگانه از سوی این سازمان منتشر شد.

در ایران نیز برخی پژوهشگران بطور موردی چینش قائم باد را در سطوح زیرین جو بررسی کرده اند که می توان به نصیرزاده، رزم زن و مرادی اشاره کرد.

نصیرزاده (١٩٨٩) و رزم زن (١٩٩٠) در قالب پایان نامه دانشجوئی کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، با استفاده از داده های برج هواشناسی ایستگاه امیر آباد، نشان دادند که به علت وجود اثرات ناشی از مالش سطح زمین، چینش قائم باد در لایه ١٠-٤٥ متری بیشتر از لایه‌های دیگر رخ می‌دهد.

مرادی و همکاران (٢٠١٤)، با استفاده از داده های دو ثانیه ای ایستگاه کاوش جو فرودگاه مهرآباد تهران در ماه های ژانویه و ژولای سال ٢٠١٠ میلادی، چینش قائم باد سطوح پایین را در لایه‌های کم عمق نزدیک سطح زمین دسته بندی کردند و نشان دادند که در ماه ژانویه در١٦ و در ماه ژولای در ٧٤ درصد موارد، چینش قائم باد سطوح پایین در دسته متوسط بوده است.

چینش قائم سطوح بالا[2] که اختلاف برداری باد افقی در ترازهای فشاری بالای جو است، نیز همواره مورد توجه پژوهشگران هواشناسی و اقلیم شناسی قرار داشته است. این پژوهشگران به نقش چینش قائم باد سطوح بالا در تغییرات سامانه‌های همدیدی بیشتر توجه کرده اند. پژوهشگران زیادی برای مسیریابی چرخندهای حاره‌ای در عرضهای پایین از تغییرات چینش قائم باد استفاده کرده‌اند که می‌توان به کاربوسیرو، بین و فرانک اشاره کرد.

کاربوسیرو و همکاران (٢٠٠٢) با بررسی چینش قائم باد روی توسعه و شکل گیری چرخند های حاره ای، نشان دادند که چینش قائم باد در ترازهای پایین در توسعه چرخندهای حاره ای نقش موثری دارند. بین و همکاران (٢٠٠٥) اثر چینش قائم باد بر روی توسعه چرخندهای حاره ای را از دیدگاه آماری بررسی کردند. آنها با بکارگیری داده‌های CEP/NCAR در دوره ی آماری (٢٠٠٢-١٩٩٩) نشان دادند که چینش قائم باد بین تراز ٥٠٠ و ٢٠٠ هکتوپاسکال نسبت به چینش قائم باد در ترازهای ٨٥٠ و ٢٠٠ هکتوپاسکال برای توسعه چرخندهای حاره‌ای از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

فرانک و همکاران (١٩٩٩ و ٢٠٠١) اثر چینش قائم باد روی توسعه چرخندهای حاره ای را به کمک مدلMM5 شبیه سازی کردند. و نشان دادند که چرخندهای حاره ای در اثر وجود چینش قائم باد سطوح زیرین، ٢٤ ساعت پس از شروع شبیه سازی، تضعیف می‌شوند.

از آنجائی که باد حاصل تمام کنش های انرژی زای درون جو است و چینش قائم باد، باد گرمائی، واگرایی و حرکت قائم به طور مستقیم به مولفه‌های بردار باد بستگی دارند، از این رو بررسی این کمیتها نشان دهنده ی بررسی تغییرات انرژی درون جو می‌باشد. وقتی که باد در حالت ترازمندی زمینگرد[3] است، چینش قائم باد، به باد گرمائی وابسته میشود. این کمیت نیز به گرادیان دمای افقی بستگی دارد. وقتی باد از تقریب زمینگرد پیروی نمی کند، چینش قائم باد واقعی تقریبا با باد گرمائی برابر می‌شود زیرا در این حالت شتاب حرکت هنوز وجود دارد و حذف نشده است (داوتون،١٩٧٦). بنابراین مناطق شامل چینش قائم باد، به تضاد دمائی افقی شدید و نیز به ناپایداری کژفشاری مرتبط می‌شود که هر دو برای چرخندزائی مناطق مطلوبی می‌باشند (چارنی،١٩٤٧). مناطق کژفشاری اغلب در اطراف جبهه ها تمرکز دارند در این مناطق نیز عموماً جریانهای جتی وجود دارند. جریانهای جتی یکی

1 Low Level Vertical Wind Shear
2 Upper Level Vertical Wind Shear

3 Geostrophic balance

www.SID.ir

Archive of SID

از شرایط ایجاد توفانهای همرفتی شدید و چرخند زائی انفجاری می باشند (یوسیلینی و همکاران، ۱۹۷۹). از آنجائیکه در اطراف جریانهای جتی نیز چینش قائم سطوح بالا قرار می‌گیرد، از این رو می‌توان از این کمیت برای رد گیری سامانه های فشاری استفاده کرد.

در ایران تا کنون رابطه چینش قائم باد با باد گرمائی، واگرائی و حرکت قائم بررسی نشده است و نقش آن در نحوه‌ی فعالیت سامانه‌های چرخندی نیز در پرده ابهام قرار دارد. بنابراین در این مقاله با محاسبه چینش قائم باد سطوح بالا، باد گرمائی، واگرائی و مولفه قائم باد در دو حالت موردی، سعی می‌شود تا ارتباط بین این کمیتها و نقش آن در تقویت و تضعیف سامانه‌های همدیدی نشان داده شود.

مواد و روشها

چینش قائم باد در سطوح بالا به صورت اختلاف برداری باد افقی در دو تراز فشاری مختلف تعریف می‌شود. اندازه این کمیت به صورت زیر بیان می‌شود (بین و همکاران، ۲۰۰۵)

$$ULVWS = \frac{1}{\delta Z}\sqrt{(u_a - u_b)^2 + (v_a - v_b)^2} \quad (1)$$

در این رابطه اندیسهای a و b به ترتیب نشانگر تراز فشاری بالا و پایین، δz اختلاف ارتفاع بر حسب متر، u و v به ترتیب مولفه‌های مداری و نصف النهاری بردار باد افقی و $ULVWS$ اندازه چینش قائم باد سطوح بالا می باشند. این کمیت برای همه لایه‌های مختلف در دسترس محاسبه شد که برای کاهش حجم مطالب فقط به چینش قائم باد یک لایه اشاره می‌شود.

چینش قائم باد با باد گرمائی در ارتباط است. این ارتباط از طریق تعریف باد گرمائی آشکار می‌شود. باد گرمائی اختلاف برداری باد زمینگرد در دو تراز فشاری مختلف است. این تعریف با تعریف چینش قائم باد هماهنگ می‌باشد.

برای محاسبه چینش قائم باد و باد گرمائی سطوح بالا و نیز واگرائی و مولفه قائم سرعت باد بر اساس روابط فوق، ابتدا فضای فیزیکی به فضای محاسباتی تبدیل شد. برای اینکار یک شبکه منظم افقی ۲۱×۳۳ نقطه ای در نظر گرفته شد. این شبکه ناحیه ای محدود به طول جغرافیای ۰ تا ۸۰ درجه شرقی عرض جغرافیائی ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی را در بر گرفت. این محدوده بگونه‌ای انتخاب شده است که مناطق دریای مدیترانه، دریای سیاه، دریای سرخ و همچنین بخشی از کشورهای خاورمیانه، ایران، خلیج فارس و دریای عمان را پوشش دهد. سپس بارشهای ایستگاه‌های همدیدی واقع بر نوار غربی ایران در دوره آماری ۲۰۰۹-۲۰۰۰ بررسی شد. از بررسی این بارشها دو سامانه بارشی انتخاب شد. سامانه اول از دوم تا ششم فوریه ۲۰۰۶ و سامانه دوم از دوم تا ششم فوریه ۲۰۰۷ از مناطق مختلف ایران عبور کرده‌اند.

برای بررسی کمیتهای فوق در هنگام عبور سامانه های انتخابی، داده های فشار سطح زمین و نیز داده های ارتفاع و باد در ترازهای معیار ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰، ۳۰۰، ۲۵۰ ، ۲۰۰ ، ۱۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال از بایگانی NCEP\NCAR گرفته شد. در هر تراز فشاری روی شبکه مورد نظر با استفاده از شیوه های عددی، محاسبات لازم انجام شد. نتایج حاصل به وسیله نرم افزارهای متداول هواشناسی به شکلهای مناسب تبدیل گردید. این شکلها در بندهای بعدی بطور همدیدی بررسی می‌شوند.

نتایج و بحث

در این بند دو حالت موردی انتخابی ابتدا به طور همدیدی بررسی میشود. برای اینکار فشار سطح زمین بر حسب هکتوپاسکال، ارتفاع تراز میانی بر حسب متر، میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال بر حسب متر بر ثانیه، واگرائی ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی می‌شود. واحد میدان واگرائی $10^{-5}\ s^{-1}$ و واحد مولفه قائم باد پاسکال بر ثانیه است. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه چینش قائم باد و باد گرمائی لایه ۲۰۰-۷۰۰ تحلیل میشود. واحد چینش قائم باد $10^{-3}\ s^{-1}$ و واحد باد گرمائی متر بر ثانیه است.

بررسی همدیدی موارد انتخابی

سامانه انتخابی اول از دوم تا ششم فوریه ۲۰۰۶ از غرب وارد ایران می‌شود و مناطق مختلف کشور را در دوره زندگی خود تحت تاثیر قرار می‌دهد. از بررسی همدیدی این سامانه دیده شد که در اثر جابجائی نصف النهاری جت جنب قطبی به سوی جنوب دریای مدیترانه، ناوه ارتفاع تراز میانی جو از عرضهای بالا به سوی جنوب امتداد یافت و در جنوب دریای مدیترانه یک مرکز بسته کم ارتفاع در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ

www.SID.ir

Archive of SID

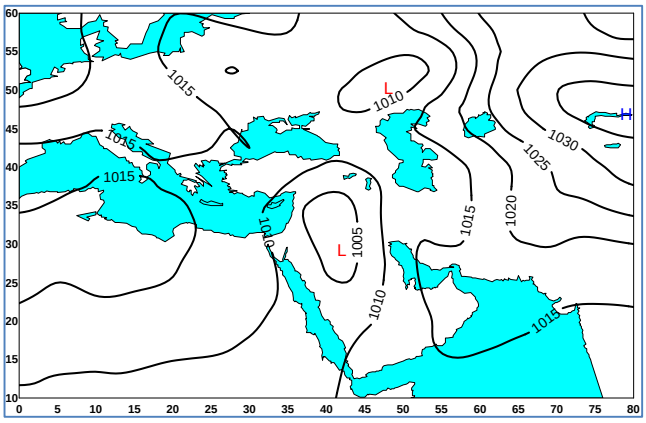
روز دوم فوریه تشکیل شد. از آنجائی که در شرق ناوه ارتفاع تراز میانی واگرائی و در سطح زمین همگرائی ایجاد می‌شود، از این رو فشار در جنوب دریای مدیترانه در اثر حرکت صعودی، کاهش یافت و یک منطقه کم فشار در اثر عوامل دینامیکی تراز میانی ایجاد شد. این فرایند سبب شد تا ناوه فشاری وارون دریای سرخ به صورت نصف النهاری به سوی شمال گسترش یابد و در جنوب دریای مدیترانه با کم فشار ایجاد شده ترکیب شود. به تدریج که ناوه ارتفاع باز می‌شود و به سوی شرق دریای مدیترانه جابجا می‌شود، بخش شمالی ناوه وارون دریای سرخ که با بخش جنوبی آن ماهیت متفاوتی دارد، به یک مرکز کم فشار بسته تبدیل می‌شود و هماهنگ با ناوه تراز میانی به سوی شرق حرکت می کند. این وضعیت در شکلهای ۱ و ۲ که به ترتیب میدان فشار سطح دریا و ارتفاع تراز میانی جو در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ مورخ سوم فوریه ۲۰۰۶ را نشان می دهند، دیده می‌شود. به تدریج سامانه کم فشار فوق با عبور از غرب ایران، به سوی شمالغرب ایران جابجا می‌شود و در روز پنجم فوریه ۲۰۰۶ با عبور از شرق دریای خزر، به سوی دریاچه بالخاش حرکت کرد.

تحلیل میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال در این حالت موردی نشان داد که محور جت جنب حاره در امتداد مدار ۲۷/۵ درجه شمالی به سوی شرق امتداد می یابد. این محور در مرکز دریای سرخ با یک انحناء چرخندی به سوی دریای خزر شارش می یابد و مقدار سرعت باد در روی دریا خزر در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز سوم فوریه ۲۰۰۶ به ۶۰ متر بر ثانیه تغییر می کند. شکل ۳ میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰۰۰ روز سوم فوریه ۲۰۰۶ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده میشود که جت جنب قطبی نیز با سرعت کمتری از عرضهای بالا به سوی ترکیه شارش یافته است. به تدریج محور جت جنب حاره به صورت شبه سینوسی تغییر شکل می‌دهد و با انحناء واچرخندی در روی دریای خزر، به سوی شرق دریاچه بالخاش امتداد می‌یابد.

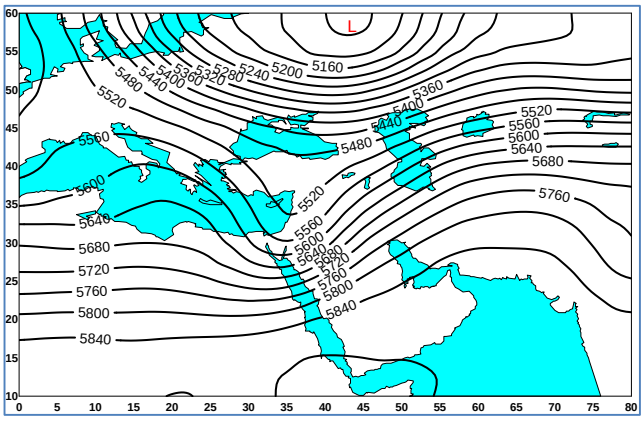
شکل ٤ میدان واگرائی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را برای روز دوم فوریه سال ۲۰۰۶ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان میدهد. از این شکل دیده می‌شود که مقادیر منفی واگرائی که از این پس همگرائی گفته می‌شود، دریای مدیترانه را فرا گرفته است و دامنه مقادیر منفی به غرب دریای سرخ و روی آفریقا امتداد یافته است. در شرق ترکیه و شمال غرب ایران نیز مقادیر مثبت این کمیت یا واگرائی قرار گرفته است که دامنه آن نوار غربی و نوار شرقی ایران را در بر گرفته است. شکل ۵ میدان واگرائی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز دوم فوریه سال ۲۰۰۶ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه همگرائی در این تراز در روی عربستان قرار گرفته است و هسته بیشینه واگرائی نیز در روی ایران می‌باشد. از مقایسه این کمیت با میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، دیده می‌شود که همگرائی شرق عربستان جلوتر از ناوه ارتفاع و واگرائی روی ایران نیز جلوتر از پشته ارتفاع قرار گرفته اند. شکل ٦ مولفه قائم سرعت باد در دستگاه فشاری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز دوم فوریه سال ۲۰۰۶ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه حرکت صعودی که با علامت منفی مشخص است، در شمالغرب دریای سرخ و جنوب دریای مدیترانه قرار دارد. این منطقه در این تراز درست در شرق ناوه ارتفاع این تراز جای دارد. بنابراین می توان گفت که در تراز میانی جو در شرق ناوه ارتفاع حرکت صعودی بیشینه قرار دارد. این نتیجه نیز با نتایج حاصل از پژوهشهای انجام شده مطابقت دارد. از مقایسه میدان واگرائی و حرکت صعودی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده میشود که در این حالت موردی، حرکت صعودی (نزولی) کمی عقب تر از میدان همگرائی (واگرائی) قرار گرفته است. این شرایط به سبب کج بودن محور سامانه فشاری به صورت شمالغربی- جنوبشرقی و رابطه بین واگرائی و حرکت قائم ایجاد می‌شود. به تدریج که ناوه ارتفاع از روی دریای مدیترانه عبور می کند و به سوی ایران حرکت می کند، وضعیت تحلیل شده نیز به آرامی به سوی شرق جابجا می‌گردد. در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه که ناوه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روی عراق قرار می گیرد و ایران تحت تاثیر این ناوه است، میدان همگرائی در ترازهای مختلف، منطبق بر شرق ناوه فوق قرار دارد.

www.SID.ir

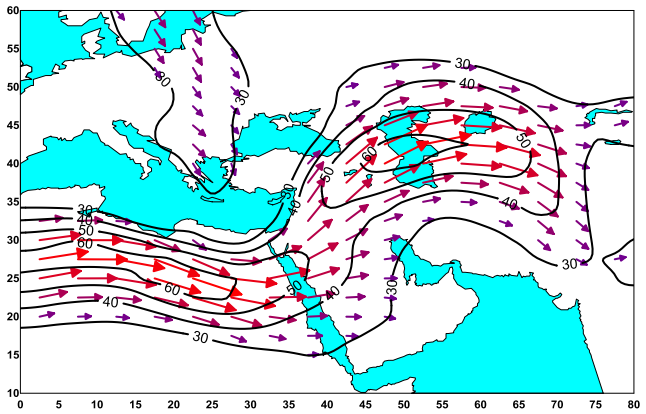
Archive of SID



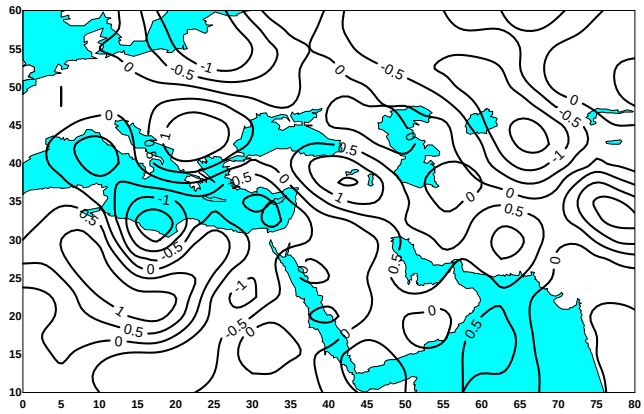
شکل ۱- میدان فشار سطح زمین(هکتو پاسکال)در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز سوم فوریه ۲۰۰۶. خطوط هم فشار با فاصله ۵ هکتوپاسکال رسم شده است.



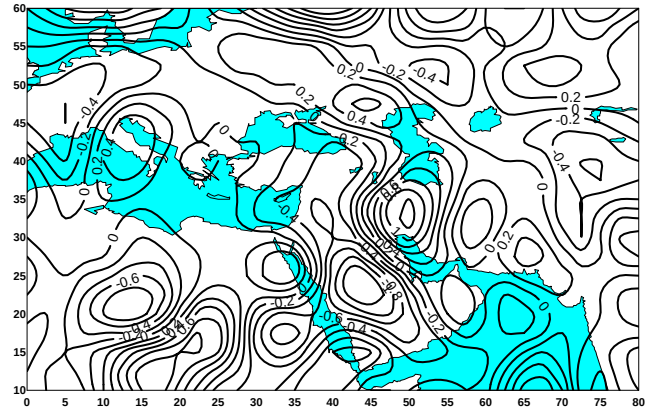
شکل ۲- میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال(متر) در ساعت ۱۲۰۰گرینویچ روز سوم ماه فوریه سال ۲۰۰۶. خطوط هم ارتفاع با فاصله ۴۰ متر رسم شده است.



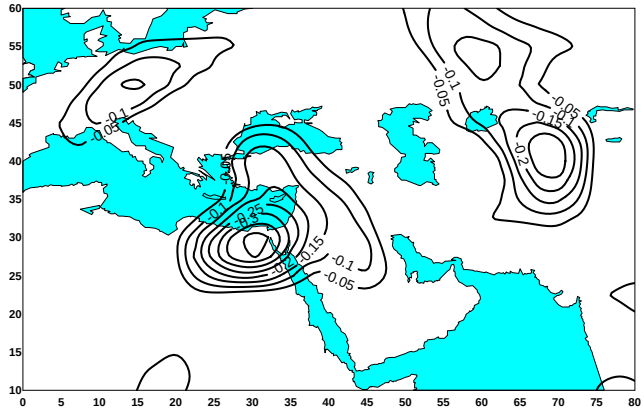
شکل ۳- میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال (متر بر ثانیه) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز سوم فوریه ۲۰۰۶. خطوط هم مقدار با فاصله ۱۰ واحد رسم شده است.



شکل ٤- میدان واگرائی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال(10^{-5} S^{-1}) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ دوم فوریه سال ۲۰۰۶ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۵ واحد رسم شده است.



شکل ۵- میدان واگرائی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال(10^{-5} S^{-1}) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ دوم فوریه سال ۲۰۰۶ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۲ واحد رسم شده است.



شکل ٦- حرکت قائم بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال(پاسکال بر ثانیه) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ دوم فوریه سال ۲۰۰۶ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۰۵ واحد رسم شده است.

www.SID.ir

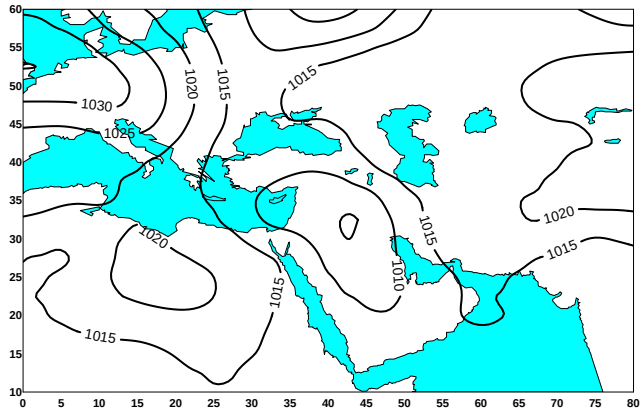
Archive of SID

مشابه الگوی همدیدی فوق نیز در فوریه ۲۰۰۷ ایجاد شده است. در این حالت موردی با فرایند ذکر شده در حالت موردی اول، بخش دینامیک ناوه فشاری دریای سرخ در اثر گسترش پرفشار روی اروپا از بخش گرمائی آن جدا میشود و بطور مستقل به سوی شرق حرکت میکند. سامانه فوق در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷ در روی عراق است و تمام نوار غربی ایران تحت تاثیر بخش شرقی این سامانه قرار گرفته است. جریانهای جنوبی این بخش، شرایط مناسبی برای انتقال گرما و نم ویژه از عرضهای جنوبی به نوار غربی ایران فراهم می‌نماید. شکلهای ۷ و ۸ به ترتیب میدان فشار سطح متوسط دریا و ارتفاع تراز میانی را در این ساعت نشان می دهند. در این حالت موردی محور جت جنب حاره در امتداد مدار ۲۵ درجه شمالی به سوی شرق شارش می یابد. این محور در شرق دریای سرخ با یک انحناء چرخندی به سوی شمالشرق ایران و سپس با یک انحناء واچرخندی به سوی شرق پاکستان تغییر مسیر می‌دهد. این وضعیت در در ساعت ۰۰۰۰ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷ در شکل ۹ نشان داده شده است.

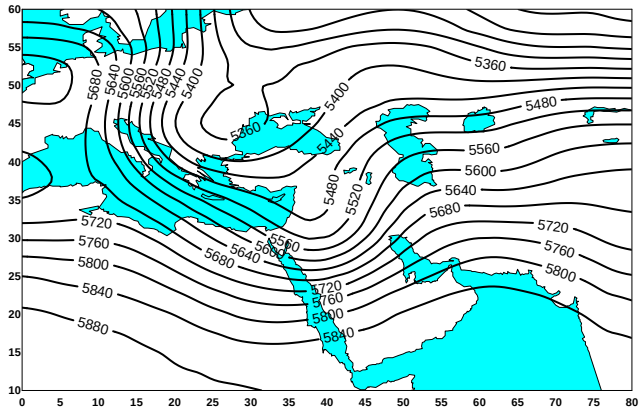
شکل ۱۰ میدان واگرائی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را برای روز چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه همگرائی(کمینه مقدار واگرائی) این تراز فشاری در روی عراق است که دامنه های آن نیمه غربی ایران، شرق دریای سرخ و شرق دریای مدیترانه را در بر گرفته است. از بررسی میدان واگرائی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز در روز چهارم فوریه این سال که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، دیده می‌شود که هسته کمینه مقدار واگرائی از غرب دریای سرخ با عبور از روی عربستان و عراق، به غرب ایران کشیده شده است. این منطقه در جلو ناوه ارتفاعی تراز میانی منطبق می‌باشد. شکل ۱۲ مولفه قائم سرعت باد در دستگاه فشاری در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه حرکت صعودی که با علامت منفی مشخص است، در غرب ایران قرار گرفته است. بخش جنوبی این هسته تا جنوب خلیج فارس و بخش شمالی نیز تا شرق دریای سیاه را در بر گرفته است. این مکان در شرق ناوه ارتفاع این تراز می‌باشد.

www.SID.ir

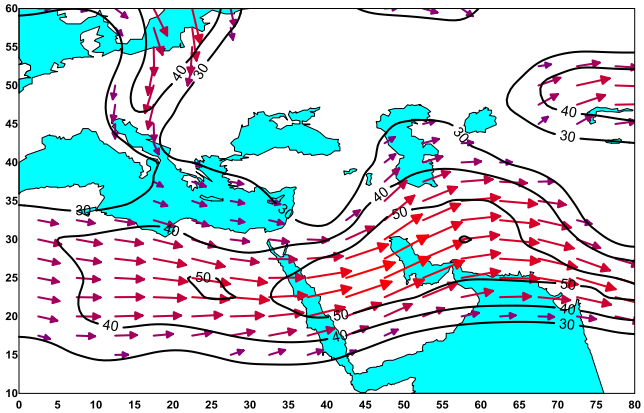
Archive of SID



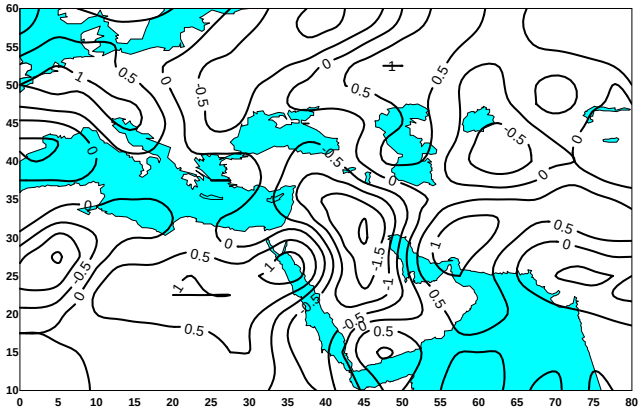
شکل ۷- میدان فشار سطح زمین(هکتو پاسکال) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷. خطوط هم فشار با فاصله ۵ هکتوپاسکال رسم شده است.



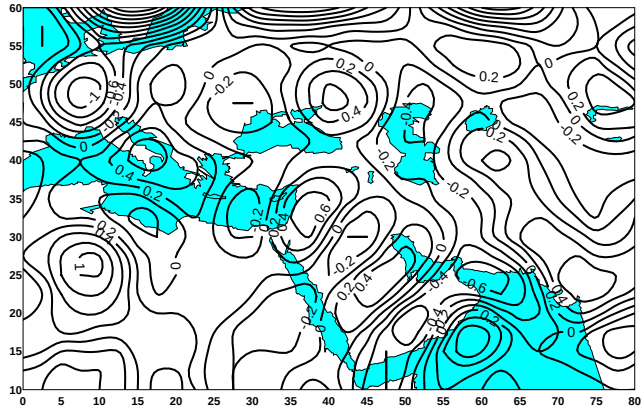
شکل ۸- میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال(متر) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم ماه فوریه سال ۲۰۰۷. خطوط هم ارتفاع با فاصله ۴۰ متر رسم شده است.



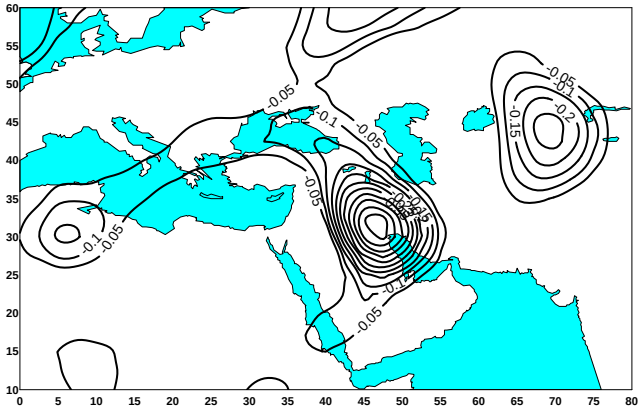
شکل ۹- میدان باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال(متر بر ثانیه) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷. خطوط هم مقدار با فاصله ۱۰ واحد رسم شده است.



شکل ۱۰- میدان واگرائی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال(10^{-5} S^{-1}) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۵ واحد رسم شده است.



شکل ۱۱- میدان واگرائی تراز ۰۰۵ هکتوپاسکال(10^{-5} S^{-1}) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۲ واحد رسم شده است.



شکل ۱۲- میدان حرکت قائم تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال(پاسکال بر ثانیه) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ . خطوط هم مقدار به فاصله ۰/۰۵ واحد رسم شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی نتایج محاسباتی

برای بررسی چینش قائم باد و باد گرمائی در لایه‌های مختلف، ابتدا مقدار چینش قائم باد در یک نقطه مشخص با موقعیت ۵۰ درجه طول جغرافیائی شرقی و ۳۵ در جه عرض جغرافیائی شمالی انتخاب شد. این نقطه که بر استان مرکزی منطبق می‌باشد، محل عبور جریانهای جتی در روی ایران می‌باشد. سپس تغییر چینش قائم باد سطوح بالا در طی دوره انتخابی بررسی شد. نتایج نشان داد که تغییرات این کمیت در لایه‌های مختلف کم است. ازآنجائی که در منطقه نقش توپوگرافی بر داده های همدیدی از اهمیت خاصی برخوردار است، از اینرو برای حذف اثر پستی و بلندی، چینش قائم باد در لایه ۷۰۰-۲۰۰ تحلیل می‌شود. همچنین برای پی بردن به ارتباط بین چینش قائم باد سطوح بالا و باد گرمائی این لایه، کمیت باد گرمائی نیز در لایه ۷۰۰-۲۰۰ بررسی می‌شود.

از بررسی چینش قائم باد سطوح بالا دیده می‌شود که در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز دوم فوریه ۲۰۰۶ ، مقادیر بیشینه این کمیت بر جایگاه جت جنب حاره ای قرار گرفته است به طوری که خط هم مقدار ٤ واحدی از شمال آفریقا با عبور از روی دریای سرخ به نیمه غربی ایران نفوذ کرده و مناطق مختلفی از کشور را در بر گرفته است. در روی اروپای شرقی نیزهسته بیشینه ۳ واحدی قرار دارد که سطح کوچکی را پوشش داده است. این مقادیر بیشینه نیز بر بخشی از جت قطبی قرار دارد که که از عرضهای بالا به این منطقه شارش داشته است.

در این روز بررسی باد گرمائی نشان می‌دهد که خط هم مقدار ۵۵ واحدی در موقعیت طول جغرافیائی ۱۵ درجه شرقی و عرض جغرافیائی ۲۷/۵ درجه شمالی قرار گرفته است. محور این باد در راستای مدار ۲۷/۵ درجه شمالی به سوی شرق امتداد یافته است ولی در روی عراق تا مرکز ایران یک بریدگی سرعت ۳۵ متر بر ثانیه دیده می‌شود که درون خط هم مقدار ٤ واحدی چینش قائم باد سطوح بالا می‌باشد. در روی اروپای شرقی نیز منطبق بر هسته بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا، هسته کوچک باد گرمائی با مقدار ۱۵ واحد وجود دارد. از مقایسه دو شکل فوق دیده می‌شود که مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا که بر محور جت جنب حاره ای منطبق است، کمی عقب تر از مرکز بیشینه باد گرمائی منطبق بر جت جنب حاره ای قرار دارد.

در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز دوم فوریه ۲۰۰٦ ، الگوی چینش قائم باد سطوح بالا نسبت به قبل تغییر کرده است به طوری که خط هم مقدار ٤ واحدی این کمیت که پشته حاصل از مرکز بیشینه اطراف مدار ۳۰ درجه شرقی و ۵ درجه شمالی است، بجز استان خوزستان، بقیه نقاط ایران را در بر گرفته است. در روی اروپا نیز هسته ۳ واحدی بیشینه این کمیت دیده می‌شود. باد گرمائی لایه ۷۰۰-۲۰۰ نیز در این ساعت نشان می‌دهد که مقادیر بیشینه این کمیت در امتداد مدار ۲۷/۵ درجه شمالی از شمال آفریقا تا شرق دریای سرخ امتداد یافته است. هسته بیشینه این کمیت با مقدار ۵۸ واحد در منطقه ۲۰درجه شرقی و۲۷/۵ درجه شمالی قرار دارد. یک هسته بیشینه ٤۰ واحدی این کمیت در روی پاکستان است که پشته آن در امتدا شمالغرب تا مرکز دریای خزر کشیده شده است. این شرایط نشان می‌دهد که محور باد گرمائی به صورت شبه سینوسی است به طوری که انحنا فرود آن در روی عربستان و فراز آن در روی دریای خزر است و سپس با یک فرود دیگر تا روی پاکستان کشیده شده است. در روی اروپا نیز منطبق بر هسته بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا، مقدار بیشینه باد گرمائی متناظر با این لایه با خط هم مقدار ۱۹ واحد قرار دارد.

شکل ١٤- چینش قائم باد سطوح بالا را در ساعت ۰۰۰۰ مورخ سوم فوریه ۲۰۰٦ نشان می‌دهد. از این شکل دیده میشود که هسته بیشینه این کمیت با خط هم مقدار ٦ واحد همچنان در جنوب دریای مدیترانه در اطراف مدار ۲۷/۵ درجه شمالی قرار دارد. همچنانکه خط ناوه تراز میانی به سوی شرق حرکت می کند، مرکز بیشینه روی ایران نیز در جلو ناوه فوق قرار می گیرد و خط هم مقدار ۵ واحدی دریای خزر و دریاچه اورال را در بر میگیرد. در بخش غربی ناوه نیز مقادیر این کمیت نسبت به مقادیر شرقی کمتر است. ناپیوستگی در مقادیر بیشینه این کمیت در روی عربستان همچنان به خوبی دیده می‌شود.

شکل ۱۵- میدان باد گرمائی لایه ۷۰۰-۲۰۰ را در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ سوم فوریه ۲۰۰٦ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که محور این باد در راستای مدار۲۷/۵

www.SID.ir

Archive of SID

درجه شـمالی به سوی غرب دریای سرخ امتداد یافته است. مرکز بیشـینه این کمیت با هسته ٦٥ واحدی در موقعیت ۲۵ درجه شـرقی و ۲۵ درجه شـمالی در جنوب دریای مدیترانه قرار گرفته است. در روی ایران نیز خط هم مقدار کمینه ۲۵ واحدی بسته قرار گرفته است. به نظر می‌رسد که الگوی این کمیت با الگوی چینش قائم باد سـطوح بالا در غرب ایران هماهنگ نمی‌باشـد. این شـرایط به سبب کاهش سرعت باد در نیمه غربی ایران می‌باشد.

در سـاعـت ۱۲۰۰ گرینویچ روز سـوم فوریه ۲۰۰٦ دیده می‌شود که الگوی چینش قائم باد تقریبا مشابه ساعت ۰۰۰۰ این روز اسـت با این تفاوت که یک هسته بیشینه در جنوب خلیج فارس قرار گرفته اسـت. این هسـته بیشـینه، بیانگر افزایش سـرعت باد در منطقه می‌باشـد. باد گرمائی متناظر با این ساعت در لایه فوق نشان می‌دهد که دو هسته بیشینه در راسـتای مدار۲۷/۵ درجه شـمالی با خط هم مقدار ۵۸ و ۵۲ واحد وجود دارند که اولی در شمال دریای سرخ و دومی در منطقه ۵ درجه شـرقی می‌باشـد. در روی دریاچه اورال نیز هست بیشینه کوچک ۳۷ واحدی قرار گرفته است این منطقه بیشـینه بر جریانهای غربی محور جت منطبق اسـت. سراسر ایران نیز درون مرکز کمینه بسته این کمیت با خط هم مقدار ۲۲ واحدی قرار گرفته اسـت. این هسـته کمینه با فراز موج شـبه سـینوسـی محور جت جنب حاره منطبق می‌باشـد. در سـاعـت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ چهـارم فوریـه ۲۰۰٦ دیده می‌شود هنگامی که ناوه ارتفاع تراز میانی در روی عراق قرار می گیرد و سراسر نوار غربی ایران در جلو آن است، چینش قائم باد لایه ۷۰۰-۲۰۰ در این روز (شکل ١٦) در این منطقه ناپیوسـته اسـت و این منطقه بین دو هسـته بیشـینه است که اولی در غرب دریـای سـرخ و دومی در روی دریای خزر می‌باشد. این ناپیوستگی که در نقطه عطف محور جت جنب حـاره(جائیکه محور جت از حالت چرخندی به واچرخندی تغییر میکنـد) قرار دارد، در اثر وجود بـادهای جنوبی بخش شـرقی ناوه تراز میانی می‌باشد. شکل ۱۷- میدان باد گرمائی لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰٦ را نشـان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشـینـه ۵ واحـدی این کمیت در امتداد مدار ۲۷/۵ درجه شـمالی به سـوی غرب دریای سـرخ امتداد یافته اسـت. در شـرق دریاچه اورال نیز هسـته بیشینه ٤٠ واحدی قرار دارد. در نیمه شـرقی ایران هسـته کمینه ۱۰ واحدی اسـت که بر پشته واچرخندی محور جت منطبق می‌باشد. با حرکت ناوه تراز میانی به سـوی شـرق و خارج شدن آن از ایران، هسته بیشـینه چینش قائم باد سطوح بالا در جنوب دریای مدیترانه کاملا توسـعه یافته است بطوریکه در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز پنجم فوریه ۲۰۰٦، خط هم مقدار ۵ واحدی در اطراف مـدار ۲۵ درجه تا غرب خلیج فارس را در بر گفته اسـت. هسـته بیشـینه ۵ واحدی روی دریاجه اورال و خزر نیز به سـوی شـرق دریاچه بالخاش جابجا شده است. در این روز دو هسـته بیشـینه ۵۰ واحدی باد گرمائی در جنوب دریای مدیترانه و شـمالشـرق دریای سـرخ وجود دارند. خط هم مقدار ۳۰ واحدی بیشـینه باد گرمائی از صفر درجه شرقی تا شرق تنگه هرمز امتداد یافته است. در شمال دریاچه بالخاش نیز مرکز بیشینه ۳۵ واحدی باد گرمائی قرار گرفته است.

بررسـی چینش قائم باد سـطوح بالا در لایه ۷۰۰-۲۰۰ برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ دوم فوریه ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که دو هسـته بیشـینه این کمیت در راسـتای مدار ۲۰ درجه شـمالی قرار گرفته اسـت که مرکز بیشینه بزرگتر با خط هم مقدار ۵ واحد از غرب دریای سرخ با عبور از روی عربستان و جنوب ایران، تا غرب پاکسـتان کشـیده شـده اسـت. این شرایط بر بخش جنوبی ناوه ارتفاع تراز میانی واقع در شرق دریای سـرخ منطبق می‌باشـد. در عرضهای بالاتر که در این حالت موردی ناوه عمیق ارتفاع تراز میانی قرار گرفته است، مقادیر این کمیت قابل ملاحظه نمی‌باشـد. کم بودن مقادیر چینش قائم باد سطوح میانی می تواند به دلیل همجهت بودن باد در دو تراز زیرین و زبرین و نیز کژفشـاری بودن سامانه کم فشـار دینامیکی باشـد. در این روز الگوی باد گرمائی سـطوح بالا به گونه ای است که مقادیر بیشینه آن از اطراف مدار ۲۰ درجه در راستای مداری به سوی مرکز دریای سرخ امتداد یافته و سپس با عبور از روی ایران با محور شمالشرقی جنوبغربی به سـوی دریاچه بالخاش امتداد یافته است. هسته مرکزی با خط هم مقدار ۵۵ واحد در مرکز دریای سرخ قرار گرفته اسـت. در روز سـوم فوریه دیده می‌شود که منطبق بر محور جـت جنـب حاره در امتداد مدار ۲۵ درجه شـرقی، مقادیر بیشـینه چینش قائم باد سـطوح بالا قرار دارد که از

www.SID.ir

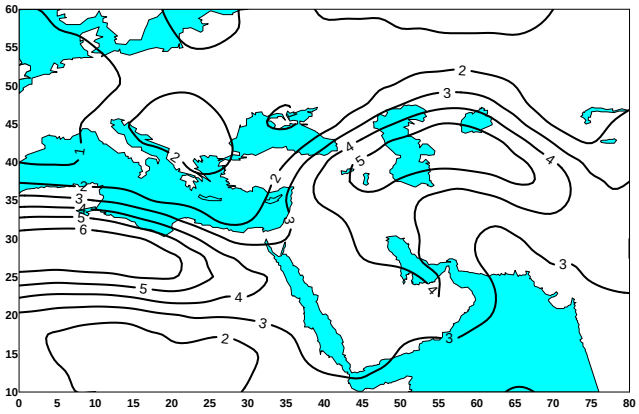
Archive of SID

غرب تا شرق این مدار را پوشش داده است. هسته های بیشینه این کمیت در جنوب دریای مدیترانه، حد فاصل دریای سرخ و خلیج فارس با خط هم مقدار ۵ واحد و در روی پاکستان با خط هم مقدار ٦ واحد قرار دارند. در روی اروپا نیز خط هم مقدار ۲ واحدی است که منطبق بر جریانهای شمالی مربوط به محور جت جنب قطبی می‌باشد. در روی دریاچه اورال نیز مرکز بیشینه ۳ واحدی جای گرفته است. بررسی الگوی باد گرمائی سطوح بالا در این روز نشان می‌دهد که الگوی این کمیت با الگوی چینش قائم باد سطوح بالا مطابقت دارد. به طوری که هسته های بیشینه این کمیت بر هسته های بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا منطبق هستند.

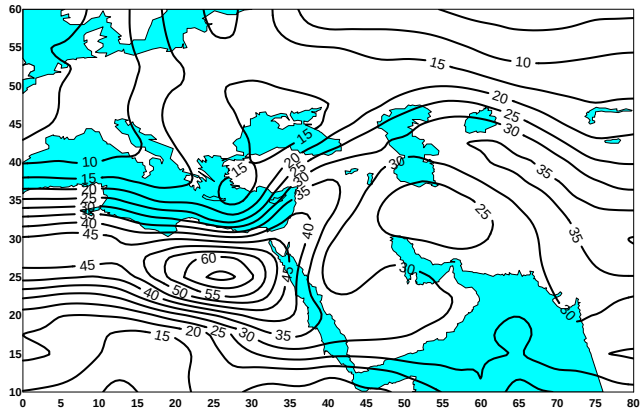
شکل ۱۸- چینش قائم باد سطوح بالا در لایه ۷۰۰-۲۰۰ برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ چهارم فوریه ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود همچنانکه سامانه فشاری به سوی شرق حرکت می کند و نوسانات شبه سینوسی محور جت جنب حاره در روی ایران تغییر می یابد، مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا در روی ایران قرار می گیرد بطوری که خط هم مقدار ۵ واحدی بیشتر نقاط ایران را در بر می گیرد. شکل ۱۹- باد گرمائی سطوح بالا در لایه ۷۰۰-۲۰۰ برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ چهارم فوریه ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که در امتداد مدار ۲۰ درجه شمالی مقادیر بیشینه این کمیت قرار گرفته است بطوریکه دو هسته بیشینه ۵۰ و ٤٥ واحدی به ترتیب در غرب دریای سرخ و شرق پاکستان بسته شده اند. جنوب ایران نیز درون خط هم مقدار ٤٠ واحدی این کمیت جای گرفته است.

www.SID.ir

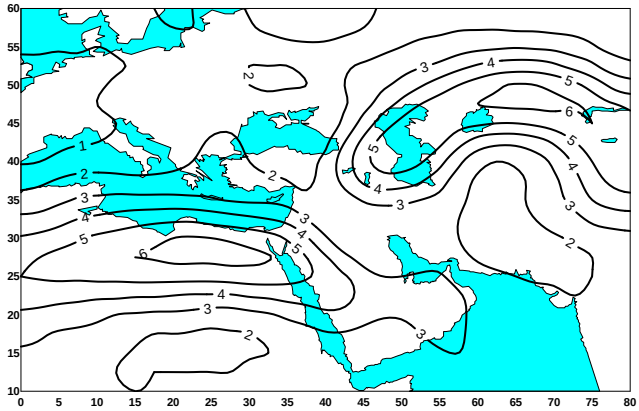
Archive of SID



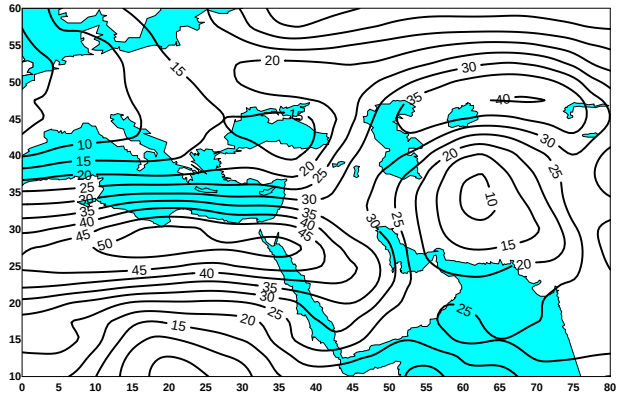
شکل ١٤- چینش قائم باد سطوح بالا(10^{-3} S^{-1})برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ سوم فوریه سال ۲۰۰٦ . خطوط هم مقدار به فاصله ۱ واحد رسم شده است.



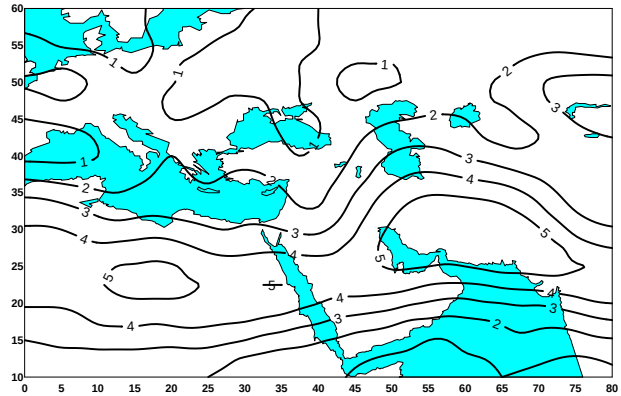
شکل ۱۵- اندازه باد گرمائی بر(متر بر ثانیه) در لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ سوم فوریه سال ۲۰۰٦ . خطوط هم مقدار به فاصله ۵ واحد رسم شده است.



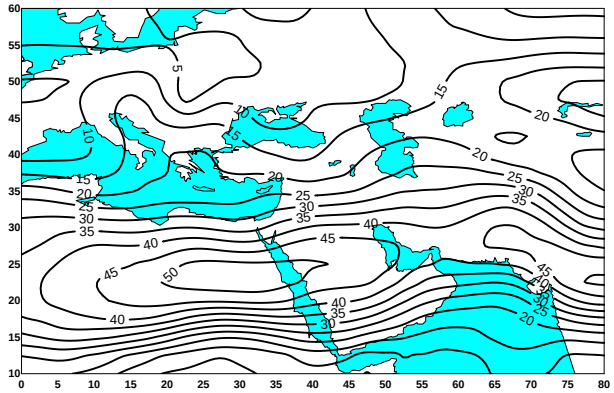
شکل ١٦- چینش قائم باد سطوح بالا(10^{-3} S^{-1}) برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰٦ . خطوط هم مقدار به فاصله ۱ واحد رسم شده است.



شکل ۱۷- اندازه باد گرمائی(متر بر ثانیه) در لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰٦ . خطوط هم مقدار به فاصله ۵ واحد رسم شده است.



شکل ۱۸- چینش قائم باد سطوح بالا(10^{-3} S^{-1}) برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ . خطوط هم مقدار به فاصله ۱ واحد رسم شده است.



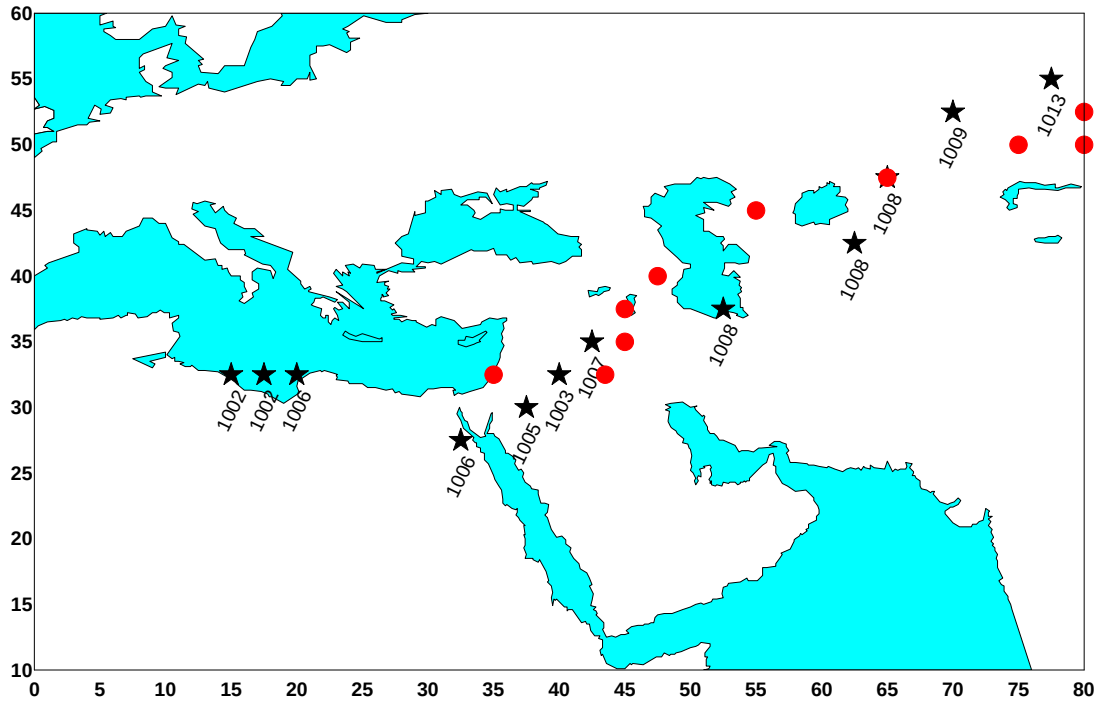
شکل ۱۹- اندازه باد گرمائی(متر بر ثانیه) در لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷ . خطوط هم مقدار به فاصله ۵ واحد رسم شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

از بررسی این دو حالت موردی دیده می‌شود که مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا به سبب ایجاد یک ناپیوستگی، به دو هسته بیشینه تبدیل می‌شود. این ناپیوستگی معمولا هنگامی ایجاد می‌شود که در دولایه متفاوت، مولفه‌های مداری باد هم جهت اند(مثلا هر دو غربی اند)، آنگاه چون مولفه‌های مداری با علامتهای یکسان ظاهر می شوند پس چینش قائم باد کاهش می یابد. در صورتی که مولفه‌های مداری باد در دو لایه در جهت های مختلف ظاهر شوند، آنگاه چینش قائم باد افزایش می یابد. این شرایط برای مولفه‌های نصف النهاری باد نیز برقرار است. این تحلیل نشان می‌دهد که بخشی از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می تواند به یکسان بودن مولفه‌های مداری یا نصف النهاری و یا یکسان بودن هر دو مولفه مربوط باشد. همچنین هنگامی که محور جت جنب حاره شبه سینوسی است، در نقطه عطف آن، جائیکه محور جت از حالت چرخندی به واچرخندی تغییر میکند، می تواند یک ناپیوستگی نیز بین مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا ایجاد شود. بنابراین ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می تواند در اثر عامل انحنا محور جت نیز ایجاد شود.

شکل ۱۹- موقعیت مراکز چرخند سطح زمین(ستاره های مشکی) و مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا(دایره های قرمز) که در شمال محور جت جنب حاره ای است، را در حالت موردی فوریه ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که اولین موقعیت چینش قائم باد سطوح بالا تقریبا محلی است که ۳۶ ساعت بعد مرکز فعالیت چرخند خواهد بود. این شکل نشان می‌دهد که بستگی زیادی بین مراکز این دوکمیت وجود دارد. بنابراین می توان با تشخیص موقعیت مرکز بیشینه چینش قائم باد که در شمال محور جت قرار می گیرد، محل فعالیت مرکز چرخند را پیش یابی کرد. این تحلیل نشان می‌دهد که چینش قائم سطوح بالا می‌تواند یکی از کمیت های هواشناسی برای تعیین مسیر سامانه های چرخندی باشد.



شکل ۱۹- موقعیت مرکز چرخند(ستاره های مشکی) و مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا(دایره های قرمز) در دوره زندگی یکم تا پنجم فوریه ۲۰۰۶. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیائی بر حسب درجه را نشان می دهند. اعدا روی نقشه فشار مرکز سامانه بر حسب هکتوپاسکال است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این بند بر اساس بندهای پیشین، نتایج حاصله بررسی می‌شود :

چنین بر می آید که در این دو حالت موردی در تراز میانی جو، همگرائی جلوتر از ناوه ارتفاع و واگرائی نیز جلوتر از پشته ارتفاع قرار گرفته اند. این شرایط با پژوهشهای پیشین نیز هماهنگ می‌باشد. در تراز میانی جو در شرق ناوه ارتفاع حرکت صعودی بیشینه قرار دارد. این نتیجه نیز با نتایج حاصل از پژوهشهای انجام شده مطابقت دارد. از مقایسه میدان واگرائی و حرکت صعودی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده میشود که در این دو حالت موردی، حرکت صعودی (نزولی) کمی عقب تر از میدان همگرائی (واگرائی) قرار گرفته است. این شرایط به سبب کج بودن محور سامانه فشاری به صورت شمالغربی- جنوبشرقی و رابطه بین واگرائی و حرکت قائم ایجاد شده است.

از رابطه چینش قائم باد سطوح بالا دیده می‌شود که این کمیت به دو عامل ضخامت لایه و میدان باد (جهت و سرعت) در دو لایه بستگی دارد. ضخامت لایه با چینش قائم نسبت عکس دارد. هر چه قدر ضخامت لایه بیشتر(کمتر) باشد، مقدار چینش قائم سطوح بالا نیز کمتر(بیشتر) است. برای یک سامانه کم فشار دینامیکی با شرایط کژفشاری و محور فضائی شمالغرب- جنوبشرق، دیده می‌شود که ضخامت لایه کمتر از کم فشار دینامیکی با شرایط فشاروردی است. بنابراین در این سامانه ها در شرایط مساوی، چینش قائم باد سطوح بالا بیشتر می‌باشد. این تحلیل نشان می‌دهد که بخشی از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می تواند به نوع کم فشار حاکم بر منطقه وابسته باشد. بخش دیگر ناپیوستگی در اثر انحنا محور جت تولید می‌شود. هنگامی که محور جت جنب حاره شبه سینوسی است، در نقطه عطف آن، جائیکه محور جت از حالت چرخندی به واچرخندی تغییر میکند، یک ناپیوستگی نیز بین دو هسته بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا ایجاد می‌شود. این تحلیل نشان می‌دهد که بخش دیگری از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می تواند در اثر عامل انحنا محور جت ایجاد شده باشد.

میدان باد (جهت و سرعت) با چینش قائم باد سطوح بالا رابطه مستقیم دارد. هنگامی در دولایه متفاوت، مولفه‌های مداری باد هم جهت اند(مثلا هر دو غربی اند)، آنگاه چون مولفه‌های مداری با علامتهای یکسان ظاهر می شوند پس چینش قائم باد کاهش می یابد. در صورتی که مولفه‌های مداری باد در دو لایه در جهت های مختلف ظاهر شوند، آنگاه چینش قائم باد افزایش می یابد. این شرایط برای مولفه‌های نصف النهاری باد نیز برقرار است. این تحلیل نیز نشان می‌دهد که بخشی از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می تواند به یکسان بودن مولفه‌های مداری یا نصف النهاری و یا یکسان بودن هر دو مولفه باشد.

از آنجائی که در بخش شرقی(غربی) سامانه های کم فشار دینامیکی، سرعت باد زیاد(کم) است و نیز جهت باد در دو تراز فشاری مختلف همسو نیستند، از این رو در منتها الیه شرق سامانه های کم فشار، مقادیر بیشینه(کمینه) چینش قائم باد سطوح بالا قرار دارد. این بررسی نشان می‌دهد که مقدار انرژی جنبشی در بخش شرقی(غربی) سامانه های کمفشار زیاد(کم) می‌باشد.

چینش قائم باد سطوح بالا می تواند یکی از کمیت‌های هواشناسی برای تعیین مسیر سامانه های چرخندی باشد.

از مقاسیه الگوی چینش قائم باد سطوح بالا با مولفه قائم باد، دیده می‌شود که جایگاه حرکت قائم بالاسوی بیشینه(امگای کمینه) در شرق مرکز بیشینه و بر محل ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا قرار دارد. چنین بر می آید در مکانی که اندازه چینش قائم باد به دلایل مختلف ضعیف می‌شود، تغییرات مداری و نصف النهاری باد در لایه‌های مختلف افزایش می یابد. این شرایط سبب می‌شود تا واگرائی در لایه‌های مختلف افزایش و در نتیجه حرکت قائم بالا سو نیز افزایش یابد.

دیده می‌شود که در روی محور باد گرمائی و یا در بخش استواسوی آن در جائی که این محور دارای انحنا چرخندی است، مولفه قائم باد در دستگاه مختصات فشاری در شرق آن مکان کمینه می‌باشد. به نظر می رسد که انحناء چرخندی محور باد گرمائی سبب ایجاد واگرائی و مطابق تئوری ساوتکلیف، سبب تولید همگرائی در تراز زیرین و در سطح زمین می‌شود. در اثر این فرایند در سطح زمین و در شرق

www.SID.ir

Archive of SID

انحناء چرخندی فوق، کم فشـار تشـکیل می گردد و سـبب افزایش و یا تولید حرکت بالاسو می‌شود.

منابع

1. Razmzan, M.H. 1990, A study on Vertical wind shear in Tehran and its estimation from surface data. M.Sc. thesis, Geophysics Institute of Tehran University.
2. Nasirzadeh, M. 1989, Vertical wind shear over Tehran. M.Sc thesis, Geophysics institute of Tehran University.
3. Moradi, M., Rezazadeh, P., Vazifeh, A., 2014, A case study on low level vertical wind shear in Mehrabad Airport, Journal of Climate Research, Journal of Climate Research. Vol. 5. No. 17 & 18. Spring & Summer, 31-44.
4. Gyakum ,J ,R. , and COI, M. 1990:An observational study of strong vertical shear over North America during the 1983/84 cold season., Journal of Applied Journal of Applied Meteorology., v.29.9.1990.pp.902-915
5. Coli, R, O., and Chamberlain, L.W., 1958, Vertical wind shear near the core of the jet stream over the Northeastern United States,August 1-2,1958. Journal.Mon.Wea.Rev.,86.8.1958.pp.319-32
6. Carbosiero ,k,l., and j,Mlonari.,2002:The effect of vertical wind shear on distribution of convection in tropical cyclone. MOM .weo.new., 134.2111-2123.
7. Bin, Z., yihoung, D., Hui, Y., Bingyu. D. 2005, A Statistical analysis on the effect of vertical wind shear on tropical cyclone development. ACTA Metrological Sinica .N03.vo020.383-388
8. Dutton, J. A., 1971, CAT, Aviation, and Atmospheric Sciences. Rev. Geophys. Space phys ., 9,613-657.,
9. Charnery, J. G. 1947: The dynamics of long waves in a baroclinic westerly current. Journal of Meteorology, Vol. 4, 135-162.
10. Uccellini, L. W., Johnson, D. R. 1979, The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implication for the development of severe convective storms. Mon. Wea. Rev., 107, 682-703.
11. Reberts, C. F.1969, A preliminary analysis of some observations of wind shear in the lower 100 feet of the atmosphere.WMO-NO.230, 203-218.

www.SID.ir