

ارزیابی موردی چینش قائم باد سطوح بالا

محمد مرادی^{۱*}، مهنوش سلیقه زاده^۲، فروزان ارکیان^۳

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: ۱۳۹۶/۴/۱۴

چکیده

در این مقاله برای دو سامانه فشاری، داده‌های فشار سطح 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، واگرایی 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 می‌کند. علاوه بررسیها نشان داد که مقادیر بیشینه چینش قائم سطوح بالا در حد فاصل بین خط ناوه و خط پشته ارتفاع تراز میانی قرار می‌گیرد 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.

مقدمه

سامانه‌های همدیدی بیشتر توجه کرده‌اند. 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 (۲۰۰۲) با بررسی چینش قائم باد روی توسعه و شکل‌گیری چرخندهای حاره‌ای، نشان دادند که چینش قائم باد در ترازهای پایین در توسعه چرخندهای حاره‌ای نقش موثری دارند. بین و همکاران (۲۰۰۵) اثر چینش قائم باد بر روی توسعه چرخندهای حاره‌ای را از دیدگاه آماری بررسی کردند. آنها با بکارگیری داده‌های CEP/NCAR در دوره‌ی آماری (۱۹۹۹-۲۰۰۲) نشان دادند که چینش قائم باد بین تراز ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال نسبت به چینش قائم باد در ترازهای ۸۵۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال برای توسعه چرخندهای حاره‌ای از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

فرانک و همکاران (۱۹۹۹ و ۲۰۰۱) اثر چینش قائم باد روی توسعه چرخندهای حاره‌ای را به کمک مدل MM5 شبیه‌سازی کردند. و نشان دادند که چرخندهای حاره‌ای در اثر وجود چینش قائم باد سطوح زیرین، ۲۴ ساعت پس از شروع شبیه‌سازی، تضعیف می‌شوند.

از آنجائی که باد حاصل تمام کنش‌های انرژی زای درون جو است و چینش قائم باد، باد گرمائی، واگرایی و حرکت قائم به‌طور مستقیم به مولفه‌های بردار باد بستگی دارند، از این رو بررسی این کمیته‌ها نشان دهنده‌ی بررسی تغییرات انرژی درون جو می‌باشد. وقتی که باد در حالت ترازمندی زمینگرد^۳ است، چینش قائم باد، به باد گرمائی وابسته می‌شود. این کمیت نیز به گرادیان دمای افقی بستگی دارد. وقتی باد از تقریب زمینگرد پیروی نمی‌کند، چینش قائم باد واقعی تقریباً با باد گرمائی برابر می‌شود زیرا در این حالت شتاب حرکت هنوز وجود دارد و حذف نشده است (داوتون، ۱۹۷۶). 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، ۱۹۴۷). مناطق کژفشاری اغلب در اطراف جبهه‌ها تمرکز دارند در این مناطق نیز عموماً جریانهای جتی وجود دارند. جریانهای جتی یکی

چینش باد به صورت افقی و قائم یکی از کمیت‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی 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^۱ 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 ویژه‌ای دارند. توصیه به بررسی این کمیت از اوایل دهه ۶۰ 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 ۱۹۶۹ 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 کرده‌اند که می‌توان به نصیرزاده، رزم زن و مرادی اشاره کرد.

نصیرزاده (۱۹۸۹) و رزم زن (۱۹۹۰) در قالب پایان‌نامه دانشجویی کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، با استفاده از داده‌های برج هواشناسی ایستگاه امیرآباد، نشان دادند که به علت وجود اثرات ناشی از مالش سطح زمین، چینش قائم باد در لایه ۱۰-۴۵ متری بیشتر از لایه‌های دیگر رخ می‌دهد.

مرادی و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از داده‌های دو ثانیه‌ای ایستگاه کاوش جو فرودگاه مهرآباد تهران در ماه‌های ژانویه و ژولای سال ۲۰۱۰ میلادی، چینش قائم باد سطوح پایین را در لایه‌های کم عمق نزدیک سطح زمین دسته‌بندی کردند و نشان دادند که در ماه ژانویه در ۱۶ و در ماه ژولای در ۷۴ درصد موارد، چینش قائم باد سطوح پایین در دسته متوسط بوده است.

چینش قائم سطوح بالا^۲ که اختلاف برداری باد افقی در ترازهای فشاری بالای جو است، نیز هموار مورد توجه پژوهشگران هواشناسی و اقلیم‌شناسی قرار داشته است. این پژوهشگران به نقش چینش قائم باد سطوح بالا در تغییرات

3 Geostrophic balance

1 Low Level Vertical Wind Shear

2 Upper Level Vertical Wind Shear

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 سامانه‌های انتخابی، داده‌های فشار سطح زمین و نیز داده‌های ارتفاع و باد در ترازهای معیار ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵، ۱۰۰۰، هکتوپاسکال از بایگانی NCEP\NCAR گرفته شد. در هر تراز فشاری روی شبکه مورد نظر با استفاده از شیوه‌های عددی، محاسبات لازم انجام شد. نتایج حاصل به وسیله نرم افزارهای متداول هواشناسی به شکلهای مناسب تبدیل گردید. این شکلهای 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، و اگرایی ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و حرکت بالاسوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی می‌شود. واحد میدان و اگرایی s^{-1} و 10^{-3} و واحد مولفه قائم باد پاسکال بر ثانیه است. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه چینش قائم باد و باد گرمایی لایه ۲۰۰-۷۰۰ تحلیل می‌شود. واحد چینش قائم باد s^{-1} و 10^{-3} و واحد باد گرمایی 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 ۰۰:۰۰ گرینویچ

از شرایط ایجاد توفانهای همرفتی شدید و چرخند زائی انفجاری می‌باشند (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 سامانه‌های فشاری استفاده کرد.

در ایران تا کنون رابطه چینش قائم باد با باد گرمایی، و اگرایی 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 گرمایی، و اگرایی 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 می‌باشند. 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 گرمایی در ارتباط است. این ارتباط از طریق تعریف باد گرمایی آشکار می‌شود. باد گرمایی 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 گرمایی سطوح بالا و نیز و اگرایی و مولفه قائم سرعت باد بر اساس روابط فوق، ابتدا فضای فیزیکی به فضای محاسباتی تبدیل شد. برای اینکار یک شبکه منظم افقی 33×21 نقطه‌ای در نظر گرفته شد. این شبکه ناحیه‌ای محدود به طول جغرافیای 0° تا 80° درجه شرقی عرض جغرافیائی 10° تا 60° درجه شمالی را در بر گرفت. این محدوده بگونه‌ای انتخاب شده است که مناطق دریای

پس همگرایی 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 واگرایی قرار گرفته است که دامنه آن نوار غربی و نوار شرقی ایران را در بر گرفته است. شکل ۵ میدان واگرایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را برای روز دوم فوریه سال ۲۰۰۶ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه همگرایی در این تراز در روی عربستان قرار گرفته است و هسته بیشینه واگرایی نیز در روی ایران می‌باشد. از مقایسه این کمیت با میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، دیده می‌شود که همگرایی شرق عربستان جلوتر از ناوه ارتفاع و واگرایی روی ایران نیز جلوتر از پشته ارتفاع قرار گرفته اند. شکل ۶ 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 می‌توان 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 واگرایی و حرکت صعودی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده میشود که در این حالت موردی، حرکت صعودی (نزولی) کمی عقب تر از میدان همگرایی (واگرایی) قرار گرفته است. این شرایط به سبب کج بودن محور سامانه فشاری به صورت شمالغربی- جنوبشرقی و رابطه بین واگرایی و حرکت قائم ایجاد می‌شود. به تدریج که ناوه ارتفاع از روی دریای مدیترانه عبور می‌کند و به سوی ایران حرکت می‌کند، 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 می‌گیرد و ایران تحت تاثیر این ناوه است، میدان همگرایی در ترازهای مختلف، منطبق بر شرق ناوه فوق قرار دارد.

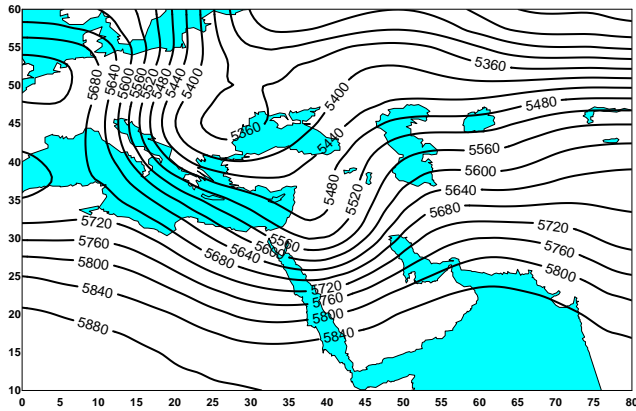
روز دوم فوریه تشکیل شد. از آنجائی که در شرق ناوه ارتفاع تراز میانی واگرایی و در سطح زمین همگرایی ایجاد می‌شود، از این رو فشار در جنوب دریای مدیترانه در اثر حرکت صعودی، کاهش یافت و یک منطقه کم فشار در اثر عوامل دینامیکی تراز میانی ایجاد شد. این فرایند سبب شد تا ناوه فشاری وارون دریای سرخ به صورت نصف النهاری 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 می‌کند. 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 می‌دهند، 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 می‌یابد. این محور در مرکز دریای سرخ با یک انحناء چرخندی به سوی دریای خزر شارش می‌یابد و مقدار سرعت باد در روی دریا خزر در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز سوم فوریه ۲۰۰۶ به ۶۰ متر بر ثانیه تغییر می‌کند. 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 و اچرخندی در روی دریای خزر، به سوی شرق دریاچه بالخاش امتداد می‌یابد.

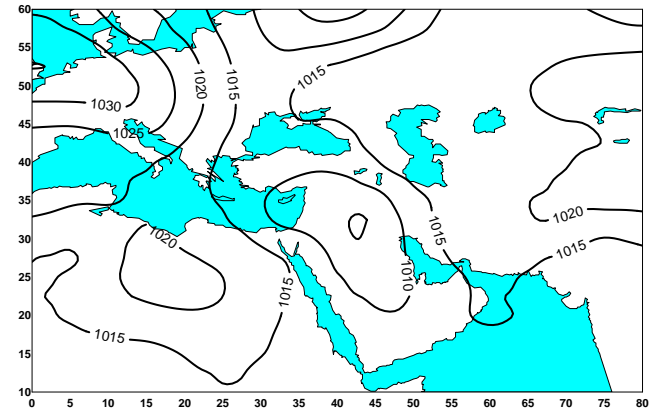
شکل ۴ میدان واگرایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را برای روز دوم فوریه سال ۲۰۰۶ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ نشان میدهد. از این شکل دیده می‌شود که مقادیر منفی واگرایی که از این

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 دامنه‌های 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.

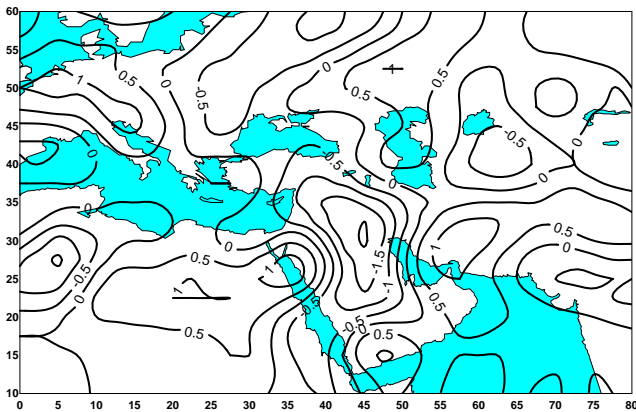
مشابه الگوی همدیدی فوق نیز در فوریه ۲۰۰۷ ایجاد شده است. در این حالت موردی با فرایند ذکر شده در حالت موردی اول، بخش دینامیک ناوه فشاری دریای سرخ در اثر گسترش پرفشار روی اروپا از بخش گرمائی آن جدا می‌شود و بطور مستقل به سوی شرق حرکت می‌کند. سامانه فوق در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷ در روی عراق 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 می‌دهند. در این حالت موردی محور جت جنب حاره در امتداد مدار ۲۵ درجه شمالی به سوی شرق شارش می‌یابد. 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.



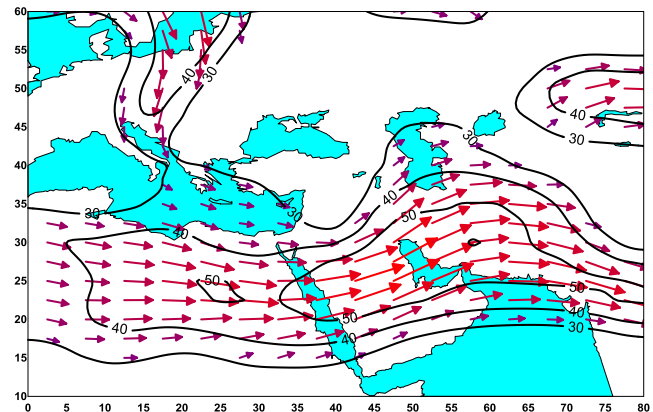
شکل ۸- میدان ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (متر) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم ماه فوریه سال ۲۰۰۷. خطوط هم ارتفاع با فاصله ۴۰ متر رسم شده است.



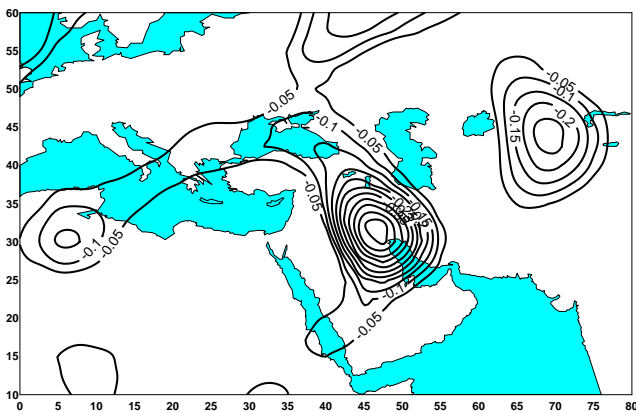
شکل ۷- میدان فشار سطح زمین (هکتوپاسکال) در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۷. خطوط هم فشار با فاصله ۵ هکتوپاسکال رسم شده است.



شکل ۱۰- میدان واگرایی 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 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.



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 درجه 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. از آنجائی که در منطقه نقش توپوگرافی بر داده‌های 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 ۴ 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 نیز هسته بیشینه ۳ واحدی قرار دارد که سطح کوچکی را پوشش داده است. این مقادیر بیشینه نیز بر بخشی از جت قطبی قرار دارد 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 ۴ 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 ۲۰۰۶، الگوی چینش قائم باد سطوح بالا نسبت به قبل تغییر کرده است به طوری که خط هم مقدار ۴ 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 ۲۰ درجه شرقی و ۲۷/۵ درجه شمالی قرار دارد. یک هسته بیشینه ۴۰ واحدی این کمیت در روی پاکستان است که پشته آن در امتداد 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 ۱۴- چینش قائم باد سطوح بالا را در ساعت ۰۰۰۰ مورخ سوم فوریه ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. از این شکل دیده میشود که هسته بیشینه این کمیت با خط هم مقدار ۶ واحد همچنان در جنوب دریای مدیترانه در اطراف مدار ۲۷/۵ درجه شمالی قرار دارد. همچنانکه خط ناوه تراز میانی به سوی شرق حرکت می‌کند، مرکز بیشینه روی ایران نیز در جلو ناوه فوق قرار می‌گیرد 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 ۲۰۰۶ نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که محور این باد در راستای مدار ۲۷/۵

درجه شمالی به سوی غرب دریای سرخ امتداد یافته است. مرکز بیشینه این کمیت با هسته ۶۵ واحدی در موقعیت ۲۵ درجه شرقی و ۲۵ درجه شمالی 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 سطوح بالا در غرب ایران هماهنگ نمی‌باشد. این شرایط به سبب کاهش سرعت باد در نیمه غربی ایران می‌باشد.

در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز سوم فوریه ۲۰۰۶ دیده می‌شود که الگوی چینش قائم باد تقریباً مشابه ساعت ۰۰۰۰ این روز است با این تفاوت که یک هسته بیشینه در جنوب خلیج فارس قرار گرفته است. این هسته بیشینه، بیانگر افزایش سرعت باد در منطقه می‌باشد. باد گرمائی متناظر با این ساعت در لایه فوق نشان می‌دهد که دو هسته بیشینه در راستای مدار ۲۷/۵ درجه شمالی با خط هم مقدار ۵۸ و ۵۲ واحد وجود دارند که اولی در شمال دریای سرخ و دومی در منطقه ۵ درجه شرقی می‌باشد. در روی دریاچه اورال نیز هسته بیشینه کوچک ۳۷ واحدی قرار گرفته است این منطقه بیشینه بر جریانهای غربی محور جت منطبق است. سراسر ایران نیز درون مرکز کمینه بسته این کمیت با خط هم مقدار ۲۲ واحدی قرار گرفته است. این هسته کمینه با فراز موج شبه سینوسی محور جت جنب حاره منطبق می‌باشد. در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ چهارم فوریه ۲۰۰۶ دیده می‌شود هنگامی که ناوه ارتفاع تراز میانی در روی عراق قرار می‌گیرد و سراسر نوار غربی ایران در جلو آن است، چینش قائم باد لایه ۷۰۰-۲۰۰ در این روز (شکل ۱۶) در این منطقه ناپیوسته است و این منطقه بین دو هسته بیشینه است که اولی در غرب دریای سرخ و دومی در روی دریای خزر می‌باشد. این ناپیوستگی که در نقطه عطف محور جت جنب حاره (جائیکه محور جت از حالت چرخندی به واچرخندی تغییر میکند) قرار دارد، در اثر وجود بادهای جنوبی بخش شرقی ناوه تراز میانی می‌باشد. شکل ۱۷- میدان باد گرمائی لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز چهارم فوریه ۲۰۰۶ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که هسته بیشینه ۵ واحدی این کمیت در امتداد مدار ۲۷/۵ درجه شمالی به سوی غرب دریای سرخ امتداد یافته است.

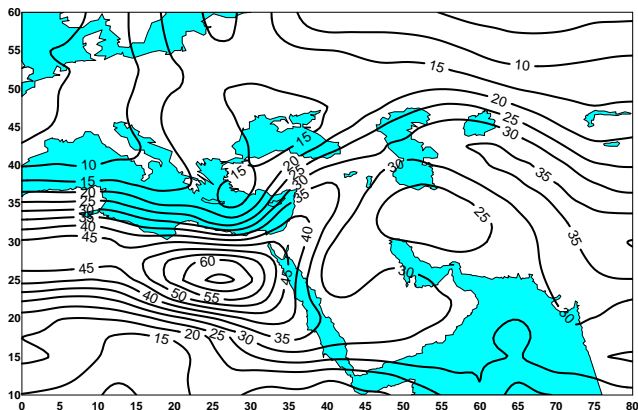
شرق دریاچه اورال نیز هسته بیشینه ۴۰ واحدی قرار دارد. در نیمه شرقی ایران هسته کمینه ۱۰ واحدی است که بر پشته واچرخندی محور جت منطبق می‌باشد. با حرکت ناوه تراز میانی به سوی شرق و خارج شدن آن از ایران، هسته بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا در جنوب دریای مدیترانه کاملاً توسعه یافته است بطوریکه در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ روز پنجم فوریه ۲۰۰۶، خط هم مقدار ۵ واحدی در اطراف مدار ۲۵ درجه تا غرب خلیج فارس را در بر گرفته است. هسته بیشینه ۵ واحدی روی دریاچه اورال و خزر نیز به سوی شرق دریاچه بالخاش جابجا شده است. در این روز دو هسته بیشینه ۵۰ واحدی باد گرمائی در جنوب دریای مدیترانه و شمالشرق دریای سرخ وجود دارند. خط هم مقدار ۳۰ واحدی بیشینه 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.

بررسی چینش قائم باد سطوح بالا در لایه ۷۰۰-۲۰۰ برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ دوم فوریه ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که دو هسته بیشینه این کمیت در راستای مدار ۲۰ درجه شمالی قرار گرفته است که مرکز بیشینه بزرگتر با خط هم مقدار ۵ واحد از غرب دریای سرخ با عبور از روی عربستان و جنوب ایران، تا غرب پاکستان کشیده شده است. این شرایط بر بخش جنوبی ناوه ارتفاع تراز میانی واقع در شرق دریای سرخ منطبق می‌باشد. در عرضهای بالاتر که در این حالت موردی ناوه عمیق ارتفاع تراز میانی قرار گرفته است، مقادیر این کمیت قابل ملاحظه نمی‌باشد. کم بودن مقادیر چینش قائم باد سطوح میانی می‌تواند به دلیل همجهت بودن باد در دو تراز زیرین و زبرین و نیز کژفشاری بودن سامانه کم فشار دینامیکی باشد. در این روز الگوی باد گرمائی سطوح 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 سوی دریاچه بالخاش امتداد یافته است. هسته مرکزی با خط هم مقدار ۵۵ واحد در مرکز دریای سرخ قرار گرفته است. در روز سوم فوریه دیده می‌شود که منطبق بر محور جت جنب حاره در امتداد مدار ۲۵ درجه شرقی، مقادیر بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا قرار دارد که از

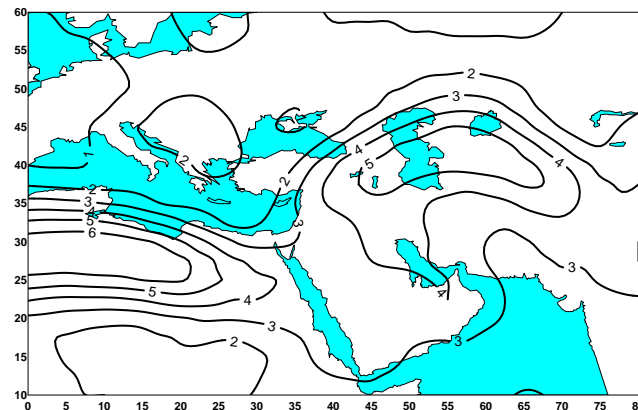
نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود همچنانکه سامانه فشاری به سوی شرق حرکت می‌کند و نوسانات شبه سینوسی محور جت جنب حاره در روی ایران تغییر می‌یابد، مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا در روی ایران قرار می‌گیرد بطوری که خط هم مقدار ۵ واحدی بیشتر نقاط ایران را در بر می‌گیرد. شکل ۱۹- باد گرمائی سطوح بالا 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 ۴۵ واحدی به ترتیب در غرب دریای سرخ و شرق پاکستان بسته شده‌اند. جنوب ایران نیز درون خط هم مقدار ۴۰ واحدی این کمیت جای گرفته است.

غرب تا شرق این مدار را پوشش داده است. هسته‌های 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 ۶ 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 هسته‌های بیشینه این کمیت بر هسته‌های بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا منطبق هستند.

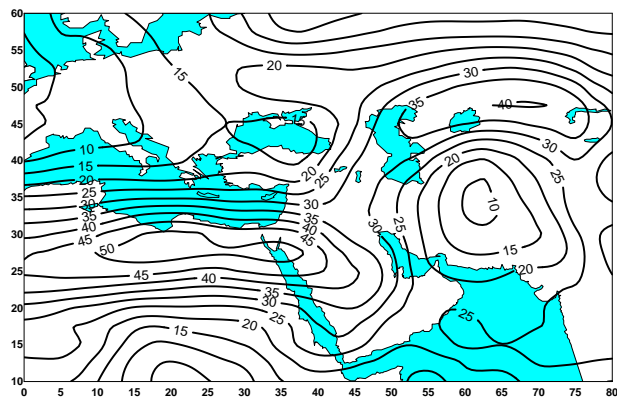
شکل ۱۸- چینش قائم باد سطوح بالا در لایه ۷۰۰-۲۰۰ برای ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ مورخ چهارم فوریه ۲۰۰۷ را



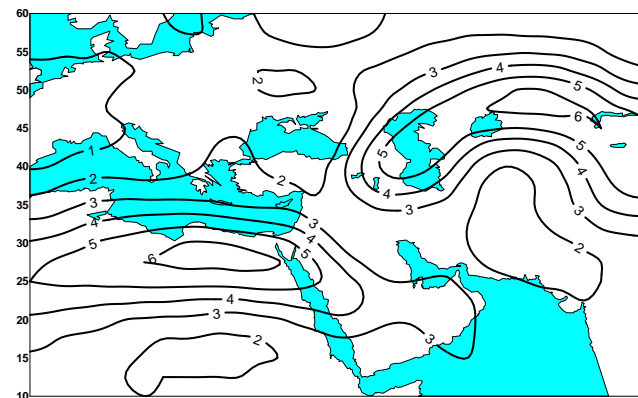
شکل ۱۵- اندازه باد گرمائی بر(متر بر ثانیه) در لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ سوم فوریه سال ۲۰۰۶. خطوط هم مقدار به فاصله ۵ واحد رسم شده است.



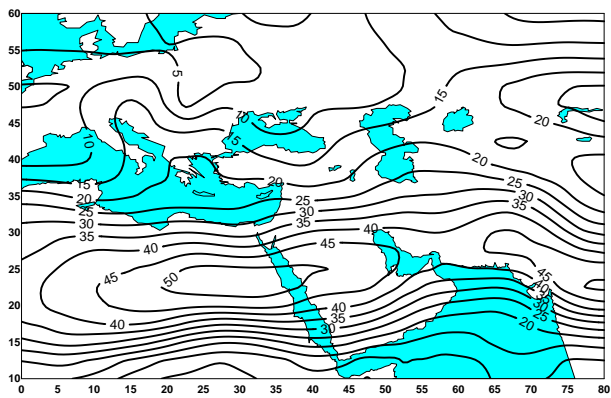
شکل ۱۴- چینش قائم باد سطوح بالا ($10^{-3} S^{-1}$) برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ سوم فوریه سال ۲۰۰۶. خطوط هم مقدار به فاصله ۱ واحد رسم شده است.



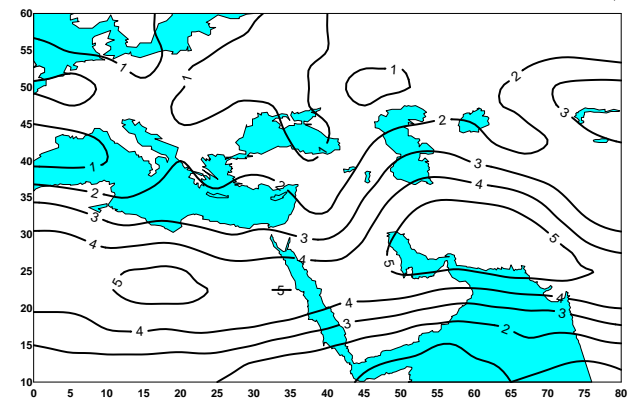
شکل ۱۷- اندازه باد گرمائی (متر بر ثانیه) در لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۶. خطوط هم مقدار به فاصله ۵ واحد رسم شده است.



شکل ۱۶- چینش قائم باد سطوح بالا ($10^{-3} S^{-1}$) برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۶. 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.

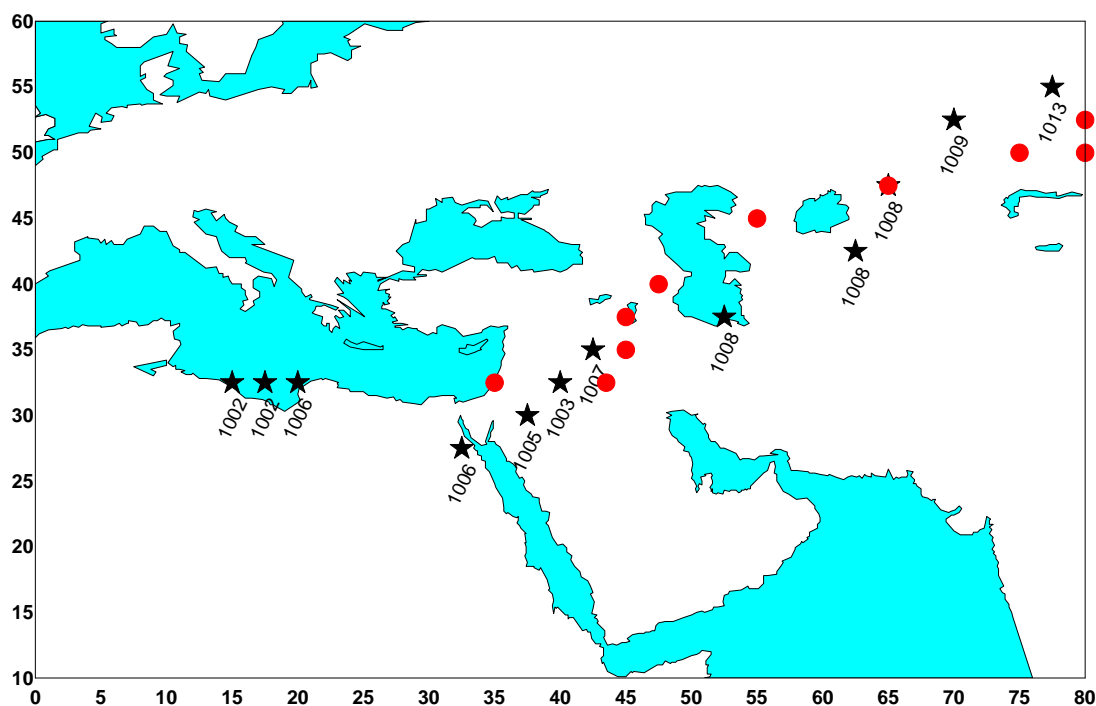


شکل ۱۸- چینش قائم باد سطوح بالا ($10^{-3} S^{-1}$) برای لایه ۷۰۰-۲۰۰ در ساعت ۰۰۰۰ گرینویچ چهارم فوریه سال ۲۰۰۷. خطوط هم مقدار به فاصله ۱ واحد رسم شده است.

مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا ایجاد شود. بنابراین ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می‌تواند در اثر عامل انحنا محور جت نیز ایجاد شود.

شکل ۱۹- موقعیت مراکز چرخند سطح زمین (ستاره‌های مشکی) و مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا (دایره‌های 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 تقریباً محلی است که ۳۶ ساعت بعد مرکز فعالیت چرخند خواهد بود. این شکل نشان می‌دهد که بستگی زیادی بین مراکز این دو کمیت وجود دارد. بنابراین می‌توان با تشخیص موقعیت مرکز بیشینه چینش قائم باد که در شمال محور جت قرار می‌گیرد، محل فعالیت مرکز چرخند را پیش‌بینی کرد. این تحلیل نشان می‌دهد که چینش قائم باد سطوح بالا می‌تواند یکی از کمیت‌های هواشناسی برای تعیین مسیر سامانه‌های چرخندی باشد.

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 معمولاً هنگامی ایجاد می‌شود که در دولا به متفاوت، مولفه‌های مداری باد هم‌جهت اند (مثلاً هر دو غربی اند)، آنگاه چون مولفه‌های مداری با علامتهای یکسان ظاهر می‌شوند پس چینش قائم باد کاهش می‌یابد. در صورتی که مولفه‌های مداری باد در دو لایه در جهت‌های مختلف ظاهر شوند، آنگاه چینش قائم باد افزایش می‌یابد. این شرایط برای مولفه‌های نصف‌النهاری باد نیز برقرار است. این تحلیل نشان می‌دهد که بخشی از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می‌تواند به یکسان بودن مولفه‌های مداری یا نصف‌النهاری و یا یکسان بودن هر دو مولفه مربوط باشد. همچنین هنگامی که محور جت جنب حاره شبه‌سینوسی است، در نقطه عطف آن، جائیکه محور جت از حالت چرخندی به واچرخندی تغییر میکند، می‌تواند یک ناپیوستگی نیز بین



شکل ۱۹- موقعیت مرکز چرخند (ستاره‌های مشکی) و مرکز بیشینه چینش قائم باد سطوح بالا (دایره‌های قرمز) در دوره زندگی یکم تا پنجم فوریه ۲۰۰۶. محورهای مختصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب درجه را نشان می‌دهند. اعداد روی نقشه فشار مرکز سامانه بر حسب هکتوپاسکال است.

نتیجه گیری

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

چنین بر می‌آید که در این دو حالت موردی در تراز میانی جو، همگرایی جلوتر از ناوه ارتفاع و واگرایی 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 واگرایی و حرکت صعودی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود که در این دو حالت موردی، حرکت صعودی (نزولی) کمی عقب تر از میدان همگرایی (واگرایی) قرار گرفته است. این شرایط به سبب کج بودن محور سامانه فشاری به صورت شمالغربی- جنوبشرقی و رابطه بین واگرایی 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 فشارورودی 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 می‌تواند 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 می‌تواند 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 می‌شوند پس چینش قائم باد کاهش می‌یابد. در صورتی که مولفه‌های مداری باد در دو لایه در جهت های مختلف ظاهر شوند، آنگاه چینش قائم باد افزایش می‌یابد. این شرایط برای مولفه‌های نصف النهاری باد نیز برقرار است. این تحلیل نیز نشان می‌دهد که بخشی از ناپیوستگی مقادیر بیشینه چینش قائم باد می‌تواند 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 انتها لیه 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 می‌تواند یکی از کمیت‌های هواشناسی برای تعیین مسیر سامانه های چرخندی باشد. از مقایسه 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 می‌آید در مکانی که اندازه چینش قائم باد به دلایل مختلف ضعیف می‌شود، تغییرات مداری و نصف النهاری باد در لایه‌های مختلف افزایش می‌یابد. این شرایط سبب می‌شود تا واگرایی 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 می‌رسد که انحناء چرخندی محور باد گرمائی سبب ایجاد واگرایی و مطابق تئوری ساوتکلایف، سبب تولید همگرایی در تراز زیرین و در سطح زمین می‌شود. در اثر این فرایند در سطح زمین و در شرق

- 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.
- انحناء چرخندی فوق، کم فشار تشکیل می گردد و سبب افزایش و یا تولید حرکت بالاسو می شود.

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