

ایجاد شاخص‌های ماهانه چرخندگی بر اساس گردش جوی منطقه‌ای در جنوب ایران

علی طباطبائی^۱، محمد رضا پیشوایی^۲، پیمان محمودی^{۳*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- استادیار هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

شاخص‌های چرخندگی از جمله شاخص‌های غیر فرارفتی گردش جوی و معرف نوع و شدت سامانه‌های فشاری در نقشه‌های همدیدی می‌باشند و معمولاً در زمان و مکان میانگین‌گیری می‌شوند. در این پژوهش دو هدف اصلی دنبال می‌شود: هدف اول ایجاد شاخص‌های چرخندگی بلند مدت در جنوب ایران با استفاده از مدل گردش منطقه‌ای (RCM) و هدف دوم بررسی پاسخ‌های اقلیمی به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده است که بیانگر تأثیرات گردش جوی منطقه‌ای بر عناصر اصلی اقلیمی (دما و بارش) می‌باشند. شاخص‌های چرخندگی در تراز دریا و جوبالا (۵۰۰ هکتوپاسکال) از نقشه‌های میانگین ماهانه استخراج شدند. این نقشه‌ها توسط مرکز فرایابی‌های اقلیمی (CDC) تهیه و توسط سازمان پژوهش‌های جوی و اقیانوسی (NOAA) ایالات متحده منتشر می‌شوند. به منظور بدست آوردن اندازه مناسبی از نقشه‌های همدیدی طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۰ درجه شمالی تا ۸۰ درجه شمالی انتخاب شدند تا پوشش مناسبی از سطوح اطراف که از نظر همدیدی به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر الگوهای گردش جوی تأثیرگذار هستند به دست آید. این شاخص‌ها در ۸ ناحیه از جنوب ایران (اهواز، شیراز، بوشهر، کرمان، بندرعباس، جاسک، زاهدان و چابهار) ایجاد گردیدند. معیار به دست آوردن این شاخص‌ها انحنای گرادیان خطوط تراز می‌باشد که نشان دهنده نوع و شدت گردش است. سری‌های زمانی شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین و جو بالا با خطایی کمتر از ۱۰ درصد ایجاد شدند. این شاخص‌ها برای منطقه‌ای به شعاع تقریبی ۳۵۰-۳۰۰ کیلومتر از هر مرکز معتبر می‌باشد. محدوده تغییرات این شاخص از ۲- تا ۲+ (با تفکیک ۰/۱) است که به ترتیب نشان دهنده اثر پرفشارها و کم فشارها (یا الگوهای پشته و ناوه) در گردش جوی است. ترکیب شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین و جو بالا در هر مرکز به طور پیشرفته‌ای، وضعیت اقلیم‌شناسی همدیدی منطقه را توضیح می‌دهد. نتایج به دست آمده الگوهای متضاد گردش جوی در نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) را در دو سطح نشان می‌دهد. با توجه به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در نیمه گرم سال کم فشار حرارتی و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال پرفشار جنب حاره ای حاکم می‌باشد. در نیمه سرد سال (اکتبر تا دسامبر و ژانویه تا مارس) جریانات خارجی گردش جوی اجازه عبور از منطقه را پیدا می‌کنند. پاسخ‌های اقلیمی به شاخص‌های چرخندگی نشان می‌دهد که به طور کلی دما بهتر از بارش با شاخص‌های چرخندگی واکنش نشان می‌دهد.

کلید واژگان: شاخص چرخندگی، ایران، مدل گردش منطقه‌ای، دما، بارش

مقدمه

غیر فرارفتی هستند. تمام این شاخص‌ها توسط این محقق برای رژیم‌های سالانه، فصلی و ماهانه اسلوواکی محاسبه گردیده است. با توجه به این تحقیق شاخص‌های گردش جوی منطقه‌ای به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. شاخص‌های فرارفتی^{۱۱} که خود به دو شاخص غربی مداری^{۱۲} (WZ) و شاخص نصف النهاری جنوبی^{۱۳} (SM) تقسیم می‌شوند.

۲. و دیگری شاخص‌های غیر فرارفتی^{۱۴} که فقط شامل شاخص چرخندگی^{۱۵} (CY) می‌باشد.

استورمن و سونز^{۱۶} (۱۹۸۴) ارتباط بین بارش و سه شاخص گردش جوی (غربی مداری، نصف النهاری جنوبی و چرخندی) را در دره چیلتون در جنوب رشته کوه‌های آلپ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان دهنده ارتباط ضعیف اما معنی‌دار از لحاظ آماری بین شاخص چرخندی و جریان غربی مداری با بارش منطقه بودند. در مدیترانه نیز تحلیل سری‌های زمانی شاخص‌های گردش جوی حاکی از یک کاهش معنی‌دار در شاخص مداری و یک افزایش معنی‌دار در شاخص نصف النهاری به خصوص در دو فصل بهار و تابستان بوده‌اند (کوتیل^{۱۷}، ۱۹۹۶). همچنین تواردز^{۱۸} (۱۹۹۹) نشان داد که تغییرات بارش در کراکو لهستان با نوسانات شاخص چرخندی دارای همبستگی معنادار است و این همبستگی در نیمه سرد سال (آوریل تا نوامبر) و اکتبر بیشتر آشکار می‌شود.

کوتیل و ماهراس^{۱۹} (۱۹۹۹) نیز تغییرات رژیم دما را در سرتاسر نواحی مدیترانه طی قرن گذشته و ارتباط آن با شاخص‌های گردش جوی را مورد بررسی قرار دادند. آنها یک روند گرم شدن را طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۸۷۳

مطالعات دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ این تصور را بوجود آورد که شناخت ماهیت تغییرات روزانه هوا تنها از طریق استناد به تغییرات تابش خورشیدی قابل توجیه و تبیین نیست؛ بلکه این تغییرات فقط با بررسی فراوانی الگوهای فشار و جریان‌های گردش هواس که قابل توجیه است (یارنال^۱، ۱۹۹۳). در چند دهه اخیر روش‌های متعددی برای مطالعه و طبقه‌بندی گردش‌های جوی جهت تبیین تغییرات عناصر اقلیمی در سطح زمین در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف ارائه گردیده‌اند (وانگنهین^۲، ۱۹۳۸؛ گیرس^۳، ۱۹۴۸؛ لاند^۴، ۱۹۶۳؛ دزردزیوسکی^۵، ۱۹۷۰؛ لامب^۶، ۱۹۷۲؛ مولر^۷، ۱۹۷۷؛ کتز^۸، ۱۹۹۳). از جمله این روش‌ها می‌توان به روش نمایه (شاخص) سازی اشاره کرد. در این روش تغییرات زمانی و مکانی الگوهای گردش توسط معیارهای خاصی اندازه‌گیری می‌شوند، به عبارت دیگر با تعریف این نوع شاخص، وضعیت، کیفیت و توان یک الگوی گسترده سینوپتیکی در یک معیار عددی خلاصه می‌شود و هدف اصلی آن نیز تسهیل محاسبه همبستگی میان الگوهای همدیدی با دیگر داده‌های اقلیمی است (یارنال، ۱۹۹۳). نیدزویدز^۹ (۱۹۹۳ و ۲۰۰۰) برخی از شاخص‌های گردش جوی در اروپای مرکزی را مورد بررسی قرار داد. منطقه مورد تحقیق ایشان گستره‌ای از اروپای مرکزی به مرکزیت کراکو^{۱۰} به مختصات ۵۰° شمالی و ۲۰° شرقی و به شعاع تقریبی ۲۰۰ کیلومتر برای یک دوره آماری ۱۲۷ ساله (۲۰۰۰-۱۸۷۳) بود. او با کمک نقشه‌های همدیدی، ۲۱ نوع گردش مختلف را در این منطقه شناسایی و مشخص نمود که از این میان ۱۶ نوع از آنها دارای گردش فرارفتی و ۵ نوع دیگر آنها دارای گردش

- 11 - Advection Indices
- 12 - Westerly Zonal
- 13 - Southerly Meridional
- 14 - Non-Advection Indices
- 15 - Cyclonicity Index
- 16 - Sturman and Soons
- 17 - Kutiel
- 18 - Twardosz
- 19- Kutiel and Maheras

- 1 - Yarnal
- 2 - Wangenheim
- 3 - Girs
- 4 - Lund
- 5 - Dzerrdzevskii
- 6 - Lamb
- 7 - Muller
- 8 - Katz
- 9 - Niedzwiedz
- 10 - Cracow

(۲۰۰۸) نیز تأثیرات گردش منطقه‌ای را بوسیله شاخص‌های چرخندی روی نواحی شرقی دریای مدیترانه بررسی کردند. نتایج آنها نشان دهنده وجود یک ناوه دائمی در تمامی ماه‌های سال در این منطقه می‌باشد. این ناوه در طول ماه نوامبر ضعیف در حالیکه در ژوئن قویترین حالت خود را دارا می‌باشد. نیدزویلدز و همکاران (۲۰۰۹) هم نتیجه گرفتند که از میان شاخص‌های گردش جوی، شاخص چرخندی روی بیش از ۴۰٪ بارش زمستانه و ۲۴٪ بارش سالانه اروپای شرقی اثر گذار هستند.

ارتباط درجه اسیدی و رسانائی بارش با الگوهای گردش جوی در کلرادو (لوسلبن^۹ و همکاران، ۲۰۰۰)، تأثیرات گردش جوی بر شرایط یخبندان در تالاب‌های سواحل جنوبی بالتیک (گیرجاتوویکز^{۱۰}، ۲۰۰۱) و تغییرپذیری درازمدت پوشش برف با شاخص‌های گردش جو در جنوب لهستان (فالارز^{۱۱}، ۲۰۰۲) از جمله مطالعات کاربردی دیگری هستند که با استفاده از شاخص‌های جوی منطقه‌ای انجام شده است.

در ایران نیز پیشوایی و همکاران (۱۳۸۵) برای اولین بار با استفاده از مدل گردش منطقه‌ای، شاخص‌های چرخندی را برای لایه میانی ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین به مرکزیت شیراز ایجاد کردند. نتایج به دست آمده نشان دهنده الگوهای گردش متضاد کم فشار حرارتی در سطح زمین و پر ارتفاع جنب حاره‌ای لایه میانی در نیمه گرم سال بود. آنها همچنین شاخص‌های چرخندی را در شرق دریای مدیترانه ایجاد کردند که نتایج حاکی از وجود یک ناوه همیشگی در طول همه ماه‌های سال بود. در تحلیل پاسخ‌های اقلیمی به این شاخص‌ها برای ایستگاه شیراز شاخص‌های چرخندی با دما بهتر برآزش داشتند. آنها همچنین اثر جریانات منطقه‌ای گردش جوی بر تولید بارش در جنوب ایران را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مهمترین جریان باران آور، جریان غربی مدیترانه‌ای است. گل محمدیان و پیشوایی (۱۳۹۲) نیز با هدف تولید شاخص‌های چرخندی روزانه در استان خراسان

مشاهده کردند. آنها این روند گرم شدن که میانگین آن در حدود ۰/۴ درجه سیلسیوس در صد سال بود را به توسعه گردش نصف النهاری شمالی نسبت دادند. استرنول و زیکردا^۱ (۲۰۰۱) هم نشان دادند که توزیع منطقه‌ای بارش در لهستان ارتباط روشنی با گردش‌های جوی دارد و نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار بارش هنگامی رخ می‌دهد که جریان چرخندی از شمال به سمت شرق باشد. در ایتالیا نیز ارتباط گردش‌های جوی با بارش طی یک دوره ۵۰ ساله برای ۷۵ ایستگاه هواشناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که از بین ۵ شاخص انتخاب شده، دو شاخص گردش مداری اروپای غربی^۲ (WEZCI) و گردش مدیترانه‌ای^۳ (MCI) بیشترین همبستگی را با بارش و تعداد روزهای همراه با بارش داشته‌اند (برونتی^۴ و همکاران، ۲۰۰۲).

تومینگاس^۵ (۲۰۰۲) به رابطه معنادار مثبتی بین دما و شاخص‌های گردش‌های جوی در طول ماه‌های سپتامبر تا مارس در استونی دست یافت اما در ماه‌های دیگر به همبستگی معناداری دست نیافت. نتایج مطالعه دیگری در نواحی شمالی و مرکزی اروپا نشان می‌دهد که گردش‌های مداری باعث وقوع یک دمای بالا در فصل زمستان و یک دمای پایین در تابستان می‌شوند. همچنین گردش‌های نصف النهاری دارای یک ارتباط معکوس با دما در دو فصل بهار و پاییز در این ناحیه می‌باشند (سیپ و یاگوس^۶، ۲۰۰۲). نیدزویلدز (۲۰۰۴) نقش گردش جوی بر تغییر پذیری دمای ژانویه در اسپیتسبرگن^۷ لهستان را با استفاده از سه شاخص گردش جوی (شاخص غربی مداری، شاخص جنوبی نصف النهاری و شاخص چرخندی) در دوره ۱۸۹۹-۲۰۰۴ مطالعه کرد. نتایج نشان داد که تغییر پذیری دمای ژانویه در اسپیتسبرگن وابستگی زیادی به شاخص گردش مداری دارد. پیشوایی و لاپین^۸

- 1 - Ustrnul and Czekierda
- 2 - Western European Zonal Circulation index
- 3 - Mediterranean circulation Index
- 4 - Brunetti
- 5 - Tomingas
- 6 - Seep and Jaagus
- 7 - Spitsbergen
- 8 - Pishvaei and Lapin

- 9 - Loslebn
- 10 - Girjatowicz
- 11 - Falarz

چرخندگی ماهانه منطقه‌ای در جنوب ایران به عنوان یکی از کاربرد های این تحقیق.

داده‌ها و روش تحقیق

برای اینکه پوشش مناسبی از جنوب ایران جهت ایجاد شاخص‌های چرخندگی منطقه‌ای داشته باشیم، ۸ ایستگاه سینوپتیک شامل ۴ ایستگاه سینوپتیک اهواز، شیراز، کرمان و زاهدان در امتداد مدار ۳۰ درجه شمالی و ۴ ایستگاه بوشهر، بندرعباس، جاسک و چابهار در حاشیه سواحل خلیج فارس و دریای عمان انتخاب گردیدند (شکل ۱).

برای ایجاد شاخص‌های چرخندگی ماهانه و تحلیل آنها، به نقشه‌های سینوپتیکی (همدیدی) در یک بازه زمانی بلند مدت نیاز است. مرکز تشخیص‌های اقلیمی ایالات متحده^۱ اینگونه نقشه‌ها را در سطوح استاندارد و برای دوره‌های زمانی بلند مدت فراهم می‌کند. لذا نقشه‌های میانگین ماهانه تراز میانی جو (سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۴۸ و نقشه‌های میانگین ماهانه سطح زمین برای دوره ۲۰۱۴-۱۹۷۹ از طریق وب سایت این مرکز در دسترس قرار گرفت. چهار چوب پوش این نقشه‌ها بین طول جغرافیایی ۱۰° غربی تا ۸۰° شرقی و عرض جغرافیایی از ۱۰° شمالی تا ۸۰° شمالی در نظر گرفته شد تا پوشش مناسبی از سطوح اطراف که از نظر سینوپتیکی بطور مستقیم یا غیر مستقیم بر منطقه مؤثر هستند داشته باشد. این مناطق شامل اروپا، آسیای شمالی، دریای مدیترانه، شمال آفریقا، خاورمیانه و قسمتی از هند می باشد. تعداد نقشه‌های به دست آمده برای تراز میانی جو ۸۰۴ نقشه و برای سطح زمین ۴۳۲ نقشه شد.

اما برای بررسی میزان تاثیر گردش جوی بر دو عنصر دما و بارش، مقادیر میانگین ماهانه دما و بارش ۸ ایستگاه مورد مطالعه از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور بدست آمد که مشخصات هر یک از ایستگاه‌ها و دوره آماری مورد استفاده در جدول ۱ ذکر شده است.

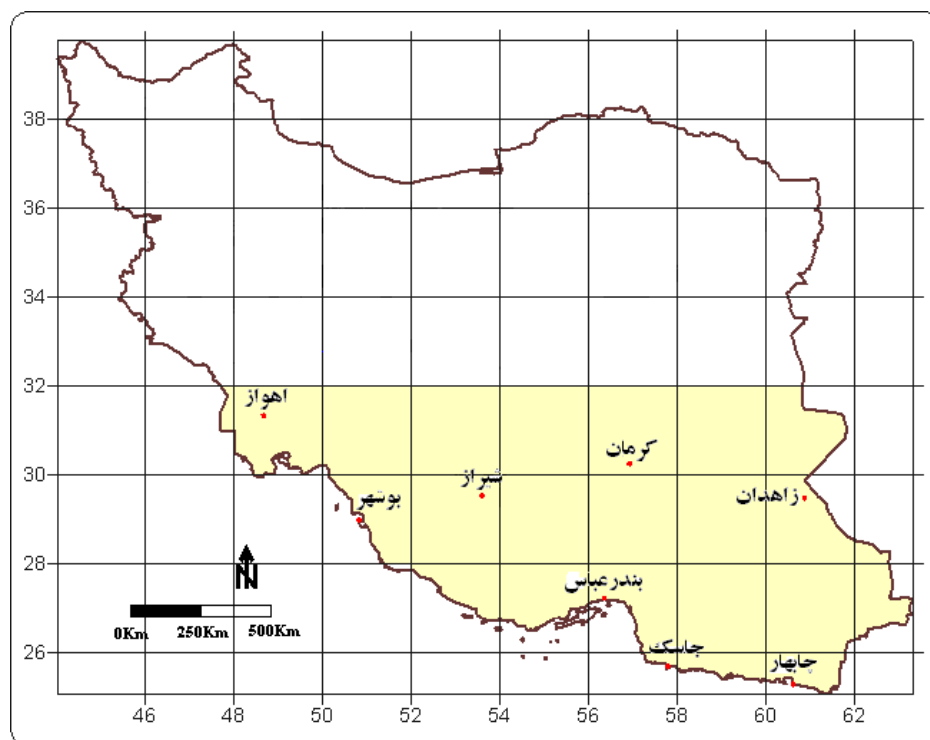
رضوی با مرکزیت مشهد از نقشه‌های میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال استفاده کردند. آنها ۵ نوع مختلف گردش جوی شامل منطقه واقع در حاشیه ناوه، خط ناوه، زین ارتفاعی یا الگوی ناشناخته، حاشیه پشته و خط پشته بر مبنای انحنای تراز ارتفاعی ژئوپتانسیل طبقه بندی و در نتیجه سری زمانی شاخص چرخندگی روزانه را برای خراسان رضوی ایجاد نمودند. آنها به روشنی نشان دادند که در نیمه گرم سال به طور مطلق سامانه پرفشار (الگوی پشته) بر روی این منطقه حاکم است که نشان دهنده حاکمیت پرفشار جنب گرمسیری بر روی منطقه است. در نیمه سرد سال نیز فراوانی الگوهای پشته، زین پشته و زین ارتفاعی بوده است.

با توجه به وجود آمار و اطلاعات بلند مدت اقلیمی و همچنین در دسترس بودن نقشه‌های همدیدی فشار، تاکنون مطالعه جامعی برای ایران در خصوص تأثیرات گردش جوی بر اساس شاخص‌های گردش جوی منطقه-ای بر روی عناصر اقلیمی مختلف صورت نگرفته است. بنابراین لازم است الگوهای فشاری حاکم در مناطق مختلف کشور مشخص و سپس پاسخ عناصر اقلیمی در مقیاس‌های زمانی مختلف به این الگوها مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین برای دستیابی به شاخص‌های گردش جوی در ایران و ایجاد بنیاد کمی اطلاعات از روی نقشه‌های جوی، اهداف زیر دنبال می‌شود.

۱- ایجاد شاخص‌های چرخندگی ماهانه بر اساس مدل گردش منطقه‌ای با انتخاب ۸ ناحیه در جنوب ایران (اهواز، بوشهر، شیراز، بندرعباس، کرمان، جاسک، زاهدان و چابهار) به منظور پوشش سطحی نسبتاً کامل جنوب کشور و پر کردن شکاف موجود در عرصه مقیاس‌های اقلیمی در جنوب کشور.

۲- شناسایی الگوهای غالب فشاری در سطح زمین و تراز میانی جو بالا (۵۰۰ هکتوپاسکال) در مقیاس سالانه، نیمه سالانه (نیمه سرد و نیمه گرم سال)، فصلی و ماهانه در ۸ ناحیه برای سطح نیمه جنوبی ایران.

۳- بررسی و ارزیابی پاسخ‌های اقلیمی بارش و دما به عنوان عناصر اصلی اقلیمی نسبت به شاخص‌های



شکل ۱- پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در جنوب ایران

جدول ۱- مشخصات ۸ ایستگاه سینوپتیک انتخاب شده و دوره آماری مورد مطالعه.

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	دوره آماری (بارش)	دوره آماری (دما)
اهواز	۲۰° ۳۱'	۴۰° ۴۸'	۲۲/۵	۱۹۵۷-۲۰۱۴	۱۹۵۲-۲۰۱۴
بوشهر	۲۸° ۵۹'	۵۰° ۵۰'	۱۹/۶	۱۹۵۱-۲۰۱۴	۱۹۵۱-۲۰۱۴
شیراز	۲۹° ۳۶'	۵۲° ۳۲'	۱۴۸۴	۱۹۵۱-۲۰۱۴	۱۹۵۱-۲۰۱۴
بندرعباس	۲۷° ۱۳'	۵۶° ۲۲'	۱۰	۱۹۵۷-۲۰۱۴	۱۹۵۷-۲۰۱۴
کرمان	۳۰° ۱۵'	۵۶° ۵۸'	۱۷۵۳/۸	۱۹۵۱-۲۰۱۴	۱۹۵۱-۲۰۱۴
جاسک	۲۵° ۳۸'	۵۷° ۴۶'	۴/۸	۱۹۸۵-۲۰۱۴	۱۹۶۸-۲۰۱۴
زاهدان	۲۹° ۲۸'	۶۰° ۵۳'	۱۳۷۰	۱۹۵۱-۲۰۱۴	۱۹۵۱-۲۰۱۴
چابهار	۲۵° ۱۷'	۶۰° ۳۷'	۸	۱۹۶۳-۲۰۱۴	۱۹۶۳-۲۰۱۴

روش ایجاد شاخص‌ها

روش‌های متعددی جهت مطالعه گردش جوی و طبقه‌بندی آن برای توضیح تغییرات عناصر اقلیمی وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش نمایه (شاخص)

سازی اشاره کرد (بارنال، ۱۹۹۳). یکی از مهمترین اهداف این روش تسهیل محاسبه همبستگی میان الگوهای همدیدی با دیگر داده‌های اقلیمی است. در واقع این شاخص‌ها وضعیت و کیفیت یک الگوی همدیدی را در یک معیار عددی خلاصه می‌کنند.

می‌شود. بدین صورت که اگر مرکز کم فشار بر روی منطقه باشد و دست کم یک خط هم فشار بسته شود (CC: Cyclone Center) به آن عدد قرار دادی +۲ و اگر مرکز سامانه خارج از منطقه باشد (CE: Cyclone Center) به آن عدد قراردادی +۱ اختصاص داده می‌شود. در صورتی که در منطقه فشار ضعیف و یا الگویی که وضعیت آن قابل شناسایی نباشد قرار گیرد (XP: X-Pressure) عدد صفر به آن تعلق می‌گیرد. در شکل ۲ طرحواره شاخص چرخندی (غیر همرفتی) در سطح زمین همراه با مقادیر آن برای سامانه های فشاری آورده شده است.

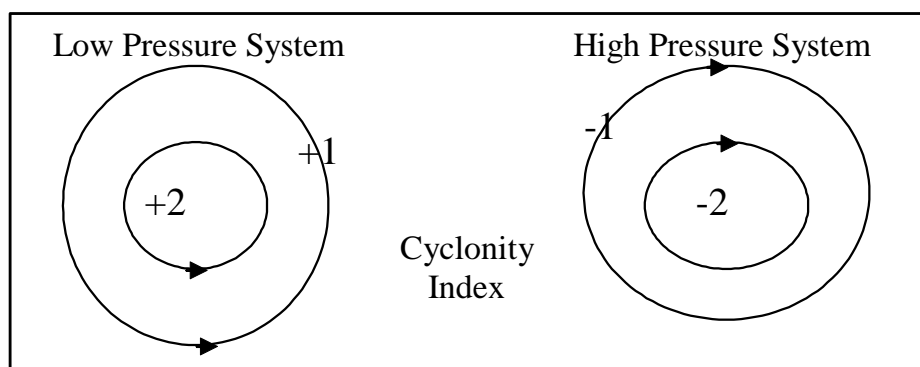
بنابراین ۵ نوع مختلف الگوی گردشی در سطح زمین مشخص می‌گردد. از آنجا که نقشه‌های مورد استفاده ماهانه هستند، برای دقت بیشتر جهت اختصاص امتیاز به انحنای خطوط تراز از اعداد آنالوگ استفاده گردید. به این ترتیب مقادیر شاخص های چرخندگی بصورت آنالوگ با تفکیک ۰/۱ بدست آمد که دارای تغییرات از -۲ تا +۲ می باشد و می تواند نمایندگی بهتری از نوع گردش باشد. به این ترتیب شاخص های چرخندگی سطح زمین (SCI) در جنوب ایران برای ایستگاه های مورد مطالعه در دوره ۲۰۱۴-۱۹۷۹ میلادی با ۸۰۴ نقشه (۶۴۳۲ نمونه) بدست آمد.

روشی که در این تحقیق برای ایجاد شاخص های گردش جوی به کار گرفته می شود بر اساس روش دستی نیدزویلدز (۱۹۹۳) است. این روش توسط لاپین و تاملاین (۲۰۰۱) در طبقه بندی گردش جوی نیز به کار گرفته شده است. بنابراین در ذیل، به تفکیک، ایجاد این شاخص ها را برای دو سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین تشریح می کنیم:

ایجاد شاخص های ماهانه چرخندگی در سطح زمین

شاخص چرخندگی به عنوان اثر سیستم فشار هوا در منطقه تعریف می‌شود. این شاخص دارای دامنه تغییراتی بین +۲ تا -۲ می‌باشد، اعداد مثبت بیانگر میزان اثر کم فشارها و اعداد منفی بیانگر میزان اثر پر فشارها می‌باشد (لاپین و تاملاین، ۲۰۰۱). نحوه ارزیابی به این صورت می باشد که اگر بر روی منطقه جغرافیایی مورد نظر سامانه پر فشار قرار گرفته باشد و مرکز آن بر روی منطقه باشد بطوری که دست کم یک خط هم فشار بسته شود (AC: Anticyclone Center) به آن عدد قرار دادی -۲ نسبت داده می شود. اگر مرکز پرفشار خارج از منطقه باشد ولی زبانه های آن بر روی منطقه مورد نظر قرار گیرد (AE: Anticyclone Edge) به آن عدد قرار دادی -۱ تعلق می گیرد.

برای سامانه های کم فشار نیز به همین طریق عمل



شکل ۲- طرحواره شاخص چرخندگی سطح زمین در سامانه های کم فشار و پر فشار

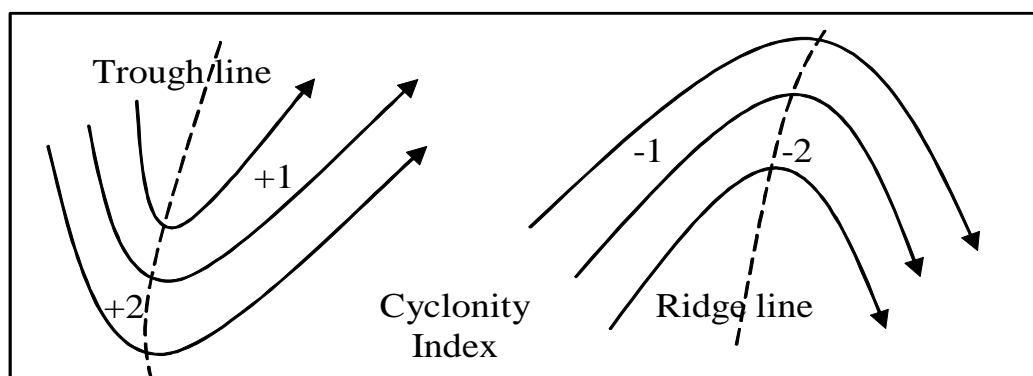
ایجاد شاخص‌های ماهانه چرخندگی در جو

بالا (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)

برای تراز میانی جو شاخص چرخندگی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال با توجه به نوع و عمق امواج جوی که توسط ناوه‌ها و پشته‌های ارتفاعی ظاهر می‌شود حاصل می‌گردد. دامنه تغییرات این شاخص بین $+2$ تا -2 است. عدد مثبت بیانگر وجود الگوی ناوه و عدد منفی بیانگر الگوی پشته در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نحوه ارزیابی بدین صورت است که اگر ناوه در منطقه داشته باشیم و خط ناوه از منطقه عبور کند (Trough CT: Cyclonic) به آن عدد $+2$ و در صورتی که ناوه جلوتر یا عقب‌تر از منطقه باشد $+1$ و در صورتی که ناوه جلوتر یا عقب‌تر از منطقه باشد $+1$ به آن اختصاص داده می‌شود. اگر در منطقه پشته داشته باشیم و خط پشته از

منطقه عبور کند (Anticyclonic Ridge) به آن عدد -2 و در صورتی که خط پشته جلوتر یا عقب‌تر از منطقه باشد (RE: Ridge Edge) عدد -1 به آن تعلق می‌گیرد. عدد صفر نیز برای موقعیت‌های بین ناوه و پشته و یا وضعیت‌های ناشناخته است. شکل ۵ طرحواره شاخص چرخندگی (غیر همرفتی) در جو بالا همراه با مقادیر آن برای الگوهای ناوه و پشته آورده شده است.

بنابراین ۵ نوع مختلف الگوی گردشی در جو بالا مشخص می‌گردند. برای بهبود اعداد اختصاص داده شده برای شاخص چرخندگی جو بالا همانند مدل گردش جوی در سطح زمین از اعداد آنالوگ با تفکیک $0/1$ استفاده شد که هر دوی انحنا و گرادیان خطوط تراز (مشخص‌کننده نوع و شدت گردش) به حساب آمدند.



شکل ۳- طرحواره شاخص چرخندی جو بالا در الگوهای ناوه و پشته

نشان می‌دهد. با توجه به شاخص‌های ایجاد شده شروع فعالیت این سامانه در نیمه جنوبی ایران از ماه می بوده (با میانگین $+1$) و در طول ماه‌های ژولای تا آگوست شدت آن افزایش یافته و در ماه سپتامبر فعالیت کم فشار حرارتی به اوج خود می‌رسد (با میانگین $+1/4$) اما با شروع ماه اکتبر این سامانه حرارتی به تدریج ضعیف شده و از بین می‌رود.

در نیمه سرد سال (اکتبر تا دسامبر و ژانویه تا مارس) میانگین بلند مدت شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین (SCI) در حدود $-0/4$ بدست آمد که نشان دهنده غلبه نسبتاً ضعیف گردش جوی نوع و اچرخند بر چرخند در

بحث

شاخص چرخندگی ماهانه در سطح زمین (SCI) در دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۴ (۳۷ سال) برای هر ۸ ایستگاه مورد مطالعه در نیمه جنوبی ایران برای هر یک از ماه‌های سال ایجاد شد. میانگین بلند مدت سالانه این شاخص در سطح زمین $+0/4$ بدست آمد (جدول ۲) که به طور کلی نشان دهنده غلبه ضعیف گردش جوی نوع چرخند بر و اچرخند در این مراکز می‌باشد. در نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) میانگین بلند مدت شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین (SCI) $+1/1$ محاسبه شد که به روشنی حاکم بودن کم فشار حرارتی در نیمه گرم سال را در این منطقه

سطح زمین در نیمه سرد سال می باشد. در نیمه سرد سال بیشتری برخوردار است (با میانگین $-0/8$). در ماه ژانویه این غلبه نسبت به سایر ماه‌ها از قدرت

جدول ۲- میانگین دراز مدت ماهانه شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین (۱۹۷۹-۲۰۰۵) در جنوب ایران

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	م	ژوئن	ژوئلی	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
اهواز	-۱	-۰/۸	۰/۲	۰/۳	۰/۷	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	-۰/۵	-۰/۸	-۰/۸	۰/۲
بوشهر	-۱	-۰/۷	۰/۳	۰/۲	۰/۷	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	-۰/۵	-۰/۸	-۰/۸	۰/۲
شیراز	-۱	-۰/۷	۰/۲	۰/۲	۰/۷	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	-۰/۵	-۰/۸	-۰/۸	۰/۲
بندرعباس	-۰/۶	-۰/۳	۰/۶	۰/۵	۱/۱	۱/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۵	-۰/۲	-۰/۶	-۰/۵	۰/۵
کرمان	-۰/۹	-۰/۴	۰/۶	۰/۵	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	-۰/۴	-۰/۷	-۰/۸	۰/۳
جاسک	-۰/۵	-۰/۲	۰/۷	۰/۶	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۱/۵	۱/۵	-۰/۱	-۰/۴	-۰/۵	۰/۶
زاهدان	-۰/۸	-۰/۳	۰/۷	۰/۶	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۳	-۰/۳	-۰/۷	-۰/۷	۰/۴
چابهار	-۰/۳	-۰/۱	۰/۸	۰/۶	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۵	-۰/۱	-۰/۴	-۰/۴	۰/۶
میانگین	-۰/۸	-۰/۴	۰/۵	۰/۴	۱	۱/۳	۱/۴	۱/۳	۱/۴	-۰/۳	-۰/۷	-۰/۷	۰/۴

در نیمه سرد سال (اکتبر تا دسامبر، ژانویه تا مارس) میانگین بلند مدت این شاخص (UCI) $-0/3$ بدست آمد که به طور کلی نشان دهنده غلبه ضعیف گردش جوی نوع و اچرخند بر چرخند را در این نیمه از سال نشان می دهد. مقایسه میانگین بلند مدت شاخص‌های چرخندگی در سطح 500 هکتوپاسکال (USI) در نیمه گرم سال (با میانگین $-0/1$) و نیمه سرد سال (با میانگین $-0/3$) نشان دهنده افزایش این شاخص در نیمه سرد سال است. این افزایش حاکی از وجود سامانه های کم فشار دینامیکی در نیمه سرد سال می باشد که در درازمدت باعث افزایشی در حدود $0/7$ در این نیمه از سال شده است (جدول ۳). این موضوع در فصل بهار و بویژه در ماه مارس (با میانگین $+0/1$) به خوبی قابل مشاهده است.

میانگین بلند مدت شاخص‌های چرخندگی ماهانه در جو بالا (UCI) در دوره $2014-1948$ (۶۸ سال) برای ۸ ایستگاه مورد مطالعه $-0/6$ بدست آمد که به طور کلی نشان دهنده غلبه گردش جوی نوع و اچرخند بر چرخند در سطح 500 هکتوپاسکال است. در نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) میانگین بلند مدت این شاخص -1 می باشد که به خوبی استقرار سامانه پرفشار جنب حاره ای در این نیمه از سال را در این سطح نشان می دهد. با بررسی شاخص های ایجاد شده در هر یک از ماه ها در نیمه گرم سال مشخص شد که شروع شکل گیری این سامانه در این منطقه از ماه می می باشد و در ماه ژوئلی با میانگینی در حدود $-1/3$ به اوج خود می رسد (جدول ۳). این سامانه تا ماه اکتبر در این منطقه حاکم بوده ولی طی ماه نوامبر از بین می رود.

جدول ۳- میانگین دراز مدت ماهانه شاخص‌های چرخندگی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۹۴۸-۲۰۰۵) در جنوب ایران

ایستگاه	ژوئن	ژوئیه	اگست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	میانگین
اهواز	-۰/۶	-۰/۷	-۱/۴	-۱/۱	-۱/۱	-۱	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	۰/۱	۰	-۰/۶
بوشهر	-۰/۷	-۱/۲	-۱/۵	-۱/۳	-۱/۳	-۱	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	۰/۱	-۰/۱	-۰/۷
شیراز	-۰/۸	-۱/۴	-۱/۶	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۱	-۰/۵	-۰/۲	-۰/۲	۰	-۰/۲	-۰/۸
بندرعباس	-۰/۸	-۱/۴	-۱/۶	-۱/۳	-۱/۳	-۱/۱	-۰/۵	-۰/۲	-۰/۲	۰	-۰/۲	-۰/۸
کرمان	-۰/۷	-۱/۴	-۱/۴	-۱/۱	-۱/۱	-۰/۹	-۰/۵	-۰/۱	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۷
جاسک	-۰/۶	-۱/۲	-۱/۲	-۰/۸	-۰/۹	-۰/۷	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	۰/۲	-۰/۳	-۰/۶
زاهدان	-۰/۵	-۱/۱	-۱/۱	-۰/۸	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۳	-۰/۵
چابهار	-۰/۴	-۱	-۰/۹	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۵	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	۰/۲	-۰/۳	-۰/۴
میانگین	-۰/۶	-۱/۲	-۱/۳	-۱	-۱/۱	-۰/۹	-۰/۴	-۰/۱	-۰/۲	۰/۱	-۰/۲	-۰/۶

جنب حاره در جو میانی (۵۰۰ هکتوپاسکال) با میانگین ۱- برای UCI نوع گردش جوی را با الگوهای متضاد نشان می‌دهد. در نیمه سرد سال (اکتبر تا دسامبر و ژانویه تا مارس) رابطه معنی‌داری بین شاخص‌های چرخندگی در این دو سطح ملاحظه نشد. ولی مقادیر SCI و UCI به ترتیب در حدود ۰/۴- و ۰/۳- بود که بیانگر اثرات نسبتاً غالب ولی ناچیز نوع پر فشار در دو سطح در نیمه سرد سال است (جدول ۴).

میانگین همبستگی شاخص‌های چرخندگی سالانه بین دو سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در جنوب ایران طی دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۴ با ۴۳۲ داده مشترک معادل ۰/۴۱- بوده که بیانگر وجود الگوهای مختلف در نوع گردش در دو سطح می‌باشد. در نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) عدد همبستگی برابر ۰/۴۲- بدست آمد که به روشنی وجود سامانه‌های متضاد فشاری در دو سطح را نشان می‌دهد. در این فصل وجود کم فشار حرارتی در سطح زمین با میانگینی در حدود ۱/۱+ برای SCI و همچنین پر فشار

جدول ۴- مقادیر ضریب همبستگی بین شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین (SCI) و جو بالا (UCI)

برای رژیم سالانه، نیمه سرد و نیمه گرم سال در جنوب ایران (۱۹۷۹-۲۰۰۵)

نام ایستگاه	سالانه	نیمه گرم	نیمه سرد
اهواز	-۰/۴۵	-۰/۵۶	۰/۰۹
بوشهر	-۰/۴۵	-۰/۵۶	۰/۰۹
شیراز	-۰/۴۸	-۰/۵۳	۰/۱۲
بندرعباس	-۰/۲۳	-۰/۳۹	۰/۱۲
کرمان	-۰/۴۷	-۰/۴	۰/۱۷
جاسک	-۰/۴	-۰/۳۷	۰/۲۰
زاهدان	-۰/۴۱	-۰/۲۱	۰/۰۸
چابهار	-۰/۴	-۰/۳۲	۰/۰۹
میانگین	-۰/۴۱	-۰/۴۲	۰/۱۲

پاسخ دما به شاخص‌های چرخندگی در جنوب ایران

بعد از ایجاد شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین و جو بالا، میزان اثر الگوهای گردش جوی بر دما و بارش مورد بررسی قرار گرفت. پاسخ دما به هر یک از شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در سطح زمین (SCI) و جو بالا (UCI) به صورت مجزا و همچنین با در نظر گیری اثر همزمان SCI و UCI (با استفاده از رگرسیون چندگانه) برای رژیم سالانه، نیمه سرد و نیمه گرم سال در هر یک از مراکز مورد مطالعه انجام شد. نتایج بدست آمده از ۸ مرکز مورد مطالعه نشان می‌دهد که در تمامی این مراکز پاسخ دما به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در هر مرکز تقریباً مشابه یکدیگر است (شکل ۵ و ۶).

با بررسی ضرایب همبستگی UCI و دما در تمامی مراکز مشخص شد که UCI تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر دما با اثر منفی دارد (با میانگین ضریب همبستگی $-0/66$). یعنی اگر در سطح 500 هکتوپاسکال غلبه با گردش جوی نوع چرخند باشد پاسخ آن کاهش دما و اگر غلبه با گردش جوی نوع واچرخند باشد پاسخ آن افزایش دما خواهد بود (شکل ۵). در نیمه گرم سال اثر UCI بر دما بسیار مشهودتر از نیمه سرد سال است. از میان ۸ مرکز مورد مطالعه اثر UCI بر دما در نیمه گرم سال در شیراز بیشتر و در چابهار کمتر از سایر مراکز بود. ضریب همبستگی خطی با در نظر گیری همه ماههای سال در شیراز $-0/72$ - در دوره $1951-2005$ می‌باشد. همچنین ضریب همبستگی در نیمه گرم سال $-0/74$ - و در نیمه سرد سال $-0/51$ - بدست آمد. در چابهار با در نظر گیری همه ماههای سال ضریب همبستگی خطی $-0/57$ - در دوره $1963-2005$ می‌باشد. در نیمه گرم سال ضریب همبستگی $-0/42$ - و در نیمه سرد سال $-0/27$ - بود (جدول ۵ و شکل ۵).

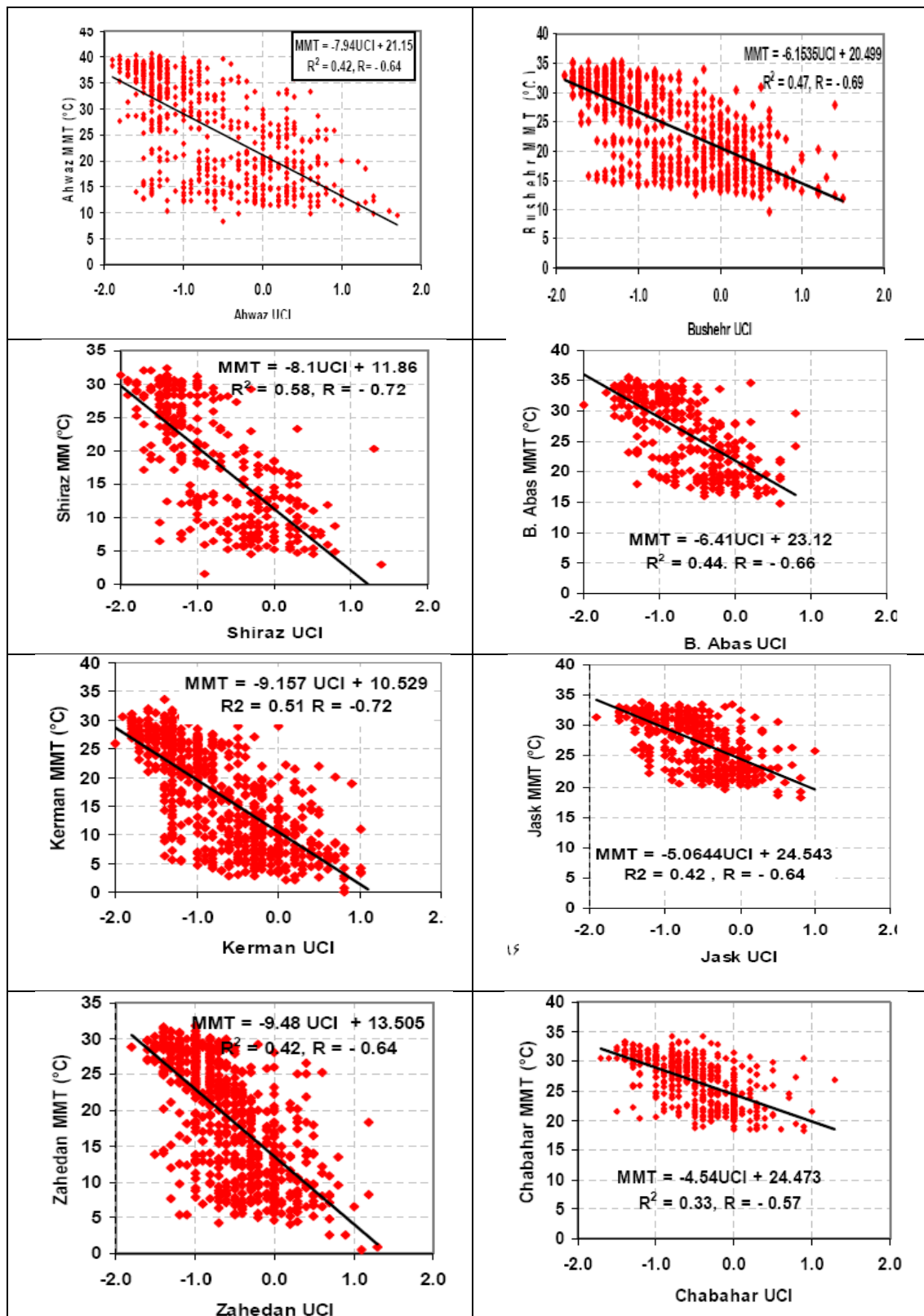
با مطالعه اثر SCI بر دما در جنوب ایران و با در نظر گرفتن ضرایب همبستگی مشخص شد که در نیمه گرم سال SCI تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر دما با اثر مثبت دارد (با میانگین ضریب همبستگی $0/65$) که خود نشان دهنده اثر کم فشار حرارتی در جنوب ایران می‌باشد. در ۸ مرکز مورد مطالعه در نیمه گرم سال همبستگی SCI با دما در بندرعباس بیشتر و در چابهار کمتر از سایر مراکز بود. ضریب همبستگی خطی در دوره $1979-2005$ در نیمه گرم سال در بندرعباس $+0/75$ و در چابهار $+0/54$ بدست آمد. در نیمه سرد سال تاثیر SCI بر دما در چابهار و جاسک معنی دار نبود و در مناطق دیگر تاثیر این شاخص با وجود معنی دار بودن بسیار ضعیف است. این تاثیر در دوره $1979-2005$ در زاهدان با ضریب همبستگی $+0/38$ بیشتر از سایر مراکز بود (جدول ۵).

چگونگی مشارکت تاثیر همزمان SCI و UCI بر دما در مراکز مورد مطالعه توسط رگرسیون چندگانه انجام شد. با توجه به ضرایب همبستگی بدست آمده مشخص شد که تاثیر همزمان SCI و UCI بر دما در تمام مراکز برای تمامی ماهها و در هر دو نیمه گرم و نیمه سرد سال بیشتر از تاثیر هر یک از این شاخص‌ها به طور مجزا بر دما بود. نتایج نشان داد که تاثیر همزمان SCI و UCI بر دما در نیمه گرم سال بیشتر از نیمه سرد سال است. در نیمه گرم سال این تاثیر در بندرعباس بیشتر و در چابهار کمتر بود. ضریب همبستگی در نیمه گرم سال در بندرعباس $+0/80$ و در چابهار $+0/60$ بدست آمد. در نیمه سرد سال شاخص‌های چرخندگی در دو سطح به طور همزمان بر دما در شیراز (با ضریب همبستگی $+0/62$) بیشترین و در چابهار (با ضریب همبستگی $+0/32$) کمترین تاثیر را داشتند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج ضرایب همبستگی بین میانگین دمای میانگین ماهانه در جنوب ایران (MMT) برحسب °C و شاخص‌های چرخندگی به منظور ارزیابی میزان اثر شاخص‌های گردش جوی (SCI و UCI) که در آن مقادیر متغیرها به صورت توالی ماهانه منظور شده

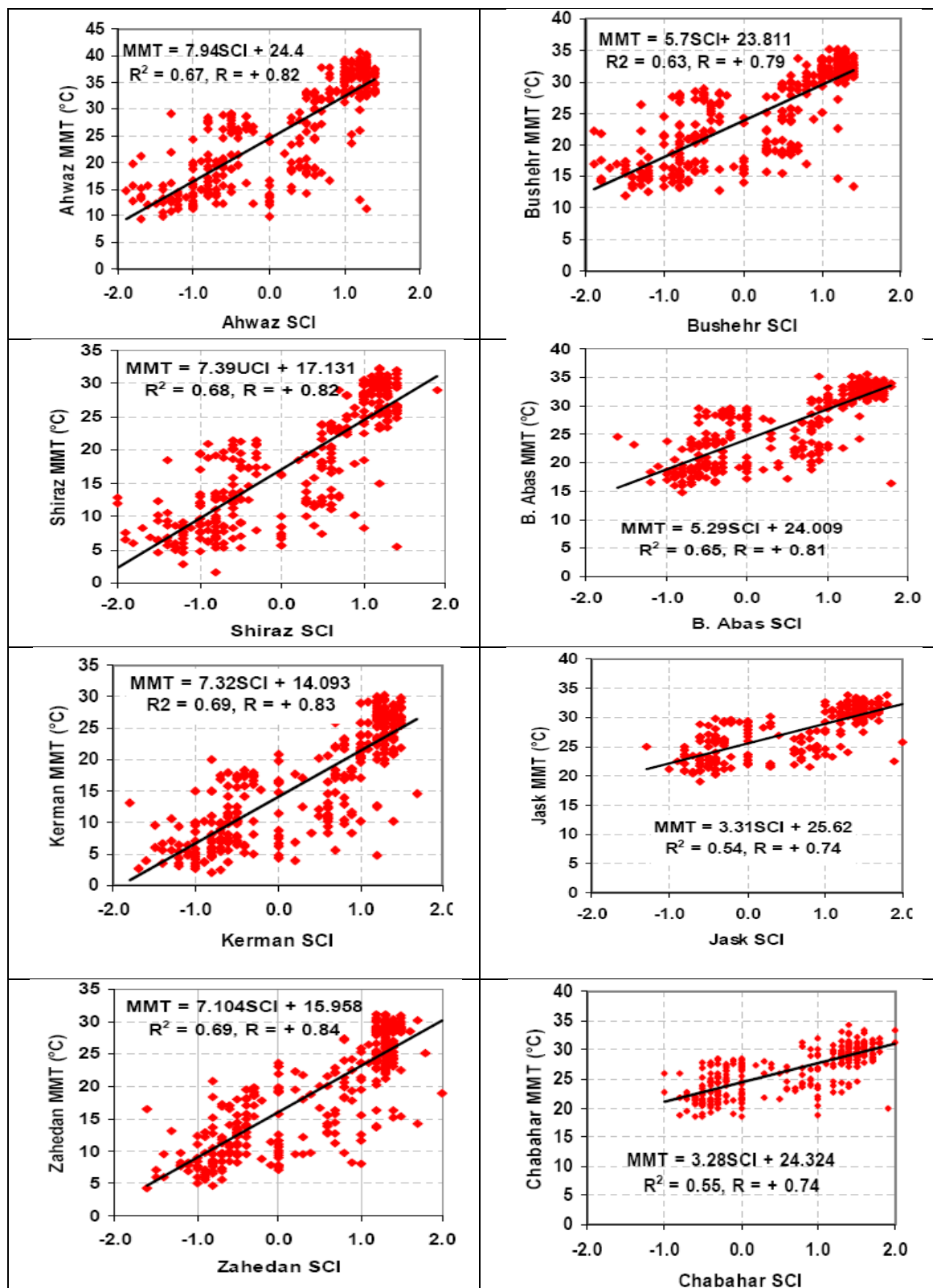
است

نام ایستگاه	سالانه			نیمه سرد سال			نیمه گرم سال		
	USI	SCI	USI+SCI	USI	SCI	USI+SCI	USI	SCI	USI+SCI
اهواز	-۰/۶۴	۰/۸۲	۰/۸۸	-۰/۴۶	۰/۲۶	۰/۵۸	-۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۷۹
بوشهر	-۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۸۸	-۰/۴۵	۰/۲	۰/۶۱	-۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۹
شیراز	-۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۹	-۰/۵۱	۰/۲۵	۰/۶۲	-۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۸
بندرعباس	-۰/۶۶	۰/۸۱	۰/۸۷	-۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۵۶	-۰/۶۴	۰/۷۵	۰/۸
کرمان	-۰/۷۲	۰/۸۳	۰/۹	-۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۶	-۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۷۴
جاسک	-۰/۶۴	۰/۷۴	۰/۸۴	-۰/۴۴	۰/۰۱	۰/۵۱	-۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۷۳
زاهدان	-۰/۶۴	۰/۸۴	۰/۸۸	-۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۵۲	-۰/۶	۰/۵۶	۰/۶۹
چابهار	-۰/۵۷	۰/۷۴	۰/۷۹	-۰/۲۷	۰/۱	۰/۳۲	-۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۶
میانگین	-۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۸۷	-۰/۴۳	۰/۲۲	۰/۵۴	-۰/۵۱	۰/۶۵	۰/۷۴



شکل ۴- ارتباط میان شاخص‌های چرخندگی جو بالا (UCI) با دما در دوره ۱۹۵۲-۲۰۰۵ برای رژیم سالانه در ایستگاه‌های مورد

مطالعه در جنوب ایران



شکل ۵- ارتباط میان شاخص‌های چرخندگی سطح زمین (SCI) با دما در دوره ۱۹۵۷-۲۰۰۵ برای رژیم سالانه در ایستگاه‌های مورد

مطالعه در جنوب ایران

پاسخ بارش به شاخص‌های چرخندگی در

جنوب ایران

پاسخ بارش به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در سطح زمین و جو بالا همچون دما به صورت مجزا و همچنین با در نظر گرفتن تاثیر همزمان این دو شاخص بر بارش توسط رگرسیون چندگانه برای تمام ماه‌ها، نیمه گرم و نیمه سرد سال مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل شماره ۶ ارتباط میان شاخص‌های چرخندگی جو بالا (UCI) با بارش سالانه برای هر ۸ ایستگاه مورد مطالعه رسم شده است. بر اساس این نمودارها ملاحظه می‌شود که به طور کلی تاثیر این شاخص بر بارش‌های سالانه همراه با همبستگی مثبت است. یعنی در هنگام استقرار گردش جوی نوع چرخند در جو بالا تولید بارش پاسخ آن خواهد بود و بالعکس زمانی که در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال غلبه گردش جوی نوع و اچرخند داشته باشیم بارشی روی نخواهد داد. میانگین این ضریب برای مقادیر سالانه حدود ۰/۳۹ است (جدول ۶).

میانگین ضریب همبستگی بین شاخص چرخندگی جو بالا (UCI) و بارش در نیمه گرم سال حدود ۰/۳۱ است. از میان مراکز مورد مطالعه اثر UCI بر بارش در شیراز بیشتر از سایر مراکز بدست آمد. ضریب همبستگی خطی در دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۵ در نیمه گرم سال در شیراز ۰/۵۴+ بود و در جاسک و چابهار همبستگی معنی داری در سطح ۹۵٪ بین شاخص UCI و بارش ملاحظه نشد (جدول ۶). در نیمه سرد سال در تمام مراکز مورد مطالعه اثر UCI بر بارش معنی دار بود. ضریب همبستگی بدست آمده از رگرسیون خطی برای UCI و بارش در تمامی مناطق به جز چابهار و شیراز در حدود ۰/۳+ بود. اما این مقدار برای شیراز ۰/۵۶+ و در چابهار ۰/۱۵+ بدست آمد. در نیمه سرد سال به علت ورود جریانات غربی به منطقه، UCI به تنهایی بارش را در جنوب ایران کنترل نمی‌کند و عوامل دیگر نیز در این امر احتمالاً دخالت دارند که نیاز به تحقیقات بیشتری است (جدول ۶).

میانگین همبستگی بین شاخص چرخندگی سطح زمین (SCI) و بارش‌های سالانه در جنوب ایران حدود ۰/۲۸-

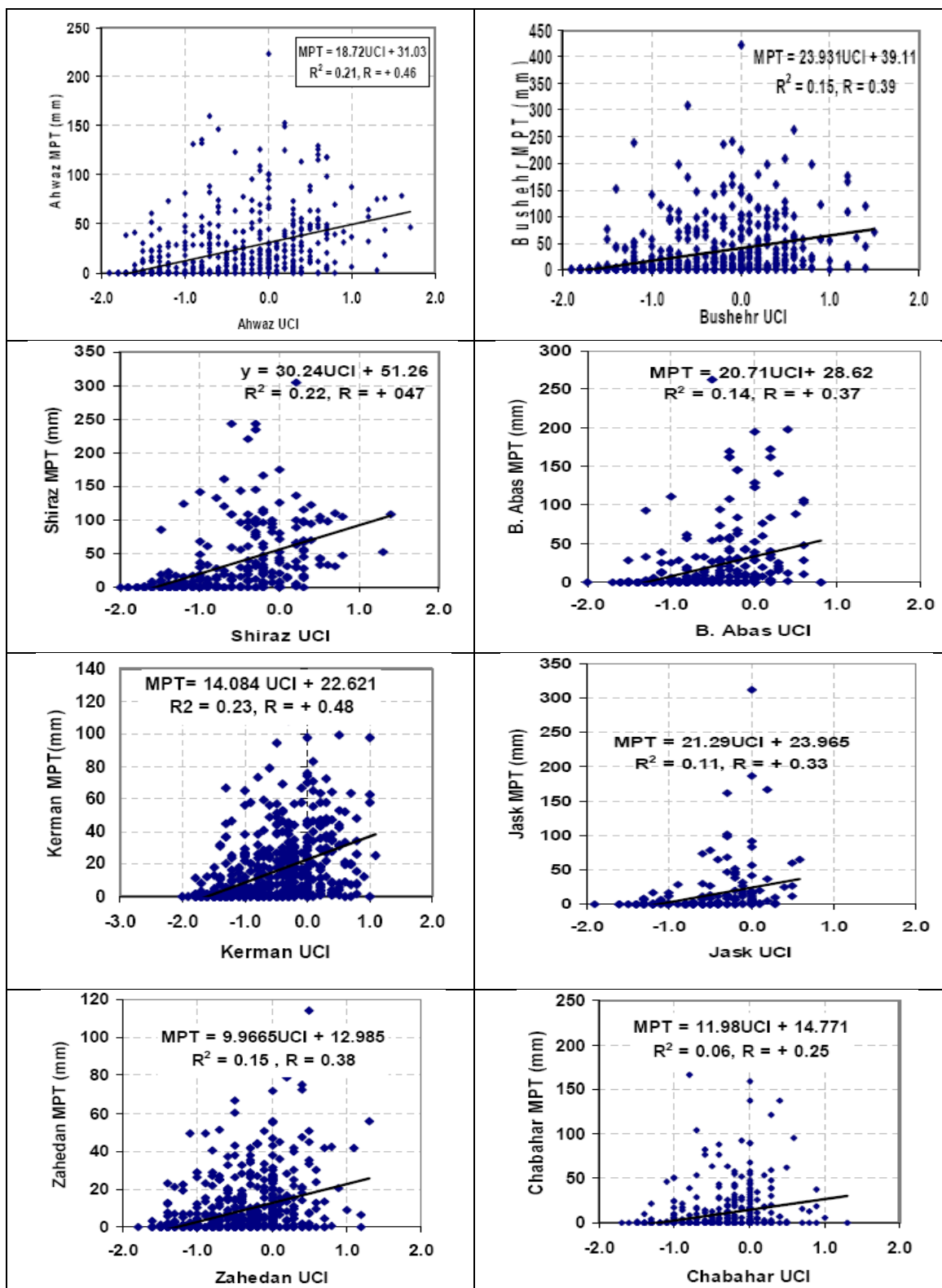
است. در بررسی تاثیر SCI بر بارش در جنوب کشور در مراکز مورد مطالعه فقط مقدار کوچکی در فاصله همه ماههای سال برای این شاخص معنی دار بود (شکل ۷). در نیمه گرم سال با توجه به استقرار و حاکم بودن کم فشار حرارتی و کم بودن رخداد بارش در این مناطق وضعیت روشن و قابل توجه است. در نیمه سرد سال در اکثر مناطق اثر SCI بر بارش معنی دار نبود که این موضوع نیاز به بررسی بیشتری دارد (جدول ۶).

در مورد چابهار و جاسک کمترین همبستگی بین شاخص‌های چرخندگی و بارش دیده شد (که ضریب همبستگی برای SCI ۰/۲۰- و برای UCI ۰/۲۵- در چابهار و ضریب همبستگی برای SCI ۰/۲۶- و برای UCI ۰/۳۸- در جاسک) که می‌تواند به علت موقعیت (جنوب شرق ایران) و پایین بودن عرض جغرافیایی آنها نسبت به سایر مناطق باشد و به احتمال زیاد این مناطق تحت تاثیر جریانات دیگر منطقه ای قرار می‌گیرند که خارج از مقیاس سینوپتیکی است و در نقشه‌های مورد مطالعه ما اثر آن قابل دیدن نیست. این امر به خصوص در مورد SCI و بیشتر در نیمه سرد سال صدق می‌کند. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه در نیمه سرد سال جنوب کشور تحت تاثیر جریانات غربی قرار می‌گیرد و مناطق یاد شده در شرق کشور و در عرض جغرافیایی پایین تر از بقیه نقاط قرار دارند و جریانات یاد شده از غرب وارد کشور می‌شوند و تا به شرق برسند تضعف شده و همچنین به عرض‌های بالاتر منتقل می‌شوند بنابراین این مناطق را کمتر تحت تاثیر خود قرار می‌دهند.

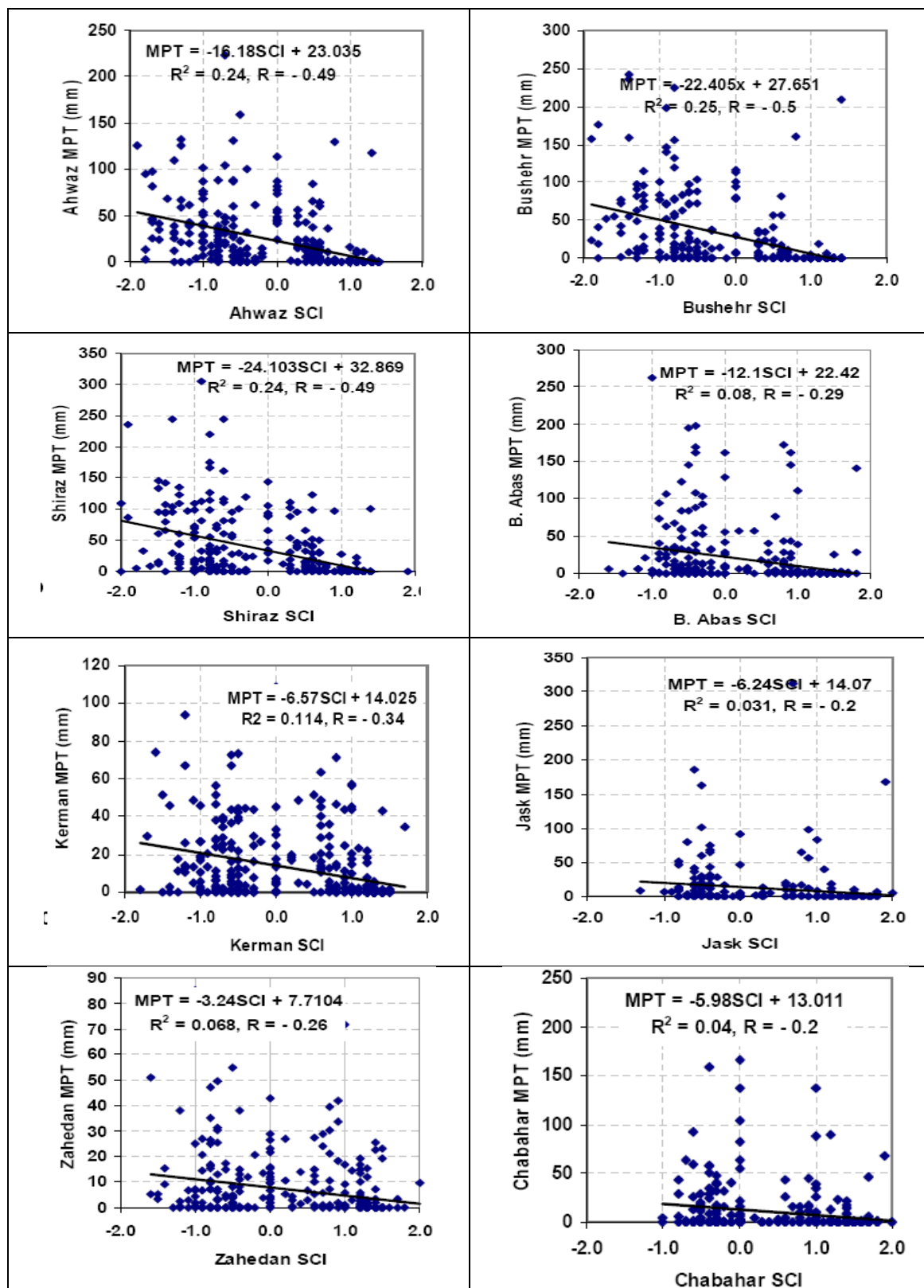
اثر همزمان UCI و SCI بر بارش توسط رگرسیون چندگانه انجام شد. با مطالعه اثر همزمان شاخص‌های چرخندگی در سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بر دما و بارش مشخص شد که اثر همزمان این دو شاخص (UCI و SCI) بر بارش به طور کلی بیشتر از اثر هر یک از این شاخص‌ها به صورت منفرد می‌باشد. ضرایب همبستگی بدست آمده برای بارش در نیمه گرم سال برابر با ۰/۴۰+ و در نیمه سرد سال ضرایب همبستگی محاسبه شده ۰/۳۱+ بود. در این مورد نیز نتایج بدست آمده در نیمه گرم سال بهتر از نیمه سرد سال است.

جدول ۶- نتایج ضرایب همبستگی بین بارش‌های ماهانه ماهانه در جنوب ایران (MPT) و شاخص‌های چرخندگی به منظور ارزیابی میزان اثر شاخص‌های گردش جوی (UCI و SCI) که در آن مقادیر متغیرها به صورت توالی ماهانه منظور شده است

نام ایستگاه	سالانه			نیمه سرد سال			نیمه گرم سال		
	USI	SCI	USI+SCI	USI	SCI	USI+SCI	USI	SCI	USI+SCI
اهواز	۰/۴۶	-۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۳۱	۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۵۲	-۰/۵۷	۰/۵۹
بوشهر	۰/۳۹	-۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۲۶	۰/۱۷	۰/۳۶	-۰/۵۶	۰/۶
شیراز	۰/۴۷	-۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۳۰	-	۰/۳۹	۰/۵۴	-۰/۶۳	۰/۷۲
بندرعباس	۰/۳۷	-۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۳۱	۰/۲۱	-۰/۱۷	۰/۱۷
کرمان	۰/۴۸	-۰/۳۴	۰/۴۸	۰/۳۴	-	۰/۲۹	۰/۴۴	-۰/۳۵	۰/۴۵
جاسک	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۳	۰/۱۷	-۰/۲۸	۰/۲۸
زاهدان	۰/۳۸	-۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۱	۰/۲	۰/۳۱	-۰/۳۲	۰/۳۳
چابهار	۰/۲۵	-۰/۲	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۵	۰/۲	-۰/۱	-۰/۰۴	۰/۰۴
میانگین	۰/۳۹	-۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۳۱	-۰/۳۷	۰/۴۰



شکل ۶- ارتباط میان شاخص‌های چرخندگی جو بالا (UCI) با بارش برای رژیم سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جنوب ایران



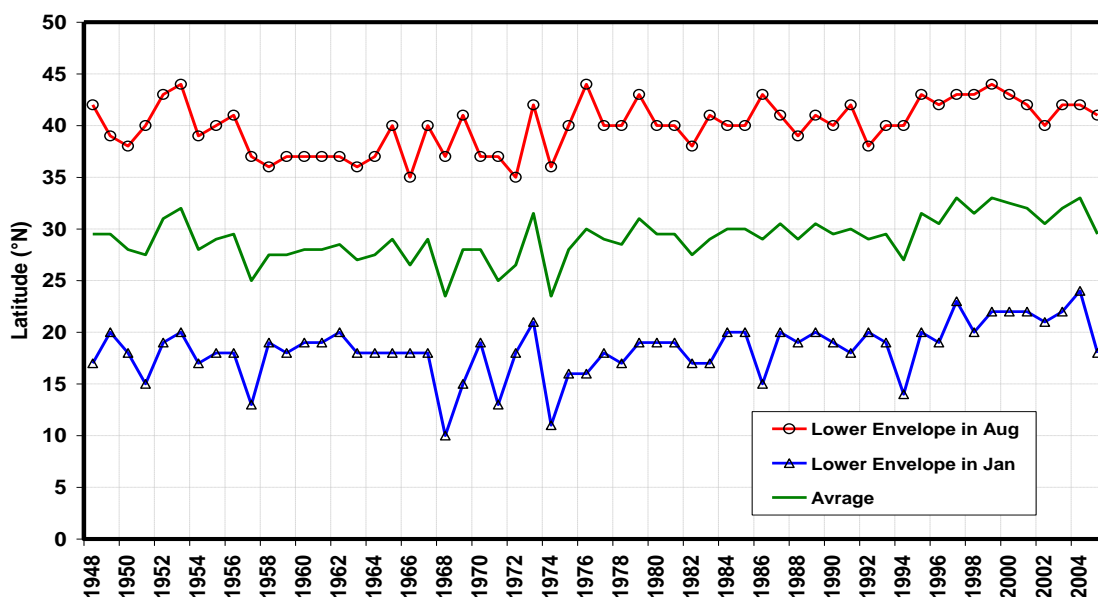
شکل ۷- ارتباط میان شاخص‌های چرخندگی سطح زمین (SCI) با بارش برای رژیم سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جنوب

بررسی تغییرات مداری جریان‌های غربی در

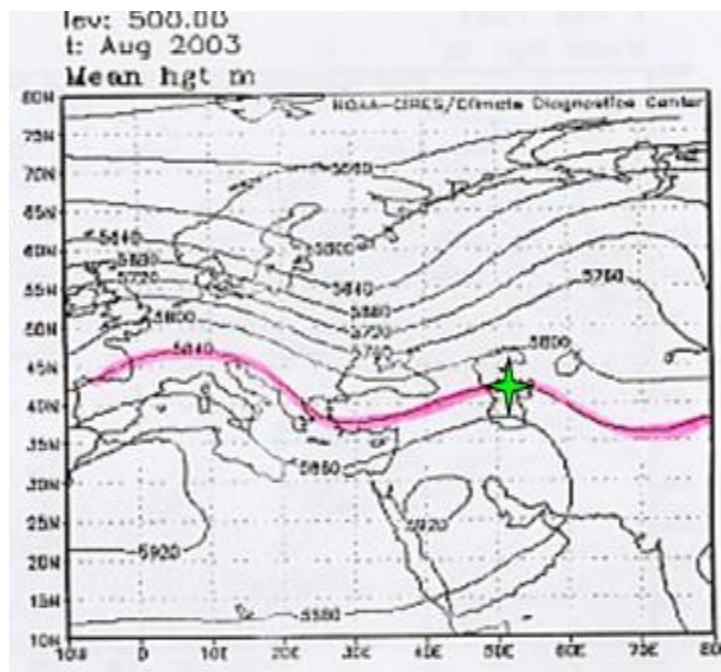
جنوب ایران

برای نشان دادن تغییرات مداری جریان‌های غربی، نقشه‌های ماهانه همدیدی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به ماه‌های آگوست (به عنوان نماینده نیمه گرم سال) و ماه‌های ژانویه (به عنوان نماینده نیمه سرد سال) در دوره ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۴ (۶۸ سال) مورد بررسی قرار گرفت. در این نقشه‌ها خط هم ارتفاع ۵۸۴ دکامتر به عنوان پایین‌ترین خط جریان فرضی (پوش پایین) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۵۳ درجه شرقی جهت تعیین تغییرات مداری امواج غربی در نظر گرفته شده است.

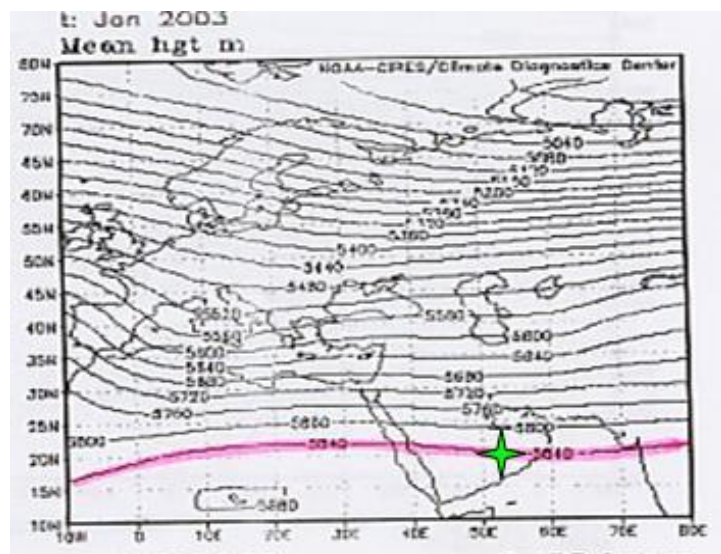
در ماه ژانویه میانگین عرض جغرافیایی خط هم ارتفاع ۵۸۴ دکامتر ۱۸ درجه شمالی و در ماه آگوست ۳۹ درجه شمالی بود (میانگین ۲۹ درجه شمالی). بدین ترتیب می‌توان مشاهده کرد که تغییرات مداری جریان‌های غربی روی ایران از فصل گرم به فصل سرد تقریباً برابر با ۲۱ درجه است (شکل ۸). بنابراین در نیمه سرد سال و به ویژه در فصل زمستان تقریباً کل کشور تحت تاثیر جریان‌های غربی می‌باشند. اما در نیمه گرم سال و به خصوص در فصل تابستان جنوب کشور تحت تاثیر جریان‌های غربی قرار نمی‌گیرد (شکل ۹ و ۱۰).



شکل ۸- تغییرات خط هم ارتفاع ۵۸۴ دکامتر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در طول جغرافیایی ۵۳ درجه شرقی طی ماه‌های ژانویه و آگوست در دوره ۱۹۴۸-۲۰۰۵ انتخاب شده برای ایران بعنوان پوش پایین جریان‌های غربی.



شکل ۹- نقشه تراز ارتفاعی سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در آگوست ۲۰۰۳ به عنوان نمونه ای از الگوی تابستانه و موقعیت خط ۵۸۴ دکامتر در عرض ۵۳ درجه شرقی.



شکل ۱۰- نقشه تراز ارتفاعی سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در ژانویه ۲۰۰۳ به عنوان نمونه ای از الگوی زمستانه . و موقعیت خط ۵۸۴ دکامتر در عرض ۵۳ درجه شرقی.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در تمام مراکز مورد بررسی در نیمه گرم سال سامانه های متضاد فشاری در دوسطح حاکم می باشد. یعنی در تراز دریا کم فشار حرارتی و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال پر ارتفاع جنب حاره ای حاکم است. میانگین ضریب همبستگی در هشت مرکز مورد

مطالعه بین SCI و UCI برابر با ۰/۴۲- است که این تضاد در جنوب غرب کشور با میانگین ضریب همبستگی ۰/۵۵- مشهود تر است. سامانه های حرارتی فصلی بوده و توسعه مکانی وسیعی دارند. این سامانه ها وابسته به محل جغرافیایی خود بوده و دارای جابه جایی افقی نیستند و در آن ها جبهه ای قرار نمی گیرد. سامانه کم فشار حرارتی در نیمه

شروع فعالیت سامانه‌های دینامیکی در جنوب ایران در نیمه سرد سال می‌باشد. مقیاس زمانی سامانه‌های دینامیکی چند روز تا یک هفته است و در مقیاس سینوپتیکی هستند. سامانه‌های دینامیکی از زمان پیدایش توسعه پیدا می‌کنند و دارای حرکت افقی هستند این سامانه‌ها غالباً همراه با پدیده (تخلیه انرژی) می‌باشند.

الگوهای گردش جوی در نیمه سرد سال:

در نیمه سرد سال زمانی که منطقه همگرایی درون حاره‌ای به عرضهای پایین تر تغییر مکان می‌دهد در این حالت با از بین رفتن سامانه‌های کم فشار حرارتی در سطح زمین و پرارتفاع جنب حاره در جو بالا جریانات غربی اجازه عبور از جنوب ایران را پیدا می‌کنند. با توجه به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در سطح زمین و جو بالا مشاهده شد که در نیمه سرد سال تقریباً در کل منطقه گردش جوی نوع واپرخند بر چرخند دارای غلبه ضعیف می‌باشد. در سطح زمین این موضوع برای قسمت جنوب غرب کشور مشهودتر بود (با میانگین -0.6).

جریانات غربی در نیمه سرد سال اجازه عبور از جنوب ایران را پیدا می‌کنند بنابراین بیشتر بارش در جنوب ایران (90 درصد بارش سالانه) و به ویژه در جنوب غرب در نیمه سرد سال اتفاق می‌افتد که منشاء آن جریانات غربی مدیترانه‌ای و همچنین جریان جنوب شرق دریای سرخ می‌باشد (پیشوایی و همکاران، 1385). در واقع بارش‌ها زمانی رخ می‌دهند که کم فشار دینامیکی بر منطقه حاکم باشد. همانطور که گفته شد نتایج نشان دهنده غلبه ضعیف گردش جوی نوع واپرخند بر چرخند در نیمه سرد سال در جنوب ایران است. بر اساس طبقه بندی کوپن جنوب ایران جزء مناطق خشک BW و نیمه خشک BS طبقه بندی می‌شوند. بنابراین چون به طور میانگین در نیمه سرد سال طی یک ماه تعداد روزهای همراه با بارش در جنوب ایران از ثلث یک ماه تجاوز نمی‌کند (پیشوایی و همکاران، 1385). بنابراین غلبه الگوی گردش نوع واپرخند بر چرخند در نیمه سرد سال تایید می‌گردد و دارای بنیاد فیزیکی است.

با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که به طور کلی دما بهتر از بارش با شاخص‌های چرخندگی برازش می‌

گرم سال و به خصوص در فصل تابستان فلات ایران را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. بنابراین در نیمه گرم سال با توجه به حاکم بودن سامانه کم فشار حرارتی در مجاورت سطح و پرارتفاع جنب حاره‌ای در جو بالا امواج کز فشار غربی (مثل غربی مدیترانه‌ای) اجازه عبور از جنوب ایران را پیدا نمی‌کنند در چنین وضعیتی امکان تشکیل ابر و بارش وجود ندارد.

با توجه به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده شروع فعالیت کم فشار حرارتی در سطح زمین در مناطق جنوب و جنوب شرق از نظر زمانی زودتر از مناطق جنوب غربی ایران می‌باشد. آغاز فعالیت این سامانه حرارتی در مناطق جنوب و جنوب شرقی از ماه مارس (با میانگین $+0.7$) و در جنوب غرب از ماه می (با میانگین $+0.7$) می‌باشد. اوج فعالیت این کم فشار در ماه جولای بوده که مقدار آن در جنوب و جنوب شرق کشور $+1.5$ و در مناطق جنوب غربی در حدود $+1.2$ است. سامانه کم فشار حرارتی در جنوب ایران تا ماه سپتامبر فعال بوده و لی با آغاز ماه اکتبر و کاهش دما این سامانه حرارتی تضعیف شده و از بین می‌رود. این سامانه حرارتی در جنوب شرق ایران در نیمه گرم سال با میانگین $+1$ از سایر مناطق قوی تر می‌باشد.

در فصل گرم در جو میانی (سطح 500 هکتوپاسکال) شاهد استقرار سامانه پر ارتفاع جنب حاره در جنوب ایران هستیم. شروع فعالیت این سامانه با توجه به شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده در جو میانی از ماه می (May) بوده و اوج فعالیت آن در ماه جولای است. این سامانه به تدریج در ماه اکتبر ضعیف و در ماه نوامبر از بین می‌رود. شاخص‌های چرخندگی ایجاد شده نشان می‌دهند که سامانه پر ارتفاع جنب حاره‌ای در نیمه گرم سال در نواحی جنوب و جنوب غرب کشور با میانگینی در حدود -1.0 از قدرت بیشتری نسبت به مناطق شرقی برخوردار می‌باشد.

بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در نیمه گرم سال سامانه‌های متضاد فشاری در دوسطح (سطح زمین و سطح 500 هکتوپاسکال) حاکم می‌باشد. اوج فعالیت این سامانه‌ها در مناطق جنوبی ایران در ماه جولای بوده و در ماه نوامبر از بین می‌روند.

- its effect on temperature and precipitation over Khorasan region in 1948-2010 Period, *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 13 (29), pp. 217-236. (In Persian)
7. Katz, W., 1993, Effects of an Index of Atmospheric Circulation on Stochastic Properties of Precipitation. *water resources research*, Vol. 29, NO. 7, pp 2335-2344.
 8. Kutiel, H., P. Maheras, 1999, Variation in Temperature Regime Across Mediterranean During the last Century and their Relationship with Circulation Indices. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 61, pp. 39-53.
 9. Kutiel, H., P. Maheras, and S. Guika, 1996, Circulation Indices and their Relationship with Rainfall Conditions across the Mediterranean. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 54, pp.125-138.
 10. Lamb, H. H., 1972, *British Isles Weather Types and a Register of Daily Sequence of Circulation Patterns 1861-1971*. *Geophysical Memoir.*, Vol.116, HMSO, London, 85pp.
 11. Lapin, M., J. Tomlain, 2001, *General and Regional Climatology (Všeobecná a regionalná klimatológia)*. published in Bratislava (Slovak), 184 pp.
 12. Losleben, M., N. Pepin, and S. Pedrick, 2000, Relationship of Precipitation Chemistry, Atmospheric Circulation and Elevation at Two Sites on the Colorado Front Range. *Atmospheric Environment*, Vol. 34. pp. 1723-1737.
 13. Lund, I. A., 1963, *Map-Pattern Classification by Statistical Methods* J. Apple. *Meteorology*; Vol. 2, pp.56-65.
 14. Muller, R. A., 1977, *A Synoptic Climatology for Environmental Baseline Analysis*. New Orleans, J. Appl. Met., No.16, pp. 20-33.
 15. Niedzwiedz, T., 1993, Changes of Atmospheric Circulation (using the P,S,C,M indices) in the Winter Season and their Influence on Air Temperature in Cracow. *Early Meteorological Instrumental Records in Europe-Methods and Results*, Cracow., No. 95, pp. 107-113.
 16. Niedzwiedz, T., 2000, Variability of the Atmospheric Circulation above Central Europe in the light of Selected Indices. *Prague Geograficzne*, 107. pp. 379-389.
 17. Niedzwiedz, T., 2004, Role of Atmospheric Circulation on the January Temperature Variability in Spitsbergen. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 90, pp. 124-138.
- شود. (با توجه به ضرایب تعیین محاسبه شده)، این نتیجه بیانگر این موضوع است که بارش تغییرات زمانی و مکانی بالایی نسبت به دما دارد. به طور کلی دما در نیمه سرد سال با UCI بهتر برازش می شود و اثر این دو شاخص بر دما در نیمه گرم سال تقریباً یکسان است. با توجه به این موضوع که بیشتر بارش‌های منطقه در نیمه سرد سال روی می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که از میان این دو شاخص، UCI اکثریت بارش در جنوب ایران را کنترل می‌کند. این شاخص اثر قابل ملاحظه‌ای بر بارش با اثر مثبت و بر دما با اثر منفی دارد، یعنی اگر در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال غلبه چرخند داشته باشیم در آن صورت تولید بارش و کاهش دما پاسخهای آن خواهد بود. چنین وضعیتی طی فصل زمستان با وجود سامانه های کم فشار دینامیکی در منطقه رخ می دهد.
- در نهایت می توان نتیجه گرفت که روش به کار رفته در این پژوهش توانایی ایجاد رابطه بین متغیرهای اقلیم شناسی همچون بارش و دما را با تغییرات الگوهای فشار در مقیاس منطقه ای را به خوبی دارد و می توان از آن در مطالعات مختلف با این هدف مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Brunetti, M., M. Maugeri, T. Nanni, T, 2002, Atmospheric Circulation and Precipitation in Italy for the Last 50 Years. *International Journal of Climatology*, Vol. 22, No. 12, pp: 1455-1471.
2. Dzerdzeevshij, B. L, 1970, Cirkulacjonnyje Mechanizmy w Atmosfieri dla Sieviernogo Poluszarija i Szesti Jego Siektorov (statisticzeskije dannyje dla poluszarija i szesti jego siektorov), MGK pri Prezidjumie AN SSSR, Mat. Met. Issl., Moskwa.
3. Falarz, M, 2002, Long-term Variability in Reconstructed and Observed Snow Over the Last 100 Winter Seasons in Cracow and Zakopane (Southern Poland). *Climate Research*, Vol. 19, pp. 247-256.
4. Girjatowicz, J. P, 2001, Effects of Atmospheric Circulation on Ice Conditions the Southern Baltic Coastal Lagoons. *International Journal of Climatology*, Vol. 21, pp. 1593-1605.
5. Girs, A. A, 1948, K Voprosu Izuczenija Osnovnyh Form Atmosfiernoj Cirkulacii. *Met. Gidr.*, Vol. 10, pp. 56-74.
6. Golmohammadian, H., M. R. Pisvaei, 2013, Production of Daily Cyclonicity Indices and

22. Tomingas, O., 2002, Relationship between Atmospheric Circulation Indices and Climate Variability in Estonia. *Boreal Environment Research*, Vol. 7, pp. 463-469.
23. Twardosz, R., 1999, Precipitation Variability and Tendency in Kraków for the Period 1850-1997 Related to Circulation Patterns. *Acta Geophysica Polonica.*, Vol. 47, No1, pp. 111-133.
24. Ustrnul, Z., D. Czekierda, 2001, Circulation Background of the Atmospheric Recipitation in the Central Europe (based on the Polish example). *Eteorologische Zeitschrift.*, Vol. 10, No. 2, pp. 901-908.
25. Seep, M., and J. Jaagus, 2002, Frequency of Circulation Patterns and Air Temperature Variations in Europe. *Boreal Environment Reserch*, Vol. 7, pp. 273-279.
26. Wangenheim, G., 1938, Kvoprosu Tipizacjii Schematizacjii Sinopticzeskich Procesov. *Met. IGidr.*, Vol. 3, pp. 79-108.
27. Yarnal, B., 1993, *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. United Kingdom: Belhaven Press, 195 pp.
18. Niedzwiedz, T., R. Twardoz, and A. Walanus, 2009, Long-term Variability of Precipitation Series in East Central Europe in Relation to Circulation Patterns. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 98, No. 3-4, pp. 256-268.
19. Pishvaei, M. R., A. Ansaribasir and M. R Farzaneh, 2006, Regional Atmospheric Circulation model for Creation of Cyclonicity Indices in Southern Iran. 6th Conference of Numerical Weather Prediction, 20th December, Tehran, Iran. (In Persian)
20. Pishvaei, M. R., and M. Lapin, 2008, Regional Circulation Effects Reflected by Cyclonicity Indices over Eastern Mediterranean Sea. *European Geophysical Society, Vienna*.
21. Sturman, A. P., M. Soons, 1984, Precipitation Intensity and Variability at Chilton Valley, Near Cass, Southern Alps. *Journal of Hydrology*. Vol. 23, No. 1, pp. 10-20.