

## مدل گردش منطقه ای برای ایجاد شاخص های چرخندی در جنوب ایران

محمد رضا پیشوایی<sup>۱</sup>، ارمغان انصاری بصیر<sup>۲</sup>، محمد رضا فرزانه<sup>۲</sup>

(۱) استادیار و (۲) دانشجویان بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۷۱۴۴۱ شیراز

Email: mrpishvaei@yahoo.com تلفن/فاکس: ۰۷۱۱-۲۲۸۶۱۳۰

**چکیده:** مدل گردش منطقه ای (RCM) در جنوب ایران بر اساس جریانات گردش جوی مطابق نقشه های استاندارد همدیدی در دراز مدت بصورت میانگین های ماهیانه در نظر گرفته شد. شاخص های چرخندی برای لایه میانی ۵۰۰ میلی بار (SUCI) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۴۸ میلادی و همچنین سطح زمین (SSCI) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۷۹ میلادی متمرکز شده روی شیراز برای اولین بار در ایران ایجاد گردید. دو معیار انحنای و گرادیان خطوط تراز برای تشخیص نوع گردش و شدت آن مورد توجه بود که کلاً ۱۰ نوع مختلف گردش جوی تجزیه گردید. گستره مقادیر شاخص ها از ۲- تا ۲+ با تفکیک ۰/۱ می باشد که با خطای کمتر از ۱۰٪ بدلیل تلورانس تخصیص امتیاز و همچنین عامل عدم قطعیت همراه است. این شاخص ها در فاصله شعاعی حدود ۲۵۰km کیلومتر از شیراز معتبر بوده و سطحی در حدود ۲۰۰,۰۰۰km<sup>2</sup> را می پوشانند. مقادیر منفی و مثبت بترتیب نشان از میزان اثر سامانه های پر فشار و کم فشار در منطقه می کند. ترکیب SUCI و SSCI بطور پیشرفته ای وضعیت اقلیم شناسی همدیدی را در منطقه توضیح می دهد. در نیمه گرم سال الگوهای گردش متضاد، کم فشار حرارتی سطح زمین و پر فشار جنب حاره ای لایه میانی، بخوبی مشهود است. در نیمه سرد سال به جریان های گردش برونری مثل غربی مدیترانه ای اجازه عبور روی منطقه داده می شود. شاخص چرخندی در شرق مدیترانه (MUCI) نیز در دوره ۲۰۰۳-۱۹۴۸ میلادی ساخته شد که نتایج حاکی از وجود یک ناوه در طول ماه های سال دارد. در تحلیل پاسخ های اقلیمی برای ایستگاه انتخابی شیراز، شاخص های چرخندی با دما بهتر از بارش برازش می شوند. بعنوان اولین شاخص غالب، SUCI بر هر دوی دما و بارش بترتیب اثر منفی و مثبت می گذارد. دومین شاخص غالب برای دما متعلق به SSCI بعنوان اثر گذار مستقیم و برای بارش متعلق به MUCI میباشد که غربی مدیترانه ای را بعنوان جریان غالب باران آور روی منطقه اثبات می کند. اثر شاخص های کنترل از دور، SOI و NAO، بطور معنی دار مشاهده نشد. نتایج بدست آمده قانون اول جغرافی را تأیید می کند که بر اساس آن شاخص های نزدیک بیشتر با عناصر محلی اقلیمی در ارتباط هستند تا شاخص های دور. در نظرگیری RCM پیشنهاد شده برای ۵ نقطه ایران، ضروری بنظر میرسد تا بتواند شکاف میان پاسخ های خرد و درشت مقیاس را پر نماید و بوسیله آن اصل پیوستگی در اقلیم شناسی را هموار سازد.

**واژه های کلیدی:** شاخص های چرخندی، جنوب ایران، دما، بارش

### ۱- مقدمه

گردش و تاوایی دو معیار محاسباتی اساسی از جریان در مکانیک سیالات است. گردش سنجش اصلی از چرخش برای منطقه محدودی از جریان در مقیاس ماکروسکوپی می باشد (Holton, 1992). گردش جوی در واقع معیاری برای سنجش جریان هوا یا گذر آن از میان منطقه ای خاص می باشد. (NOAA Glossary, 2006)<sup>1</sup>. نوع گردش معمولاً به گونه گردش جوی همچون نوع سامانه های فشاری (چرخند، واچرخند و زین) و فرا رفت (گرم و سرد Advection) بر می گردد و بر اساس محل مراکز سامانه های فشاری و یا وضعیت جریانات مداری و نصف النهاری هوا تعریف می شود (Tvieto and

1- National Oceanic And Atmospheric Administration (USA)

(Ustrnl, 2003). شاخص های چرخندی معیار کمی از بزرگی یکی از چند وجه گردش جوی بزرگ مقیاس بوده که خود بیانگر نوع و/یا شدت گردش در سطح زمین و جو بالا می باشند و معمولاً در مکان و زمان میانگین گیری می شوند (Niedzwiedz, 2000). یکی از دیدگاه های اصلی مطالعات اقلیمی بر اساس فرآیندهای عمومی و منطقه ای گردش جوی صورت می پذیرد. اطلاعات در باره گردش جوی غالباً برای توضیح تغییرات عناصر اقلیمی به کار می رود. اثر گردش جوی در مقیاس های زمانی و مکانی قابل مشاهده بوده و در صورتی که مقیاس سینوپتیکی (همدیدی) اتخاذ شود این اثرات مشهودتر می گردد (Tviesto and Ustrnl, 2003). پدیده های هواشناسی در دامنه وسیعی از زمان و مکان رخ می دهند. برای پدیده هایی که دارای رژیم هیدروستاتیک<sup>۲</sup> هستند می توان بطور کلی چنین بیان کرد که پدیده های با مقیاس مکانی طولانی تر دارای مقیاس زمانی طولانی تر و پدیده های با مقیاس مکانی کوتاهتر دارای مقیاس زمانی کوتاهتری هستند (Bluestein, 1992). از این رو مقیاس سیگنال های گردش جوی ارتباط واضحی با منطقه تحت تأثیر خود دارد بنابراین این کلید مشکل روش شناسی بدست مقیاس مکانی است (Tviesto and Ustrnl, 2003). اگر سطح مورد مطالعه یک نیمکره یا یک قاره باشد، روش ها معمولاً در مقیاس درشت (macro-scale) تعریف می شوند ولی اگر منطقه کوچکتر باشد (مانند جزایر بریتانیا، لهستان و یا جنوب ایران) روش ها در مقیاس میانی (meso-scale) در نظر گرفته می شوند. بنابراین رهیافت های متفاوتی برای طبقه بندی گردش جوی وجود دارد. نویسندگان زیادی تلاش کرده اند که ارتباط میان میزان تغییرات در مقیاس های درشت، میان و خرد را توسعه دهند که در آنها گردش جوی را بعنوان حلقه ارتباطی برای تخمین اثرات محلی تغییر اقلیم اعمال کرده اند مانند Lamb (1972) برای جزایر بریتانیا، Muller (1977) در ایالات متحده، Hess & Berzowsky (1997) در آلمان که توسعه یافته آن توسط Bissolli & Dittmann (2001) صورت پذیرفته، Chen (1999) برای سوئد، Niedzwiedz (1993, 2000) در اروپای مرکزی، که همگی توسط Barry & Carleton (2001) و همچنین Tviesto & Ustrnl (2003) مورد نقد قرار گرفته و گردآوری شده است. روش های به کار گرفته شده در آنها تاریخچه طولانی داشته و برای هر منطقه به طور خاص ساخته شده است که از کارایی مناسبی در بیان تغییرات اقلیمی برخوردار است. (Pishvaei (2002, 2003) از نتایج مدل گردش جوی در اروپای مرکزی توسط Neidzwiedz (2000) استفاده کرد و نشان داد که از میان شاخص های موجود، شاخص های چرخندی بر بارش کشور اسلواکی بطور معنی داری اثر غالب دارد. در مقاله حاضر با استفاده از مدل گردش منطقه ای (RCM) اعمال شده در جنوب ایران (استان فارس) به دو موضوع اصلی، نخست ایجاد شاخص های چرخندی ماهیانه در درازمدت و دوم مطالعه اثر سامانه های فشاری بر عناصر اصلی و محلی اقلیمی (بارش و دما)، پرداخته می شود.

## ۲. داده ها

جنوب ایران منطقه مورد مطالعه است که در آن به حوزه استان فارس توجه شده است. برای تحلیل الگوی گردش جوی به نقشه های سینوپتیکی (همدیدی) در دوره دراز مدت نیاز است. مرکز فر ایابی های اقلیمی (CDC<sup>3</sup>) نقشه های جوی را در سطوح استاندارد و در دراز مدت فراهم می کند که در آن داده های سطوح فشاری استنتاج شده از تحلیل NCEP توسط NOAA منتشر شده و نرم افزار GrADS نقشه های گرافیکی را تولید می کند. جدول ۱ نوع، دوره و تعداد نقشه ها و همچنین منبع استخراج داده ها را همراه با سایت اینترنتی اصلی نشان میدهد. به منظور بدست آوردن اندازه مناسبی از نقشه

۲- اگر پهنای پدیده بسیار بزرگتر از عمقش باشد در آن صورت هیدروستاتیک است مثل یک سامانه چرخندی (Bluestein, 1992).

های سینوپتیکی (همدیدی) برای تحلیل الگوی گردشی در جنوب ایران طول جغرافیایی از  $10^{\circ}W$  تا  $80^{\circ}E$  و عرض جغرافیایی از  $10^{\circ}N$  تا  $80^{\circ}N$  انتخاب گردید تا پوشش مناسبی از سطوح اطراف که از نظر سینوپتیکی (همدیدی) بطور مستقیم یا غیر مستقیم مؤثر هستند داشته باشد. این مناطق شامل اروپا، آسیای شمالی، دریای مدیترانه، شمال آفریقا، خاورمیانه و قسمتی از هند می باشد. نقشه های میانگین ماهیانه در دوره ۱۹۴۸ تا ۲۰۰۳ میلادی برای جو بالا (سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال) و همچنین در دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۳ میلادی برای سطح زمین از طریق اینترنت در دسترس قرار گرفت. بنابر این مطابق جدول ۱ تعداد ۶۷۲ نقشه جو بالا و ۳۰۰ نقشه سطح زمین بدست آمد تا بتوان بر اساس آنها شاخص های گردش جوی را بنا کرد. از طرف دیگر برای بررسی پاسخ های اقلیمی، ایستگاه سینوپتیک شیراز ( $29/55^{\circ}N, 52/60^{\circ}E, 1488m$ ) انتخاب شد. مقادیر میانگین ماهیانه دما ( $SMMT^4$ ) و بارش ( $SMPT^5$ ) و نیز تعداد روزهای همراه با بارش ( $SNDP^6$ ) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ میلادی از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشوری ( $IRIMO^7$ ) بدست آمد. همچنین شاخص های درشت مقیاس کنترل از دور  $SOI^8$  (شاخص نوسانات جنوبی) بر مبنای روش داده شده توسط *Ropelewski & Jones (1987)* و همچنین  $NAO^9$  (شاخص نوسانات اطلس شمالی) مطابق *Jones et al (1997)* از سایت های اینترنتی مربوطه استخراج گردید تا شاخص های گردش عمومی نیز در این مطالعه وارد شود.

### ۳. روش و کاربرد:

گردش جوی تأثیر معنی داری بر تغییرات در عناصر اقلیمی دارد. رهیافت های متعددی برای طبقه بندی گردش جوی وجود دارد تا آن را با پاسخ های اقلیمی محلی ارتباط دهد. این رهیافت ها براساس تجزیه و تحلیل سینوپتیکی (همدیدی) بوده و نوع گردش را با توجه به موقعیت مراکز سامانه های اصلی فشاری (نوع غیر همرفتی) و جهت گردش (نوع همرفتی) مشخص می نماید. امتیاز چنین روش هایی آن است که دارای بنیاد فیزیکی هستند و به منطقه ای که به آن اختصاص داده شده سازگار است بنابر این کمتر قابل انتقال هستند. یکی از عیب های این روش ها این است که وقت گیر از جهت نیروی انسانی است زیرا برای دوره درازمدت نقشه های زیادی بایستی تحلیل شود. روشی که در این تحقیق به کار گرفته می شود بر اساس روش دستی *Nędz wiedz (1993)* بوده که این روش توسط *Lapin & Tomlain (2001)* در طبقه بندی گردش جوی نیز به کار گرفته شده است. قبلاً در تحلیل گردش برای سری دراز مدت تنها از داده های فشاری سطح دریا استفاده می شد اما جدیداً از داده های ارتفاعی ژئوپتانسیل جو بالا (مثل سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال) غالباً استفاده می شود. بنابراین در این مطالعه نقشه های فشاری سطح زمین و ارتفاعی ۵۰۰hPa به منظور یافتن نوع گردش بر اساس موقعیت کم فشار (Low pressure) و پر فشار (High pressure) در سطح زمین و ناوه (Trough) و پشته (Ridge) در جو بالا انتخاب شدند. در این تحقیق برای تحلیل گردش جوی، از شاخص های چرخندی استفاده می شود. مطابق *Niedzwiedz (2000)* شاخص چرخندی به عنوان میزان اثر سامانه فشاری هوا بر یک منطقه تعریف می شود. دو معیار زیر برای بدست آوردن این

4 - Shiraz Mean Monthly Temperature

5 - Shiraz Monthly Precipitation Totals

6 - Shiraz No. of Days with Precipitation

7- Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, main website: [www.weather.ir](http://www.weather.ir)

8 - Southern Oscillation Index, website: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/soi.htm> valid at 10 Sep. 2006

9 - North Atlantic Oscillation, website: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm> valid at 10 Sep. 2006

شاخص ها در نظر گرفته می شود. معیار اول انحنای خطوط تراز بوده که بطور کلی بیانگر ۱۰ نوع مختلف گردش در سطح زمین و جو بالا است. معیار دوم گرادیان (شیو) خطوط تراز بوده که معرف شدت گردش می باشد. مقادیر این شاخص ها بین ۲+ تا ۲- متغیر بوده (با تفکیک ۰/۱) که به ترتیب موقعیت و محل اثر کم فشار و پر فشار را در سطح زمین و ناوه و پشته را در جو بالا مشخص می کند. هر چقدر که مقادیر شاخص به اعداد مرزی نزدیک شود، شدت گردش بیشتر می گردد.

**مدل گردش منطقه ای در سطح زمین به مرکز شیراز:** شاخص چرخندی به عنوان اثر سیستم فشار هوا در منطقه تعریف می شود و دامنه تغییرات این شاخص بین ۲+ تا ۲- می باشد که اعداد مثبت بیانگر میزان اثر کم فشارها و اعداد منفی بیانگر میزان اثر پر فشارها می باشد (Lapin & Tomlain, 2001). 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 پر فشار خارج از منطقه باشد ولی زیانه های آن بر روی منطقه مورد نظر قرار گیرد (AE: Anticyclone Edge) به آن عدد قرار دادی ۱- تعلق می گیرد. برای سامانه کم فشار نیز به همین طریق عمل می شود. 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 می شود. در صورتی که در منطقه فشار ضعیف و یا الگوی زین وجود داشته باشد یا این که وضعیت قابل شناسایی نباشد (XP: X-Pressure) عدد صفر به آن تعلق می گیرد. در شکل ۱ 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 می گردد. از آنجا که نقشه های مورد استفاده ماهیانه هستند، برای دقت بیشتر جهت اختصاص امتیاز به انحنای خطوط تراز از اعداد آنالوگ استفاده کردیم و بعلاوه گرادیان خطوط تراز را برای احتساب شدت گردش در نظر گرفتیم. به این ترتیب مقادیر شاخص های چرخندی بصورت آنالوگ با تفکیک ۰/۱ است که دارای تغییرات از ۲- تا ۲+ می باشد و بنابراین می تواند نمایندگی بهتری از نوع گردش باشد. به این ترتیب شاخص های چرخندی سطح زمین در جنوب ایران به مرکز شیراز (SSCI<sup>10</sup>) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۷۹ میلادی با ۳۰۰ داده بدست آمد. دو مثال عملی در شکل های ۳ و ۴ (نقشه سطح زمین در سمت راست) برای ژانویه و ژوئیه ۲۰۰۳ آورده شده است. مقدار بدست آمده برای SSCI در ژانویه برابر ۱/۵- است که بیانگر اثر غالب الگوی پر فشار بر کم فشار در سطح زمین است. اما این مقدار در ژوئیه ۱/۶+ می باشد که غالب بودن اثر الگوی کم فشار بر پر فشار را نشان میدهد.

**مدل گردش منطقه ای در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال به مرکز شیراز:** برای جو بالا شاخص چرخندی در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال با توجه به نوع و عمق امواج جوی که توسط تراز های ارتفاعی ژئوپتانسیل ظاهر میشود حاصل می گردد. دامنه تغییرات این شاخص بین ۲+ تا ۲- است. عدد مثبت بیانگر وجود الگوی ناوه (Trough) و عدد منفی بیانگر الگوی پشته (Ridge) در منطقه مورد مطالعه می باشد. نحوه ارزیابی بدین صورت است که اگر ناوه در منطقه داشته باشیم و خط ناوه از منطقه عبور کند (CT: Cyclonic Trough) به آن عدد ۲+ و در صورتی که ناوه جلوتر یا عقب تر از منطقه باشد (TE: Trough Edge) عدد ۱+ به آن اختصاص داده می شود. اگر در منطقه پشته داشته باشیم و خط پشته از منطقه عبور کند (Anticyclonic Ridge) به آن عدد ۲- و در صورتی که خط پشته جلوتر یا عقب تر از منطقه باشد (RE: Ridge Edge) عدد ۱- به آن تعلق می گیرد. عدد صفر نیز برای موقعیت های بین ناوه و پشته و یا وضعیت های ناشناخته است. شکل ۲ طرحواره شاخص چرخندی (غیر همرفتی) در جو بالا همراه با مقادیر آن برای الگو های ناوه و پشته آورده شده

است. بنابراین ۵ نوع مختلف الگوی گردشی در جو بالا مشخص می گردند. برای بهبود اعداد اختصاص داده شده برای شاخص چرخندی جو بالا همانند مدل گردش جوی در سطح زمین از اعداد آنالوگ با تفکیک ۰/۱ استفاده شد که هر دوی انحنای و گرادیان خطوط تراز (مشخص کننده نوع و شدت گردش) به حساب آمدند. به این ترتیب شاخص های چرخندی جو بالا در جنوب ایران به مرکز شیراز ( $SUCI^{11}$ ) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۴۸ میلادی با ۶۷۲ داده بدست آمد. دو مثال عملی در شکل های ۳ و ۴ (نقشه جو بالا در سمت چپ) برای ژانویه و ژوئیه ۲۰۰۳ آورده شده است. مقدار بدست آمده برای  $SUCI$  در ژانویه برابر  $+۰/۳$  است که بیانگر اثر ضعیف الگوی ناوه بر پشته در جو بالا است. اما این مقدار در ژوئیه  $-۱/۹$  می باشد که غلبه کامل اثر الگوی پشته بر ناوه را نشان میدهد.

**مدل گردش منطقه ای در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در شرق دریای مدیترانه:** شیوه بدست آوردن شاخص چرخندی در جو بالا بطور مشابه در شرق دریای مدیترانه در نقطه ای به موقعیت جغرافیایی  $34^{\circ}N, 32^{\circ}E$  در دوره ۲۰۰۳-۱۹۴۸ اعمال شد. شاخص های ماهیانه بدست آمده در این دوره به تعداد ۶۷۲ می رسد. منطقه پوششی مورد تحقیق در شرق مدیترانه نزدیکترین قسمت از دریا به ایران بوده که توسط مرزهای جنوبی ترکیه و شمالی مصر محدوده شده است. دلیل انتخاب این سطح این است که جریانات اصلی و غالب باران آور ایران در نیمه سرد سال، جریانات غربی مدیترانه ای می باشند (با توجه به نتایج GCM و همچنین مشاهدات). همچنین ممکن است که عامل های اقلیمی در جنوب ایران نسبت به شاخص های چرخندی جو بالا در مدیترانه ( $MUCI^{12}$ ) پاسخ احتمالی داشته باشند. حال شکل های ۵ و ۶ مثال عملی در ژانویه و ژوئیه ۲۰۰۳ را فراهم می سازد که در آنها مقادیر  $MUCI$  برابر  $-۰/۴$  و  $+۱/۳$  می باشد که به ترتیب بیانگر اثر مختصر الگوی پشته بر ناوه در ژانویه و اثر غالب ناوه در ژوئیه را نشان می دهد.

**قابلیت اعتماد داده ها و اعتبار پوشش سطحی:** شیوه ای که برای بدست آوردن شاخص های چرخندی استفاده شد روش دستی و ذهنی است که همانند روش های استفاده شده در تقسیم بندی انواع وضع هوا (weather types) توسط Hess & Berzowsky (1997) در آلمان و Lamb (1972) برای جزایر بریتانیا است (Tviesto and Ustrnul, 2003). روش دستی برای طبقه بندی جوی غالباً ذهنی نامیده می شوند چرا که عوامل بسیاری مانند تخمین بصری انحنای و گرادیان به عنوان معیار اعمال شده بر خطوط تراز در این میان دخالت دارند. برای کاهش خطا در اختصاص اعداد به شاخص ها، پرداختن پشت سر هم نقشه ها در یک زمان و همچنین افزایش تمرکز ذهنی مؤثر است. دامنه این اعداد بین ۲- تا ۲+ است که با دقت ۰/۱ صورت می گیرد. بعضی وقت ها تعیین عدد بین دو مقدار مجاور مشکل بوده که با تلورانس حدود ۰/۱ همراه است. بنابراین حداکثر تا ۰/۲ می تواند تغییر وجود داشته باشد. به این ترتیب دقت این شاخص ها برابر ۰/۲ روی ۴ است که معادل ۵٪ می شود. اما هنوز ما کاملاً به اعتبار اعداد مطمئن نیستیم چون ممکن است که عامل های ناشناخته دیگری اثر منفی بگذارند که ما آنها را بعنوان خطای در اثر عدم قطعیت نام می نهیم و مقدار آن را تا ۵٪ دیگر در نظر می گیریم. بنابر این کلاً مجموع خطاها حد اکثر به حدود ۱۰٪ میرسد. در نهایت این شاخص های چرخندی با خطای کمتر از ۱۰٪ ایجاد شده است. از نظر پوشش سطحی شاخص های چرخندی تا شعاعی حدود ۲۵۰ km از نقطه ای که شاخص روی آن ایجاد شده (مثل شیراز:  $30^{\circ}N, 53^{\circ}E$ ) معتبر بوده که این شعاع مساحتی در حدود ۲۰۰ هزار کیلومتر مربع از منطقه مورد تحقیق را پوشش می دهد که سطح قابل ملاحظه ای از جنوب ایران می باشد. مطابق (Niedzwiedz (2000) شعاع معتبر شاخص های چرخندی در اروپا ی مرکزی که به مرکز Cracow ( $50^{\circ}N, 20^{\circ}E$ ) ایجاد شده چیزی در حدود ۲۰۰ km ذکر شده است. در واقع شعاع

11 - Shiraz Surface Cyclonity Indices

12 - Mediterranean Upper Cyclonity Indices

تخمینی بستگی به طول موج امواج غالب الگوی گردش جوی در سطح مورد مطالعه دارد. بطور کلی در مورد امواج کزفشار جوی در منطقه معتدله می توان گفت که در عرض های جغرافیایی پائین تر با افزایش محیط، طول موج امواج نیز بلندتر می شود زیرا بدور کره زمین (در منطقه معتدله) تعداد معدودی از امواج جوی وجود دارد. حال شیراز تقریباً  $20^{\circ}$  عرض جغرافیایی پائین تر از Cracow قرار گرفته است. بنابر این شعاع تخمینی  $250\text{ km}$  به مرکز شیراز قابل پذیرش می باشد. از طرف دیگر باید توجه نمود که سطح پوششی به عواملی دیگر همچون توپوگرافی، جهت و بلندی رشته کوه ها نیز مربوط می شود. بنابراین وجود رشته کوه زاگرس با جهت شمال غربی-جنوب شرقی مسلماً سطح فرضی دایروی را تغییر شکل می دهد که تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است. در هر صورت پیش بینی می کنیم که سری زمانی SSCI, SUCI بتواند از عهده نیاز فیزیکی برای پیوند الگوی گردش منطقه ای و عناصر اصلی اقلیمی دما و بارش بر آید و بعنوان پل ارتباطی لحاظ گردد.

**پیشنهاد:** امیدواریم که در آینده بتوانیم RCM را برای نقشه های روزانه سینوپتیکی اعمال کنیم چرا که نقشه های روزانه از دقت بیشتری نسبت به نقشه های ماهانه برخوردار هستند و بیان بهتری از وضعیت روزانه گردش جوی با جزئیات دقیق تر را فراهم می کنند و می توانند مبنایی برای تهیه تقویم وضع هوا (weather calendar) باشند. توجه بر این است که در تحقیقات بعدی از ابزار هوش مصنوعی (ابزار دیجیتالی قابل برنامه ریزی) به عنوان مشاهده کننده خطوط تراز روی نقشه ها به جای صرف نیروی انسانی استفاده شود. این رهیافت غیر از این که از صرف وقت جلوگیری می کند، می تواند روش ذهنی (subjective method) مورد استفاده را به روش عینی (objective method) تبدیل نماید.

#### ۴. نتایج و بحث:

تنها برخی از نتایج در این بخش ارائه می گردد.

**بررسی شاخص های چرخندی در جنوب ایران (SUCI و SSCI):** مدل گردش منطقه ای RCM با روش فوق به نظر می رسد که برای اولین بار است که در ایران استفاده می شود. در شکل ۵ تغییرات چرخه سانی شاخص های چرخندی به مرکز شیراز و حومه آن یعنی SUCI و SSCI در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۱ نشان داده شده است. همبستگی خطی شاخص های چرخندی بین دو سطح در دوره ۲۰۰۳-۱۹۷۹ با در نظر گیری ۳۰۰ داده مشترک معادل  $0/51-$  می باشد که بیانگر الگوهای مختلف در نوع گردش می باشد. برای پاسخ به کدام نوع گردش، ما مجبوریم که الگوهای تابستانه و زمستانه را بطور جداگانه در نظر بگیریم. در نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) عدد همبستگی برابر  $0/44-$  بدست آمد که بیانگر وجود سامانه های متضاد فشاری در دو سطح است. وجود کم فشار حرارتی در سطح زمین با میانگینی در حدود  $1/7+$  برای SSCI و همچنین پر فشار جنب حاره ای در جو میانی (سطح  $500$  هکتو پاسکال) با میانگین  $1/45-$  برای SUCI در منطقه جنوب ایران نوع گردش جوی را با الگوهای متضاد آرایش می دهند (جدول ۲ را ببینید). در نیمه سرد سال (اکتبر تا دسامبر و ژانویه تا مارس) رابطه معنی داری بین شاخص های چرخندی در این دو سطح ملاحظه نگردید. ولی مقادیر میانگین SSCI (و SUCI) در حدود  $0/89-$  (و  $0/39-$ ) بود که بیانگر اثرات نسبتاً غالب (و ناچیز) سامانه نوع پر فشار می باشد. تفسیر این موضوع با یک کلید همراه است. ما میدانیم که شاخص ها برای مقادیر ماهیانه تهیه شده است. در تابستان ها ITCZ<sup>۱۳</sup> (منطقه همگرایی درون حاره ای) به جنوب ایران نزد یک می شود؛ زمانی که ITCZ در زمستان ها به سمت جنوب تغییر مکان پیدا می کند،

جریان‌های خارجی گردش جوی (مثل غربی مدیترانه ای) اجازه پیدا می کنند که از داخل منطقه عبور کنند. بنابراین در نیمه سرد سال بیشتر بارش در جنوب ایران (حدود ۹۰٪ مقدار بارش سالانه) اتفاق می افتد که منشا آن از جریان غربی مدیترانه ای و همچنین جریان جنوب شرقی سودان است در وقتی که کم فشار دینامیکی در جنوب ایران وجود دارد. علاوه بر آن با توجه به طبقه بندی اقلیمی کوپن کشور ایران (و همچنین شامل جنوب) بطور کلی جزء منطقه خشک BW و نیمه خشک BS طبقه بندی می شود ( ذکر شده توسط ناظم السادات، ۱۹۹۹). بنابر این میتوان گفت که در فصل بارش طی یک ماه تعداد روزهای همراه با بارش کم و از ثلث یک ماه تجاوز نمی کند (ماکزیمم SNDP حدود ۹/۶ روز در ماه مارس مطابق جدول ۲) است. نتیجتاً طبیعی است که بقیه (بیشتر) روزها ی ماه خشک باشند. بنابراین غلبه الگوی گردش و اچرخندی بر چرخندی در طی نیمه سرد سال تأیید می گردد.

**بررسی شاخص های چرخندی در شرق مدیترانه (MUCI):** در الگوی جهانی جریان‌های غربی باعث ایجاد سه ناوه اساسی در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در نیمکره شمالی می شوند که یکی از آنها روی دریای مدیترانه رخ میدهد (Palmen and Newton, 1969; Holton, 1992). جهت گیری مکانی و جابجایی این ناوه بر اقلیم مدیترانه و مناطق اطراف آن شامل ایران اثر می گذارد (Alijani, 2002). در جدول ۲ مقادیر سالیانه و نیم ساله سرد و گرم شاخص های چرخندی مدیترانه (MUCI) بترتیب ۰/۸۳، ۰/۷۵ و ۰/۹۱ هستند که همگی مثبت می باشند و بر وجود ناوه مدیترانه ای تأکید می کنند. شکل ۶ الگوی تغییرات ماهیانه شاخص ها را در جنوب ایران (SUCI، SSCI) و روی مدیترانه (MUCI) در دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۳ همراه با بارش و دمای ایستگاه شیراز (هنجار شده SMPT و SMMT) نشان می دهد. قابل توجه است که مقادیر MUCI در همه ماه های سال مثبت و بنابر این وجود ناوه در شرق مدیترانه تصدیق شده است.

**در نظر گیری شاخص های دور و نزدیک:** ایده ما در تحلیل پاسخ های محلی اقلیمی (در اینجا بارش و دما) که از شاخص های جوی تأثیر می پذیرند این است که نه تنها به مدل گردش منطقه ای RCM (شاخص های نزدیک SSCI، SUCI و MUCI) توجه شود بلکه از مدل گردش عمومی GCM (شاخص های کنترل از دور مانند SOI و NAO) نیز استفاده شود. به عبارت دیگر این تحلیل در مقیاس های درشت و میانی صورت پذیرد؛ منظور ما این است که ببینیم کدام یک اثر بیشتری بر عناصر محلی اقلیمی دارند. توجه شود که نتایج حاصله از اینگونه تحلیل ها بستگی به نوع مقیاس استفاده شده در آنها دارد که در اینجا ما آنرا بعنوان تحلیل مقیاس (scale analysis) می نامیم. روش ما این است که کوچکترین مقیاس زمانی را یک ماه در نظر گرفته بنابر این با گذشت زمان متغیر های مختلف شامل عناصر اقلیمی و شاخص های جوی تولید می شوند. ما در اینجا می خواهیم بدون تأخیر زمانی فرآیند بررسی را ادامه دهیم.

**تحلیل واریانس (ANOVA<sup>14</sup>):** اکنون روشن می کنیم که مقادیر عناصر اصلی و محلی اقلیمی شامل بارش و دما برای ایستگاه شیراز (SMPT و SMMT) به عنوان متغیر وابسته و مقادیر شاخص های جوی (SOI، MUCI، SUCI، SSCI) و NAO به عنوان متغیر مستقل بررسی می شوند. جالب است که بدانیم چگونه جمع بارش ماهیانه در شیراز توسط پنج شاخص مختلف گردش جوی تأثیر می پذیرد. رگرسیون چندگانه (multiple regression) مشارکت هر یک از این پنج شاخص (پارامتر) را در بارش محاسبه می کند. ضریب تعیین (coefficient of determination: R<sup>2</sup>) تنها بیانگر مناسب بودن برازش این پارامترها می باشد و نمی تواند دلالت بر وجود معنی داری ارتباط بین این پارامترها باشد (Excel manuscript, 2003). برای رفع این مشکل از تست ANOVA ( تجزیه و تحلیل واریانس) که فرضیه صفر (null) با P- Value را فراهم می کند استفاده می شود که در سطح اطمینان ۹۵٪ رگرسیون چندگانه انجام می گردد. جدول ۳ و ۴

رگرسیون خطی چندگانه را به نوبت برای جمع بارش ماهیانه در شیراز (SMPT) حسب mm و دمای میانگین ماهیانه در شیراز (SMMT) حسب °C به منظور ارزیابی میزان اثر شاخص های جوی (SSCI, SUCI, MUCI, NAO and SOI) نشان می دهد. مقادیر متغیرها در سری های زمانی استفاده شده به صورت توالی ماهیانه منظور شده است که برای دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ با ۶۳۶ داده و در دوره ۲۰۰۳-۱۹۷۹ با ۳۰۰ داده انجام شده است. نتایج با فرضیه p-value در سطح اطمینان ۹۵ درصد تست شده است. از مقایسه این دو جدول با هم (مدل بارش و مدل دما) به این نتیجه میرسیم که بطور کلی دما بهتر از بارش با شاخص های جوی برازش می شوند (ضرایب تعیین  $R^2$  را ببینید). این نتیجه اشاره به این مسئله دارد که بطور کلی بارش تغییرات زمانی و مکانی بالایی نسبت به دما دارد.

**اثر غالب SUCI بر بارش و دما:** جالب است که از میان این پنج شاخص جوی، SUCI مهمترین شاخص غالب است که اثر قابل ملاحظه ای بر بارش با اثر مثبت و بر دما با اثر منفی دارد (ضرایب این شاخص را در فرمول های داده شده در دو جدول برای هر دوره ملاحظه کنید). یعنی اگر در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال غلبه چرخند داشته باشیم در آن صورت تولید بارش و کاهش دما پاسخ های آن خواهند بود. چنین وضعیتی طی فصل زمستان با وجود سامانه های کم فشار دینامیکی در منطقه رخ میدهد. به همین دلیل در شکل ۷ با در نظر گیری همه ماه های سال، ضرایب همبستگی خطی SUCI بطور منفرد با بارش (SMPT) و دما (SMMT) بترتیب ۰/۵۱ (با ضریب تعیین ۰/۲۶) و ۰/۷۵- (با ضریب تعیین ۰/۵۷) در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ می باشد. همچنین ضریب تعیین در نیمه سرد سال برابر ۰/۱۲ برای بارش (و ۰/۲۶ برای دما) میباشد که در نیمه گرم سال برابر ۰/۳۳ برای بارش (و ۰/۶۶ برای دما) بدست آمد.

**پاسخ بارش:** همانطور که در بالا گفته شد اولین اثر غالب متعلق به SUCI است. در تابستان ها زمانی که پرفشار جنب حاره بر منطقه حاکم می شود در ترکیب با کم فشار حرارتی سطح زمین باعث عدم عبور جریانات خارجی (مثل غربی مدیترانه ای) از منطقه می شود لذا تنها شاخص متعلق به همین منطقه یعنی SUCI اثر غالب دارد. اما در زمستان ها دومین شاخص غالب برای اثر بر پدیده بارش شاخص چرخندی روی شرق مدیترانه یعنی MUCI می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در نیمه سرد سال (با بارش بیش از ۹۰٪ از مقدار جمع بارش سالیانه) شاخص های منطقه ای SUCI و MUCI اکثریت بارش را در جنوب ایران کنترل می کنند که خوشبختانه با پایه فیزیکی همراه هستند. مقدار کوچکی نیز فقط در فاصله همه ماه های سال برای شاخص چرخندی سطح زمین (SSCI) معنی دار بود. در نیمه گرم سال که کم فشار حرارتی بر منطقه حاکم است وضع روشن است اما در نیمه سرد سال تحقیقات بیشتری نیاز است. اثرات NAO و SOI بر بارش در جنوب ایران بطور معنی داری مشاهده نشد؛ ممکن است دلیل آن این باشد که مقیاس انتخابی در تجزیه و تحلیل ما تنها به شاخص های نزدیک پاسخ داده و اثرات شاخص های دور را فیلتر کند. در صورت تغییر تحلیل مقیاس و انتخاب مقیاس مناسب، ممکن است که اثرات احتمالی شاخص های کنترل از دور آشکار سازی شود.

**پاسخ دما:** همانطور که قبلاً ذکر شده SUCI به عنوان مهمترین عامل تاثیرگذار بر دما (با اثر منفی) می باشد. در نیمه گرم سال دومین شاخص غالب SSCI با اثر مثبت می باشد که خود بیانگر اثر کم فشار حرارتی در منطقه است. تاثیر شاخص SSCI در نیمه سرد سال بر دما معنی دار نبوده که ما دلیل آنرا نمی دانیم. سایر شاخص های گردش جوی مانند MUCI و NAO معمولاً اثر جزئی بر دما دارند و با توجه به ضرایب آنها در فرمول کمتر از ۱۰٪ اثر SUCI را دارا می باشند. نتایج دیگری از تحلیل با مقیاس های ماهیانه منفرد و فصلی منفرد نیز انجام شده است اما در این مقاله از آنها صرف نظر می شود.

**نتیجه کلی:** به عنوان نتیجه خالص بدست آمده از RCM با تحلیل مقیاس مورد استفاده در این تحقیق، معلوم می شود که عناصر اصلی اقلیمی در منطقه جنوب ایران بستر بسیار قابل انعطافی برای شاخص های گردش متعلق به خودشان دارند، اما

برای گردش های خارجی دور (مثل شاخص های کنترل از دور) پاسخ ناچیزی بازتاب می کنند. پس عناصر محلی اقلیمی همخوانی نسبتاً قابل قبولی با شاخص های گردش منطقه ای نسبت به گردش عمومی دارند. این مسئله به قانون اول جغرافیا اشاره می کند (Tobler, 1979<sup>15</sup>): هر چیزی با محیط اطراف خود در ارتباط است اما اشیاء نزدیک ارتباط بیشتری نسبت به اشیاء دورتر دارند. به عبارت دیگر تمایل تاثیر پذیری اشیاء نزدیک از یکدیگر نسبت به اشیاء دور بیشتر است. بنابراین به نظر می رسد که ایجاد مدل گردش منطقه ای RCM در ایران برای پر کردن شکاف میان مقیاس درشت و خرد ضروری باشد. علاوه بر آن ساخت این چنین مدلی در منطقه مورد بررسی کمک می کند تا اصل پیوستگی در اقلیم شناسی برای اقتباس نتایج صحیح هموار گردد.

## ۵. خلاصه و نتیجه گیری:

دو موضوع اساسی در این مقاله بحث شده است. اولی تهیه شاخص های چرخندی طولانی مدت در جنوب ایران با استفاده از مدل گردش منطقه ای RCM در ۲۰۰۳-۱۹۵۱ می باشد. دومی پاسخ های اقلیمی به این شاخص ها که خود بازتاب کننده اثرات گردش منطقه ای بر بارش و دما است. میانگین های ماهیانه نقشه های استاندارد جوی به فشار سطح زمین طی ۲۰۰۳-۱۹۷۹ و ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتو پاسکالی در ۲۰۰۳-۱۹۴۸ از سایت مربوطه استخراج گردید. برای ایستگاه سینوپتیک شیراز جمع بارش ماهیانه (SMPT) و دمای ماهیانه میانگین (SMMT) از سایت IRIMO در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ فراهم شد. همچنین شاخصهای کنترل از دور NAO و SOI از سایتهای مربوطه در دوره های مشابه استخراج گردید. مدل گردش منطقه ای RCM در جنوب ایران به مرکز شیراز (E ۵۳° و N ۳۰° به طور تقریب) ساخته شد. شاخص های چرخندی سطح زمین و جو بالا به روش دستی از نقشه ها حاصل گردید. معیارها برای حصول این شاخص ها انحنای و گرادیان خطوط تراز بوده که بازتاب کننده ۱۰ نوع گردش همراه با میزان شدت آن در دو سطح زمین و جو بالا می باشد. مقادیر این شاخص ها از ۲- تا ۲+ (با تفکیک ۰/۱) تغییر می کند که به ترتیب بیانگر نوع گردش جوی کم فشار (ناوه) و پر فشار (پشته) می باشند. هر چقدر مقدار این شاخص ها به محدوده اعداد مرزی نزدیک شود، شدت گردش بیشتر می گردد. شاخصهای ماهیانه ایجاد شده برای قسمت قابل توجهی از جنوب ایران با شعاع ۲۵۰ km از مرکز شیراز معتبر می باشند. خطای برآوردی سری این شاخص ها به دلیل تلورانس اختصاص امتیاز و عامل عدم قطعیت، کمتر از ۱۰٪ می باشد. از محاسن این روش می توان به دارا بودن اساس و پایه فیزیکی و همچنین اختصاص داشتن به محلی که شاخص بر روی آن ایجاد شده اشاره کرد. معایب این روش وقت گیر بودن از جهت منابع انسانی بوده مخصوصاً هنگامی که تعداد نقشه های مورد تحلیل زیاد باشد. ترکیب SUCI و SSCI به طور پیشرفته ای توانایی توضیح وضعیت اقلیم شناسی سینوپتیکی را در منطقه دارد. در نیمه گرم سال وجود الگوهای متضاد گردشی در دو سطح زمین (SSCI معادل ۱/۱۷+ که بیانگر غلبه کم فشار حرارتی) و جو بالا (SUCI معادل ۱/۴۵- که بیانگر غلبه الگوی پشته در نتیجه وجود پر فشار جنب حاره ای) می باشد. این شرایط برای قسمت اعظم خاور میانه معتبر بوده و مانع از ورود گردش های خارجی همچون غربی مدیترانه ای و جریانهای کم فشار سودانی می گردد. در نیمه سرد سال ITCZ به سمت جنوب حرکت کرده و بنابراین به گردش های خارجی اجازه عبور از منطقه داده می شود. از آن جایی که تعداد روزهای اندکی در ماه همراه با بارش هستند (مقدار بیشینه در ماه مارس با ۹/۶ روز)، گردش نوع واپرخندی (الگوی پشته) بر نوع چرخندی (الگوی ناه) در سطح زمین (جو بالا) غلبه دارد. مقادیر منفی در هر دو سطح

---

15 - The first law of Geography: everything is related to everything else but nearby things are more related than distant things (Tobler, 1979).

(SSCI معادل ۰/۸۹- و SUCI معادل ۰/۳۹-) این موضوع را تصدیق می کند. همچنین مدل RCM در قسمتهای شرقی دریای مدیترانه به مرکز ۳۲°E و ۳۴°N طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۴۸ فقط در جو بالا (MUCI) استفاده شد. نتیجه جالب دلالت بر وجود یک ناوه در همه ماه های سال در شرق مدیترانه دارد که مقادیر مثبت برای نیمه سرد و گرم سال به ترتیب برابر ۰/۷۵ + و ۰/۹۱ + می باشند. نشان داده شده برای پاسخ های اقلیمی، دما برازش بهتری با این شاخصها (هم داخلی و هم خارجی) نسبت به بارش دارد چرا که بارش نسبت به دما دارای تغییرات زمانی و مکانی بیشتری می باشد. اولین شاخص غالب SUCI می باشد که بر دو عامل بارش و دما موثر است. دومین شاخص غالب برای بارش متعلق به MUCI است که غربی مدیترانه ای را به عنوان جریان غالب باران آور در جنوب ایران اثبات می کند. همچنین دومین شاخص غالب برای دما SSCI بدست آمد. به طور کلی اثرات سیگنالهای بزرگ مقیاس اقلیمی NAO و SOI بر بارش و دما به طور معنی داری مشاهده نگردید. ممکن است دلیل آن تحلیل مقیاس انتخابی در روش شناسی این مقاله باشد، اما ممکن است با تغییر مقیاس اثرات احتمالی یافت گردد. بعنوان نتیجه خالص به دست آمده از این تحقیق با استفاده از تحلیل مقیاس موجود آشکار می کند که عناصر اصلی اقلیمی در منطقه جنوب ایران بستر بسیار قابل انعطافی برای شاخص های گردش متعلق به خودشان دارند، اما برای گردش های خارجی دور (شاخص های کنترل از دور) پاسخ ناچیزی بازتاب می کنند. پس عناصر محلی اقلیمی همخوانی نسبتا قابل قبولی با شاخص های گردش منطقه ای نسبت به گردش عمومی دارند. بنابراین به نظر می رسد که ایجاد مدل گردش منطقه ای RCM در ایران برای پر کردن شکاف میان مقیاس درشت و خرد ضروری باشد. علاوه بر آن ساخت این چنین مدلی در منطقه مورد بررسی کمک می کند تا اصل پیوستگی در اقلیم شناسی برای اقتباس نتایج صحیح هموار گردد. پیشنهاد می شود که مدل گردش منطقه ای RCM حداقل در ۵ نقطه ایران (تبریز، تهران، مشهد، کرمان و اصفهان) اعمال گردد تا به طور مناسبی سطح ایران را برای مطالعات اقلیم شناسی سینوپتیکی (همدیدی) پوشش دهد.

## تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از دانشجویان درس هوا و اقلیم شناسی مقطع کارشناسی در سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۵ که بیشتر از ۱۰ هزار نقشه روزانه و ماهیانه سینوپتیکی را در طول ۳ نیم سال تحصیلی از طریق اینترنت تهیه کردند قدردانی می شود. همچنین از آقای محمد رضا فرزانه که هماهنگی لازم را در مرتب سازی و طبقه بندی این نقشه ها داشتند کمال تشکر را داریم.

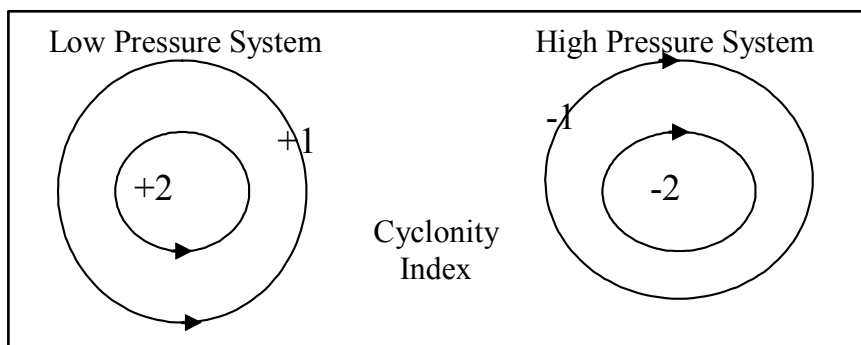
## مراجع:

- 1- **Alijani B., 2002:** *Variations of 500hPa flow patterns over Iran and surrounding areas and their relationship with the climate of Iran, Theor. Appl. Climatol, printed in Austria, 72, pp 41-54.*
- 2- **Barry R. G. and Carleton A. M., 2001:** *Synoptic and Dynamic Climatology. Printed in Great Britain by Rutledge, 620 pp.*
- 3- **Bissolli P. and Dittmann E., 2001:** *The objective weather type classification of the German Weather Service and its possibilities of application to environmental and meteorological investigations, Meteorol. Zeitschr., No. 10, pp 253-260.*
- 4- **Bluestein H. B., 1992:** *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Oxford Univ. Press, 594 pp.*
- 5- **Chen D. 1999:** *A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study. Earth Sciences centre, Univ. of Gothenburg, Report C16, pp 34-59.*

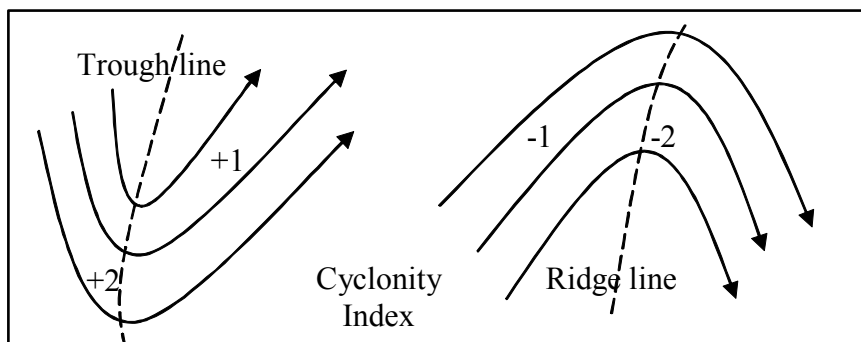
- 6- **Climate Diagnostics Center, 2005:** CDC derived [NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis](#) for pressure level data published by NOAA. main website: [www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov) valid at 10 Sep. 2006.
- 7- **Excel manuscript, 2003:** Microsoft Office XP, main website: <http://www.microsoft.com/> valid at 10 Sep. 2006.
- 8- **Hess P. and Brezowsky H., 1977:** Katalog der Grosswetterlagen Europas. 3. Aufl-Berichtes der Deutschen Wetterdienst, 113.
- 9- **Holton J. R., 1992:** *An Introduction to Dynamic Meteorology, Third edition, Academic Press, Inc, 511 pp.*
- 10- **IRIMO, 2006:** Islamic Republic of Iran Meteorological Organization. main website: [www.weather.ir](http://www.weather.ir) valid at 10 Sep. 2006.
- 11- **Jones, P.D., Jónsson, T. and Wheeler, D., 1997:** Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *Int. J. Climatol.* 17, 1433-1450.
- 12- **Lamb H. H., 1972:** *British Isles Weather types and a register of daily sequence of circulation patterns 1861-1971. Geophysical Memoir 116, HMSO, London, 85pp.*
- 13- **Lapin M. and Tomlain J., 2001:** *General and Regional Climatology. (Všeobecna a regionalna klimatologia). published in Bratislava (In Slovak), 184 pp.*
- 14- **Muller R. A., 1977:** *A synoptic climatology for environmental baseline analysis. New Orleans, J. Appl. Met., No.16, pp 20-33.*
- 15- **Nazemosadat M. J., 1999:** *Enso's Impact on the Occurrence of Autumnal Drought in Iran. Drought Network News, Vol. 11, No. 2, pp 15-18.*
- 16- **Niedźwiedz 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.*
- 17- **Niedźwiedz T., 2000:** *Variability of the Atmospheric Circulation above Central Europe in the light of Selected Indices, in Reconstructions of Climate and its Modeling Edited by B. Obrebska-Starkel, Cracow, 107, pp 379-389.*
- 18- **NOAA Glossary, 2006:** website: <http://www.cpc.noaa.gov/products/outreach/glossary.shtml> valid at 10 Sep. 2006.
- 19- **Palmen E. and Newton C. W., 1969:** *Atmospheric circulation systems: Their structure and physical interpretation. London, Academic press.*
- 20- **Pishvaei M. R., 2002:** *Study of Precipitation Characteristics in Southern Slovakia during last century, XIV<sup>th</sup> Czech-Slovakia Bioclimatology Conference at Lednice na Moravě, 2-4 Sep. 2002, Czech Republic, ISBN 80-85813-99-8, pp 561-569.*
- 21- **Pishvaei, 2003:** *Study of Precipitation Time Series in Slovakia and Iran. PhD thesis, Comenius University in Bratislava. 256 pp.*
- 22- **Ropelewski, C.F. and Jones, P.D., 1987:** *An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. Monthly Weather Review, 115, 2161-2165.*

23- Tobler, W., 1979: *Cellular Geography, Philosophy in Geography*. Gale and Olsson, Eds., Dordrecht, Reidel.

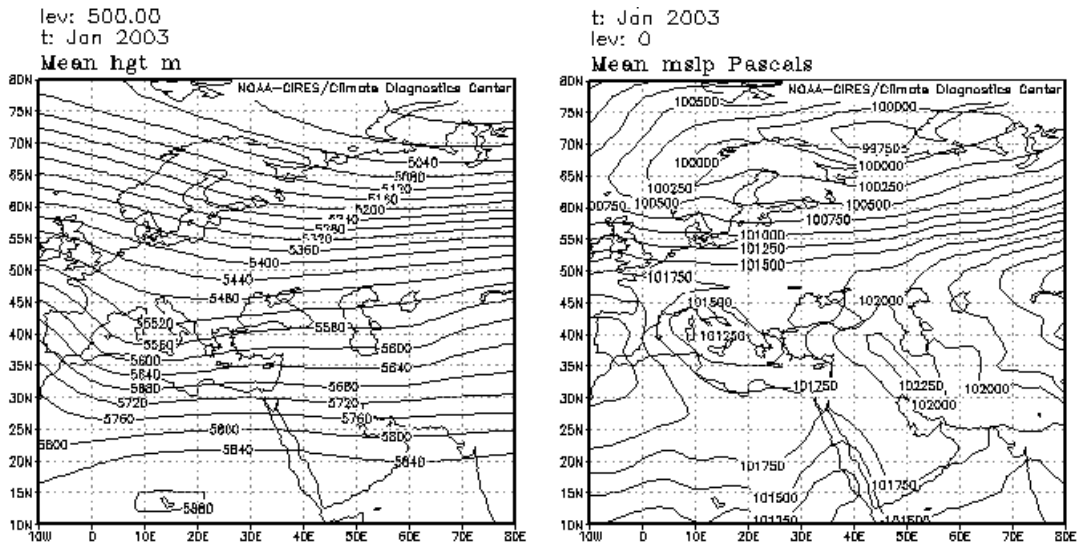
24- Tvieta and Ustrnul, 2003: *A review of the use of large-scale atmospheric circulation classification in spatial climatology*. DNMI report no. 2/wg2 spatialisation, COST 719, Norwegian Meteorological Institute, 17 pp.



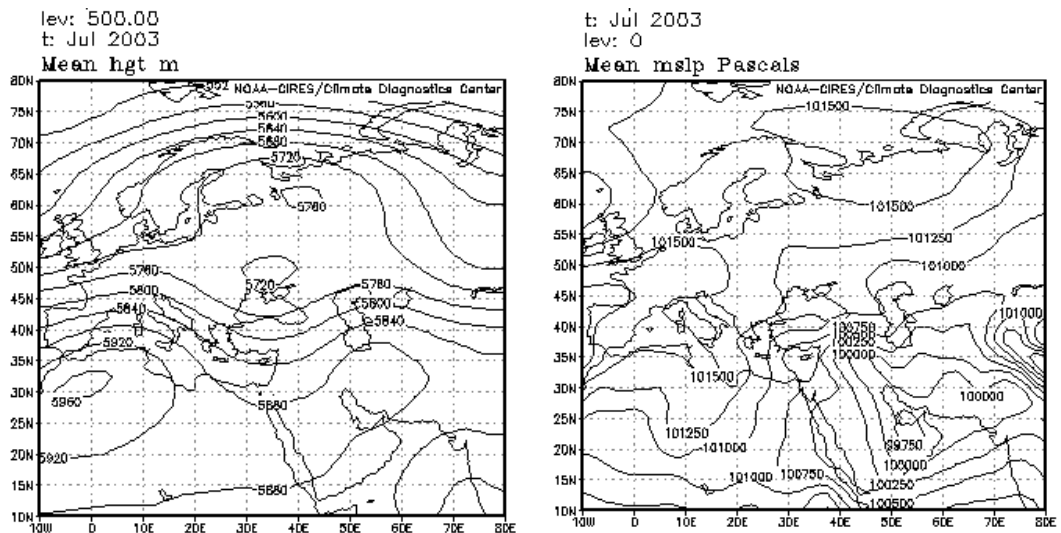
شکل ۱: طرحواره شاخص چرخندی سطح زمین برای سامانه های کم فشار و پر فشار



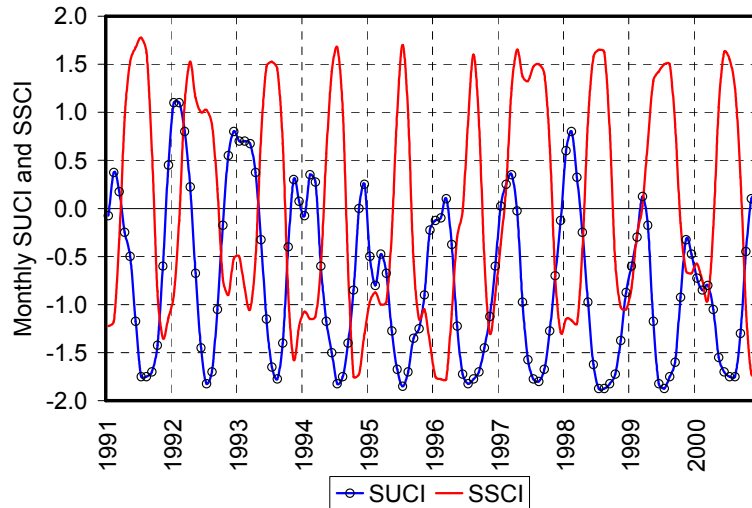
شکل ۲: طرحواره شاخص چرخندی جو بالا در الگو های ناوه و پشته



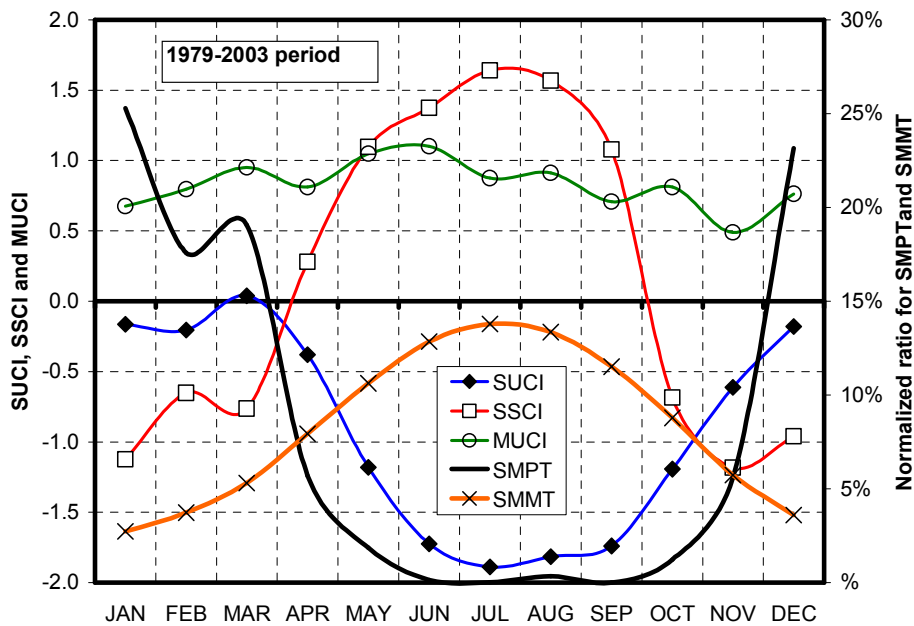
شکل ۳: نقشه سطح زمین (راست) که در آن خطوط فشاری حسب پاسکال و سطح ۵۰۰ هکتو پاسکالی جو بالا (چپ) که در آن ترازهای ارتفاعی حسب متر در ژانویه ۲۰۰۳ بعنوان نمونه ای از الگوی زمستانه.



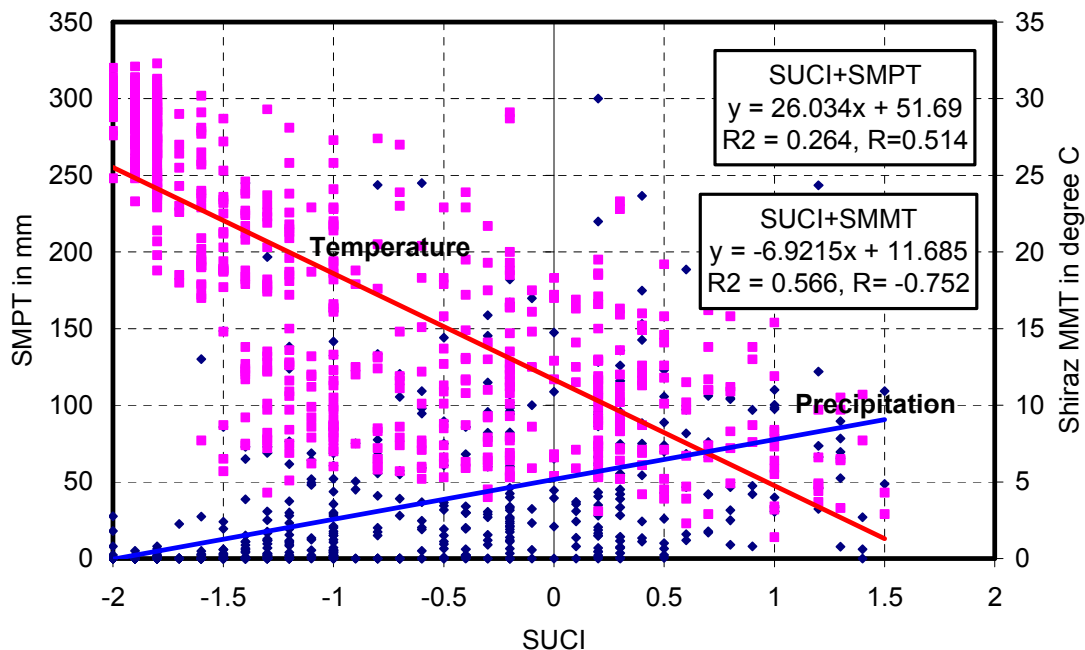
شکل ۴: نقشه سطح زمین (راست) که در آن خطوط فشاری حسب پاسکال و سطح ۵۰۰ هکتو پاسکالی جو بالا (چپ) که در آن ترازهای ارتفاعی حسب متر در ژوئیه ۲۰۰۳ بعنوان نمونه ای از الگوی تابستانه.



شکل ۵: تغییرات چرخه سانی شاخص های چرخندی سطح زمین و جو بالا متمرکز شده روی شیراز (SUCI, SSCI) در دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۰.



شکل ۶: الگوی تغییرات ماهانه شاخص های چرخندی در جنوب ایران (SUCI, SSCI) و روی مدیترانه (MUCI) همراه با مقادیر هنجار شده نسبت بارش و دما (SMPT و SMMT) برای ایستگاه شیراز در دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۳.



شکل ۷: ارتباط میان مهمترین شاخص جوی یعنی چرخندی جو بالا (SUCI) با هر دوی بارش (SMPT) و دما (SMPT) برای شیراز در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ بررسی شده با سری های زمانی دارای ۶۳۶ نمونه.

جدول ۱: نقشه های سطوح استاندارد انتخابی و دوره آماری موجود و منابع داده ها منتشر شده توسط NOAA

Type of Map	Main website	Period	Map number	Source
Monthly surface	<a href="http://www.cdc.noaa.gov">www.cdc.noaa.gov</a>	1979-2003	300	<a href="#">NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis</a>
Monthly 500hPa	<a href="http://www.cdc.noaa.gov">www.cdc.noaa.gov</a>	1948-2003	672	<a href="#">NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis</a>

جدول ۲: مقادیر میانگین SUCI، SSCI و MUCI در دوره ۱۹۷۹-۲۰۰۳ برای رژیم سالیانه، نیمه سرد سال (CHY) و نیمه گرم سال (WHY) به همراه کمینه و بیشینه ها و همچنین داده های انتخابی ایستگاه شیراز شامل تعداد روز های همراه با بارش، مقدار جمع بارش و میانگین دما در برای دوره های مشابه.

	Year	CHY	WHY	Max month	Min Month
SSCI	0.14	-0.89	1.17	1.64 July	-1.12 January
SUCI	-0.92	-0.39	-1.45	0.04 March	-1.89 July
MUCI	0.83	0.75	0.91	1.10 June	0.49 November
No of days with precipitation	51.0	41.0	10.0	9.6 March	0.2 September
Precipitation Totals in mm	335.4	308.3	27.0	84.8 January	0.01 September

Mean Temperature in °C	18.4	11.0	25.8	30.5	July	6.0	January
------------------------	------	------	------	------	------	-----	---------

جدول ۳: رگرسیون خطی چندگانه برای جمع بارش ماهیانه در شیراز (SMPT) حسب mm به منظور ارزیابی میزان اثر شاخص های جوی (SSCI, SUCI, MUCI, NAO and SOI) که در آن مقادیر متغیر ها به صورت توالی ماهیانه منظور شده است و نتایج با فرضیه p-value در سطح اطمینان ۹۵ درصد تست شده است.

Formula	Period	Shiraz Monthly Precipitation Totals in mm	R <sup>2</sup>
Total Year (Jan-Dec)	1951-2003	SMPT=44.18+29.12*SUCI+14.8*MUCI	0.30
	1971-2003	SMPT=39.12-6.5*SSCI+25.71*SUCI+16.16*MUCI	0.41
Cold Half Year (Oct-Dec, Jan-Mar)	1951-2003	SMPT=48.74+29.11*SUCI+21.34*MUCI	0.19
	1971-2003	SSCI is NOT significant, so applied formula is above	
Warm Half Year (Apr-Sep)	1951-2003	SMPT=23.68+12.54*SUCI	0.33
	1971-2003	SSCI is NOT significant, so applied formula is above	

جدول ۴: رگرسیون خطی چندگانه برای دمای میانگین ماهیانه در شیراز (SMMT) حسب °C به منظور ارزیابی میزان اثر شاخص های جوی (SSCI, SUCI, MUCI, NAO and SOI) که در آن مقادیر متغیر ها به صورت توالی ماهیانه منظور شده است و نتایج با فرضیه p-value در سطح اطمینان ۹۵ درصد تست شده است.

Formula	Period	Shiraz Mean Monthly Temperature in °C	R <sup>2</sup>
Total Year (Jan-Dec)	1951-2003	SMMT=12.01-7.12*SUCI-0.84*MUCI-0.27*NAO-0.54*SOI	0.58
	1971-2003	SMMT=13.49+2.95*SSCI-4.94*SUCI-0.41*NAO	0.76
Cold Half Year (Oct-Dec, Jan-Mar)	1951-2003	SMMT=9.60-2.73*SUCI-0.30*NAO	0.27
	1971-2003	SSCI is NOT significant, so applied formula is above	
Warm Half Year (Apr-Sep)	1951-2003	SMMT=17.78-5.25*SUCI	0.66
	1971-2003	SMMT=17.22+1.17*SSCI-4.97*SUCI	0.70