

جغرافیا و توسعه شماره ۴۵ زمستان ۱۳۹۵

وصول مقاله : ۱۳۹۴/۱۲/۰۳

تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۶/۰۹

صفحات : ۶۷-۹۲

شاخص‌های فشار جو و اقلیم ایران

دکتر رضا دوستان^{۱*}، دکتر بهلول علیجانی^۲

چکیده

تعیین شاخص‌های اقلیمی و مطالعه‌ی پیوند از دور از روش‌های مهم در راستای هدف علم اقلیم‌شناسی همدید می‌باشد. مهم‌ترین این شاخص‌ها برای اقلیم ایران کدامند؟ برای این هدف، داده‌های رقومی روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل برای سطوح مهم جوی از مرکز ملی پیش بینی محیطی و تحقیق جوی آمریکا برای دوره‌ی ۶۳ ساله (۱۹۴۸-۲۰۱۰) و داده‌های روزانه‌ی دما و بارش برای ۴۳ ایستگاه دیده بانی همدید در دوره‌ی ۳۰ ساله (۱۹۷۷-۲۰۰۸) از هواشناسی ایران دریافت شد. با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی، شاخص‌های مهم جوی در محدوده‌ی جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی برای نیمه‌ی سرد سال (پاییز و زمستان) شناسایی و با روش همبستگی، چگونگی و اهمیت هر کدام از این شاخص‌ها در اقلیم ایران تعیین گردید. نتایج نشان داد، هفت شاخص جوی در نیمه‌ی سرد سال در محدوده‌ی جغرافیایی مطالعه وجود دارند و مهم‌ترین آنها برای اقلیم ایران به ترتیب از شروع فصل سرما تا اواسط ماه نوزاد شامل، شاخص آسیای مرکزی، سیبری شمالی، اروپای غربی، آناتولی و مدیترانه‌ی غربی می‌باشند. بیشترین تأثیر را شاخص‌ها بر اقلیم دمای ایران دارند و تأثیر بارشی آنها به شکل ناحیه‌ای می‌باشد. بالاترین ارتباط بارشی را ساحل دریای خزر با شاخص آسیای مرکزی و اسکاندیناوی - مرکز آسیا به ترتیب در پاییز و زمستان وکل ایران با شاخص مدیترانه‌ی غربی دارند. بنابراین با توجه به اصل تابله در جغرافیا، مراکز و شاخص‌های مهم جوی اقلیم ایران در محدوده‌ی‌های نزدیک به ایران استقرار داشته و اهمیت آنها بیش از شاخص‌های اقلیمی در فاصله خیلی دور می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: شاخص اقلیمی، پیوند از دور، اقلیم ایران.

doostan@um.ac.ir

alijani@khu.ac.ir

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد *

۲- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران و مدیر قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، تهران

مقدمه

هدف اقلیم‌شناسی همدید، شناخت الگوهای جوّی و ارتباط آنها با اقلیم سطح زمین می‌باشد (Barry et al, 1973:3) و اقلیم سطحی کره‌ی زمین مستقیماً تحت تأثیر سطوح بالای جو است و پدیده‌های سطح بالا، شرایط جوّی سطح زمین را کنترل می‌کنند (Yarnal, 1993:5). در طیّ زمان مناطقی از کره‌ی زمین با توجه به شرایط همدیدی و جغرافیایی خاص با همدیگر همبستگی فضایی دارند و این مناطق در مطالعات همدید در ارتباط با فشار سطحی و یا ارتفاع در سطوح بالای جو به مراکز فعالیت^۱ معروف می‌باشند. این مناطق و محدوده‌های فضایی بر اقلیم مناطق اطرافشان و گاهی در فاصله‌های خیلی دورتر با توجه به اصل پیوند از دور در اقلیم‌شناسی تأثیر می‌گذارند و شرایط اقلیمی مناطق مختلف را کنترل می‌کنند. این محدوده‌های فضایی به عنوان شاخص و مبنا در پیش‌بینی‌ها و مطالعات همدید معروف می‌باشند. عوامل دینامیکی و گردش جوّی در سطوح بالای جو نقش عمده را دارند. الگوهای جوّی از نزدیک به سطح زمین تا سطوح بالا (۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال) را شامل می‌شوند و عمده‌ترین سطوح جوّی شامل، سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (سطوح پایینی جو)، سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال و سطح ۵۰۰ (سطوح میانی) و ۳۰۰ هکتوپاسکال (سطوح بالا) می‌باشند. الگوهای جوّی در منطقه برون حاره و جنب حاره (زمستان)، بادهای غربی و ویژگی‌های آنها همراه با جبهه‌ی قطبی است. با موج‌های سیاره‌ای و کوتاه بادهای غربی همراه با ویژگی شامل، فرود، فراز، مانع و سردچال در بالای جو، شرایط اقلیمی سطح زمین تعیین می‌شود. این پدیده‌ها در سطح زمین با ایجاد پایداری و ناپایداری و تعیین مسیر حرکت توده‌های هوا، شرایط جوّی

منطقه‌ای و محلی در کوتاه مدت و نوع اقلیم یک منطقه را در درازمدت مشخص می‌کنند (علیچانی، ۱۳۸۵: ۲۷). مطالعه سری‌های زمانی طولانی‌مدت سیستم‌های جوّی، نوع الگوهای جوّی کنترل‌کننده‌ی اقلیم هر منطقه را نشان می‌دهد. امروزه رویکرد عمده‌ی اقلیم (اقلیم‌شناسی همدید)، نگرش گردش به محیط می‌باشد (Yarnal, 1993: 6) و مرکز جوّی و اقیانوسی ملی آمریکا^۲ با هدف مطالعه الگوهای جوّی و شرایط اقلیمی در مناطق مختلف کره‌ی زمین، داده‌های جوّی بازسازی شده‌ی همه سطوح جوّی را تهیه می‌کنند (Kalnay et al, 1996: 437). هدف از جمع‌آوری و تولید این داده‌های طولانی‌مدت، مطالعات اقلیمی، الگوهای جوّی و تغییرات آنها می‌باشند. این سری زمانی مناسب از داده‌های رقومی در سطوح مختلف جوّی، کار را برای اقلیم‌شناسان و مطالعات اقلیم همدید آسان می‌کند. بخشی از مطالعات همدید، پارامترهای سطحی را در ارتباط با شاخص عمده‌ی کنترل یا شاخص‌های اقلیمی در مناطق مختلف بررسی می‌کنند. شناخت رفتار شاخص‌ها اقلیمی و الگوهای فشار در تعیین شرایط جوّی و پیش‌بینی‌ها و برنامه‌ریزی ضروری می‌باشند.

در این مطالعات با استفاده از همبستگی سری زمانی شاخص‌های جوّی با متغیرهای اقلیمی، شرایط اقلیم سطحی تبیین می‌شود. از آن جمله، ارتباط شاخص نوسان اطلس شمالی با تغییرات دما در اروپا (Slonosky et al, 2001:63)، ترکیه (Turkeas et al, 2009:211) و تغییرات بارندگی اسرائیل (Zangvil et al, 2003:1567) و ایتالیا (Brunette et al, 2002: 1455)، رابطه‌ی شاخص نوسان مادن-جولین (MJO) با بارندگی‌های جنوب ایران و شبه جزیره‌ی عربستان (Nazemosadat et al, 2010: 887) می‌باشند.

در توکیوی ژاپن برای فصل زمستان (ژانویه-مارس) نشان داد، شاخص اروپا-روسیه در سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال نقش عمده دارد (Yoshihiro et al, 2007: 129). همبستگی بین بارندگی مونسون تابستانه هند و شاخص‌های اقلیمی در نیمکره‌ی شمالی برای دوره‌ی ۱۹۷۴-۱۹۸۴ نشان داد، شاخص نوسان آرام غربی رابطه‌ی بالایی با تغییرات بارندگی تابستانه هند دارد (Kripalani et al, 1997:1055). همچنین تغییرات برف در اوراسیا و آمریکای شمالی در ارتباط با شاخص‌های اقلیمی بررسی شد. شاخص عمده‌ی فعالیت با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی نشان داد، در هر قاره، بیشترین تغییرات برف را سه شاخص اقلیمی می‌کند. همچنین در ادامه این مراکز در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان داد، هر شاخص با الگوی فشار خاص، ریزش برف را موجب می‌شود (Walland et al, 197: 197). تغییرات ذوب صفحه‌ی یخی گرینلند در ارتباط با شاخص‌های فعالیت و الگوهای فشار مطالعه شد. شاخص‌های عمده‌ی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی شناسایی گردید. در ادامه همبستگی بین سری زمانی شاخص‌ها و سری‌های زمانی ذوب صفحه نشان داد، مهم‌ترین شاخص کنترل در ارتباط با ذوب صفحه‌ی یخی، نوسان اطلس شمالی بوده و سری زمانی این مرکز فعالیت به عنوان متغیر پیش‌بینی‌کننده در مدل رگرسیون استفاده شد (Mote, 1998: 111).

رابطه‌ی بین شاخص اقلیمی و دمای اروپا با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی بر روی فشار سطحی و تعیین سه شاخص عمده به ترتیب، الگوی شاخص مرکزی (شاخص اول)، الگوی جریان مداری (شاخص دوم) و الگوی مانع و سیکلونی (شاخص سوم) مشخص گردید. بر اساس الگوی جریان مداری، سه شاخص شامل نوسان اطلس شمالی، شاخص لندن-پاریس و شاخص اروپای غربی تعریف شد. سری زمانی دمای ایستگاه‌های

همچنین تغییرات بارندگی‌های موسمی هند در نیمکره‌ی شمالی (آرام غربی) در رابطه‌ی با الگوهای فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال با رویکرد شاخص‌سازی تعیین گردید. با روش همبستگی فضایی، الگوی دو قطبی آرام شرقی به عنوان شاخص اول و شاخص دیگر با دو کانون در شرق آرام و شمال غربی روسیه شناسایی شد. این شاخص‌ها به ترتیب همبستگی ۰/۷ و ۰/۵ با تغییرات بارندگی‌های مونسون داشته و برای پیش‌بینی تغییرات بارندگی استفاده می‌شوند (Bansod, 2005: 143)، شدت‌های اقلیمی روزانه (دما و بارندگی) در ارتباط با الگوهای فشار عمده برای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در چین مطالعه و الگوهای فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در تابستان و زمستان نشان داده شد. افزایش الگوهای آنتی سیکلونی با شاخص عمده‌ی دریاچه‌ی بایکال و مغولستان، پدیده غالب در اوراسیا می‌باشد. از طرف دیگر کاهش الگوی موسمی آسیا، تغییرات بارندگی در چین را موجب شده، که آن را ناشی از گرمایش کره‌ی زمین می‌دانند (You et al, 2009: 2399). همچنین بارندگی شدید تا متوسط و تداوم آنها در ایالت گویزهو^۱ در جنوب غربی چین در ارتباط با مراکز عمده‌ی فعالیت در آسیای شرقی تعیین شد. چهار شاخص اقلیمی با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره‌ی ۱۹۵۱-۲۰۰۴، شناسایی و همبستگی سری زمانی شاخص‌ها و فراوانی بارندگی ۳۶ ایستگاه نشان داد، بیشترین همبستگی را شاخص آسیای شرقی که در الگوی فاز مثبت، بارندگی شدید و کوتاه مدت، اما با الگوی فاز منفی، افزایش تداوم بارندگی را موجب می‌شود. بنابراین سری زمانی این شاخص، تغییرات بارندگی شدید را پیش‌بینی می‌کند (Zhi-Yong et al, 2009: 205). در ارتباط با شاخص‌های فعالیت سطوح بالای جو، تغییرات برف

اسکاندیناوی با شرایط مرطوب در مدیترانه‌ی مرکزی و خشکی در اروپای شمالی و الگوی اروپای شرقی با بارندگی در اروپای شمال غربی و جنوب غربی مرتبط می‌باشد (Wibig, 2009: 253).

همچنین تغییرات دمای ماهانه‌ی ترکیه، آناتولی، مدیترانه‌ی شرقی، خاورمیانه و محدوده‌ی دریای خزر در ارتباط با الگوی خزر شمالی تعیین گردید. این شاخص در فصل زمستان کنترل‌کننده‌ی دما در مناطق فوق می‌باشد. در فاز منفی این الگو جریان‌ات جنوب غربی منطقه‌ی ترکیه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Tatli, 2007:1171). شاخص الگوی خزر شمالی (شاخص سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) در مدیترانه‌ی شرقی و خاورمیانه (ترکیه، اسرائیل و آناتولی) برای دو فاز منفی و مثبت با تغییرات دما و بارندگی همبستگی بالایی دارند. چنانکه با فاز مثبت، جریان شمال‌غربی با کاهش دما و فاز منفی با جریان جنوب شرقی و جنوبی، افزایش دما را موجب می‌شود. تغییرات بارندگی متفاوت از دما است، چنانکه ترکیه و یونان با الگوی فاز منفی، افزایش بارندگی درحالی‌که دریای سیاه و اسرائیل با الگوی فاز مثبت افزایش دارند مرتبط با شاخص‌های عمده‌ی فشار مؤثر در این منطقه مطالعه شد. با داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی، شاخص‌های عمده‌ی فشار شناسایی گردید. چنانکه الگوی فاز مثبت نوسان مدیترانه، کاهش بارندگی در بخش مرکزی و غربی مدیترانه برای فصل زمستان را موجب می‌شود. همچنین شاخص نصف‌النهاری مدیترانه در فصل زمستان و بهار با الگوی فاز مثبت (سیکلونی)، افزایش بارندگی و الگوی فاز منفی (آنتی سیکلونی) کاهش بارندگی را به همراه دارد. کاهش بارندگی مدیترانه در ارتباط با روند منفی

مرکز و شمال غربی اروپا با این شاخص‌ها نشان داد، مهم‌ترین کنترل‌کننده‌ی دما، شاخص لندن-پاریس و شاخص اروپای غربی با همبستگی مثبت در زمستان و همبستگی منفی در تابستان می‌باشند. همچنین شاخص نوسان اطلس شمالی با دمای زمستان رابطه دارد (Slonosky et al, 2001:63). رابطه‌ی پارامترهای اقلیمی جمهوری چکسلواکی با چهار شاخص عمده‌ی سطح ۵۰۰ در اروپا و اطلس غربی از ۱۹۵۸-۱۹۹۸ نشان از همبستگی بالای الگوی فاز مثبت نوسان اطلس شمالی با دما و بارندگی زمستان، کاهش بارندگی و افزایش دمای تابستان، الگوی فاز مثبت اطلس شرقی، افزایش دما و کاهش بارندگی در زمستان و همبستگی غیر معنی‌دار در تابستان، الگوی فاز مثبت مرکز فعالیت اوراسیا، کاهش دما و افزایش بارندگی و الگوی فاز مثبت اسکاندیناوی، همبستگی مثبت با دما و بارندگی زمستان دارند (Pokorna, 2005:480).

رابطه‌ی بارندگی‌های یونان با شاخص‌های عمده‌ی فشار در اروپا نشان داد، روند افزایشی الگوی نوسان مدیترانه‌ای، مانع و فراز در مدیترانه‌ی مرکزی و غربی، ریزش هوای سرد و خشک از اروپا به یونان و کاهش بارندگی‌های زمستان یونان می‌باشد (Feidas et al, 2007: 155).

رابطه‌ی شاخص‌های عمده‌ی فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال اروپا با بارش ماهانه‌ی زمستان (دسامبر-مارس) از ۱۹۹۹-۱۹۵۱ بررسی شد. شاخص نوسان اطلس شمالی، اطلس شرقی، اروپای شرقی، اسکاندیناوی و اروپای مرکزی با روش تحلیل مؤلفه‌ی اصلی تعیین شدند. همبستگی بین سری زمانی بارندگی ۳۲۱ ایستگاه‌ی اروپا و شاخص‌های جوی نشان داد، نوسان اطلس شمالی مهم‌ترین شاخص برای کل اروپا است. الگوی مانع اروپای مرکزی با کاهش بارندگی، الگوی

ایران، رابطه‌ی بین بارش‌های فصل زمستان، بهار و پاییز ۲۵ ایستگاه ایران و شاخص‌های اقلیمی کره زمین با مدل رگرسیون در دوره‌ی ۵۳ ساله مطالعه شد. نتایج نشان داد، شاخص اقلیمی نینو ۳/۴، بیشترین رابطه را با بارش‌های پاییز و زمستان ایران دارد و رابطه‌ی شاخص‌های نوسان اطلس شمالی و نوسان قطبی با بارش‌های زمستان، معکوس است. همچنین بیشتر بارش‌های غرب، شمال غرب و غرب ایران با این شاخص‌ها ارتباط داشته و اثر آنها در چگونگی بادهای غربی نمود دارد (یاراحمدی و عزیزی، ۱۳۸۶: ۱۶۱). ارتباط شاخص نوسان اطلس شمالی با خشکسالی‌های سه ایستگاه در شمال غرب ایران (تبریز، اهر، جلفا) در دوره‌ی ۴۳ ساله بررسی شد. نتایج نشان از ارتباط منفی و ضعیفی بین نوسان اطلس شمالی و خشکسالی و ترسالی منطقه وجود دارد و اثر مستقیم و ثابتی بین آنها مشاهده نگردید. ارتباط شاخص با اقلیم بارشی منطقه گاه و بی‌گاه می‌باشد (صلاحی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۴۷). همچنین رابطه‌ی بین نوسان اطلس شمالی و بارش و دما در ساحل دریای خزر در دوره‌ی ۳۰ ساله نشان داد، به ترتیب در فاز مثبت، افزایش بارش و کاهش دما و در فاز منفی، کاهش بارش و افزایش دما حادث می‌شود. روند کاهش شاخص، کاهش بارش و افزایش دما خزر را موجب می‌شود (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۰). به منظور پیش بینی خشکسالی‌های پاییز در زاهدان، ارتباط بین خشکسالی‌ها با تأخیر زمانی ۰ تا ۳ ماهه به عنوان ورودی مدل فازی-عصبی بررسی شد و نشان داد، شاخص‌های اقلیمی دمای سطح اقیانوس آرام (Nino3)، شاخص نوسان چند دهه‌ی اقیانوس اطلس (AMO)، شاخص نوسان جنوبی (SOI) و شاخص نوسان چند دهه‌ی اقیانوس اطلس (AMO)، به ترتیب با تأخیرهای زمانی صفر، یک، دو و سه ماهه، بیشترین

این مرکز فعالیت در اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰ می‌باشد. همچنین در الگوی فاز منفی شاخص چهارم، الگوی الاکلنگی فصل زمستان، شرایط آنتی سیکلونی در مدیترانه، کاهش بارندگی را موجب می‌شود (Dunkeloh et al, 2003:1843).

تغییرات بارندگی زمستان (دسامبر- فوریه) در ارتباط با شاخص‌های چرخندگی مطالعه شد. برای تحلیل تغییرات بارندگی‌های ماهیانه‌ی ۱۹۵۰-۲۰۰۰ در مدیترانه شرقی، شاخص اطلس شرقی- روسیه غربی بررسی شد. سری زمانی شاخص روند دوره‌ای مثبت (۵۳-۶۲، ۷۴-۸۳) و منفی (۶۴-۷۳، ۸۴-۹۳) را نشان می‌دهد، با روند منفی شاخص، جریانات ضعیف نصف‌النهاری با افزایش بارش در مدیترانه‌ی شرقی و با روند مثبت، کاهش بارندگی در مدیترانه‌ی شرقی با جریانات اروپا به منطقه مرتبط است. این شاخص، رفتار بارندگی‌های مدیترانه‌ی شرقی را کنترل می‌کند (Krichak et al, 2005: 183). همچنین تغییرات دمای دریای سیاه و اژه در ارتباط با شاخص چرخندگی مطالعه شد. در این مطالعه از داده‌های دما و دمای سطح دریا در زمستان دوره‌ی ۱۹۸۵-۲۰۰۳ استفاده گردید. با روش همبستگی و شناسایی روندها، روابط بین شاخص‌ها و پارامترهای دما، مولفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد بررسی شد. جریانات جنوب شرقی در ارتباط با فاز مثبت نوسان اطلس شمالی و جریانات شمال غربی در ارتباط با فاز مثبت شاخص اطلس شرقی- روسیه غربی برای پیش‌بینی استفاده می‌شوند (Kazmin et al, 2009:1349).

تغییرات بارندگی نیوزیلند با تحلیل مؤلفه‌ی اصلی و الگوهای فشار با داده‌های سطوح ارتفاعی ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی شد. در این مطالعه شاخص‌ها و الگوهای عمده شناسایی و تغییرات ماهانه‌ی عناصر اقلیمی با الگوهای فشار ماهانه پیش‌بینی می‌شوند (Kidson, 1997:399). در

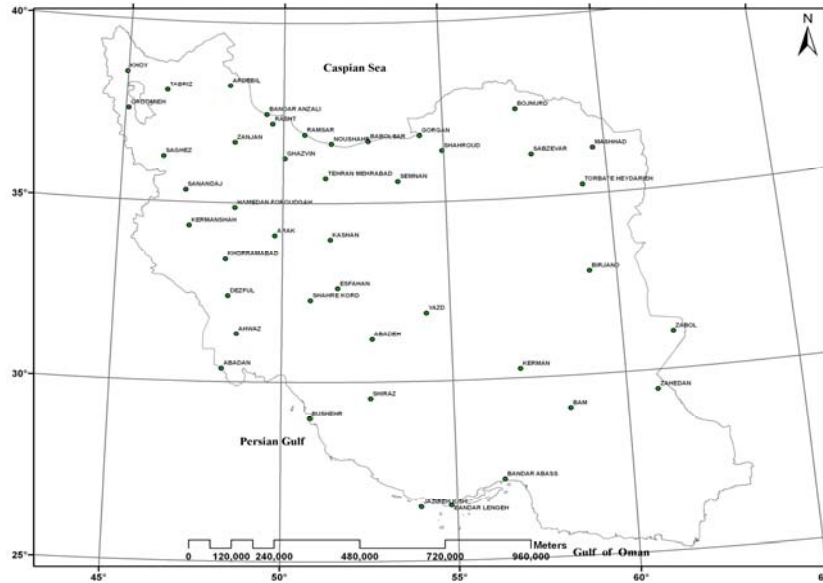
داده‌ها و روش کار

شاخص‌های مهم جوّی در سطوح میانی جو در محدوده‌ی جغرافیایی مطالعه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره تعیین شد (علیجانی و دوستان، ۱۳۹۱: ۲۵۵). به منظور تعیین چگونگی رابطه‌ی بین پارامترهای عمده جوّی (دما و بارندگی) ایران با شاخص‌های اقلیمی و تعیین درجه اهمیت هر کدام از شاخص‌های در ارتباط با اقلیم ایران مراحل زیر انجام شد. به منظور تعیین رابطه‌ی شاخص‌های جوّی و اقلیم ایران، داده‌های روزانه‌ی دمای حداقل و بارندگی ایستگاه‌های همدید ایران با دوره‌ی آماری بالاتر از ۳۰ سال (۱۹۷۷-۲۰۰۸) از سازمان هواشناسی ایران دریافت شد. ایستگاه‌های با نقص دوره‌ی آماری حذف شدند و تعداد ۴۳ ایستگاه‌ی همدید با دوره‌ی آماری کامل ۳۰ ساله استفاده شد. سری زمانی داده‌های روزانه‌ی دما، دمای حداقل و بارندگی برای دو فصل پاییز (سپتامبر-اکتبر-نوامبر) و زمستان (دسامبر-ژانویه-فوریه) آماده گردید. در ادامه سری زمانی هر شاخص جوّی برای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره‌ی آماری ذکر شده (۱۹۷۷-۲۰۰۸) تنظیم گردید تا با داده‌های روزانه‌ی ایستگاهی تطبیق داشته باشد. سری زمانی یا نمرات عاملی شاخص‌های اقلیمی خروجی نهایی تحلیل مؤلفه‌ی اصلی است. در این ماتریس به ترتیب سطر و ستون نشان‌دهنده‌ی روزها و عامل‌های جدید (شاخص‌های جوّی) می‌باشند. این ماتریس نمره و یا ارزش هر روز در عامل جدید را نشان می‌دهد، که به سری زمانی تحلیل مؤلفه‌ی اصلی معروف می‌باشد. روزهایی که در هر سری زمانی با یک شاخص جوّی بیشتر نمره عاملی را دارند، با آن شاخص بیشترین شباهت را دارند. عدد نمرات عاملی استاندارد بوده و مقادیر بین صفر و یک مثبت (+) و یا یک منفی (-) را خواهد داشت. داده‌های دما و

ارتباط را با خشکسالی‌های زاهدان داشته و فاکتورهای اقلیمی مناسبی برای پیش‌بینی می‌باشند (ازدردی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۱).

رابطه‌ی بین خشکسالی‌ها و الگوهای چرخش جوّی کلان مقیاس نیمکره‌ی شمالی با استفاده از مدل همبستگی و رگرسیون چند متغیره در بازه ۱۹۵۷-۲۰۰۰ مطالعه شد. نتایج نشان داد، شاخص‌های گردش جوّی نیمکره‌ی شمالی رابطه‌ی بالایی با وقوع و اتمام خشکسالی‌ها داشته و ۷۰ درصد رفتار خشکسالی‌های جنوب شرق ایران را تبیین می‌کنند. مهم‌ترین شاخص‌های مرتبط با خشکسالی‌های سیستان و بلوچستان، شاخص چند متغیره انسو با ۲۱/۳ درصد تبیین، شاخص قطبی-اوراسیا با ۱۷/۳ و شاخص نوسان اطلس شمالی با ۱۲/۳ درصد می‌باشند (خسروی، ۱۳۸۳: ۱۶۷). همچنین رابطه‌ی بین شاخص‌های پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران برای دوره‌ی سرد سال (اکتبر تا دسامبر) از ۱۹۶۲-۲۰۰۴ بررسی شد. نتایج نشان داد، روزهای همراه با یخبندان فراگیر در مقیاس سالانه و فصلی با الگوی اطلس شرقی رابطه‌ی معنی‌دار و معکوس به ترتیب با مقادیر ۰/۳۳- و ۰/۳۷- دارند، همچنین ماه دسامبر با سه شاخص (اطلس شرقی، نوسان شمالی، الگوی حاره‌ای نیمکره شمالی)، ماه ژانویه با الگوی آرام شرقی-آرام غربی و ماه فوریه با دو الگوی اسکاندیناوی و نوسان قطبی همبستگی دارند. این الگوها با تقویت پرفشار سیبری و نفوذ آن به ایران موجب یخبندان-های فراگیر در ایران می‌شوند (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۷۵). در این مطالعه نیز در ادامه کار گذشته، تعیین شاخص‌های اقلیمی (علیجانی و دوستان، ۱۳۹۱: ۲۵۵)، چگونگی رابطه‌ی این شاخص‌های اقلیمی با دما و بارش در ایران و درجه‌ی اهمیت آنها تعیین گردید.

بارش ایستگاه نیز به نمره استاندارد تبدیل شد. بنابراین به منظور مطابقت و همسانی دو ماتریس (داده ایستگاه و سری زمانی شاخص‌ها)، داده سری زمانی عامل‌ها از سال ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۸ جدا گردید. این کار برای دو فصل پاییز و زمستان انجام شد.



شکل ۱: ایستگاه‌های همید ایران

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

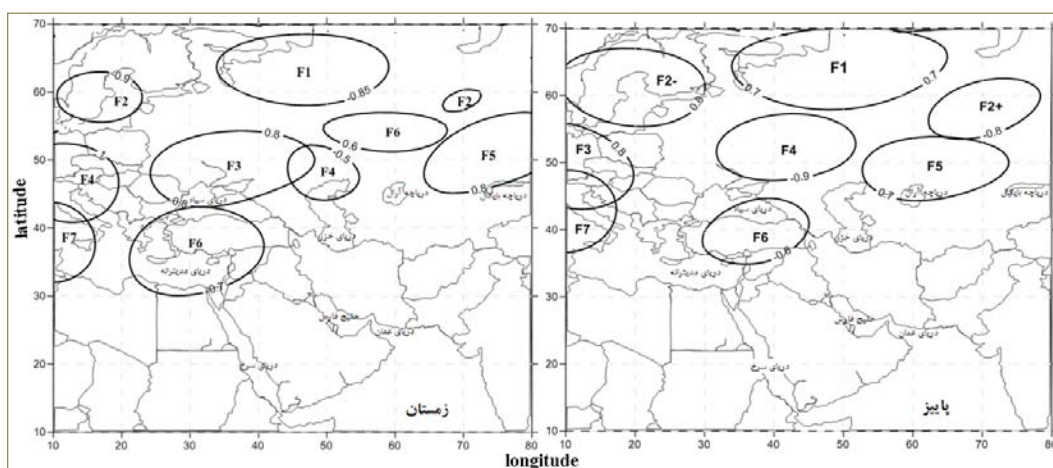
معنی‌داری هر کدام از شاخص‌ها با تک تک ایستگاه‌ها در جداول مربوط به سه پارامتر با علامت خاص تعیین گردید. در مرحله‌ی بعد با استفاده از این ضرایب نقشه‌های همبستگی فضایی برای دو فصل پاییز و زمستان تهیه شد، بر روی نقشه‌ها همبستگی مثبت با نشانه‌ی دایره و همبستگی منفی با نشانه‌ی مربع می‌باشد و اندازه هر دایره و مربع نشان‌دهنده‌ی میزان همبستگی مناطق مختلف ایران با شاخص‌های مختلف می‌باشد. این همبستگی‌ها اهمیت هر کدام از شاخص‌های جوّی در اقلیم ایران را نشان می‌دهند. بنابراین شاخص‌های اقلیمی مهم برای اقلیم ایران در دوره‌ی سرد سال تعیین گردید. لازم به ذکر است در جداول و نقشه‌ها مقادیر بالاتر از همبستگی ۰/۱ معنی‌دار بوده‌اند و بر اساس مقادیر همبستگی بین شاخص‌ها و پارامترها، اهمیت آنها مشخص گردید.

پس از آماده شدن این دو سری زمانی (پارامتر اقلیمی ایستگاه‌ها و شاخص جوّی)، همبستگی شاخص‌ها با متغیرهای اقلیمی دما، دمای حداقل و بارندگی محاسبه شد. ضرایب همبستگی هر کدام از ایستگاه‌ها با شاخص‌های جوّی برای دو فصل پاییز و زمستان در جدول مربوطه با شکل خاص، نماینده میزان همبستگی هر ایستگاه و شاخص خاص، مشخص گردید. مثلاً همبستگی شاخص آسیای مرکزی (F5) با دمای ایستگاه‌های ایران محاسبه شد و عدد همبستگی برای هر ایستگاه، نشان‌دهنده‌ی میزان رابطه و اهمیت شاخص آسیای مرکزی با دمای آن ایستگاه می‌باشد. این مراحل برای کل شاخص‌ها و سه پارامتر جوّی بطور جداگانه انجام شد و رابطه‌ی ایستگاه‌های مختلف با شاخص‌ها تعیین گردید و اینکه هر کدام از شاخص‌ها چه اهمیت و ارزشی در ارتباط با دما و یا بارش ایران دارند. میزان همبستگی و

بحث و نتایج

محدوده‌ی مورد مطالعه در آسیای مرکزی (F5) در عرض ۴۰ تا ۵۵ درجه شمالی بر روی دریاچه آرال استقرار داشته و این شاخص در فصل زمستان در عرض ۴۰ تا ۵۰ درجه شمالی در شمال شرقی آسیای مرکزی، مغولستان و دریاچه بایکال قرار دارد. ششم در کل دوره‌ی سرد سال در منطقه‌ی آناتولی و مدیترانه شرقی (F6) تا دریای سیاه مشاهده می‌شود. آخرین شاخص یا شاخص مهم جوّی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در مدیترانه غربی (F7) مستقر می‌باشد. بنابراین بطور کلی شاخص‌های مهم جوّی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده‌ی جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی در نیمکره شمالی در طی دوره‌ی سرد سال در اروپای غربی، اروپای شرقی و آسیای مرکزی استقرار دارند و تکرار فرود و فراز بادهای غربی و مانع و سردچال در این مناطق، شرایط اقلیمی سطح زمین را در محدوده‌های اطراف خود و شرایط جوّی و اقلیمی ایران را کنترل می‌کنند. درجه‌ی اهمیت هر کدام از شاخص‌های اقلیمی فوق در ارتباط با اقلیم ایران (دما، حداقل دما و بارش) در دوره‌ی سرد سال شامل پاییز و زمستان نشان داد، به ترتیب:

شاخص‌های جوّی در محدوده‌ی مورد مطالعه به ترتیب در دو فصل پاییز و زمستان (دوره‌ی سرد سال)، هفت شاخص اقلیمی می‌باشند (شکل ۲) (علیچانی و دوستان، ۱۳۹۱: ۲۵۵). در هر دو فصل مهم‌ترین شاخص در عرض ۶۰ تا ۷۰ درجه شمالی در شمال غربی سیبری در شمال کوه‌های اورال در آسیا قرار دارد. شاخص سیبری شمالی (F1) در فصل زمستان از نظر فضایی در بخش عمده‌ای از شمال اوراسیا غالب می‌باشد. شاخص دوم با دو مرکز شرقی و غربی (الگوی الکلنگی) در دو فصل پاییز و زمستان در عرض ۶۵ تا ۵۵ درجه شمالی در منطقه سیبری مرکزی و اسکاندیناوی (F2) استقرار داشته و مشابه شاخص اول در کل دوره‌ی سرد سال مشاهده می‌شود. شاخص سوم (F3) در فصل پاییز بر روی اروپای غربی و در فصل زمستان در شمال دریای سیاه و اروپای غربی قرار دارد. چهارمین شاخص جوّی فصل پاییز در شمال خزر (F4) استقرار دارد و این شاخص در فصل زمستان در عرض ۴۰ تا ۵۰ درجه شمالی با دو مرکز در غرب و شرق به ترتیب در اروپای غربی و خزر شمالی مشاهده می‌شود. شاخص پنجم جوّی فصل پاییز در



شکل ۲: شاخص‌های جوّی مؤثر بر اقلیم ایران

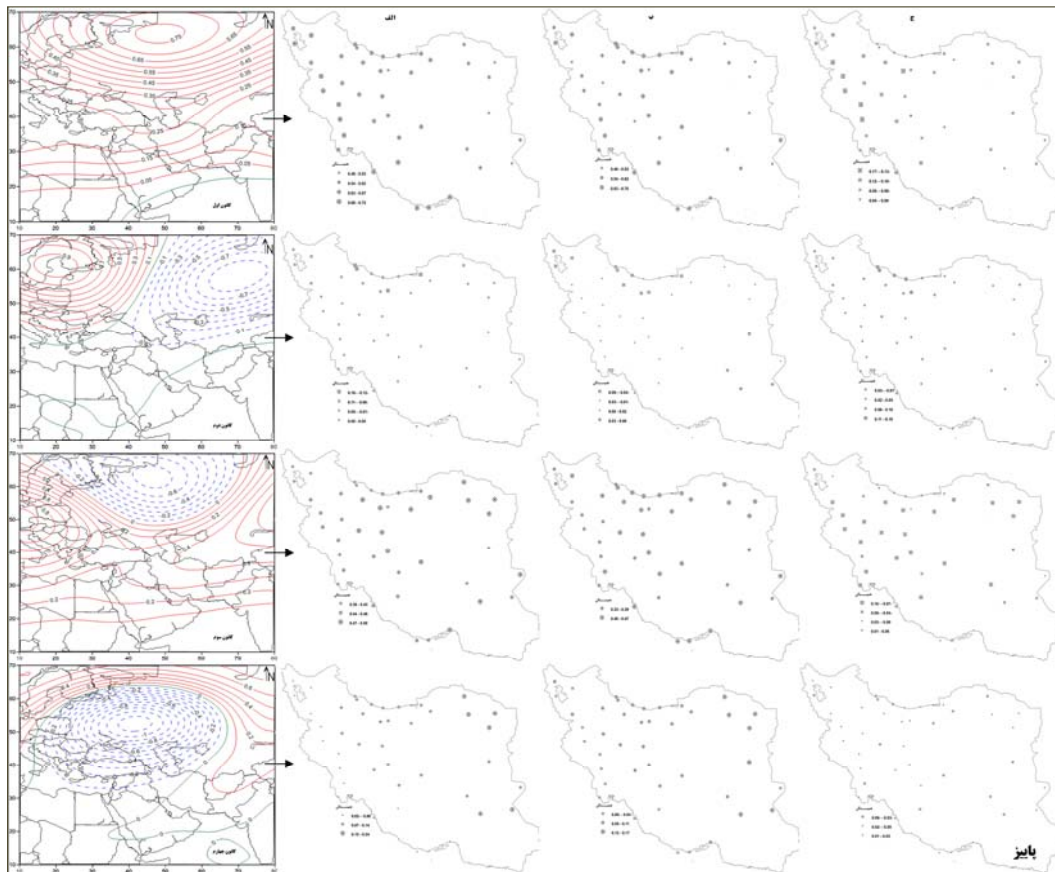
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

دارد. شاخص آسیای مرکزی (شاخص پنجم)، مشابه شاخص چهارم (خزر شمالی)، همبستگی مثبت و وضعی با غالب ایستگاه‌های ایران دارد. این شاخص با ایستگاه‌های ساحل دریای خزر و شمال غربی ایران همبستگی مثبت ضعیف (۰/۲) و معنی‌داری داشته و بیشترین همبستگی‌ها در اردبیل (۰/۳۳) مشهود است. موقعیت جغرافیایی این شاخص عمده‌ی کنترل‌کننده‌ی اقلیم ایران در دریاچه‌ی آرال و محل تشکیل پرفشار سیبری در سطح زمین می‌باشد. شاخص سیبری یکی از شاخص‌های کنترل‌کننده‌ی عمده اقلیم خاورمیانه و ایران می‌باشد که تغییرات دمای دوره‌ی سرد سال در این منطقه و ایران را کنترل می‌کند. با توجه به موقعیت این شاخص در این فصل که در عرض بالاتر قرار دارد، ایستگاه‌ها در نیمه‌ی شمالی ایران همبستگی بالاتری با این شاخص کنترل نشان می‌دهند. همچنین بعضی از شاخص‌ها، همبستگی منفی معنی‌دار با دمای پاییز ایران دارند. شاخص آناتولی همبستگی منفی و معنی‌دار با دمای کل ایران دارد، بیشترین همبستگی‌ها در شیراز با ضریب ۰/۳۱۳- و کمترین آن در اردبیل با ۰/۲۲۸- می‌باشد. شاخص آناتولی با تمام ایستگاه‌های ایران همبستگی معنی‌داری دارد و بعد از شاخص‌های سیبری شمالی و اروپای غربی، بیشترین اهمیت را در کنترل دمای پاییز ایران دارد. همچنین شاخص مدیترانه‌ی غربی (شاخص هفتم) با دمای پاییز ایران رابطه‌ی مثبت معنی‌دار و ضعیف دارد. بنابراین شاخص سیبری شمالی، اروپای غربی، آسیای مرکزی، آناتولی و مدیترانه شرقی رابطه‌ی معنی‌داری با دمای پاییز کل ایران دارند. شاخص خزر شمالی نیز رابطه‌ی معنی‌داری با همه ایستگاه‌های ایران بجز با ایستگاه‌های غرب تا ساحل خلیج فارس دارد. شاخص اسکاندیناوی-سیبری مرکزی بجز با دمای پاییز ساحل غربی دریای خزر و شمال غربی ایران، با دیگر نقاط ایران رابطه‌ی

پاییز: چگونگی کنترل و تأثیر هر کدام از شاخص‌های فوق بر اقلیم ایران و اهمیت آنها در دوره‌ی سرد نشان می‌دهد (شکل ۳)، به ترتیب در فصل پاییز، شاخص سیبری شمالی بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار، بالای ۰/۵ را با دمای فصل پاییز ایران دارد و بالاترین همبستگی با دزفول (۰/۷) در جنوب غرب و پایین‌ترین همبستگی با بیرجند (۰/۴۸۸) در شرق ایران می‌باشد. شاخص سیبری شمالی با ایستگاه‌های ایران همبستگی بالا دارد و مهم‌ترین شاخص کنترل‌کننده دمای ایران در پاییز است. شاخص اسکاندیناوی-سیبری مرکزی، کمترین همبستگی را با دمای فصل پاییز ایران نشان داد. این شاخص فقط با ایستگاه‌های ساحل دریای خزر، همبستگی منفی و معنی‌داری دارد. نتایج نشان داد، این شاخص ارتباط ضعیفی با تغییرات دمای فصل پاییز در ایران دارد و نمی‌تواند به عنوان شاخص کنترل‌کننده‌ی اقلیم در ایران بجز در ناحیه‌ی خزری نقش بازی کند. در بین شاخص‌های عمده‌ی بعد از شاخص سیبری شمالی، شاخص اروپای غربی همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری با ایستگاه‌های ایران دارد، چنانکه بالاترین همبستگی شاخص اروپای غربی با تربت حیدریه (۰/۴۹۵) و پایین‌ترین با بیرجند (۰/۳۷۷) در شرق ایران می‌باشد. همچنین تمام ایستگاه‌های ایران با این عامل همبستگی بالا و معنی‌داری داشته و تغییرات فضایی چشمگیری در ایران مشاهده نمی‌شود. نتایج نشان داد، این دو شاخص اقلیمی (شاخص سیبری شمالی و اروپای غربی)، بیشترین رابطه‌ی را با تغییرات دمایی پاییز در ایران دارند. همچنین شاخص خزر شمالی، همبستگی مثبت ضعیفی با ایستگاه‌های ایران دارد. این شاخص بیشترین همبستگی را با مشهد و بجنورد در شمال شرق ایران داشته و بقیه‌ی نقاط همبستگی پایین و غیر معنی‌داری دارند. موقعیت جغرافیایی این شاخص کنترل در شمال دریای سیاه (اروپای شرقی) قرار

رابطه‌ی دمایی را شاخص خزر شمالی با مناطق شمال شرق ایران و جنوب شرق و کمترین ارتباط را با ایستگاه‌های جنوب ایران تا غرب و شمال غرب دارد. همچنین رابطه‌ی منفی دمایی حداقل مناطق غرب ایران تا جنوب و شمال غرب ایران با این شاخص مشهود است. در ارتباط با بارش، رابطه‌ی ضعیف و منفی با کل ایران داشته، اما مناطق خزر غربی و جنوب شرقی البرز و مناطق پراکنده‌ای در مرکز ایران رابطه‌ی بارشی بیشتری با این شاخص دارند.

نشان می‌دهد. شاخص اروپای غربی نیز با اکثر مناطق ایران رابطه‌ی مثبت دمایی بالا دارد و مناطق شمالی ایران و شرق زاگرس بیشترین رابطه‌ی، اما مناطق غرب زاگرس رابطه‌ی ضعیف دارند. از نظر بارشی نیز این شاخص رابطه‌ی منفی با بارش‌های ایران داشته و بیشترین ارتباط را با مناطق غرب تا مرکز ایران، جنوب البرز و شمال شرقی ایران دارد و به شرق و جنوب شرق این رابطه‌ی ضعیف می‌شود. همچنین رابطه‌ی ضعیفی بین این شاخص و مناطق خزری و شمال غربی ایران از نظر بارش برقرار می‌باشد. بیشترین



شکل ۶: توزیع فضایی همبستگی شاخص‌ها (از ۱ تا ۷) با دما (الف)، دمای حداقل (ب) و بارندگی (ج) پاییز

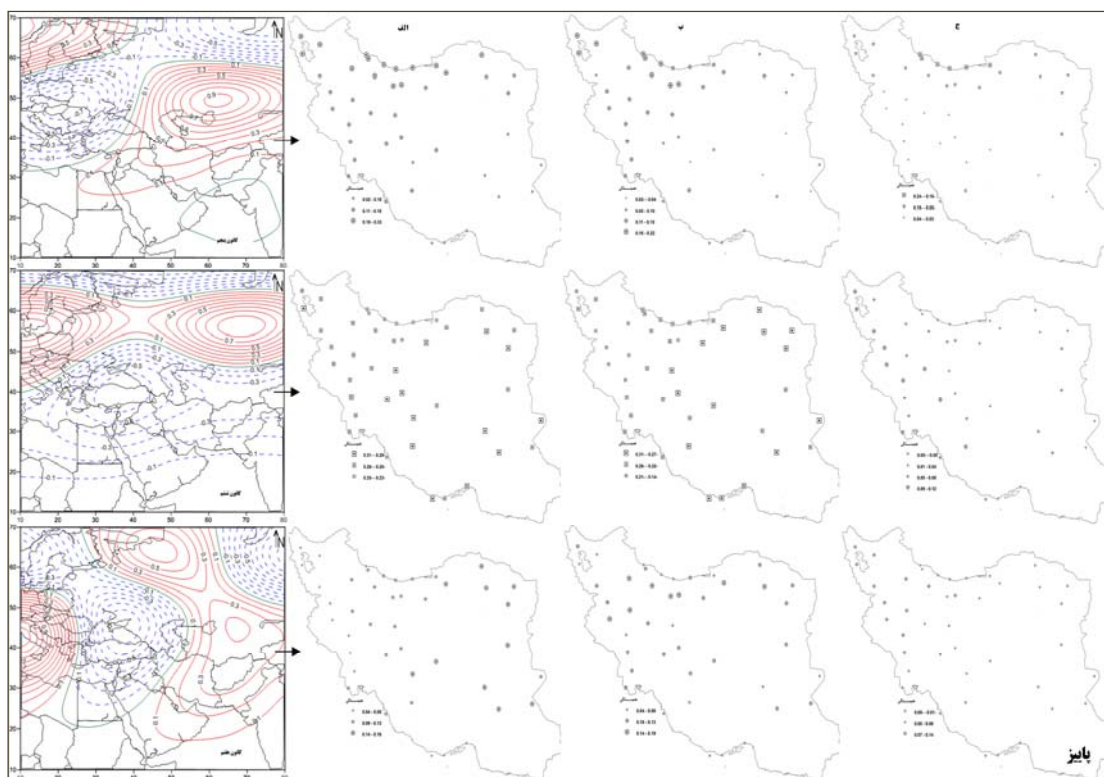
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

خراسان تا شمال غرب ایران داشته، اما با مناطق جنوب و مرکز رابطه‌ی ضعیفی دارد. از نظر دمایی

شاخص آسیای مرکزی از نظر دمایی رابطه‌ی بالایی با مناطق شمالی ایران از شرق البرز و شمال

ایران بیشترین رابطه را دارد. از نظر بارشی این شاخص با بارش‌های کل ایران رابطه‌ی مثبتی دارد، اما بیشترین تأثیر بارشی را با مناطق غرب ایران، البرز و غرب آن تا شمال غرب ایران داشته و به سمت شمال و شرق اثر آن کم می‌شود. همچنین با مناطق خزر مرکزی تا شمال خراسان رابطه‌ی منفی بارشی دارد. شاخص مدیترانه‌ی غربی با دمای همه مناطق ایران رابطه‌ی مثبت دارد، اما بیشترین تأثیر را بر دمای مناطق شمال شرقی، مرکز و شرق ایران و از نظر دمای حداقل بیشترین رابطه را با مناطق جنوب البرز مرکزی تا غربی و بخشی از غرب ایران دارد. از منظر بارش نیز بر بارش‌های غرب تا شمال غرب و جنوب البرز غربی تأثیر مثبت، اما با بارش‌های مرکزی و شرق ایران رابطه‌ی منفی و ضعیفی دارد.

حداقل نیز رابطه‌ی مثبت و بالای مناطق خزر غربی، جنوب البرز و شمال غرب ایران با این شاخص مشاهده می‌شود و مناطق مرکزی تا شرق و جنوب ایران رابطه‌ی ضعیفی دارند. مناطق مختلف ایران از نظر بارش، رابطه‌ای منفی با این شاخص دارند و بیشترین رابطه‌ی بارشی این شاخص با سواحل دریای خزر و در مرتبه بعد شمال ایران از شمال غرب تا شمال شرق و خراسان مشهود است. شاخص مدیترانه‌ی شرقی بعد از شاخص سیبری شمالی و اسکاندیناوی - سیبری مرکزی بیشترین همبستگی را با اقلیم دمایی ایران نشان می‌دهد. این شاخص با همه‌ی مناطق ایران رابطه‌ی منفی بالا و معنی‌داری دارد. بیشترین رابطه‌ی این شاخص با مناطق کوهپایه داخل ایران و از نظر دمای حداقل نیز با این منطقه و شمال شرقی



شکل ۷: ادامه شکل قبل

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

۰/۲ نشان می‌دهند. این مرکز فعالیت اهمیت زیادی در دمای فصل زمستان ایران ندارد که این در ارتباط با موقعیت جغرافیایی این شاخص در عرض‌های بالا و دور از ایران می‌باشد و شاخص مهمی برای کنترل دمای زمستان در ایران بجز سواحل دریای خزر نمی‌باشد. همچنین بعضی از شاخص‌ها، همبستگی منفی با دمای زمستان در ایران نشان می‌دهند، از آن جمله شاخص خزر شمالی که همبستگی منفی معنی‌داری با اکثر ایستگاه‌های ایران بجز ایستگاه‌های بم، بیرجند و زابل در شرق ایران دارد. بیشترین همبستگی با ایستگاه خوی در شمال غرب ایران با ۰/۳۱۰- مشهود است. در این شاخص، شمال غرب بیشترین همبستگی و به سمت شرق و جنوب ایران از میزان همبستگی کاسته می‌شود. موقعیت جغرافیایی این شاخص کنترل‌کننده دمای زمستان در شمال دریای خزر قرار دارد. سومین شاخص (اروپای شرقی) در منطقه مطالعه، همبستگی منفی و معنی‌داری با ایستگاه‌های شمال شرق و شرق کشور داشته و در نقاط دیگر همبستگی‌ها معنی‌دار نمی‌باشند. چنانکه بالاترین همبستگی‌ها در این شاخص با شمال شرق و شمال ایران است (شکل ۸). در این شاخص همبستگی‌ها پایین (کمتر از ۰/۲) و اهمیت کمتر این شاخص در تغییرات دمای زمستان شرق ایران را نشان می‌دهد. نتایج همبستگی دمای زمستان و شاخص‌ها نشان داد، به ترتیب شاخص عمده کنترل‌کننده دمای زمستان، شاخص آسیای مرکزی، مدیترانه‌ی غربی و خزر شمالی می‌باشند و از آنجا تغییرات دمایی زمستان در ایران را کنترل می‌کنند. این شاخص‌های کنترل، پیش‌بینی‌کننده مهمی برای تغییرات دمای فصل زمستان در کل ایران می‌باشند. شاخص‌های دیگر با همبستگی‌های پایین‌تر از ۰/۲ در بخشی از ایران، از جمله شاخص اسکاندیناوی- سبیری مرکزی در سواحل خزر و شاخص مدیترانه شرقی در غرب ایران، این اهمیت را دارند.

زمستان: فصل زمستان دوره‌ی جابجایی سیستم‌های برون حاره در منطقه‌ی مطالعه به عرض‌های پایین می‌باشد. شاخص‌های اقلیمی نیز نیز به عرض پایین منتقل و بر اقلیم زمستان ایران اثر می‌گذارند. نتایج نشان داد، شاخص آسیای مرکزی و مدیترانه‌ی غربی، همبستگی مثبت بالا و معنی‌داری با تمام ایستگاه‌های ایران دارند (شکل ۸). در بین شاخص‌های زمستان در ایران (شکل ۲)، شاخص آسیای مرکزی بیشترین همبستگی را با دمای ایران نشان می‌دهد. در این شاخص، ایستگاه بجنورد با ۰/۵۵ و زاهدان با ۰/۲۰۶ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین همبستگی را دارند. همچنین با توجه به موقعیت جغرافیایی شاخص پنجم در آسیای مرکزی (دریاچه‌ی آرال) یا محل پرفشار سبیری، همبستگی‌ها از جنوب به شمال ایران کاهش دارند. پرفشار سبیری در فصل زمستان یکی از عوامل مهم کنترل‌کننده تغییرات دما در ایران و آسیا می‌باشد. همچنین شاخص مدیترانه شرقی همبستگی مثبت و معنی‌داری با دمای تمام ایستگاه‌های ایران دارد، بالاترین همبستگی در ایستگاه کرمان (۰/۳۹۹) و پایین‌ترین همبستگی در ایستگاه دزفول (۰/۱۰۳) مشاهده شد (شکل ۸). در این شاخص، همبستگی‌ها از شرق ایران به غرب و شمال غرب کاهش نشان می‌دهند. موقعیت جغرافیایی شاخص هفتم در مدیترانه‌ی غربی بر دمای فصل زمستان ایران اثر داشته و تغییرات دمای فصل زمستان ایران را کنترل می‌کند. شاخص مدیترانه‌ی غربی همراه با شاخص آسیای مرکزی، مهم‌ترین شاخص‌های دمای زمستان ایران می‌باشند. همچنین شاخص اسکاندیناوی- سبیری شمالی، همبستگی مثبت و معنی‌داری با بخشی از ایستگاه‌های ایران نشان می‌دهد، اما عمدتاً ضرایب همبستگی با اکثر ایستگاه‌ها پایین (کمتر از ۰/۱) و بیشترین همبستگی‌ها را با ایستگاه‌های ساحل دریای خزر دارد. چنانچه فقط ایستگاه‌های گرگان، بابلسر، اردبیل، رامسر، انزلی و خوی همبستگی بالای

شاخص	آبادان	آباده	اهواز	انزلی	اراک	اردبیل	بابل	بندرعباس	بندر لنگه	بیرجند	بجنورد	بوشهر	دزفول	اصفهان	قزوین	گرگان	همدان	کاشان	کرمان	کرمانشاه	خرم‌آباد	جوی	کیش	مشهد	نوشهر	ارومیه	رامسر	رشت	سبزوار	سنندج	سمنان	شهرکرد	شاهرود	شیراز	تهران	تبریز	تویباج	یزد	زابل	زاهدان	زنجان								
۱																																																	
۲																																																	
۳																																																	
۴																																																	
۵																																																	
۶																																																	
۷																																																	
	۰/۷۲۰/۶	۰/۶۲۰/۵	۰/۵۲۰/۴	۰/۴۲۰/۳	۰/۳۲۰/۲	۰/۲۲۰/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		

شکل ۹: ضرایب همبستگی شاخص‌ها و دمای حداقل در فصل زمستان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

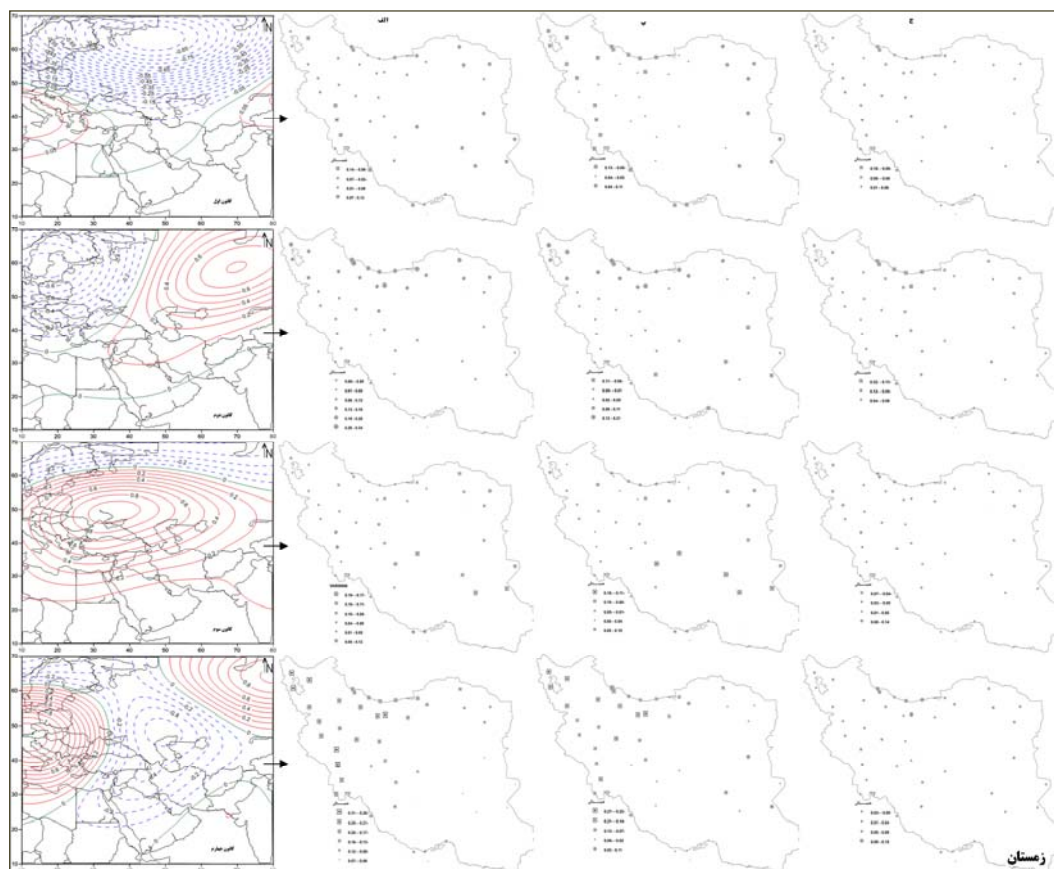
موقعیت جغرافیایی این شاخص کنترل در سبیری مرکزی قرار داشته و از آنجا تغییرات بارندگی در ساحل غربی دریای خزر را کنترل می‌کند. همچنین شاخص خزر شمالی، همبستگی مثبت معنی‌داری با ایستگاه‌های ساحل دریای خزر نشان می‌دهد. ایستگاه رشت با ۰/۱۴۸، بیشترین همبستگی را داشته، هر چند مقدار همبستگی‌ها پایین (کمتر از ۰/۲) می‌باشد. این شاخص فقط با ایستگاه رشت، بابلسر، اردبیل، انزلی و نوشهر همبستگی بالای ۰/۱ دارد، در حالی که با بقیه ایستگاه‌ها همبستگی پایین و غیر معنی‌دار است. موقعیت این شاخص کنترل در خزر شمالی که بخشی از تغییرات بارندگی فصل زمستان این منطقه را کنترل می‌کند. همچنین شاخص آسیای مرکزی، همبستگی منفی و معنی‌داری با بارندگی در سه ایستگاه مشهد، رشت و انزلی و همبستگی مثبت با تبریز و با اکثر ایستگاه‌های ایران رابطه‌ی غیر معنی‌داری دارد. البته همبستگی‌ها در این شاخص نیز پایین (کمتر از ۰/۲) می‌باشد. موقعیت این شاخص کنترل در آسیای مرکزی (دریاچه‌ی آرال) قرار دارد و از آنجا بخشی از تغییرات بارندگی فصل زمستان در ایستگاه‌های فوق را کنترل می‌کند. در بین شاخص‌ها، شاخص مدیترانه‌ی غربی، الگوی بارندگی زمستان در ایران می‌باشد و پیش‌بینی‌کننده‌ی اصلی تغییرات

فصل زمستان، زمان ناپایداری شرایط جوی در کل ایران است و شاخص‌های دریای مدیترانه فعال بوده و فصل بارندگی در اکثر ایستگاه‌های ایران، زمستان می‌باشد (علی‌جانی، ۱۳۸۵). نتایج نشان داد، از بین هفت شاخص زمستان در منطقه‌ی مورد مطالعه (شکل ۲)، فقط مرکز شاخص مدیترانه‌ی غربی، همبستگی مثبت و معنی‌داری با بارندگی‌ها در ایران نشان می‌دهد (جدول ۱۰).

این شاخص، بیشترین ارتباط را با بارندگی‌های غرب ایران داشته و از میزان همبستگی‌ها به سمت شرق کاسته می‌شود (شکل ۱۰). در بین ایستگاه‌های ایران، بیشترین همبستگی‌ها برای سه ایستگاه همدان، سقز و شهرکرد (۰/۲۰۹) در غرب ایران است. این شاخص، مهم‌ترین شاخص کنترل‌کننده‌ی بارندگی‌های زمستان ایران است و از آنجا تغییرات بارندگی ایران را کنترل می‌کند. همچنین در این فصل، بعضی از شاخص‌های کنترل همبستگی معنی‌داری در مقیاس ناحیه‌ای با بارندگی‌های زمستان دارند. شاخص اسکاندیناوی- سبیری مرکزی، همبستگی منفی و معنی‌داری با ساحل دریای خزر نشان می‌دهد و ایستگاه انزلی با ۰/۲۲۲- و رشت با ۰/۲۱۳- بیشترین همبستگی‌ها را دارند. در حالیکه همبستگی‌ها در اکثر ایستگاه‌های ایران، پایین و یا غیر معنی‌دار است.

شمال ایران از خراسان تا آذربایجان و در مرتبه بعد با مناطق نیمه غربی ایران داشته و در جنوب و جنوب شرقی ایران از تأثیر آن کاسته می‌شود. این شاخص با بارش در نیمه‌ی غربی ایران، رابطه‌ی مثبت و با ساحل دریای خزر و نیمه‌ی شرقی ایران رابطه‌ی منفی دارد. بیشترین رابطه‌ی مثبت بارشی با غرب ارتفاعات زاگرس و بیشترین رابطه‌ی منفی را با منطقه ساحلی دریای خزر نشان داد. شاخص مدیترانه شرقی، رابطه‌ی منفی با دمای همه مناطق ایران داشته و بیشترین ارتباط را با مناطق شمالی ایران از سواحل دریای خزر، شمال زاگرس و شمال شرق ایران دارد و از نظر دمای حداقل نیز بیشتر با مناطق شمالی ایران، ساحل دریای خزر و البرز مرکزی تا شمال شرقی ایران ارتباط دارد. این شاخص از نظر بارشی با مناطق غربی ایران رابطه‌ی مثبت و با مناطق شرقی و ساحل خزر رابطه‌ی منفی دارد. این شاخص بیشترین تأثیر بارشی را در غرب ارتفاعات زاگرس نشان داد.

شاخص دارند. غالب مناطق ایران رابطه‌ی بارشی منفی و وضعی با این شاخص داشته و بیشترین رابطه را با بارش مناطق ساحل دریای خزر نشان می‌دهد. بیشترین رابطه را شاخص خزر شمالی با اقلیم زمستان ایران دارد و عمده مناطق ایران در نیمه‌ی غربی، رابطه‌ی منفی و بالای معنی‌داری با این شاخص دارند. بیشترین رابطه‌ی دمایی با این شاخص را مناطق غرب زاگرس تا شمال غرب ایران و جنوب البرز غربی دارند و در شرق و جنوب شرق ایران از این رابطه کاسته می‌شود. از نظر دمای حداقل نیز مناطق شمال غرب و البرز غربی بیشترین رابطه را با این شاخص دارند. از نظر بارشی نیز همه مناطق ایران با این شاخص رابطه‌ی مثبتی دارند. بیشترین تأثیر بارشی این شاخص، با مناطق ساحلی دریای خزر بوده و با دیگر مناطق ایران رابطه‌ی ضعیف است و با منطقه‌ی جنوب شرقی ایران رابطه‌ی بارشی منفی نشان داد. در فصل زمستان، شاخص آسیای مرکزی، مهم‌ترین عامل مؤثر بر اقلیم ایران است. این شاخص با دمای همه مناطق ایران رابطه‌ی معنی‌داری مثبت دارد. بیشترین تأثیر با

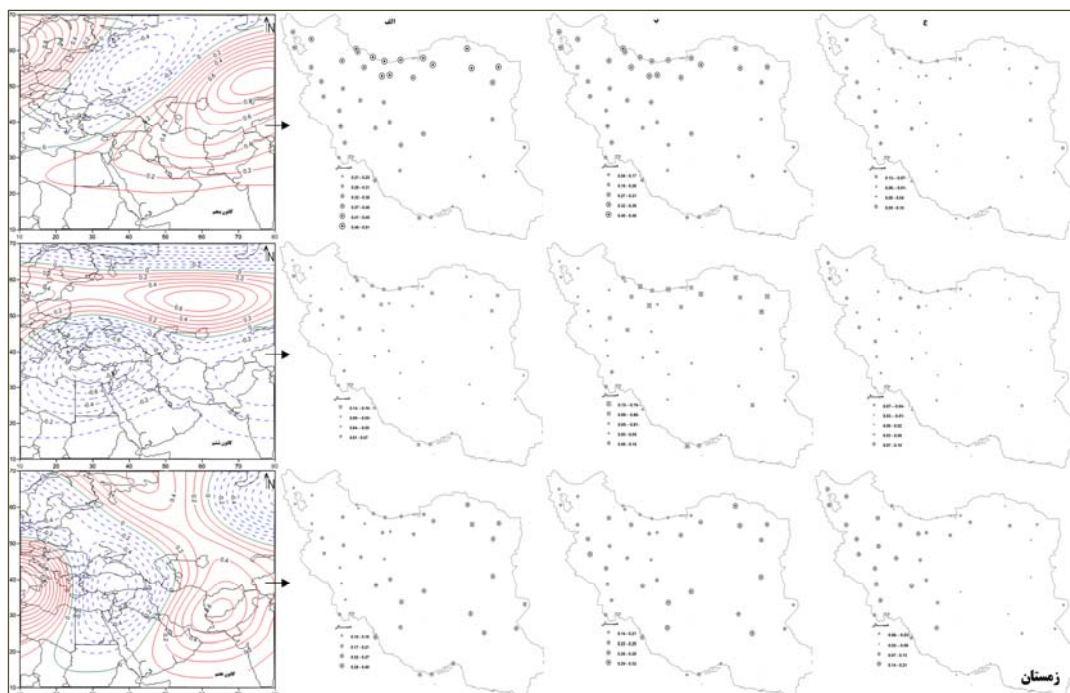


شکل ۱: توزیع فضایی همبستگی شاخص‌ها (از ۱ تا ۷) با دما (الف)، دمای حداقل (ب) و بارندگی (ج) زمستان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

بیشترین هماهنگی را دارند. از نظر بارشی نیز بر عکس دما مناطق شرقی ایران، رابطه‌ی منفی و ضعیفی با این شاخص داشته و با مناطق نیمه غربی ایران رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارند. بیشترین تأثیر این شاخص در منطقه زاگرس و غرب آن تا شمال غرب ایران و جنوب البرز غربی است، که به سمت داخل ایران و ساحل دریای خزر اثر آن کم می‌شود.

شاخص مدیترانه‌ی غربی در فصل زمستان بعد از شاخص آسیای مرکزی، بیشترین تأثیر را در آب و هوای زمستان ایران دارد. این شاخص با دمای همه مناطق ایران رابطه‌ی مثبت و بیشترین تأثیر دمایی را با نیمه شرقی ایران از شاهرود تا بوشهر به سمت شرق نشان می‌دهد. همچنین رابطه‌ی دمای حداقل همه مناطق ایران با این شاخص، مثبت بوده و غالب مناطق در شمال شرق و جنوب زاگرس با این شاخص



شکل ۱۲: ادامه شکل قبل

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

نتیجه

بیشترین ارتباط را با اقلیم ایران در فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر، نوامبر) دارند، که به ترتیب شاخص سیبری شمالی، اروپای غربی و آناتولی است. شاخص سیبری شمالی و اروپای غربی رابطه‌ی مثبت و شاخص آناتولی رابطه‌ی منفی با دمای همه مناطق ایران در پاییز (سپتامبر تا نوامبر) دارند. مهم‌ترین شاخص اقلیمی ایران در پاییز، شاخص سیبری شمالی منطبق بر موقعیت نفوذ و گسترش تاوه قطبی و توده‌های هوا از عرض‌های شمالی می‌باشد. در این فصل، شاخص آسیای مرکزی منطبق بر محل پرفشار سیبری در ارتباط با سطوح بالای جو رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری با دمای سواحل دریای خزر دارد. اما این شاخص در فصل پاییز با توجه به قرار گیری در عرض بالاتر، با دیگر مناطق ایران رابطه‌ی ضعیفی دارد. از نظر بارشی

شاخص‌های مهم جوّی دوره‌ی سرد سال در محدوده‌ی فضایی مطالعه، ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه طول شرقی در نیمکره‌ی شمالی، شامل: شاخص سیبری شمالی، آسیای مرکزی، اروپای غربی و آناتولی تا خزرشمالی می‌باشند. الگوهای هم‌دیدی در سطوح میانی جو در منطقه‌ی مطالعه در این محدوده‌های فضایی بیشتر از همه تکرار شده‌اند و این نواحی به عنوان شاخص مؤثر در جو، شرایط هوای روزانه و در طولانی‌مدت، اقلیم سطح زمین در دوره‌ی سرد سال را تعیین می‌کنند. همه‌ی شاخص‌های اقلیمی با دمای ایران رابطه‌ی معنی‌داری داشته، اما تأثیر برخی از شاخص‌ها در مقیاس ناحیه‌ای و غیر معنی‌دار می‌باشد. از بین هفت شاخص، سه شاخص

در کل دوره‌ی سرد سال ارتباط ضعیف و غیر معنی‌داری دارد. شاخص‌های اقلیمی در فصل زمستان نیز مشابه پاییز در ارتباط با بارش، الگوی ناحیه‌ای دارند و مهم‌ترین شاخص‌ها در بارش زمستان ایران به ترتیب، شاخص مدیترانه‌ی غربی با بارش‌های زمستان کل ایران و خصوصاً بارش غرب ایران و شاخص سیبری مرکزی بر بارش‌های ساحل دریای خزر تأثیر می‌گذارند. دیگر شاخص‌ها اثر کمی بر بارش‌های ایران دارند. بنابراین شاخص‌های اقلیمی مهم و مؤثر بر اقلیم دوره‌ی سرد سال فلات ایران در طولانی‌مدت و بیش از نیم قرن گذشته (۶۳ سال) در عرض‌های بالاتر از ۳۰ درجه شمالی، به ترتیب اهمیت در منطقه‌ی سیبری از آسیای مرکزی تا سیبری شمالی، اروپای غربی تا مدیترانه‌ی غربی، آناتولی تا خزر شمالی قرار دارند و طبیعتاً این مناطق در سطوح میانی جو محل تکرار و فراوانی سیستم‌های مهم بادهای غربی شامل ناوه (تراف)، پشته (فراز)، مانع (بلاکینگ) و سردچال (کاتاف لو) می‌باشند و با حرکات دینامیکی و ایجاد پایداری و ناپایداری در سطح زمین شرایط جوّی روزانه و اقلیم فلات ایران در دراز مدت را تعیین می‌کنند. از طرفی با توجه به اصل تابلر (اولین قانون در جغرافیا)، همه پدیده‌ها در سطح زمین به هم مربوطند اما پدیده‌های نزدیک‌تر به هم شبیه‌ترند، اهمیت شاخص‌های مهم و تأثیرگذار بر اقلیم در محدوده‌های نزدیک به ایران بیشتر و مفیدتر از شاخص‌های اقلیمی در فاصله‌های دورتر به منظور برنامه‌ریزی در ارتباط با پیش‌بینی‌ها، مدل‌سازی، تغییر اقلیم و مدیریت ریسک پدیده‌های جوّی و اقلیمی می‌باشند.

نیز طبیعتاً با توجه به تغییرپذیری بالای این عنصر اقلیمی و نقش عوامل جغرافیایی در وقوع بارش‌ها، الگوی بارشی شاخص‌های فوق، الگوی ناحیه‌ای است. چنانکه در بین شاخص‌های مهم فصل پاییز فقط شاخص سیبری شمالی، بارش‌های پاییز غرب ایران را کنترل می‌کند و دو شاخص دیگر رابطه‌ی معنی‌داری با بارش‌های ایران ندارند. اما دو شاخص سیبری مرکزی و آسیای مرکزی با بارش‌های ساحل دریای خزر رابطه‌ی منفی معنی‌دار داشته و بارش‌ها در این منطقه اقلیمی را کنترل می‌کنند. مهم‌ترین شاخص تأثیرگذار و کنترل‌کننده‌ی بارش‌های پاییز ایران شاخص آسیای مرکزی است، که منطبق بر محل قرارگیری پرفشار سیبری با ورود جریان‌ات سرد و خشک شرقی و شمال شرقی و عبور از دریای خزر موجب بارندگی‌های پاییز در ساحل دریای خزر می‌شود. مهم‌ترین شاخص‌ها برای اقلیم زمستان ایران، شاخص آسیای مرکزی، مدیترانه‌ی غربی و خزر شمالی می‌باشند. مهم‌ترین شاخص کنترل‌کننده‌ی اقلیم دمایی ایران در فصل زمستان، شاخص آسیای مرکزی منطبق بر محل پرفشار سیبری در سطح زمین است که در مطالعه گذشته نیز اثبات شد. این شاخص در زمستان بر عکس پاییز با دمای هم‌همی مناطق ایران رابطه‌ی مثبت معنی‌دار داشته و در زمستان با ورود توده‌ی هوا از خراسان و شرق، اقلیم کل ایران را کنترل می‌کند. در مرتبه‌ی بعد شاخص مدیترانه‌ی غربی با دمای ایران رابطه‌ی مثبت و شاخص خزر شمالی (کانون دیگر آن در اروپای غربی) (شکل ۲) رابطه‌ی منفی با دمای ایران دارند. در این فصل، شاخص اسکاندیناوی-سیبری مرکزی مشابه فصل پاییز تنها با اقلیم دمایی سواحل خزر رابطه‌ی منفی و معنی‌داری و با دیگر مناطق ایران

منابع

- اژدری‌مقدم، مهدی؛ محمود خسروی؛ حسین حسین‌پور - نیکنام؛ احسان جعفری ندوشن (۱۳۹۱). پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از مدل فازی-عصبی، شاخص‌های اقلیمی، بارندگی و شاخص خشکسالی (مطالعه موردی: زاهدان)، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶. صفحات ۷۲-۶۱.
- احمدی‌حجت، معصومه؛ فرهنگ احمدی‌گیوی (۱۳۹۱). بررسی دینامیکی و ترمودینامیکی ساختار پرفشار سیبری و عوامل مؤثر در تقوین آن در دوره‌ی ۱۹۴۸-۲۰۰۸، مجله ژئوفیزیک ایران، شماره ۱. صفحات ۱۲۷-۱۰۷.
- خسروی، محمود (۱۳۸۳). بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوّی کلان مقیاس نیمکره‌ی شمالی با خشکسالی‌های سالانه سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه، شماره ۲ (۳). صفحات ۱۸۸-۱۶۷.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ نوذر قنبری؛ جعفر معصوم‌پور سماکوش (۱۳۸۷). مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۶. صفحات ۷۷-۵۰.
- کاویانی، محمدرضا؛ سیدابوالفضل مسعودیان؛ مهران شبانکاری (۱۳۸۶). شناسایی رفتار زمانی- مکانی پرفشار سیبری در تراز دریا، تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴ (۸۸). صفحات ۴۸-۲۷.
- صلاحی، برومند؛ علی‌محمد خورشیددوست؛ یوسف قویدل‌رحیمی (۱۳۸۶). ارتباط نوسان‌های گردی جوّی- اقیانوسی اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۰. صفحات ۱۵۶-۱۴۷.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). آب و هوای ایران، تهران. انتشارات پیام نور. صفحه ۲۲۰.
- علیجانی، بهلول (۱۳۶۹). چگونگی تشکیل فرابار سیبری و اثر آن بر اقلیم شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی. شماره ۱۷. صفحات ۵۱-۴۱.
- علیجانی، بهلول؛ رضا دوستان (۱۳۹۱). شناسایی شاخص‌های کنترل‌کننده‌ی اقلیم ایران و الگوهای فشار مربوط در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال جو ایران در دوره‌ی سرد سال، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۱۹. صفحات ۲۷۹-۲۵۵.
- لشگری، حسن؛ زهرا یارمرادی (۱۳۹۳). تحلیل همدید موقعیت استقرار پرفشار سیبری و مسیرهای ورودی آن به کشور ایران در فصل سرد، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۲. صفحات ۲۱۸-۱۹۹.
- محمودی، پیمان؛ محمود خسروی؛ سیدابوالفضل مسعودیان؛ بهلول علیجانی (۱۳۹۴). رابطه‌ی بین الگوهای پیوند از دور و یخبندان‌های فراگیر ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۴۰. صفحات ۱۹۴-۱۷۵.
- یاراحمدی، داریوش؛ قاسم عزیزی (۱۳۸۶). تحلیل چندمتغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص‌های اقلیمی، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۲. صفحات ۱۷۴-۱۶۱.
- یوسفی، حسن؛ قاسم عزیزی (۱۳۸۴). زمان‌یابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، فصلنامه مدرس علوم انسانی. شماره ۴. صفحات ۲۱۳-۱۹۳.
- Barry, R.G. Perry, A. H (1973). Synoptic climatology: methods and applications. London, methuenand co.ltd, pp: 555.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T (2002). Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years. International Journal of Climatology, No. 22, PP:1455-1471.

- Kripalani, R. H., Kulkarni, A., Singh, S.V(1997). Association of the Indian summer monsoon with the northern hemisphere mid latitude circulation. *International Journal of Climatology*, No.17, PP:1055-1067.
- Krichak, S., Alpert, P. (2005). decadal trend in the east Atlantic-west Russia pattern and Mediterranean precipitation. *International Journal of Climatology*, No.25, PP: 183–192.
- Kutiel, H., Benaroch, Y (2002). North Sea-Caspian pattern (NCP)-an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean :implication on the regional climate. *Theoretical and Applied Climatology*, No.71, PP:17-28.
- Kutiel, H., Maheras, P., Turkes M., Paz, S (2002). North Sea-Caspian pattern (NCP) -an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean: implications on the regional climate. *Theoretical and Applied Climatology*, No.72, PP:173-192.
- Mote, T. L (1998). Mid- tropospheric circulation and surface melt on the Greenland ice sheet part 1: atmospheric teleconnections. *International Journal of Climatology*, No.18, PP:111-129.
- Nazemosadat, M.J., Ghaedamini, H (2010). On the relationships between the madden-Julian oscillation and precipitation variability in southern Iran and the Arabian Peninsula: atmospheric circulation analysis. *Journal of climate*, No.23, PP:887-904.
- Pokorna, L (2005). Correlations of Circulation Variability Modes with Climate Elements in the Czech Republic. *WDS'05 Proceedings of Contributed Papers, Part III*, PP: 480-484.
- Slonosky, V.C, Jones, P.D., Davies, T.D. (2001). Atmospheric circulation & surface temperature in Europe from the 18th century to 1995. *International Journal of Climatology*, No.21, PP:63-75.
- Tatli, H. (2007). Synchronization between the North Sea-Caspian pattern (NCP) and surface air temperatures in NCEP. *International Journal of Climatology*, No.27, PP:1171-1187.
- Bansod, S. D (2005). Lag-relationship between mid-tropospheric geopotential heights over the northern hemisphere and the Indian summer monsoon rainfall: implications for forecasting. *Theoretical & applied climatology*, No.82, PP:143-152.
- Dunkeloh, A., Jacobeit, J. (2003). Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-1998. *International Journal of Climatology*, No.23, PP:1843–1866.
- Feidas, H., Nouloupoulou, Ch., Makrogiannis, T., Bora-Senta, E (2007). Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, No.87, PP: 155–177.
- Kazmin, A.S., Zatsepin, A.G., Kontoyiannis, H (2009). Comparative analysis of the long-term variability of winter surface temperature in the Black and Aegean Seas during 1982–2004 associated with the large-scale atmospheric forcing. *International Journal of Climatology*, No.9, PP:1349-1359.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, R., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Jenne, R., Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, No.77, PP: 437–471.
- Kidson, J. W (1997). The utility of surface and upper air data in synoptic climatologically specification of surface climate variables. *International Journal of Climatology*, No.17, PP:399-413.
- Kutiel, H., Benaroch, Y (2002). North sea-Caspian pattern (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the eastern Mediterranean: identification and definition. *Theoretical and Applied Climatology*, No.71, PP:17–28.

- Yoshihiro, T., Tetsu, N., Nobuhiro, T. (2007). Interannual Variation in Snow-accumulation Events in Tokyo and its Relationship to the Eurasian Pattern. SOLA, No.3, PP: 129-132.
- Zhi-Yong, Y., Yunlong, C., Xinyi, Zh., Xiaoling, Ch (2009). An analysis of the spatial pattern of summer persistent moderate-to-heavy rainfall regime in Guizhou Province of Southwest China and the control factors. Theoretical and Applied Climatology, No.97, PP:205-218.
- Zangvil,A., Karas,S., Sasson, A (2003). Connection between eastern Mediterranean seasonal mean 500hpa height and sea level pressure patterns and the spatial rainfall distribution over Israel, International Journal of Climatology, No.23, PP: 1567–1576.
- Turkes, M., Erlat, E. (2009). Winter mean temperature variability in Turkey associated with the North Atlantic Oscillation. Meteorological Atmospheric Physics, No.105: PP:211–225.
- Wibig, J. (2009).Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500hp level. International Journal of Climatology, No.19, PP:253–269.
- Walland, D.J., Simmonds, I. (1997). Association between Modes of Variability of January Northern Hemisphere Snow Cover and Circulation. Theoretical and Applied Climatology, No.58, PP: 197-210.
- You, Q ., Kang,S ., Aguilar,E .,Pepin,N .,Flugel,WA ., Yan,Y .,Xu,Y ., Zhang, Y., Huang, J. (2009).Changes in daily climate extremes in China and their connection to the large scale atmospheric circulation during 1961–2003. Climate Dynamic, No.36, PP:2399-2417.
- Yarnal,B. (1993). Synoptic climatology in environmental analysis, a primer. Belhaven press London and Florida, PP: 195.

