

بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی های سالانه سیستان و بلوچستان^۱

دکتر محمود خسروی
استادیار جغرافیا طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

الگوهای ارتباط از دور به وقوع و تداوم الگوهای بزرگ مقیاسی از ناهنجاری های چرخشی و فشار هوا اطلاق می شود که در محدوده های جغرافیایی وسیع گسترش یافته اند و مقیاس زمانی تداوم آنها از چند هفته تا چند سال را در بر می گیرد. این الگوها در امواج اتمسفری، موقعیت رودبادهای، بارش و مسیر طوفان ها در سطح وسیعی اثر می گذارند بنابراین آنها اغلب موجب وقوع الگوهای هوایی ناهنجاری می گردند که به طور همزمان در مناطق دورتری اتفاق می افتد. در این مقاله با توجه به اهمیت وقوع پدیده های خشکسالی های متناوب در استان سیستان و بلوچستان که به شدت اکوسیستم حساس و جنبه های مختلف حیات را تحت تأثیر خود قرار داده است، تلاش گردیده تا تأثیرات الگوهای ارتباط از دور نیمکره شمالی بر شدت و گستره ای این خشکسالی ها تجزیه و تحلیل شود.

در این جهت داده های اقلیمی ایستگاه های دارای اعتبار در سطح استان سیستان و بلوچستان مورد استفاده قرار گرفته و با محاسبه شاخص استاندارد بارش (SPI) شدت خشکسالی ها و شروع و خاتمه ای آنها در مقیاس فصلی و سالانه تجزیه و تحلیل شده است. داده های حدود ۲۰ الگوی ارتباط از دور نیز در قالب های قابل مقایسه با داده های اقلیمی استان اخذ و بر اساس روش ها و مدل های همبستگی، رگرسیون چند متغیره، آزمون های فرض و بررسی مقایسه ای و سلسله مراتبی، ارتباط بین خشکسالی های عمده ای استان و این الگوها استخراج

۱- این مقاله از نتایج بخشی از طرح پژوهشی با عنوان «نقش الگوهای ارتباط از دور نیمکره شمالی در شدت و گستره ای خشکسالی های فراگیر استان سیستان و بلوچستان» استخراج گردیده است. بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان که امکان انجام این طرح را فراهم نموده اند، تشکر می گردد.

گردیده است. بر اساس نتایج این پژوهش الگوهای چندمتغیره‌ی انسوا^۱ (MEI)، نوسان شمالی (NOI)، آرام شمالی (NP)، دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO) و قطبی/اوراسیا (POL) بیشترین همبستگی را با شاخص SPI سالانه دارند. بر اساس تحلیل معادلات رگرسیون چند متغیره الگوهای ارتباط از دور در مجموع، سالانه قادرند بیش از ۷۰ درصد از تغییرات SPI را توجیه نمایند.

بر اساس معادلات رگرسیون گام به گام و حذف الگوهایی که نقش کمتری در توجیه تغییرات این الگوها داشته‌اند، مؤثرترین الگوها بر شدت خشکسالی استان مشخص گردیده است. همچنین تأثیر الگوها بر تغییر شدت خشکسالی و کاهش بارش بر اساس نتایج مدل‌ها برآورد شده است. برای مثال به ازای هر واحد افزایش در الگوهای MEI و NOI به ترتیب ۲۶ و ۱۲/۳ درصد بر شدت خشکسالی افزوده می‌شود و به ازای افزایش هر واحد الگوهای NP، POL، PDO و استخر گرم نیمکره‌ی غربی (WHWP) نیز به ترتیب ۳۲/۵، ۲۴، ۱۶/۶ و ۷ درصد بر شدت خشکسالی سالانه افزوده می‌شود.

کلید واژه‌ها: ارتباط از دور، ناهنجاری‌های اقلیمی، مدل‌های رگرسیونی، خشکسالی فراگیر، رودباد، الگوی اسکاندیناوی، الگوی نوسان اطلس شمالی، الگوی نوسان قطب شمال.

مقدمه

خشکسالی یکی از جنبه‌های ذاتی تغییرپذیری شرایط اقلیمی است. گرچه برخی آن‌را وقعه‌ای نادر و تصادفی می‌نگارند، اما خشکسالی ویژگی موقت تمام مناطق اقلیمی است هر چند مشخصات آن از یک منطقه به منطقه‌ی دیگر تفاوت می‌کند. در محیط خشک استان سیستان و بلوچستان وقوع خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیک و حتی قحطسالی پدیده‌ای ناشناخته نیست. وقوع خشکسالی‌های متعدد و مکرر موجب آسیب رسیدن به اکوسیستم حساس و شکننده‌ی استان شده و در طول تاریخ بارها زمینه‌ی نابودی آبادی‌ها و مهاجرت‌های گسترده، حتی در قرن اخیر شده است. وقوع و تداوم خشکسالی بی‌سابقه‌ی اخیر که حداقل در رکوردهای ثبت شده‌ی هواشناسی منحصر به فرد می‌باشد یکی از انگیزه‌های نگارنده در پرداختن به این موضوع بوده است.

در رابطه با وقوع خشکسالی‌ها از دیدگاه اقلیمی دلایل این تغییرپذیری اقلیمی که منجر به این بلیه‌ی محسوس و مزمن طبیعی می‌گردد، از نهایت اهمیت برخوردار است. استقرار همزمان یک رشته الگوهای اقلیمی و هواشناسی در مقیاس وسیع در نیمکره‌ی

۱- پدیده با وجود آن‌که مربوط به نیمکره‌ی جنوبی می‌باشد، اما شاید بیش از هر کدام از سایر الگوها در نوسانات اقلیمی هر دو نیمکره مؤثر باشد. با توجه به نقش غیر قابل انکار این شاخص (MEI) به‌عنوان یک متغیر کنترل در کنار سایر شاخص‌های نیمکره شمالی در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

شمالی که در این پژوهش آنها را الگوهای ارتباط از دور نیمکره‌ی شمالی (NHTP) می‌نامیم در این میان می‌توانند به عنوان یکی از کلیده‌های معماری خشکسالی تلقی گردند. واژه‌ی الگوهای ارتباط از دور به وقوع و تداوم الگوی بزرگ مقیاسی از ناهنجاری‌های چرخش و فشار اطلاق می‌گردد که در محدوده‌های جغرافیایی وسیع گسترش یافته‌اند. این الگوها همچنین رفتار نوسانی کم بسامد (بلند مدت) هستند (CPC, 2004).

هر چند این الگوها معمولاً چند هفته تا چند ماه طول می‌کشند ولی گاهی ممکن است برای سالیان متوالی تداوم یابند، بنابراین منعکس‌کننده‌ی بخش مهمی از تغییرپذیری سالانه و دهه‌ای چرخش اتمسفری هستند. بسیاری از الگوهای ارتباط از دور در مقیاس سیاره‌ای به وقوع می‌پیوندند و سراسر حوضه‌های اقیانوسی و قاره‌ای را در برمی‌گیرند. برای مثال برخی الگوها سراسر حوضه‌ی اقیانوس آرام شمالی را شامل می‌شوند در حالی که بقیه از شرق آمریکای شمالی تا اروپای مرکزی را فرا می‌گیرند. برخی نیز تقریباً تمام اوراسیا را در بر می‌نوردند. تمامی الگوهای ارتباط از دور جنبه‌هایی از سیستم جوی تغییرپذیر کره زمین هستند و می‌توانند منعکس‌کننده‌ی پویایی درونی جو باشند.

الگوهای ارتباط از دور منعکس‌کننده‌ی تغییرات در مقیاس وسیع در امواج اتمسفری و موقعیت رودبادهای بوده و بر درجه حرارت، بارش، مسیر طوفان‌ها و موقعیت و شدت رودباد بر روی مناطق وسیع تأثیر می‌گذارند. بنابراین آنها اغلب موجب وقوع الگوهای هوایی ناهنجاری هستند که به طور همزمان در مناطق دورتری اتفاق می‌افتد. مرکز پیش‌بینی اقلیمی (CPC) الگوهای ارتباط از دور اساسی را جهت بررسی سهم و درک نقش آنها در سیستم اقلیم سیاره‌ای شناسایی نموده است (CPC, 2004).

الگوهای ارتباط از دور جهت پیش‌بینی میانگین شرایط هوایی طی دوره‌های زمانی معمولاً چندین ماهه یا سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به هر حال باید به یاد داشته باشیم که پیش‌بینی درازمدت زمانی و ویژگی خاص حوادث هواشناسی به دلیل تغییرپذیری ذاتی سیستم جو بسیار مشکل است و معمولاً پیش‌بینی حوادث هواشناسی بالای ۱۰ تا ۱۵ روز بسیار محدود است (Cane, 1991:535). ارتباط از دور اجازه‌ی پیش‌بینی تا افق‌های زمانی دورتر را می‌دهد زیرا متکی به سیکل‌های طولانی ناهنجاری دمای سطحی آب دریا (SST) می‌باشد (Nicholls, 1991:973).

به عبارت دیگر ترکیب بین اتمسفر و تغییرات بسیار کندتر در اقیانوس‌ها امکان پیش‌بینی اقلیمی در طی مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی، سالانه و حتی دهه‌ای را فراهم می‌آورد (Uppenbrink, 1991:1952).

الگوهای ارتباط از دور مورد استفاده در این مقاله عبارتند از:

شاخص چند متغیره انسو (MEI) الگوی تابستانه آسیا (ASU) الگوی اطلس شرقی (EA) الگوی آرام غربی (WP) الگوی قطبی؛ اورآسیا (P/E) یا (POL) الگوی آرام شرقی (EP) نوسان اطلس شمالی (NAO) الگوی حاره‌ای؛ نیمکره شمالی (TNH) الگوی شاخص نوسان شمالی (NOI)؛ الگوی اسکاندیناوی (SCAND) الگوی حاره‌ای اطلس شمالی (TNA)؛ الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس (TSA) الگوی قطب شمال (AO) الگوی آرام / آمریکای شمالی (PNA) الگوی آرام انتقالی (PT) الگوی آرام شمالی (NP)؛ الگوی رود باد اطلس شرقی (EA-JET)؛ الگوی اطلس شرقی / روسیه غربی (EATL/WURS)؛ الگوی نوسانات دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO)؛ الگوی استخرگرم نیمکره غربی (WHWP).

بسیاری از این الگوها در چند ساله‌ی اخیر کشف و معرفی گردیده‌اند و این نوع مطالعات در سطح جهانی نیز در مراحل اولیه‌ی سیر تکاملی خود می‌باشد. نگارنده در این پژوهش در پی پیدا کردن رابطه‌ای بین این الگوها و شدت و گستره‌ی خشکسالی‌های عمده‌ی استان می‌باشد تا با اتکاء بر آن ضمن بهره‌گیری از تجربیات جهانی همگام با پیشرفت‌های علمی در آینده، گامی جهت پیش‌بینی و پیش‌آگاهی از وقوع این بلیه‌ی طبیعی در سطح منطقه برداشته شود. برخی از مهمترین تحقیقات انجام شده در رابطه با اهمیت این الگوها به شرح زیر می‌باشد:

- کولن (Cullen-et al-2002:315) تأثیرات NAO بر جریان‌ات رودخانه‌ای اقلیم خاورمیانه را طی چندین مقاله بررسی نموده و اثرات این الگو را بر خشکسالی هیدرولوژیک رودخانه دجله و فرات و همچنین اقلیم خاورمیانه، طی مقالات متعددی مورد تحقیق قرار داده است.
- کوارینگ (Quiring-et al-2000:23) راجع به شاخص‌های ارتباط از دور جهانی بر پیش‌بینی دراز مدت محصولات زراعی در کانادا تحقیق کرده است.
- یین (Yin-1999:947) نقش الگوهای ارتباط از دور در شرایط رطوبتی جنوب شرق ایالات متحده آمریکا را تحلیل کرده است.
- سایجی (Saji-et al-2003) در رابطه با تأثیر الگوهای ارتباط از دور ایجاد شده به وسیله اقیانوس هند و آرام حاره‌ای پژوهش کرده است.

- برادبوری و همکاران (Bradbury-2002:1287) راجع به خشکسالی نیوانگلند و رابطه‌ی آن با الگوهای چرخش اتمسفری کلان مقیاس فعالیت نموده‌اند.
- آیزن و همکاران (Aizen-et al-2001:535) بارش و الگوهای چرخش اتمسفری در عرض‌های میانه‌ی آسیا را مورد بررسی قرار داده‌اند.
- کوردری و همکاران (Cordery-et al-2000:763) راجع به مدلی جهت پیش بینی خشکسالی از طریق ارتباطات از دور بررسی نموده‌اند.
- دول (Dole-2001:83) جنبه‌های پیش بینی خشکسالی در ایالات متحده آمریکا را جستجو کرده است.
- بارلو و همکاران (Barlow et al-2002:697) تأثیر لانینا و استخر گرم شرق اقیانوس هند در خشکسالی‌های آسیای جنوب غربی را پژوهیده‌اند.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های بارش و دمای ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی و داده‌های بارش ایستگاه‌های باران سنجی استان سیستان و بلوچستان است. دوره‌ی آماری مورد استفاده در این مقاله ۲۰۰۰-۱۹۵۷ میلادی می‌باشد. جهت انجام محاسبات از امکانات نرم‌افزارهای آماری همچون SPSS, Minitab, S-Plus و غیره استفاده گردید و شاخص SPI به صورت فصلی و سالانه جهت ایستگاه‌ها و منطقه محاسبه گردید. براساس شاخص SPI دوره‌ها ترسالی و خشکسالی و شدت آنها تعیین گردید.

از سوی دیگر داده‌های ارتباط از دور نیمکره‌ی شمالی (CPC, 2004) و برخی دیگر از شاخص سیاره‌ای نیز بر اساس این چهارچوب به صورت فصلی قابل مقایسه با داده‌ها SPI تنظیم گشت. در رابطه با بررسی رابطه بین شاخص‌ها و شدت خشکسالی منطقه‌ای تحلیل‌های متفاوتی صورت گرفته است. با توجه به محدودیت‌های این مقاله فقط نتایج سالانه مورد بررسی قرار گرفته است.

مؤلفه‌های اساسی سری‌های زمانی شامل میانگین، حداکثر، حداقل، انحراف معیار الگوهای ارتباط از دور بر اساس محاسبات در شرایط خشکسالی‌های شدید، متوسط شرایط عادی، ترسالی‌ها و ترسالی‌های شدید محاسبه گردید. با استناد به محاسبات فوق امکان تعیین این‌که در طی وقوع شرایط خشکسالی چه شرایطی به لحاظ استقرار شاخص‌های ارتباط از دور وجود داشته، فراهم آمده است.

ضرایب همبستگی شاخص‌ها با SPI ایستگاه‌ها و منطقه به‌صورت سالانه در افق زمانی تحقیق و همچنین طی شرایط خشکسالی‌ها جهت پی بردن به تأثیر شدت هر یک از شاخص‌ها محاسبه گردیده است. معنی‌داری آزمون همبستگی پیرسون در سطح خطای ۰/۰۱ و ۰/۰۵ برآورد و در تحلیل‌ها بر وجود همبستگی‌های معنی‌دار تأکید شده است.

بخش اساسی تحلیل‌ها در این پژوهش بر تجزیه و تحلیل معادلات رگرسیون چندگانه بوده است بر این اساس شاخص SPI به عنوان متغیر وابسته و الگوهای ارتباط از دور به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل‌ها گردید. در این رابطه برای هر ایستگاه و شاخص متوسط استان محاسبات انجام گردید. مدل‌های رگرسیون چندگانه‌ی گام به گام و عقب‌رو جهت تعیین الگوهای که بیشترین نقش در توجیه تغییرات شاخص شدت خشکسالی را به عهده دارند، به کار گرفته شد و نتایج حاصل از الگوهای انتخاب شده به وسیله مدل و درصد توجیه تغییرات شاخص خشکسالی به وسیله الگوها تعیین گردید.

در مدل رگرسیون چند متغیره تغییرات یک متغیر وابسته (در این مطالعه SPI) به وسیله تعدادی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده تبیین می‌گردد. مفهوم حداقل مربعات برای به‌دست آوردن بهترین برازش سطحی در خلال فضاهاى چند بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Shaw, Wheeler, 1994:124). با توجه به پیچیدگی محاسبات از یک مدل کامپیوتری جهت انجام محاسبات استفاده گردید. ابتدا کلیه متغیرهای مستقل وارد مدل گردیده و مقادیر رگرسیون (R) و مجذور آن (R^2) محاسبه شده است. هر یک از محاسبات فوق جهت هر ایستگاه و کل منطقه تهیه و نتایج استخراج شده است. سپس نتایج بر روی نقشه‌ها ترسیم و پهنه‌بندی صورت گرفته است. مقادیر R^2 که بین صفر و یک تغییر می‌کند، نشان‌دهنده‌ی میزان توجیه تغییرات شاخص SPI به‌وسیله الگوهای ارتباط از دور است. این آماره نشان‌دهنده‌ی مقداری از تغییرات توجیه شده متغیر وابسته به‌وسیله متغیرهای مستقل است. هر چه مقدار آن به یک نزدیک باشد نشان‌دهنده‌ی درصد بالاتری از تغییرات توجیه شده به‌وسیله مدل می‌باشد. افزایش تعداد متغیرهای پیش‌بینی (مستقل) در مدل تنها می‌تواند مقدار R^2 را افزایش دهد و در صورت خارج کردن برخی متغیرها مقدار آن بدون تغییر بماند. جهت بررسی آن‌که کدامیک از متغیرها بیشترین نقش را در توجیه تغییرات SPI دارند، از مدل رگرسیون گام به گام^۱ نیز استفاده گردیده است. روش رگرسیون گام به گام یک روش عینی

1- Stepwise

جهت آزمون کارایی ورود متغیرهایی است که بتوانند بیشترین نقش را در توجیه متغیر وابسته ایفا نمایند. در این مدل تمامی متغیرهای پیش‌بینی (مستقل) در هر مرحله مجدداً مورد آزمون قرار گرفته تا از ورود متغیرهای غیر ضروری (کم اثر) جلوگیری شود و نهایتاً مؤثرترین متغیرها مشخص گردند.

در هر مرحله داخل شدن و خارج شدن با توجه به سطوح معنی‌داری انتخاب شده صورت می‌گیرد (Shaw and wheeler, 1994). در این جهت از آزمون F استفاده شده است. معمولاً سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و کمتر جهت ورود و احتمال F در سطح ۰/۱ و بیشتر جهت خروج متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین یک مدل رگرسیون عقب‌رو^۱ جهت حذف رو به عقب متغیرهای کم‌تأثیرتر تا رسیدن به تأثیرگذارترین الگوهای ارتباط دور استفاده شده است. نتایج در طول دوره‌ی مورد مطالعه (۲۰۰۰-۱۹۵۷) و همچنین شرایط خشکسالی‌های فراگیر و ترسالی‌های عمده محاسبه گردید و به صورت نقشه‌هایی ترسیم شد. در واقع در حذف رو به عقب از مدل رگرسیونی شروع نموده‌ایم که تمام الگوهای ارتباط از دور (متغیرهای مستقل) را شامل شود. در هر قدم الگویی را از مدل خارج نموده‌ایم که کمترین تغییر را در مقدار R^2 ایجاد نموده است. این تغییر در R^2 بایستی به حدی باشد که نتوانیم این فرضیه را رد کنیم که مقدار واقعی برابر صفر باشد. خارج کردن متغیرها از مدل را هنگامی متوقف نموده‌ایم که خارج کردن هر کدام از متغیرهای باقیمانده از مدل تغییر معنی‌داری در R^2 ایجاد کند.

اثر خشکسالی بر استان سیستان و بلوچستان

اقلیم استان سیستان و بلوچستان در مجموع بر اساس بسیاری از روش‌های مرسوم طبقه‌بندی در محدوده‌ی اقلیم بیابانی و خشک قرار می‌گیرد بر اساس تقسیم‌بندی کوپن اکثر نواحی استان در محدوده اقلیمی Bwhs جای می‌گیرند بر اساس روش‌های دومارتون و ایوانف نیز منطقه جزء اقلیم خشک و یا بیابانی قرار دارد. در تقسیم‌بندی آمبرژه اکثر نواحی استان در محدوده‌ی خشک سرد، خشک معتدل، بیابانی‌میانه، بیابانی گرم میانه و بیابانی گرم شدید قرار می‌گیرند. روش توانت وایت نیز تعاریف مشابهی از شرایط اقلیمی استان را نشان می‌دهد (خسروی، ۱۳۷۹: ۲۱۵).

مجموع بارش سالانه بر اساس میانگین از ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پژوهش ۱۱۲/۵۱ میلی‌متر برآورد شده است. بارش‌های زمستانه با حدود ۷۴ میلی‌متر بیش از

۶۶ درصد بارش سالانه را تشکیل می‌دهد. این امر نشان از اهمیت بارش فصل سرد دارد که معمولاً با افت نسبی دما و پایین بودن تبخیر و تعرق همراه بوده و می‌تواند با ذخیره در منابع آبهای زیرزمینی برخی از نیازهای آبی فصل خشک را جبران نماید. خشکسالی اخیر که بر اساس بررسی محققین خارجی طی ۵۰ تا ۱۰۰ سال گذشته بی‌سابقه می‌باشد (Shardul, 2001:13) و همزمانی این خشکسالی با استقرار شرایط مشابه در کشور افغانستان (QCHA/GVA, 2000:12)؛ باعث خشکی کامل رود هیرمند، که سرچشمه‌های آن در کوه‌های هندوکش افغانستان قرار دارد، شده است. قطع آب هیرمند، یکی از شدیدترین خشکسالی‌های هیدرولوژیک در منطقه‌ی دشت سیستان را به دنبال داشته که با توجه به فرسایش شدید ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه و تشدید خشکی محیط مهلک‌ترین ضربات را بر اکولوژی حساس منطقه و اقتصاد مترزل آن وارد نموده است. هر چند پیشرفت تکنولوژیک در سال‌های اخیر مانع از مهاجرت‌های وسیع و تخلیه آبادی‌ها، همانند خشکسالی‌های دهه ۵۰-۱۳۴۰ شده است اما با کاهش درآمد و از بین رفتن بنیان‌های اقتصادی موجب تشدید پدیده‌ی مهاجرت به سمت شهرهای استان و افزایش بیکاری شده است.

ارزیابی و تعیین خشکسالی‌های استان با استفاده از شاخص SPI

در این پژوهش جهت تعیین شدت خشکسالی‌ها از نظر زمانی و تحلیل فضایی فراگیری خشکسالی استان سیستان و بلوچستان از شاخص استاندارد بارش (SPI) استفاده شده است. مراد از خشکسالی‌های فراگیر در این مطالعه خشکسالی‌هایی می‌باشد که اکثر نواحی استان تحت تأثیر خشکسالی از نوع شدید تا خیلی شدید باشد. به دلیل تعداد بالای ایستگاه‌های مورد مطالعه از شاخص SPI میانگین استان استفاده شده است. شاخص استاندارد بارش SPI برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط مک کی (Mckee) و همکارانش جهت تعیین شدت خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت (Mckee-et al -1993:179). این شاخص جهت کمی نمودن کمبود بارش در سری‌های زمانی چندگانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و نشان‌دهنده‌ی تأثیر کمبود بارش در قابلیت دسترسی به منابع متنوع آبی می‌باشد.

جهت تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان در افق زمانی مورد مطالعه پس از تعیین شاخص SPI فصلی ایستگاه‌ها و همچنین استان سیستان و بلوچستان، سری‌های زمانی باتوجه به شدت‌های مختلف طبقه‌بندی گردید. باتکنیک‌های مرتب‌سازی داده‌های

فصلی در قالب ستونی و سنواتی تنظیم شد. شکل شماره ۱ تغییرات شاخص خشکسالی استان در طی دوره‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در طی ۱۷۶ فصل متوالی (از سال‌های ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۰) دوره‌های عمده‌ی خشکسالی با توجه به داده‌های شکل شماره ۱ به شرح زیر تعیین گردید:

- دوره‌ی خشکسالی بهار و تابستان ۱۹۵۷
- دوره‌ی خشکسالی از زمستان ۱۹۶۲ تا بهار ۱۹۶۳
- دوره‌ی خشکسالی از پاییز ۱۹۷۰ تا زمستان ۱۹۸۶
- دوره‌ی خشکسالی زمستان ۱۹۸۵ تا زمستان ۱۹۸۶
- دوره‌ی خشکسالی طولانی بهار ۱۹۹۸ تا زمان حاضر که در زمستان ۲۰۰۰ به حداکثر شدت خود رسیده و در نوع خود کم نظیر می باشد.

همچنین با توجه به داده‌های فوق شدیدترین خشکسالی مربوط به زمستان ۱۹۷۱ می‌باشد. جدول شماره ۱ خشکسالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر استان سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد. این داده‌ها که از طریق مقایسه شاخص SPI فصلی به دست آمده در واقع نشانگر فصول و سال‌هایی است که حداکثر شدت خشکسالی و یا ترسالی در سطح استان مشاهده گردیده است. با توجه به غلبه بارش‌های زمستانی عموماً سنوات توام با خشکسالی سال‌هایی است که زمستان منطقه دچار خشکسالی شدید بوده است (جدول شماره ۱). در طی ۴ رویداد خشکسالی شدید سال‌های ۲۰۰۰، ۱۹۷۱، ۱۹۶۵ و ۱۹۶۲ نقشه‌های تهیه شده نشان‌دهنده غلبه شرایط خشکسالی بر بخش اعظم استان است. طی قوی‌ترین رویداد یعنی سال ۱۹۷۱ بیشترین شدت خشکسالی در نواحی مرکزی بلوچستان حاکم است که شدت به بیش از (۲-) می‌رسد. متوسط شاخص منطقه (۱/۵۴-) است. در بیش از ۶۰ درصد مساحت استان خشکسالی از نوع بسیار شدید حاکم بوده است و بقیه‌ی نقاط نیز با خشکسالی شدید روبرو بوده‌اند.

جدول ۱: خشکسالی‌ها و ترسالی‌های فراگیر استان سیستان و بلوچستان

ترسالی	خشکسالی
۱۹۸۲	۱۹۷۱
۱۹۹۷	۲۰۰۰
۱۹۵۷	۱۹۶۲
۱۹۷۶	۱۹۹۳
۱۹۵۸	۱۹۸۵
۱۹۸۲	

در رویداد سال ۲۰۰۰ نیز شرایط مشابهی حاکم بوده است. شاخص متوسط استانی (۱/۴-) این خشکسالی را در زمره‌ی خشکسالی‌های شدید قرار می‌دهد حداکثر شدت آن مربوط به ایرانشهر می‌باشد. در حالی که ناحیه‌ی ساحلی از شدت کمتری برخوردار بوده است. بیش از ۶۵ درصد استان با خشکسالی شدید و بسیار شدید مواجه بوده‌اند (شکل شماره‌ی ۳). در خشکسالی سال ۱۹۶۲ در حالی که نواحی غربی و شمال غربی استان با خشکسالی بسیار شدید روبرو بوده‌اند نواحی جنوبی و دشت‌های ساحلی شدت کمتری از خشکسالی نشان داده‌اند و ایستگاه زابل نیز شرایط مشابهی را نشان می‌دهد. در رویداد سال ۱۹۹۳ بجز ناحیه‌ی خشک شمال غربی استان که شدت خشکسالی در آن کمتر از سایر نواحی است اکثر نواحی استان با شدت بالای خشکسالی روبرو بوده‌اند ناحیه‌ی بلوچستان مرکزی بر خلاف خشکسالی‌های مشابه از حداکثر شدت خشکسالی برخوردار نبوده است اما بلوچستان جنوبی با شدت‌های بالایی روبرو بوده است.

بررسی همبستگی بین الگوهای ارتباط از دور و شدت خشکسالی‌ها

با استفاده از تکنیک‌های همبستگی، ارتباط بین تغییرات شدت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان و تغییرات الگوهای ارتباط از دور ماتریس همبستگی پیرسون بین شاخص SPI و الگوهای ارتباط از دور تهیه و در مورد تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه منطقه تفسیر گردید. ضرایب همبستگی از نظر معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ بررسی و نهایتاً الگوهای تاثیرگذار بر شاخص SPI مشخص گردید. میزان ضریب همبستگی بین الگوهای MEI، NOI، NP، PDO، WHWP POL بیشتر از سایرین بوده و دو الگوی اول در سطح ۰/۰۱ و چهار الگوی دیگر در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. بجز ضریب NOI بقیه ضرایب مثبت می‌باشند که به معنی افزایش شدت خشکسالی استان طی استقرار فازهای منفی و مقادیر پایین این الگوها می‌باشد. تنها در مورد NOI این وضعیت برعکس می‌باشد. در بررسی ایستگاه‌های مورد مطالعه برخی شاخص‌های دیگر به مرز معنی‌داری می‌رسند که می‌توان به شاخص‌های EA، EP، SCAND، TNH اشاره نمود.

از سوی دیگر طی شرایط خشکسالی نیز ضرایب همبستگی محاسبه گردیده است. در این دوره شاخص TNH حضور معنی‌داری را در مقایسه با شاخص متوسط خشکسالی استان نشان می‌دهد. در این شرایط اکثر ایستگاه‌ها الگوی TNH ضریب منفی قابل تاملی را نشان می‌دهد. و نشان‌دهنده آن است که طی شرایط خشکسالی وجود فازهای

مثبت این الگو بر شدت خشکسالی می‌افزاید. در منطقه سرباز الگوهای SCAND و AO همبستگی بسیار قوی و معنی‌داری را با شاخص خشکسالی نشان می‌دهند که حکایت از بروز خشکسالی‌های شدید در فازهای مثبت این الگوها دارد. در زاهدان نیز الگوی اطلس شرقی- روسیه غربی (EA-WR) همبستگی منفی معنی‌داری را با شاخص خشکسالی طی شرایط خشکسالی منطقه نشان می‌دهد.

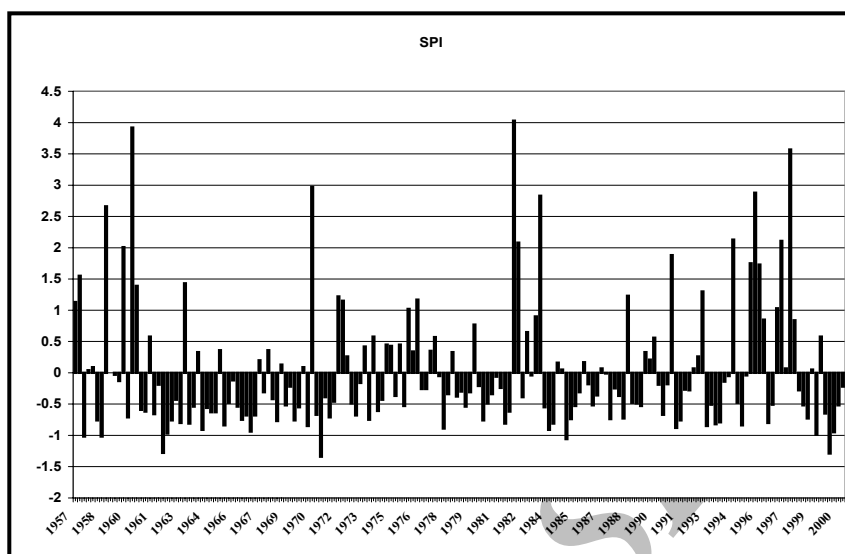
شکل شماره ۵ انطباق سری‌های زمانی SPI استان سیستان و بلوچستان و الگوی WHWP طی دوره زمانی مورد نظر را نشان می‌دهد.

انطباق سری‌های زمانی SPI و الگوی WHWP نشان‌دهنده‌ی تابعیت مطلق فرکانس خشکسالی‌ها و ترسالی استان از این الگو طی دوره‌ی سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۵ و ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۷ را دارد همچنین ترسالی شدید سال ۱۹۹۷ که همزمان با بروز ال‌نینوی قوی قرن بیستم بود با شاخص بسیار بالا و غیرمعمول WHWP همراه بوده است.

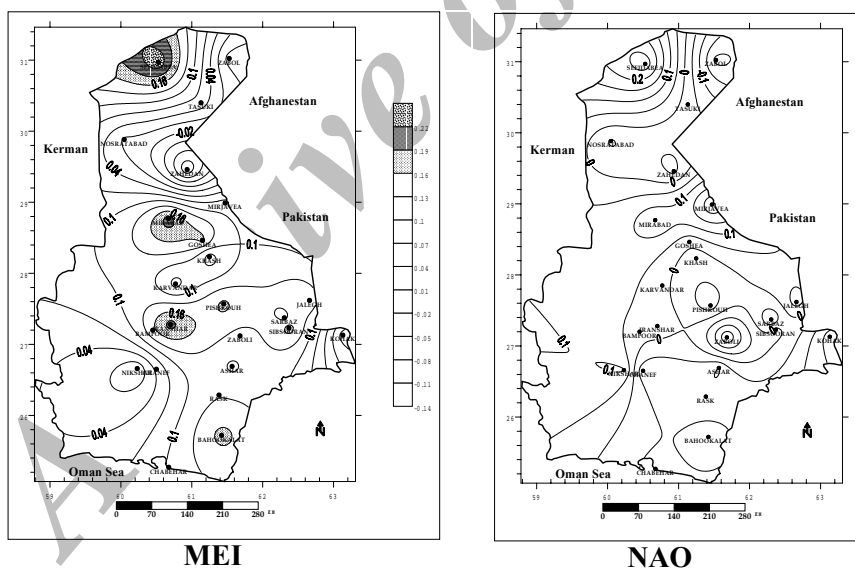
شکل شماره ۶ تغییرات شاخص شدت خشکسالی ایستگاه خاش که بالاترین بارش سالانه استان را دریافت می‌دارد، در برابر شاخص‌های POL و NOI نشان داده شده است. در دوره‌ی زمانی که با دایره نشان داده شده بیشترین هماهنگی بین نوسانات الگوها و شدت خشکسالی مشاهده می‌گردد (۱۹۶۱ تا ۱۹۷۹). سال ۱۹۸۳ هم در ایستگاه خاش و هم در کل سطح استان یک سال غیرمعمول به‌شمار می‌رود و روند الگوی NOI و SPI کاملاً متفاوت می‌گردد. احتمالاً بروز پدیده‌ی ال‌نینو ۸۳-۱۹۸۲ در این روند بی‌تاثیر نبوده است. واقعیتی که با شدت کمتر در ال‌نینوی سال ۱۹۹۷ نیز تکرار شده است.

جهت بررسی همبستگی تاثیرگذارترین الگوها بر شدت خشکسالی نواحی مختلف استان، توزیع فضایی ضرایب بر روی نقشه ترسیم شده است. جهت میانبایی خطوط هم ارزش از روش کرایکینگ^۱ استفاده شده است بر این اساس شکل شماره ۴ همبستگی SPI سالانه با شاخص POL را نشان می‌دهد. نوعی روند افزایش همبستگی به سمت نواحی مرکزی و جنوبی استان با این شاخص مشاهده می‌شود. عملاً مناطق شمالی استان ضرایب ضعیفی را نشان می‌دهند. ولی تقریباً اکثر ایستگاه‌های مرکزی و جنوبی بلوچستان ضرایب همبستگی معنی‌دار را نشان می‌دهند.

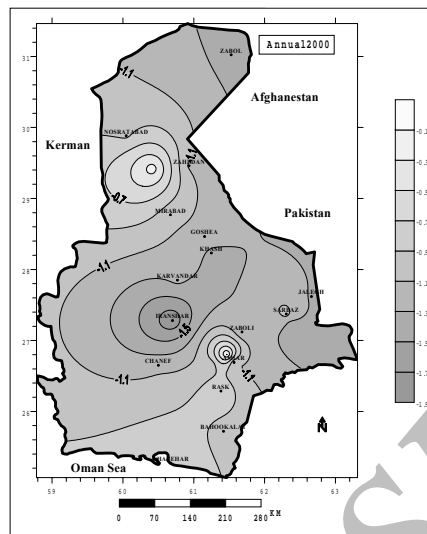
1- Kriging



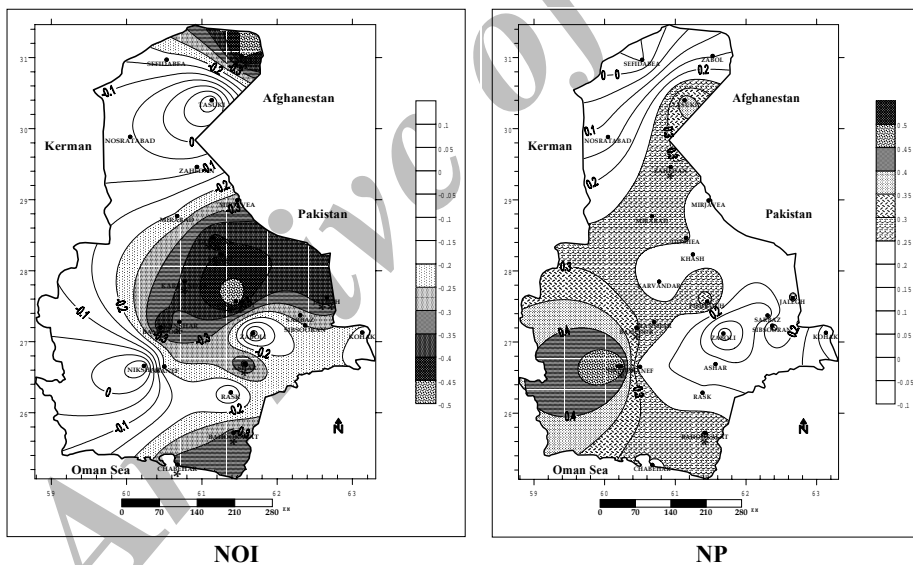
شکل ۱: نمودار تغییرات شاخص فصلی SPI استان سیستان و بلوچستان دوره‌ی آماری ۱۹۵۷-۲۰۰۰



شکل ۲: نقشه‌های ضرایب همبستگی SPI با الگوهای MEI و NAO

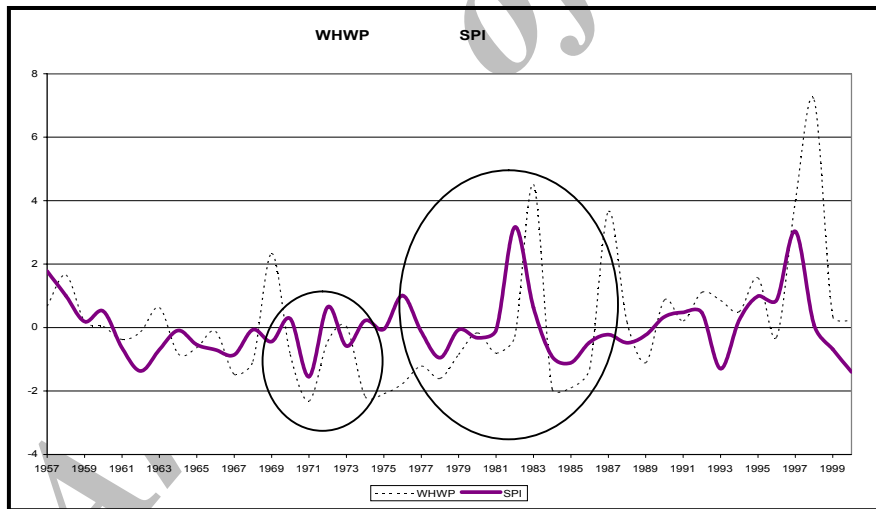
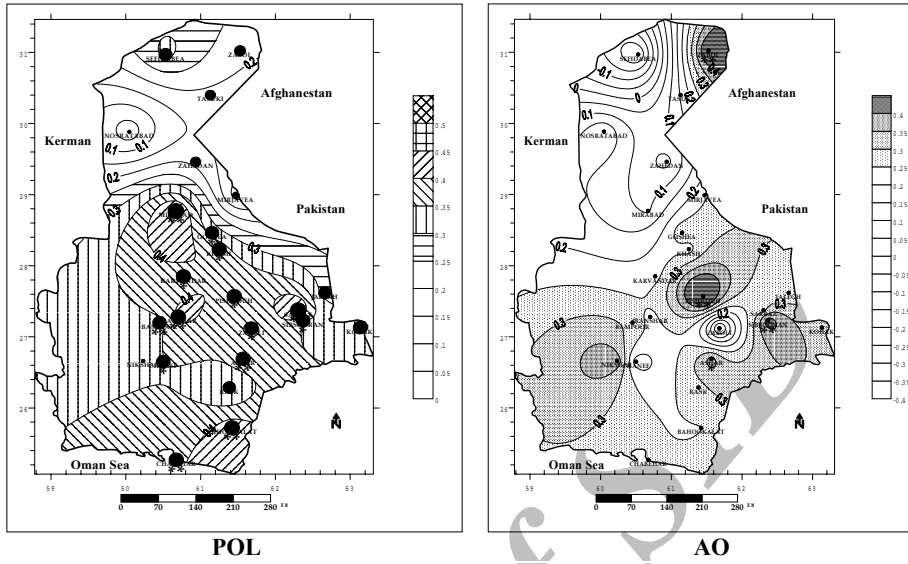


شکل ۳: نقشه‌ی گستره و شدت شاخص SPI طی سال ۲۰۰۰ (خشکسالی شدید) در سطح استان سیستان و بلوچستان

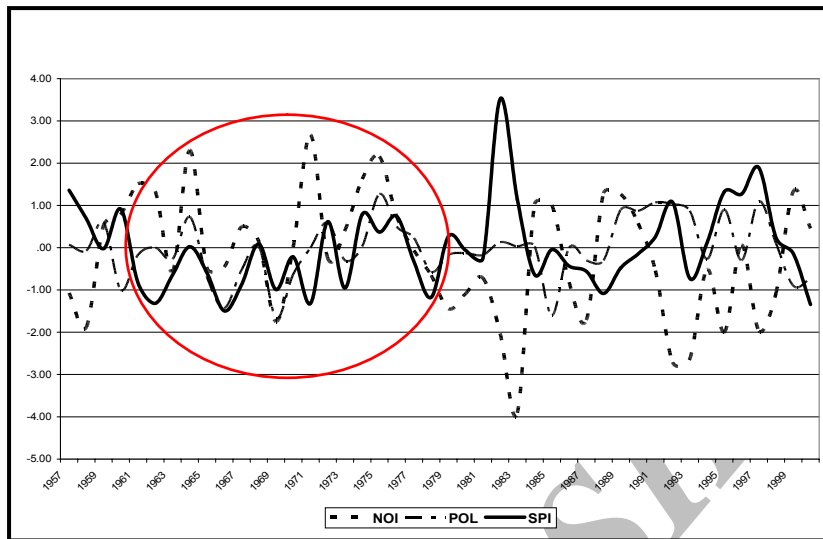


شکل ۴: نقشه‌های ضرایب همبستگی SPI با الگوهای NOI, POL, NP, AO - ضرایب معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ با یک و دو ستاره مشخص شده است

ادامه شکل ۴



شکل ۵: نمودار تغییرات SPI سالانه استان سیستان و بلوچستان و الگوی WHWP



شکل ۶: نمودار تغییرات شاخص STI و SPI سالانه‌ی خاش در برابر الگوهای NOI و POL

الگوی نوسان قطبی (AO) با قطب‌های بارش تابستانی استان همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده‌ی اهمیت این الگو در بارش‌های تابستانه است با وجود آنکه بخش‌های عمده‌ای از بلوچستان مرکزی و شمالی عملاً با این الگو ضریب معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. اما ایستگاه زابل در شمال شرقی استان ضریب معنی‌داری با این الگو دارد. با توجه به فقدان بارش‌های تابستانه در این منطقه اهمیت AO در تغییرات پرفشار سبیری طی فصل زمستان در این شرایط مؤثر است (شکل شماره ۴). در مورد الگوی NOI با وجود آنکه یکی از الگوهای مؤثر بر نوسات شاخص SPI استان است اما استقرار فضایی ضرایب همبستگی در سطح استان کاملاً منطقه‌ای است. بیشترین همبستگی مربوط به نواحی شرقی و جنوب شرقی استان و همچنین شمال شرقی دشت سیستان است و سایر نواحی همبستگی معنی‌داری را نشان نمی‌دهند (شکل شماره ۴). برخلاف الگوی NOI الگوی NP (آرام شمالی) بیشتر به سمت غرب استان گسترش فضایی دارد. علاوه بر مناطق جنوبی مناطق غربی و بخش‌های مرکزی استان همبستگی معنی‌داری با این الگو نشان می‌دهند.

همچنین شکل شماره ۲ توزیع فضایی ضرایب همبستگی الگوهای MEI و NAO را با شاخص شدت خشکسالی نواحی مختلف استان سیستان و بلوچستان نشان می‌دهد. بین شاخص استاندارد دمای استان (STI) و الگوها، ضرایب همبستگی محاسبه گردیده است. الگوهای EP، NP، EA و WHWP با تغییرات درجه‌ی حرارت سطح استان،

همبستگی معنی داری را نشان می‌دهند بجز الگوی NP (آرام شمالی) که ضریب منفی را نشان می‌دهد علامت بقیه ضرایب مثبت است و این بدان معنی است که همزمان با افزایش این الگوها (بجز NP) دمای سطح استان بالاتر از حد معمول قرار می‌گیرد و معمولاً نیاز آبی طی این شرایط افزایش یافته و می‌تواند بر شدت خشکسالی تاثیر بگذارد. همچنین طی شرایط ترسالی الگوهای SCAND، MEI در تعیین تغییرات بارش نقش بارزتری دارند.

نتایج حاصل از کاربرد مدل های رگرسیونی

به طور میانگین با توجه به مدل رگرسیون و ورود ۲۰ الگوی ارتباط از دور در مدل سالانه‌ی استان سیستان و بلوچستان حدود ۷۰/۱ درصد تغییرات شاخص خشکسالی SPI استان را توجیه می‌نمایند.

با توجه به ضریب رگرسیون چندگانه ($R=0/837$)، این مدل ارتباط نسبتاً قوی تغییرات شدت خشکسالی با این الگوها را نشان می‌دهد (جدول شماره ۲). همچنین با توجه به آنالیز واریانس و تحلیل مدل تفاوت بین مقادیر توجیه شده و باقیمانده‌ها معنی دار است (جدول شماره ۳) با این وجود نتایج از منطقه‌ای به منطقه دیگر تا حدودی متفاوت است.

مناطق شمالی و به‌خصوص دشت سیستان حداقل توجیه تغییرات SPI به وسیله‌ی الگوها مشاهده می‌شود و در منتهی‌الیه جنوب شرقی استان و به‌خصوص شرق بلوچستان مرکزی حداکثر مقادیر توجیه شده با بیش از ۷۵٪ مشاهده می‌گردد (ایستگاه زابلی ۸۳/۱ و کارواندر ۷۵/۱ درصد) (شکل شماره ۷). در عین حال اگر از ایستگاه آشار صرف‌نظر نماییم، در مناطق جنوبی و مرکزی استان بیشترین مقادیر شاخص خشکسالی به وسیله الگوها توجیه می‌گردند.

جهت بررسی آنکه کدامیک از الگوها به عنوان تاثیرگذارترین عوامل بر تغییرات شدت خشکسالی بوسیله مدل انتخاب می‌شوند از مدل‌های رگرسیون گام به گام استفاده و نتایج در مورد شاخص میانگین استان در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج الگوهای چندمتغیره انسو (MEI) و قطبی- اور آسیا (POL) به‌عنوان مؤثرترین الگوها، شدت خشکسالی را توجیه می‌نمایند.

آنالیز واریانس نشان‌دهنده معنی دار بودن آزمون نسبت‌ها بین مقادیر رگرسیون و باقیمانده‌ها می‌باشد. در سطح استان در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه الگوهای فوق‌الذکر به‌عنوان مؤثرترین عوامل شناسایی شده‌اند. شکل شماره ۷ توزیع این الگوها

در سطح استان را نشان می‌دهد بر این اساس در مناطق بلوچستان شمالی الگوهای NOI و در برخی ایستگاه‌ها الگوهایی نظیر (EA-JET) و ASU توسط مدل انتخاب گردیده‌اند (شکل شماره ۷).

در شرایط خشکسالی‌های فراگیر، الگوهای TNH و PT توسط مدل انتخاب می‌گردند. با توجه به ضریب همبستگی بالای الگوی TNH با شاخص SPI این الگو به تنهایی حدود ۳۹ درصد تغییرات SPI را در بحران‌های خشکسالی توجیه می‌نماید و به همراه الگوی انتقالی آرام (PT) حدود ۶۲٪ کل تغییرات شدت خشکسالی را تبیین می‌نماید.

در سطح استان الگوهای متفاوتی در ایستگاه‌ها توسط مدل انتخاب گردیده‌اند که در رأس آنها TNH می‌باشند در برخی ایستگاه‌ها الگوهایی نظیر AO, TSA, MEI و PT انتخاب گردیده‌اند و در برخی مناطق مانند آشار، چابهار، میرآباد، نصرت‌آباد، راسک و زابلی نیز هیچیک از الگوها در سطح معنی‌داری که بتوانند توسط مدل انتخاب شوند، قرار نگرفته‌اند. همچنین در شرایط ترسالی‌های عمده، الگوهای NOI، MEI، PT بیش از سایر الگوها اهمیت دارند. نهایتاً بر اساس نتایج جدول شماره ۵ که از یک مدل رگرسیون عقب‌رو^۱ استفاده شده، کلیه الگوها در مدل وارد شده و سپس بر اساس معیارهای مشخص که به درجه‌ی تولرانس^۲ موسوم است، الگوهای کم اثر حذف گردیده تا دسته‌ای از الگوها که بیشترین نقش در تبیین تغییرات شاخص خشکسالی را بازی می‌کنند، مشخص گردند.

همان‌گونه که از جدول شماره ۵ مشخص است پس از ۱۰ مرحله حذف از مجموع ۲۰ الگوی وارد شده در مدل، مجموعاً ۱۰ الگو که از مجموع ۷۰/۱ درصد تبیین تغییرات SPI بیش از ۶۱ درصد آن را توجیه می‌نمایند انتخاب گردیده است. این بدان معنی است که ده الگوی دیگر تنها کمتر از ۱۰ درصد تغییرات خشکسالی را تبیین می‌نمایند.

جدول ۲: نتایج حاصل از مدل رگرسیون بین شاخص استاندارد بارش سالانه استان سیستان و بلوچستان و الگوهای ارتباط از دور نیمکره‌ی شمالی

خطای استاندارد برآورد	درصد تغییرات تبیین شده	ضریب رگرسیون چند متغیره
۰/۷۳۵	۰/۷۰۱	۰/۸۳۷

1- Backward

2- Tolerance

جدول ۳: آنالیز واریانس بین پراکندگی SPI سالانه استان سیستان و بلوچستان که بوسیله مدل توجیه می‌شوند و مقادیری که توجیه نمی‌شوند (باقیمانده‌ها) - سطح معنی‌داری آزمون. ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است

سطح معنی‌داری P	ضریب F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات
۰/۰۱۷	۲/۵۷۵	۱/۳۹	۲۰	۲۷/۸۶
		۰/۵۴۱	۲۲	۱۱/۹۰
			۴۲	۳۹/۷۶

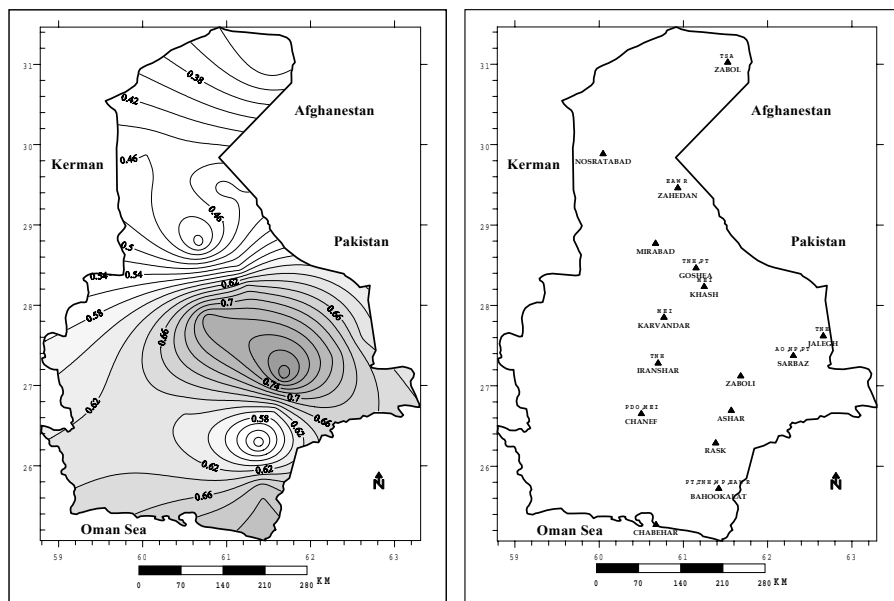
جدول ۴: نتایج حاصل از کاربرد مدل رگرسیون گام به گام بین شاخص خشکسالی سالانه استان سیستان و بلوچستان

مدل	ضریب رگرسیون چند متغیره	درصد تغییرات تبیین شده	خطای استاندارد برآورد
۱ = الگوی MEI	۰/۴۵۵	۰/۲۰۷	۰/۸۷۷
۲- الگوهای MEI, POL	۰/۵۵۷	۰/۳۱۰	۰/۸۲۷

جدول ۵: نتایج حاصل از مدل رگرسیون گام به گام عقب رو با حذف الگوهایی که نقش کمتری در توجیه تغییرات سالانه SPI دارند

کل الگوها	ضریب رگرسیون چند متغیره R	درصد تبیین شاخص SPI
	۰/۸۳۷	۰/۷۰۱
الگوهایی که پس از مرحله دهم حذف نگردیدند*	۰/۷۸۳	۰/۶۱۳

NAO, WHWP, NP, SCAND, EA\WR, EP, TSA, MEI, AO*



شکل ۷: نقشه‌های (۱) نتایج حاصل از کاربرد مدل رگرسیون گام به گام در تشخیص الگوهایی که بیشترین نقش را در تبیین تغییرات SPI سالانه دارند. (۲) میزان تغییرات SPI توجیه شده درمدل رگرسیون چندگانه الگوهای ارتباط از دور.

نتایج

در این مقاله جهت به دست آوردن رابطه بین خشکسالی‌های فراگیر استان سیستان و بلوچستان و الگوهای چرخش بزرگ مقیاس جوی (ارتباط از دور) نیمکره‌ی شمالی از روش‌های مختلفی استفاده گردید. نتایج این پژوهش رابطه‌ی این الگوها با بروز خشکسالی سالانه استان را روشن می‌سازد. شاخص استاندارد بارش (SPI) در این پژوهش به عنوان معیار شدت وقوع خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از روش‌های آماری نظیر: همبستگی، معادلات رگرسیون چندمتغیره‌ی خطی و نهایتاً تحلیل‌های سینوپتیک متغیرهای اساسی جوی نیمکره‌ی شمالی (محدوده‌ی صفر تا ۱۲۰ درجه‌ی طول شرقی) همزمان با بروز خشکسالی‌های فراگیر استان، مؤثرترین الگوها و مکانیسم تأثیر آنها روشن گردید.

از مجموع بیش از ۲۰ الگوی ارتباط از دور با توجه به حضور و فعالیت آنها در طی فصول مختلف مشخص گردید که الگوهای POL, PDO, NP, NOI, MEL بیشترین همبستگی معنی‌دار را با شاخص SPI سالانه دارند. هر چند تفاوت‌های منطقه‌ای نیز در

این میان به چشم می‌خورد، از سوی دیگر تأثیر الگوهای ارتباط از دور بر شدت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان متقارن نبوده و به عبارت دیگر برخی از الگوها در شرایط خشکسالی نمود بیشتری پیدا نموده و فعال‌تر ظاهر می‌شوند.

در مجموع سالانه حدود ۷۰ درصد از تغییرات SPI سالانه‌ی استان به‌وسیله‌ی این الگوها تبیین می‌گردد. همچنین بر اساس معادله‌ی رگرسیون گام به گام و حذف متغیرهایی که کمترین تأثیر را در توجیه تغییرات SPI دارند، تاثیرگذارترین الگوها، الگوهای چند متغیره‌ی انسو (MEI)، قطبی- اورآسیا (POL) و نوسان شمالی (NOI) تعیین گردید.

در تحلیل سری‌های زمانی سالانه‌ی SPI نیز مشخص گردید الگوی MEI با توجیه ۲۱/۳ درصد تغییرات SPI به ازای هر واحد افزایش ۲۶ درصد (۲۹ میلی‌متر) و شاخص NOI با توجیه ۱۷/۳ درصد تغییرات SPI، ۱۲/۳ درصد (۱۳/۸ میلی‌متر) کاهش بارش را به ازای هر واحد افزایش به دنبال دارد و نهایتاً شدت خشکسالی را افزایش می‌دهد. الگوی POL نیز با توجیه ۱۵ درصد از تغییرات SPI، با کاهش هر واحد آن ۳۲/۵ درصد از میزان بارش استان کاسته و بر شدت خشکسالی افزوده می‌شود.

خشکسالی‌های سالانه‌ی استان سیستان و بلوچستان تقریباً با کشور پاکستان و افغانستان همزمان بوده است. در عین حال غرب آفریقا، شمال شرقی هند و شرق چین قطب‌های ناهنجاری‌های مثبت بوده و سایر نقاط ناهنجاری قابل ملاحظه نسبت به میانگین را نشان نمی‌دهند. همزمانی افزایش طول موج بلند زمینی (OLR) در سطح استان و شرق مدیترانه نشان‌دهنده‌ی کمبود محسوس رطوبت این مناطق می‌باشد. همزمان با ترسالی‌های عمده‌ی استان، سه قطب عمده‌ی ناهنجاری رطوبت و بارش نیمکره‌ی شمالی در آفریقای غربی، مرکز هند و استان سیستان و بلوچستان مستقر است. در عین حال در شرق اقیانوس هند خشکسالی حاکم است.

منابع و مأخذ

- ۱- خسروی، محمود؛ حسین نگارش. (۱۳۷۹). «بررسی اقلیم کشاورزی استان سیستان و بلوچستان». دانشگاه سیستان و بلوچستان. معاونت پژوهشی. طرح تحقیقاتی.
- ۲- مقدم، حسین؛ محمود خسروی. (۱۳۸۰). «پایش خشکسالی براساس نمایه SPI دهک‌ها و نرمال در استان سیستان و بلوچستان». مقاله ارائه شده در اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. دانشگاه زابل. مجموعه مقالات کنفرانس. ج ۳.
- 3- Aizen, M, and others, (2001). Precipitation and Atmospheric circulation pattern at Mid- latitudes of Asia-International Journal of Climatology- Vol. 21 No. 5.
- 4- Barlow M, Cullen H, Lyon B. (2002). Drought in Central and Southwest Asia: La Nina, the Warm Pool, and Indian Ocean Precipitation. Journal of Climate. 15.
- 5- Bradbury J.A and others (2002). New England drought and relations with large scale atmospheric circulation patterns-Journal of the American Water Resources Association-38.
- 6- Cane, M. A., (1991). Forecasting El Niño with a Geophysical Model. In: R.W. Katz, M.H. Glantz and N. Nicholls (Editors), ENSO Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies: Scientific Basis and Societal Impacts. Cambridge Univ. Press.
- 7- CPC 2004:<http://www.cpc.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.html>
- 8- Croderly I and Mc call M (2000). A model forecasting drought from teleconnections-Water Resources Research-36(3).
- 9- Cullen,H, And Others. (2002). Impacts of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow-Climate Change:55.
- 10- Dole R.M. (2001). Prospects for predicting droughts in the United States-Drought A Global Assessment-Vol 1-Edited by Wilhite D-Routledge-London-2000.
- 11- Glantz, M. H. (1991). Introduction' Glantz, M. H. (ed) Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies New York: Cambridge University Press.
- 12- Komouseu A .U (1999). Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey-Drought Network News-Vol. 11, No. 1.
- 13- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, Proceeding.
- 14- Nicolls, N., and Katz, R.W. (1991). Teleconnections and their implications for long-range forecasts' Glantz, M. H. (ed)

- Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies New York:Cambridge University Press.
- 15- OCHA / GVA (2000). Iran-Drought OCHA situation Report No 5-2000 / 0227-13.
 - 16- Quiring, S. M. and D. Blair (2000). The Utility of Global Teleconnection Indices for Long-Range Crop Forecasting on the Canadian Prairies, Geographical Essays V.3.
 - 17- Saji, N.H and Yamagata. T (2003). Interference of teleconnection patterns generated from the Tropical Indian and Pacific oceans- Climate Research-2003(In press).
 - 18- Shardul, A., Barlow, M, and others. (2001). The Drought and Humanitarian Crisis in Central and Southwest Asia ,A climate prespective- IRI Special Report , No. 01-11.
 - 19- Shaw G and Wheeler D. (1994). Statistical techniques in geographical analysis 2nd ed. London: Fulton.
 - 20- Szalai S, Szinell C.S and Zoboki. J (2000). Drought Monitoring In Hungry- Proceedings of an Expert Group Meeting held September 5-7, 2000, in Lisbon, Portugal.
 - 21- UPPENBRINK, J. (1997). Seasonal climate prediction' Science 277.
 - 22- Yin, Z. (1994). Moisture condition in the southeastern USA and teleconnection Patterns- International Journal of Climatology 14(9).

Archive