

تعیین عوامل موثر بر وقوع خشکسالی با تحلیل داده‌های پانلی (مطالعه موردی استان خراسان رضوی)

غزاله کواکبی^{۱*} - محمد موسوی بایگی^۲ - ابوالفضل مساعدی^۳ - مهدی جباری نوقابی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۹

چکیده

خشکسالی یک پدیده طبیعی خزنه است که با کمبود رطوبت نسبت به شرایط نرمال به کندی آغاز و به آرامی گسترش می‌یابد. این پدیده به شدت بر همه جوانب فعالیت‌های بشری تأثیرگذار است. در حالی که تعریف جامع و کاملی برای آن ارائه نشده و یک شاخص دقیق و فراگیری نیز برای پایش آن وجود ندارد. مطالعه حاضر ابتدا به پایش سالانه و فصلی خشکسالی ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی در طی یک دوره ۲۴ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۱) با دو شاخص SPI و RDI پرداخته است. سپس پارامترهای موثر بر خشکسالی سالانه و فصلی با روش داده‌های پانلی (داده‌های ترکیبی) و شاخص‌های SPI و RDI تعیین شود. براساس نتایج حاصل از پایش خشکسالی مشخص شد که خشکسالی نسبتاً شدیدی در سال ۲۰۰۸ در ایستگاه‌های همدید استان حاکم بوده است. تحلیل به روش داده‌های ترکیبی نشان داد که تمام شش پارامتر متوسط حداکثر و حداقل دما، ساعت آفتابی، بارش، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری - که برای محاسبه شاخص RDI استفاده می‌شوند - برای محاسبه خشکسالی سالانه و فصلی ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه نیاز نیست و تنها برخی از این پارامترها بسته به مقیاس زمانی مورد نظر نیاز است. پارامتر متوسط دمای حداقل در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصل تابستان، پارامتر درصد رطوبت نسبی در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصل بهار و زمستان به‌عنوان پارامترهای موثر پیش‌بینی انتخاب شدند. همچنین بارش نیز تنها عامل موثر بر خشکسالی با توجه به شاخص‌های SPI و RDI در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پانل دیتا، خراسان رضوی، خشکسالی، شاخص‌های SPI و RDI

مقدمه

که در تعریف شاخص‌های به‌کارگرفته شده است. علاوه بر بارندگی تغییر در مقادیر نرمال بسیاری از پارامترهای هواشناسی می‌تواند بر وقوع خشکسالی موثر باشد. مهم‌ترین پارامتری را که در این ارتباط می‌توان نام برد، تبخیر و تعرق می‌باشد که خود تحت تأثیر پدیده‌هایی چون دما، گرمای نهان تبخیر، سرعت باد، تابش خورشیدی، فشار هوا، رطوبت نسبی و... می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که در تحلیل خشکسالی بهتر است علاوه بر بارندگی پدیده تبخیر و تعرق را هم مورد بررسی قرار داد.

باتوجه به اهمیت خشکسالی به‌خصوص در مناطق دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، مطالعات بسیاری در رابطه با شناخت دقیق‌تر این پدیده و کمی‌سازی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است. یکی از ابزارهای پایش خشکسالی استفاده از شاخص خشکسالی می‌باشد تا بتوان آنرا به صورت کمی بیان نمود. باتوجه به این‌که هنوز یک تعریف پذیرفته شده جهانی در باره خشکسالی وجود ندارد (و بعید به نظر می‌رسد که تعریف واحدی از خشکسالی ارائه شود)، از این‌رو

خشکسالی یک پدیده‌ی اقلیمی و طبیعی است و یکی از پیچیده‌ترین بلاهای طبیعی به‌شمار می‌رود. تداوم آن معمولاً چند ساله و اثرات ناشی از آن حالت غیرساختاری دارد. بنابراین خسارات ناشی از آن در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، اجتماعی و غیره به‌صورت تدریجی ظاهر می‌شود. کاهش بارندگی به پایین‌تر از حد نرمال (میانگین درازمدت) نمود اصلی پیدایش خشکسالی هواشناسی است. کاهش رطوبت خاک و کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی از پیامدهای بعدی کاهش بارندگی است. بارش عمده‌ترین متغیری است

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: gh_kavakebi@yahoo.com)

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد

جمله امکان محاسبه در مقیاس‌های زمانی متفاوت را دارد. به علاوه تاثیر پارامتر درجه حرارت بر وقوع خشکسالی‌ها نیز در آن لحاظ شده‌است. بررسی نتایج حاصل از پایش خشکسالی با شاخص‌های SEPI و SPI همبستگی بیش از ۹۰ درصد را بین مقادیر این دو شاخص برای کلیه مقیاس‌های زمانی نشان داد. پایش خشکسالی ایستگاه همیدی مشهد با شاخص SEPI نشان می‌دهد که در مقیاس‌های زمانی ۱ تا ۳ ماهه، فراوانی وقوع خشکسالی زیاد و تداوم این پدیده کوتاه است اما با افزایش مقیاس زمانی از فراوانی وقوع خشکسالی کاسته شده ولی تداوم خشکسالی افزایش یافته‌است. زارع‌زاده مهریزی و مرید (۳) در مطالعه‌ای به پایش خشکسالی سیستم آب زاینده‌رود اصفهان با استفاده از تراز مخزن سد و شاخص‌های هواشناسی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه دو شاخص خشکسالی هواشناسی EDI و SPI را با روش هیدرولوژیکی براساس تراز مخزن، برای پایش خشکسالی سیستم منابع آب زاینده‌رود مقایسه نمودند. بدین‌منظور دوره خشکسالی ۸۰-۱۳۷۷ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که هر کدام از روش‌ها قابلیت‌هایی را دارند که طی دوره خشکسالی می‌توانند به مدیریت خشکسالی کمک کنند. لذا تاکید بر استفاده همزمان از چند شاخص برای پایش خشکسالی یک سیستم منبع آبی می‌گردد. برای منطقه مورد مطالعه در این تحقیق مشخص شد که برای اعلام شروع وضعیت خشکسالی بهتر است از روش SPI با دوره ۶ ماهه استفاده شود. مساعدی و قبائی (۷) مطالعه‌ای در زمینه اصلاح شاخص RDI انجام دادند. در این مطالعه، بررسی مناسبترین تابع توزیع نشان داد که جانسون اس بی^۲ توانسته است در ۵ ایستگاه از ۶ ایستگاه مورد بررسی به عنوان مناسبترین تابع توزیع انتخاب شود. مقایسه‌ی فراوانی طبقات مختلف خشکسالی شاخص‌های MRDI و RDI نشان داده که به‌کارگیری مناسبترین توزیع می‌تواند منجر به تغییر فراوانی و یا جابجایی طبقات مختلف خشکسالی در شاخص RDI گردد.

موریرا و همکاران (۱۴) به آنالیز انتقال کلاس خشکسالی SPI با استفاده از مدل‌های لگ خطی پرداختند. آن‌ها دوره‌ی آماری ۶۷ ساله را به سه دوره ۲۲-۲۳ ساله تقسیم کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دوره اول و سوم مشابه به یکدیگر می‌باشند و هر دو دوره خشکسالی شدیدتر از دوره دوم را دارند. اما اگر تنها دوره دوم و سوم مورد مقایسه قرار بگیرد، یکی از نتایجی که می‌توان گرفت این است که خشکسالی شدیدتر شده که این رفتار را به‌سادگی می‌توان به تغییر اقلیم نسبت داد. یان-جان (۱۸) با استفاده از داده‌های بارندگی چند ایستگاه، از شاخص SPI جهت آنالیز خشکسالی سالانه ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۱) استفاده کردند. نتایج این پژوهش حاکی از کم شدن فراوانی خشکسالی در حوضه رودخانه و افزایش شدت خشکسالی از شروع

شاخص‌های مختلفی در رابطه با خشکسالی معرفی شده‌اند. کاربرد شاخص‌های خشکسالی در خلاصه‌سازی بسیاری از پارامترهای موثر در خشکسالی در سطوح مختلف برای برنامه‌ریزان مفید است. نمایه‌های خشکسالی بر مبنای یک یا چند متغیر اقلیمی محاسبه می‌شوند. آسیایی (۱) مطالعه‌ای در زمینه خشکسالی براساس شاخص خشکسالی پالمر در مشهد انجام داد. نتایج حاصل از این روش می‌توان به بالا بودن درجه انحراف رطوبت در مشهد و عدم وجود نظم مشخص در آن که با نمودارهای ماهانه شاخص انحراف رطوبت به‌دست می‌آیند اشاره داشت. تعیین زمان شدیدترین خشکسالی و ترسالی یکی دیگر از نتایج حاصل از این مطالعه (به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۱ و ۱۹۹۷ رخ داده) است. مساعدی و همکاران (۶) در مطالعه‌ای به پایش خشکسالی در سطح استان گلستان پرداختند. آن‌ها در این مطالعه از شاخص بارندگی استاندارد شده سالانه^۱ SPI برای ارزیابی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان در طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۵۲ استفاده کردند و نقشه‌های وضعیت خشکسالی در طول دوره‌ی آماری موردنظر به تفکیک هر سال آبی را ترسیم نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که به‌طور کلی نوسانات وضع رطوبتی در استان گلستان زیاد می‌باشد. این محققین اضافه می‌نمایند که با توجه به نقشه‌های گستره خشکسالی در این استان، دامنه نوسانات و فراوانی خشکسالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی نیمه مرطوب و مرطوب قرار دارد، شدید است. کریمی‌نظر و همکاران (۵) در مطالعه‌ای به منظور بررسی عوامل اقلیمی موثر بر وقوع خشکسالی در زابل، از داده‌های متوسط حداکثر دمای سالانه، متوسط حداقل دمای سالانه، مجموع بارش سالانه، تعداد روزهای بارندگی سالانه، تعداد روزهای یخبندان سالانه، درصد رطوبت نسبی متوسط سالانه، متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه و متوسط سرعت باد در دوره زمانی ۸۵-۱۳۷۰ و مدل اسکالوگرام استفاده کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که در این منطقه، همیشه کم‌بارش‌ترین سال مصادف با شدیدترین خشکسالی نمی‌تواند باشد و نقش عوامل دیگر نیز در این میان مؤثر خواهد بود. همچنین تبخیر و تعرق پتانسیل از مهمترین عوامل مؤثر بر وقوع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. انصاری و همکاران (۲) پایش خشکسالی را با استفاده از شاخص بارندگی و تبخیر-تعرق استاندارد شده (SEPI) توسعه یافته براساس منطق فازی انجام دادند. آن‌ها برای این منظور از ترکیب دو تابع عضویت فازی مربوط به شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) و یک شاخص فرضی تبخیر-تعرق استاندارد شده (SEI)، شاخص جدیدی به نام شاخص SEPI را ارائه کردند که برای ایستگاه سینوپتیک مشهد تهیه شده‌است. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص SEPI کلیه مزایای شاخص SPI از

قرن ۲۱، می‌باشد. از دیگر نتایج این مطالعه، طبقه‌بندی انواع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه است که براساس آن دو وضعیت خشکسالی نسبتاً شدید و خشکسالی شدید از فراوانی بیشتری در سال‌های اخیر برخوردار شده‌اند. زهتاییان و همکاران (۱۹) مطالعه‌ای در ارتباط با تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای SPI و RDI در خراسان جنوبی انجام دادند. آن‌ها برای این منظور از داده‌های ۶ ایستگاه سینوپتیک خراسان جنوبی در طی دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۱-۱۹۹۰) استفاده کردند. نتایج حاصل از شاخص SPI حاکی از وقوع خشکسالی شدید در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۶، ۲۰۰۱ است. محاسبه خشکسالی براساس شاخص RDI از مقادیر سالانه دما و بارش و روش برآورد تبخیر تعرق پتانسیل تورنت وایت استفاده شد. نتایج این بخش نشان داد که ایستگاه‌ها در رده‌های خیلی شدید و شدید طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین مشخص شد که شاخص RDI فراوانی خشکسالی با شدت‌های بالا را بیشتر نشان می‌دهد. به‌طور کلی شاخص‌های متعددی برای ارزشیابی خشکسالی ارائه شده‌است که دو شاخص SPI و RDI بیشتر مرسوم است.

از سویی دیگر بررسی توام تغییرات زمانی و مکانی وضعیت خشکسالی می‌تواند اطلاعات جامع‌تر و کامل‌تری از وضعیت خشکسالی در اختیار قرار دهد که این امر ممکن است با داده‌های پانلی میسر شود. زیرا گاهی استدلال می‌شود داده‌های مقطعی، رفتارهای بلندمدت را نشان می‌دهند، در حالی که در داده‌های سری زمانی بر اثرات کوتاه‌مدت تأکید می‌شود. با ترکیب این دو خصوصیت در داده‌های تابلویی، که خصوصیت متمایز ساختار عمومی‌تر و پویاتری را می‌توان تصریح و برآورد کرد. تاکنون از داده‌های پانلی در مطالعات اقتصادسنجی استفاده گسترده‌ای شده است. یآوری و همکاران (۹) رابطه متنوع‌سازی صادرات و بهره‌وری را به تفکیک صنایع نه‌گانه کشور به روش داده‌های پانلی مورد ارزیابی قرار دادند و با استفاده از آزمون هاسمن، روش اثرات ثابت برای مدل‌سازی را به‌کار بردند. فطرس و برزگر (۴) اثرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در آسیای مرکزی و ایران را با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی داده‌های تلفیقی (پانلی) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوا در کشورهای موردنظر دارد و کشش‌پذیری انتشار گاز دی اکسید کربن تابعی افزایش از ضریب جینی است. مازین و همکاران (۱۳) روند تکاملی PH را با استفاده از پنل دیتا در اروپا به روش تخمین اثرات ثابت با حداقل مربعات بررسی کردند. وانگ (۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی شواهد تجربی عوامل تعیین‌کننده امنیت غذایی به‌عنوان یک تابع شامل فاکتورهایی نظیر: شاخص قیمت خرده-فروشی مواد غذایی، منطقه زیر کشت و اقلیم در دوره آماری ۲۰۰۷-۱۹۸۵ با استفاده از آنالیز دینامیکی پنل دیتا، پرداخت. آن‌ها در این مطالعه از روش‌های POLS، FE (اثرات ثابت)، DIFF-GMM و

SYS-GMM برای تخمین ارتباط بین متغیرهای ذکر شده استفاده کردند. مطالعه‌ی وی نشان داد که تغییرات آب و هوایی تاثیر قابل توجهی بر امنیت مواد غذایی در سال‌های جاری داشته‌است این در حالی است که قیمت مواد غذایی هیچ تاثیری بر روی امنیت مواد غذایی در این سال‌ها نداشته‌است. اتک و همکاران (۱۰) یک مدل نیمه پارامتریک پنل برای داده‌های نامتوازن با کاربرد تغییر اقلیم در منطقه‌ای در انگلستان توصیه کردند. آن‌ها این مدل را برای مدل‌سازی تغییرات درجه‌حرارت توسعه دادند. نتایج مطالعه با این مدل، نتایجی مشابه با یک آنالیز پارامتری را می‌دهد و وجود یک روند تدریجی رو به بالا در دمای منطقه را نشان می‌دهد اگرچه با استفاده از مدل ناپارامتری روند مشاهده شده در دما نسبت به پارامتری کمتر است. دو و همکاران (۱۲) مطالعه‌ای در مورد توسعه اقتصادی و انتشار گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید در چین با استفاده از آنالیز استانی پنل دیتا، انجام دادند. آن‌ها دریافتند که توسعه اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی و ساختار صنعت از مهم‌ترین عوامل موثر بر انتشار گاز کربن دی اکسید است در حالی که تاثیر ساختار مصرف انرژی، گسترش تجارت و شهرنشینی، سطوح قابل اغمازی می‌باشند. باستوس و همکاران (۱۱) به بررسی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت خشکسالی با استفاده از تکنیک پنل دیتا در برزیل پرداختند. مطالعه آن‌ها به دوبخش تقسیم شده‌است. در بخش نخست، تخمین تاثیرات کوتاه‌مدت پدیده‌های حدی بر روی ارزش‌های افزوده کشاورزی و درآمدهای محلی با استفاده از پانل دیتا انجام شده‌است. در بخش دوم این مطالعه بررسی اثرات دراز مدت خشکسالی بر روی الگوی رشد جمعیت و مهاجرت می‌باشد. برای این منظور بین داده‌های اندازه‌گیری خشکسالی بر مبنای داده‌های هواشناسی و داده‌های جمعیت حاصل از ۵ سرشماری در طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰، ارتباطی برقرار کردند. آن‌ها سن و تحصیلات را برای جمعیت نیز وارد مدل کردند (مدل اثرات ثابت به روش حداقل مربعات). نتایج این بخش نشان داد که افزایش پدیده‌های حدی جوی همراه با انتشار گازهای گلخانه‌ای یک محرک بالقوه در الگوهای شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه است.

با توجه به تحقیقات انجام شده در حالی که از تکنیک پانل دیتا (داده‌های ترکیبی) در مباحث اقتصادی و شناخت عوامل موثر بر یک پدیده استفاده گسترده‌ای می‌شود ولی کارایی این تکنیک در مباحث مربوط به خشکسالی هنوز چندان مورد آزمون قرار نگرفته‌است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، شناخت مهم‌ترین عوامل موثر بر خشکسالی بر اساس شاخص‌های SPI و RDI در سطح یک منطقه خشک و نیمه‌خشک بر اساس استفاده از تکنیک پانل دیتا (داده‌های ترکیبی) می‌باشد. به این منظور داده‌های ۱۰ ایستگاه سینوپتیک واقع در سطح استان خراسان رضوی در طول یک دوره ۲۴ ساله مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

داده‌های ماهانه متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، ساعت آفتابی، مقدار بارندگی، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ایستگاه‌های بشرویه، تربت حیدریه، سبزواری، سرخس، فردوس، قوچان، گلکان، گناباد، کاشمر و مشهد در طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۷ (به‌استثناء ایستگاه بشرویه که دارای دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۸ است) استفاده شده است (جدول ۱).

روش‌ها

شاخص خشکسالی RDI در سال ۲۰۰۵ معرفی براساس مقدار تجمعی بارش و تبخیر-تعرق پتانسیل ابداع شده است (۱۵). این شاخص دارای سه عبارت RDI آغازی، RDI نرمال شده و RDI استاندارد شده است. شاخص استاندارد شده RDI می‌تواند به صورت مستقیم با شاخص خشکسالی بارندگی استاندارد شده مقایسه شود. با توجه به اینکه شاخص RDI نسبت بارش به تبخیر-تعرق پتانسیل است، از اینرو نیاز به محاسبه مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل است. ایشان روش تورنت وایت را برای محاسبه مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل پیشنهاد دادند، اما به دلیل اینکه این روش مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل را در مناطق خشک و نیمه خشک کمتر از میزان واقعی آن برآورد می‌کند (۸)، از اینرو در این مطالعه از روش فائو پنمن مانیتیت جهت برآورد مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل استفاده شده است. در مطالعه‌ای که به بررسی استفاده از روش‌های مختلف برآورد میزان تبخیر-تعرق پتانسیل پرداخته است، مشخص گردید که اختلاف معنی‌داری در

استفاده از روش‌های هارگریوز، تورنت وایت، بلانی کریدل با روش فائو پنمن مانیتیت در تعیین وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص RDI وجود ندارد (۱۶).

برای محاسبه تبخیر-تعرق به روش فائو پنمن مانیتیت از پارامترهای متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، ساعت آفتابی، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری استفاده شده است. پس از محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل، شاخص خشکسالی RDI محاسبه گردید. سپس با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد SPI، خشکسالی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از نرم‌افزارهای Excell، R و DIP استفاده شده است.

پانل دیتا (داده‌های ترکیبی)

انواع داده‌هایی که معمولاً برای تحلیل‌های تجربی استفاده می‌شوند، عبارتند از: داده‌های سری زمانی داده‌های مقطعی داده‌های تلفیقی سری زمانی و مقطعی (داده‌های پانلی) داده‌های تابلویی ترکیبی از داده‌های مقطعی و سری زمانی هستند، یعنی اطلاعات مربوط به داده‌های مقطعی در طول زمان مشاهده می‌شود. بدین صورت که چنین داده‌هایی دارای دو بعداند که یک بعد آن مربوط به واحدهای مختلف در هر مقطع زمانی خاص است و بعد دیگر آن مربوط به زمان می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها مشخصات اقلیمی ایستگاه‌ها

ایستگاه	طول جغرافیایی E	عرض جغرافیایی N	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر)	اقلیم (دومارتن)
بشرویه	۵۷°۲۷'	۳۳°۵۴'	۸۸۵	۱۷/۶۵	۹۲/۹۸	خشک
تربت حیدریه	۵۹°۱۳'	۳۵°۱۶'	۱۴۵۰/۸	۱۴/۱۶	۲۶۲/۳	نیمه‌خشک
سبزواری	۵۷°۴۳'	۳۶°۱۲'	۹۷۷/۶	۱۸/۲۵	۱۹۱/۳۵	خشک
سرخس	۶۱°۱۰'	۳۶°۳۲'	۲۳۵	۱۸/۰۸	۱۸۹/۵۷	خشک
فردوس	۵۸°۱۰'	۳۴°۱۰'	۱۲۹۳	۱۷/۴۲	۱۳۷/۵۶	خشک
قوچان	۵۸°۳۰'	۳۷°۴۰'	۱۲۸۷	۱۲/۸۱	۳۱۱/۵۲	نیمه‌خشک
کاشمر	۵۸°۲۸'	۳۵°۱۲'	۱۱۰۹/۷	۱۷/۸۶	۱۹۵/۳۵	خشک
گلکان	۵۹°۱۷'	۳۶°۲۹'	۱۱۷۶	۱۳/۴۷	۲۲۲/۵۸	خشک
گناباد	۵۸°۴۱'	۳۴°۲۱'	۱۰۵۶	۱۷/۳۸	۱۳۸/۸	خشک
مشهد	۵۹°۳۸'	۳۶°۱۶'	۹۹۹/۲	۱۵/۳۵	۲۴۳/۴۰	خشک

روند در داده‌ها، انتخاب مدل مناسب آغاز شد. به این منظور مدل‌های OLS، Fixed dum، (مدل رگرسیون ادغام شده اثر ایستگاه‌ها)، Fixed dum1 (مشابه مدل Fixed dum تنها عرض مبداء در این مدل در نظر گرفته می‌شود) و اثرات ثابت پانلی، اثر تصادفی و مدل pool (ادغام) بر داده‌ها برآزش داده‌شد.

با استفاده از آزمون Pftest بهترین مدل در بین مدل‌هایی که مناسب تشخیص داده‌شدند، انتخاب می‌گردد. این آزمون تنها در بین مدل‌های OLS، Fixed dum، Fixed dum1 و اثر ثابت کاربرد دارد. در صورتی که دو مدل اثر ثابت و تصادفی دارای P-value کمتر از ۰/۰۵ باشد، از آزمون هاسمن (Phtest) به‌منظور انتخاب بهترین مدل بین اثر ثابت و تصادفی استفاده می‌شود. برای انتخاب مدل ادغامی در صورتیکه مقدار P-value آن کمتر از ۰/۰۵ باشد، نیاز آزمون ادغام داده‌های مکانی، زمانی و در مرحله سوم این آزمون، ادغام مکانی و زمانی (هر دو باهم) انجام گیرد. در صورتی که نتایج این سه آزمون ادغام، خاصیت ادغام‌پذیری داده‌ها را تایید کردند، می‌توان مدل Pool را به‌عنوان یک مدل مناسب دانست. در صورتی که مدل OLS و نیز مدل اثر تصادفی در طی بررسی برای یک ماتریس پانلی، هر دو دارای مقدار P-value کمتر از ۰/۰۵ باشد، از آزمون بروش-پاگان (Pbmttest) جهت تعیین انتخاب بهترین مدل استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون‌های پانل بر روی شاخص بارندگی

استاندارد شده (SPI)

دوره زمانی سالانه

به‌منظور استفاده از داده‌های ترکیبی ابتدا لازم است ماتریسی از ترکیب سری زمانی و مکانی داده‌ها تشکیل شود. داده‌های تشکیل‌دهنده ستون‌های این ماتریس، شامل بارندگی (به‌عنوان تنها متغیر مستقل) و نیز مقدار شاخص SPI (به‌عنوان متغیر وابسته) می‌باشد. ردیف‌های این ماتریس نیز تعداد سال‌ها و نیز تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین ماتریس تشکیل‌دهنده برای دوره زمانی سالانه ۱۷۹×۴ است.

مدل مناسب برای شاخص SPI سالانه، مدل Fixed dum (مدل رگرسیونی خطی با برآوردگر OLS) معادله ۴ است. باتوجه به این‌که بارش تنها پارامتر مستقل در این شاخص است، از این‌رو به‌عنوان پارامتر موثر شناخته شد. مقادیر P-value ذکر شده نیز مربوط به آزمون T نمونه‌های جفت شده و آزمون همبستگی می‌باشد.

$$\begin{aligned} SPI_{\text{annual}} &= 0.013X_{\text{prf}_{it}} + \beta_0 \\ \text{Corr. test} &= 0.85 \\ P\text{-value}_{\text{cor}} &= 0 \end{aligned} \quad (۳)$$

داده‌های پانلی به مجموعه داده‌هایی اطلاق می‌شود که براساس آن مشاهدات به وسیله تعدادی از متغیرهای مقطعی (N) در طول یک دوره زمانی (T) مشخص مورد بررسی قرار گرفته باشند. در این صورت این N*T داده آماری را داده‌های پانلی یا مقطعی-سری زمانی گویند. به این دلیل که داده‌های ترکیبی دربرگیرنده هر دو جنبه داده‌های سری زمانی و داده‌های مقطعی است، به‌کارگیری مدل‌های توضیح‌دهنده آماری مناسبی که ویژگی‌های آن متغیرها را توصیف کند، پیچیده‌تر از مدل‌های استفاده شده در داده‌های مقطعی و سری زمانی است.

مدل‌های رگرسیونی پانل دیتا

تغییرات یک متغیر (y) برحسب تعدادی از متغیرهایی (x) که ممکن است سبب تغییرات y شود، می‌تواند در قالب یک تابع و به صورت معادله ۱ بیان شود:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (۱)$$

اندیس k تعداد متغیرهای توضیحی را نشان می‌دهد. صورت پانلی رگرسیون در حالت خطی مطابق رابطه ۲ است.

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (۲)$$

k: تعداد متغیرهای توضیحی، t: تعداد افراد یا مقاطع (از ۱ تا i)،

t: تعداد مقاطع زمان (از ۱ تا t)

داده‌های پانلی به‌منظور تعیین عوامل موثر بر وقوع خشکسالی سالانه و فصلی براساس دو شاخص SPI و RDI در مطالعه حاضر استفاده شده است.

به این منظور در ابتدا پنج ماتریس ۱۷۹×۴ (دوره زمانی سالانه و چهار فصل) از ترکیب داده‌های بارندگی ایستگاه‌ها و مقدار SPI هر ایستگاه برای تعیین عامل موثر خشکسالی برای شاخص SPI و پنج ماتریس ۱۷۹×۹ (دوره زمانی سالانه و چهار فصل) برای شاخص RDI که شامل ۶ متغیر مستقل متوسط دمای حداکثر، متوسط دمای حداقل، ساعت آفتابی، مقدار بارندگی، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و مقدار RDI که متغیر وابسته این ماتریس می‌باشد، تشکیل شد.

داده‌های مورد مطالعه ابتدا به فرمت مورد نیاز برای نرم‌افزار R تبدیل گشته و پس از آن آزمون‌های لازم برای مشخص کردن مدل مناسب آغاز گردید. نخست نمودار coplot جهت بررسی نحوه تغییرات هر شاخص با زمان، پس از آن با استفاده از دستور scatterplot نحوه تغییرات هر شاخص با مشخص کردن ایستگاه‌ها رسم گردید. با استفاده از plotmean تغییرات میانگین مقادیر شاخص‌ها در مقابل زمان و بار دیگر در مقابل ایستگاه‌ها ترسیم شد. با استفاده از این پلات‌ها ایستایی واریانس و میانگین داده‌های شاخص‌های SPI و RDI بررسی گردید. بعد از آگاهی از عدم وجود

شده‌اند. مدل اثرات ثابت پانلی برای این دوره زمانی مناسب شناخته شد. معادله بدست آمده برای این دوره (معادله ۴) و نتایج آزمون‌های آماری در زیر ذکر شده‌است. جدول ۳ مقادیر عرض از مبدا مرتب با هر ایستگاه است.

$$SPI_{spring} = 0.022X_{prt,t} - 1.35 + \beta_0 \quad (4)$$

$$P - value_{Ftest} = 0.0066$$

$$Cor. test = 0.87$$

$$P - value_{cor} = 0$$

$$P - value_{Ftest} = 0.00329$$

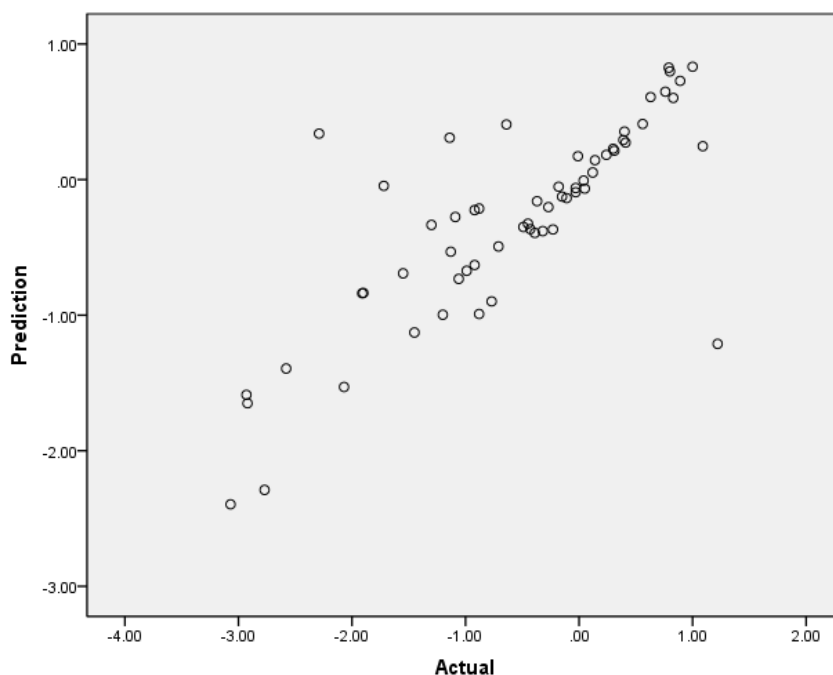
در صورت داشتن مقدار بارندگی هر سال می‌توان از معادله رگرسیونی به‌دست‌آمده جهت برآورد مقدار خشک‌سالی SPI تنها براساس پارامتر بارش برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی در این تحقیق، استفاده کرد.

بهار

ماتریس تشکیل دهنده بهار مانند مقیاس زمانی سالانه است تنها با این تفاوت که در این دوره زمانی داده‌های بهار ۱۸ سال گذاشته

جدول ۲- مقادیر عرض از مبدا β_0 براساس معادله ۳ (دوره سالانه شاخص SPI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

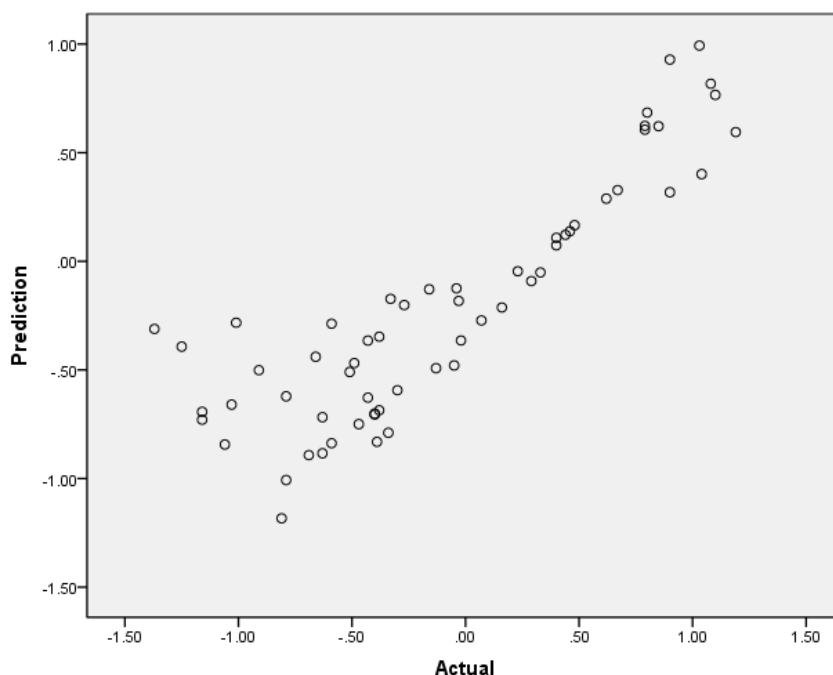
نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویہ	-۱/۰۵	تریت حیدریہ	-۳/۳۳	سبزوار	-۲/۴۰	سرخس	-۲/۳۷	فردوس	-۱/۶۳
قوچان	-۳/۹۴	کاشمر	-۲/۴۰	گلمکان	-۲/۸۰	گناباد	-۱/۵۴	مشهد	-۳/۰۷



شکل ۱- نمودار پراکندگی مقادیر SPI سالانه محاسبه شده در مقابل SPI بدست آمده از معادله ۳

جدول ۳- مقادیر عرض از مبدا β_0 براساس معادله ۴ (فصل بهار شاخص SPI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویہ	۱/۰۱	تریت حیدریہ	-	سبزوار	۰/۴۹	سرخس	۰/۴۱	فردوس	۰/۹۰
قوچان	-۰/۶۸	کاشمر	۰/۴۶	گلمکان	-۰/۵۹	گناباد	۰/۷۳	مشهد	-۰/۳۳



شکل ۲- نمودار پراکندگی مقادیر SPI بهار محاسبه شده در مقابل بدست آمده از معادله ۴

$$SPI_{autumn} = 0.037X_{pri_{it}} + \beta_0 \quad (۶)$$

$$F - value_{F_{test}} = 0.10$$

$$Cor. test = 0.84$$

$$F - value_{cor} = 0$$

تابستان

برای این دوره زمانی نیز مانند فصل بهار، مدل اثر ثابت پانلی تعیین شد. در این دوره نیز مقادیر عرض از مبداء اختصاص یافته برای هر ایستگاه β_0 در جدول ۴ ذکر شده است. معادله ۵ معادله پانلی برای این دوره زمانی می‌باشد.

$$SPI_{summer} = 0.14X_{pri_{it}} - 595 + \beta_0 \quad (۵)$$

$$F - value_{F_{test}} = 0.18$$

$$Cor. test = 0.70$$

$$F - value_{cor} = 0$$

زمستان

برای این دوره نیز مدل خطی Fixed dum مناسب تشخیص داده شد.

$$SPI_{winter} = 0.021X_{pri_{it}} + \beta_0 \quad (۷)$$

$$F - value_{F_{test}} = 0.26$$

$$Cor. test = 0.96$$

$$F - value_{cor} = 0$$

پاییز

مدل خطی Fixed dum با برآوردگر OLS برای فصل پاییز انتخاب گردید. معادله این مدل و نیز نتایج حاصل از آزمون‌های همبستگی و T نمونه‌های جفت شده در زیر آورده شده است.

جدول ۴- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۵ (فصل تابستان شاخص SPI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویہ	۰/۵۳	تریت حیدریہ	-	سبزوار	۰/۰۹۷	سرخس	۰/۲۵	فردوس	۰/۲۸
قوچان	-۰/۷۶	کاشمر	۰/۱۷۵	گلمکان	-۰/۱۶	گناباد	۰/۲۹۵	مشهد	-۰/۲۶

جدول ۵- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۶ (فصل پاییز شاخص SPI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویہ	-۰/۵۷	تریت حیدریہ	-۲/۰۱	سبزوار	-۱/۵۱	سرخس	-۱/۴۵	فردوس	-۱/۰۴
قوچان	-۲/۶۱	کاشمر	-۱/۴۹	گلمکان	-۱/۴۶	گناباد	-۰/۹۱	مشهد	-۱/۵۷

جدول ۶- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۷ (فصل زمستان شاخص SPI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویه	-۱/۱۷	تربت حیدریه	-۳/۲۷	سبزوار	-۲/۳۴	سرخس	-۲/۳۱
قوچان	-۳/۰۵	کاشمر	-۲/۴۷	گلمکان	-۱/۹۸۹	گناباد	-۱/۷۳
						فردوس	-۱/۸۳
						مشهد	-۲/۶۶

$$P - value_{cor} = 0$$

بهار

براساس دوره زمانی ۱۸ ساله مدل اثرات ثابت پانلی مناسب شناخته شد. ابتدا پارامتر متوسط دمای حداقل (T_{min})، پس از آن درصد رطوبت نسبی (RH) و در آخر متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (U_2) به عنوان پارامترهای بدون تاثیر معنی دار در مدل تعیین و از مدل حذف گردیدند.

$$RDI_{spring} = 6.797 + 0.009Npri_{18} - 0.886N_{T_{min_{18}}} + 0.088N_{RH_{18}} + \beta_2$$

$$F - value_{T_{test}} = 0 \quad (9)$$

$$Cor. test = 0.71$$

$$P - value_{cor} = 0$$

براساس این مدل، بارش (Pri)، متوسط دمای حداکثر (T_{max}) و ساعت آفتابی (Sun) به عنوان عوامل تاثیرگذار بر مقدار شاخص خشکسالی RDI مشخص شدند.

نتایج حاصل از آزمون‌های پانل بر روی شاخص شناسایی خشکسالی (RDI)

دوره زمانی سالانه

در این مقیاس زمانی یک ماتریس 179×9 (برای ۱۸ سال) موجود می‌باشد. در این دوره زمانی، مانند دوره زمانی سالانه شاخص SPI، مدل Fixed dum1 به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید. پارامترهای متوسط دمای حداکثر (T_{max})، ساعت آفتابی (N) و عرض از مبداء β_0 به ترتیب از مدل حذف شدند. بر این اساس عوامل مقدار بارندگی سالانه (pri)، متوسط سرعت باد در ارتفاع دو متری (u_2)، متوسط حداقل دما (T_{min}) و متوسط درصد رطوبت نسبی (RH) مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر خشکسالی در مقیاس سالانه و بر اساس شاخص RDI می‌باشند. مدل رگرسیونی (معادله ۸) و نیز نتایج حاصل از آزمون T و همبستگی در مورد این شاخص به صورت زیر است:

$$RDI_{annual} = 0.818Npri_{18} - 0.46Nu_{2_{18}} - 0.076NT_{min_{18}} + 0.028NRH_{18} + \beta_2$$

$$F - value_{T_{test}} = 0.128 \quad (8)$$

$$Cor. test = 0.94$$

جدول ۷- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۸ (دوره زمانی سالانه شاخص RDI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

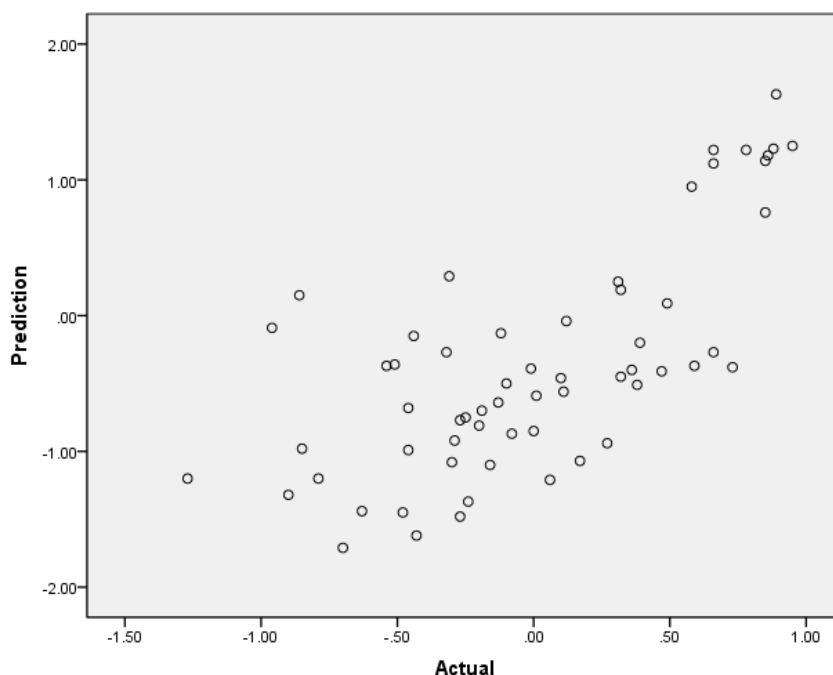
نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویه	-۰/۸۷	تربت حیدریه	-۳/۴۷	سبزوار	-۱/۸۵	سرخس	-۲/۳۰
قوچان	-۴/۵۹	کاشمر	-۲/۱۹	گلمکان	-۲/۷۹	گناباد	-۱/۴۲
						فردوس	-۱/۱۶
						مشهد	-۳/۲۷

جدول ۸- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۹ (فصل بهار شاخص RDI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویه	۳/۴۴	تربت حیدریه	-	سبزوار	۲/۰۴	سرخس	۱/۷۶
قوچان	-۱/۰۷	کاشمر	۱/۶۵	گلمکان	-۰/۵۴	گناباد	۲/۰۷
						فردوس	۲/۳۵
						مشهد	۰/۰۳

جدول ۹- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۱۰ (فصل تابستان شاخص RDI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویه	-۰/۴۶	تربت حیدریه	-	سبزوار	-۱/۱۷	سرخس	-۰/۵
قوچان	-۰/۱۷	کاشمر	-۰/۷۳	گلمکان	۰/۴۵	گناباد	-۰/۲۸
						فردوس	-۰/۲۲
						مشهد	-۰/۴۲



شکل ۳- نمودار پراکنندگی مقادیر RDI بهار محاسبه شده در مقابل RDI بدست آمده از معادله ۹

جدول ۱۰- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۱۱ (فصل پاییز شاخص RDI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0	نام ایستگاه	مقدار β_0
بشرویه	۲/۶۹۹	تربت حیدریه	۱/۷۲	سبزوار	۲/۸۶	سرخس	۲/۸۰
قوچان	۱/۱۷	کاشمر	۲/۵۷	گلمکان	۲/۲۱	گناباد	۲/۹۹۶
						فردوس	۳/۱۶۵
						مشهد	۱/۷۲

تابستان

مدل انتخاب شده این دوره، مدل اثرات ثابت پانلی می‌باشد. در مدل انتخاب شده پارامترهای متوسط دمای حداقل، متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، ساعت آفتابی و متوسط دمای حداکثر حذف شدند. براساس مدل به‌دست‌آمده بارش و متوسط حداقل دما به‌عنوان پارامترهای موثر بر محاسبه مقدار شاخص خشک‌سالی RDI در تابستان مشخص گردید. معادله ۱۰، مدل پانل بدست آمده برای این دوره می‌باشد. مقادیر عرض از مبداء مربوط به هر ایستگاه در جدول ۹ ذکر شده است.

$$RDI_{summer} = -4.887 + 0.11X_{Apr_{IT}} + 0.27X_{Tmin_{IT}} + \beta_0 \quad (10)$$

$$F - value_{Ttest} = 0.31$$

$$Cor. test = 0.46$$

$$F - value_{cor} = 0$$

پاییز

مدل انتخاب شده برای این فصل مانند دوره زمانی سالانه،

Fixed dum می‌باشد. با توجه به داده‌های دوره ۱۸ ساله پاییز، پارامترهای ساعت آفتابی، درصد رطوبت نسبی و متوسط دمای حداقل به ترتیب از مدل حذف شدند و در انتها، متوسط حداکثر دما، بارش و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری عوامل موثر جهت محاسبه مقدار RDI مشخص شدند.

$$RDI_{summer} = 0.027X_{Apr_{IT}} - 0.19X_{Tmax_{IT}} - 0.16X_{U_{IT}} + \beta_0$$

$$F - value_{Ttest} = 0.004 \quad (11)$$

$$Cor. test = 0.84$$

$$F - value_{cor} = 0$$

زمستان

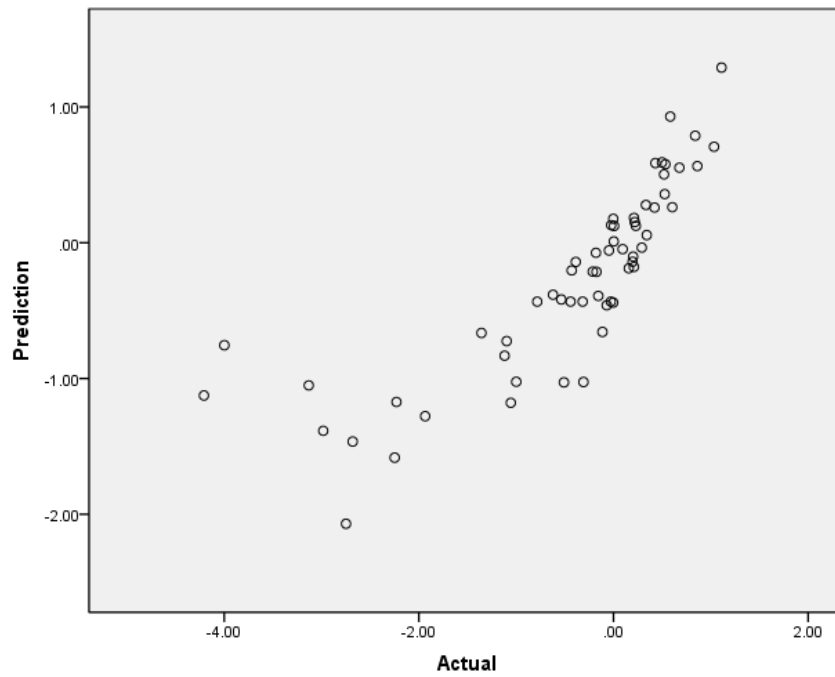
مدل مناسب برای زمستان، مانند پاییز و دوره زمانی سالانه می‌باشد. مدل Fixed dum نیز برای این دوره مناسب تشخیص داده شد. متوسط دمای حداقل تنها پارامتر غیر موثر می‌باشد. معادله مدل بدست آمده و نتایج حاصل از آزمون T نمونه‌های جفت شده و همبستگی این مدل به شکل زیر است:

Cor.test = 0.96

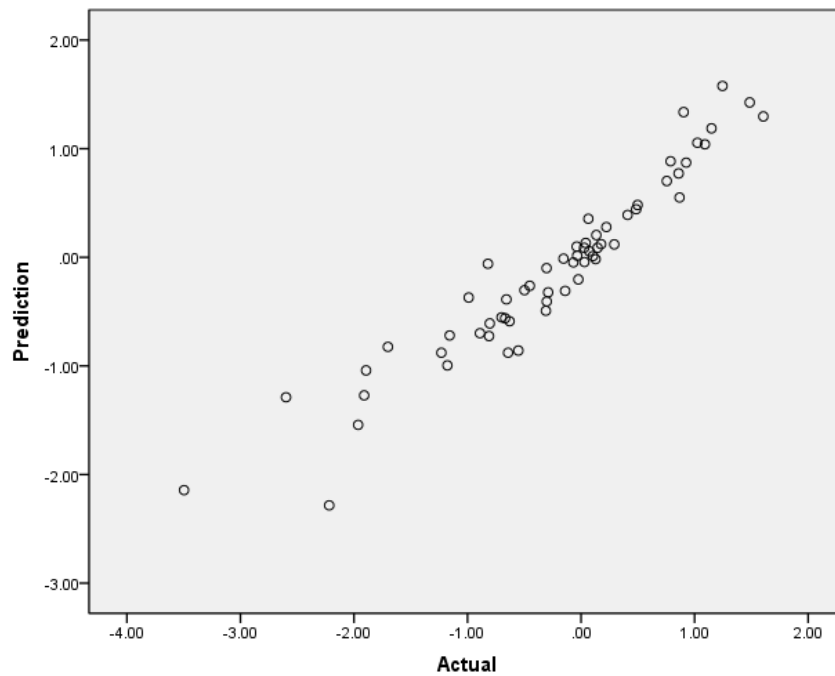
F - value_{cor} = 0

$$RDI_{summit} = 0.016X_{pri} + 0.08X_{Tmax} - 0.26X_{Tmin} - 0.000666X_{Tmax} + 0.04X_{Tmin} + \beta_0 \quad (12)$$

F - value_{Ttest} = 0



شکل ۴ - نمودار پراکندگی مقادیر RDI پاییز محاسبه شده در مقابل RDI بدست آمده از معادله ۱۱



شکل ۵ - نمودار پراکندگی مقادیر RDI زمستان محاسبه شده در مقابل RDI بدست آمده از معادله ۱۲

جدول ۱۱- مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۱۲ (فصل زمستان شاخص RDI) در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار R_{00}	نام ایستگاه	مقدار R_{00}	نام ایستگاه	مقدار R_{00}	نام ایستگاه	مقدار R_{00}
بشرویه	-۱/۷۱	تربت حیدریه	-۱/۸۴	سبزوار	-۲/۵۲	فردوس	-۱/۸۴
قوچان	-۳/۹۹	کاشمر	-۲/۴۱	گلمکان	-۲/۴۱	مشهد	-۳/۴۳

دو مقدار واقعی و پیش‌بینی شده می‌باشد.

عوامل تاثیر گذار بر وضعیت خشکسالی بر اساس هر یک از شاخص‌های مورد بررسی و در هر یک از دوره‌های زمانی در جدول ۱۲ خلاصه شده است.

تنها پارامتر موثر برای پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در پنج مقیاس کار شده در این مطالعه (دوره زمانی سالانه و فصلی)، بارندگی می‌باشد. باتوجه به شاخص RDI در هر مقیاس زمانی پارامترهای مختلفی بعنوان پارامتر تاثیرگذار در پیش‌بینی خشکسالی انتخاب شدند. پارامتر بارش بعنوان پارامتر موثر برای خشکسالی در پنج مقیاس زمانی شاخص RDI تعیین شد. درصد رطوبت نسبی نیز برای پیش‌بینی خشکسالی در مقیاس‌های زمانی سالانه، بهار و زمستان لازم می‌باشد. متوسط دمای حداقل برای پیش‌بینی خشکسالی در دوره زمانی سالانه و فصل تابستان و متوسط دمای حداکثر برای سه فصل بهار، پاییز و زمستان ضروری می‌باشند. سرعت باد در ارتفاع ۲ متری نیز جهت پیش‌بینی خشکسالی در مقیاس‌های سالانه، فصل پاییز و زمستان کاربرد دارد.

بنابراین، بر اساس معادلات استخراج شده می‌توان تنها با داشتن مقدار بارندگی در ایستگاه‌های واقع در خراسان رضوی به صورت مستقیم و با سرعت و به سهولت وضعیت خشکسالی را بر اساس شاخص SPI و با استفاده از معادلات ۷-۳ در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی تعیین نمود. مشابه همین مورد را می‌توان در رابطه با تعیین وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص RDI بدون استفاده از محاسبات پیچیده تعیین مقدار تبخیر و تعرق و همچنین نرم‌افزارهای محاسبه شاخص RDI و فقط بر اساس معادلات ۱۲-۸ به سهولت تعیین نمود.

نتایج حاصل از پایش خشکسالی ایستگاه‌های مورد مطالعه، حاکی از وقوع خشکسالی در سال ۲۰۰۸ در بیشتر قسمت‌های استان خراسان رضوی می‌باشد. براساس شاخص خشکسالی SPI تنها ایستگاه بشرویه در سال ۲۰۰۸ دارای وضعیت نرمال بوده است. سایر ایستگاه‌ها شدت‌های مختلف خشکسالی را نشان دادند. شاخص خشکسالی RDI نیز دو ایستگاه بشرویه و فردوس را در سال ۲۰۰۸ دارای وضعیت نرمال نشان داده و در سایر ایستگاه‌های دیگر مورد بررسی، خشکسالی مشخص گردید.

براساس مقدار p-value به دست آمده از آزمون T مشخص می‌گردد که مدل انتخاب شده سالانه و تابستان شاخص RDI و نیز مدل فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان شاخص SPI در سطوح ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد پذیرفته می‌شود. کم بودن مقدار p-value از ۰/۰۵ در مقیاس‌های سالانه و بهار شاخص SPI و نیز فصل‌های بهار، پاییز و زمستان شاخص RDI به معنی مناسب بودن مدل‌های بدست آمده برای این مقیاس‌ها نمی‌باشد. تنها با این آزمون مشخص می‌شود که متوسط اختلاف مقادیر محاسبه شده هر شاخص با مقدار بدست آمده از مدل در طی ۶ سال آخر مورد مطالعه در این تحقیق دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند، اما باتوجه به میزان همبستگی بالای بین مقادیر پیش‌بینی شده ۶ سال آخر هر ایستگاه و مقادیر واقعی آن می‌توان دریافت که مدل‌های بدست آمده صحیح می‌باشند. بنابراین اگر اثر زمان از داده‌ها و در نهایت از مدل حذف شود، آزمون T نیز معنی‌دار نخواهد شد. مقادیر $P_{cor.test}$ گزارش شده در مدل‌ها، مشخص کننده همبستگی کاملاً معنی‌دار بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده براساس مدل می‌باشد. در واقع معنی‌دار شدن آزمون T نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین متوسط مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی می‌باشد؛ اما همبستگی قوی و معنی‌دار، حاکی از هم راستایی زیاد بین

جدول ۱۲- عوامل تاثیر گذار بر وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص‌های SPI و RDI و در هر یک از دوره‌های زمانی

SPI		RDI			متوسط حداقل		سالانه
بارندگی	سرعت باد در ارتفاع ۲ متری	متوسط درصد رطوبت نسبی	بارندگی	ساعت آفتابی	متوسط حداکثر دما	متوسط حداقل دما	
+	+	+	+	-	-	+	سالانه
+	-	+	+	-	+	-	بهار
+	-	-	+	-	-	+	تابستان
+	+	-	+	-	+	-	پاییز
+	+	+	+	+	+	-	زمستان

منابع

- ۱- آسیایی م. ۱۳۸۵. پایش خشکسالی در مشهد- با استفاده از شاخص خشکسالی پالمیر. مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، ۷، ۱۸۶-۱۶۷.
- ۲- انصاری ح.، داوری ک. و ثنائی نژاد ح. ۱۳۸۹. پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارندگی و تبخیر تعرق استاندارد شده (SEPI)، توسعه یافته براساس منطق فازی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴: ۵۲-۳۸
- ۳- زارع‌زاده مهریزی م. و مرید س. ۱۳۹۰. پایش خشکسالی با استفاده از تراز مخزن سد و شاخص‌های هواشناسی (مطالعه موردی سیستم آب زاینده‌رود اصفهان). مجله‌ی تحقیقات آب و خاک ایران (۱۴۲) ۱۹-۲۶.
- ۴- فطرس م.ح. و برزگر ح. ۱۳۹۰. اثرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در آسیای مرکزی و ایران، ۲۰۰۷-۱۹۹۵.
- ۵- کریمی‌نظر م.، مقدم‌نیا ع.ر. و مساعدی ا. ۱۳۸۸. بررسی عوامل اقلیمی مؤثر بر وقوع خشکسالی (مطالعه موردی: منطقه زابل)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۷(۱)، ۱۴۵-۱۵۸.
- ۶- مساعدی ا.، خلیلی‌زاده م.، محمدی‌استادکلایه ا. ۱۳۸۶. پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع-طبیعی ۱۵(۲).
- ۷- مساعدی ا. و قبائی سوق م. ۱۳۹۰. اصلاح شاخص RDI با انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران. نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی ۱ و ۲ آذر ۱۳۹۰.
- ۸- موسوی بایگی م. و اشرف ب. هوا و اقلیم‌شناسی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۴ ص.
- ۹- یآوری ک.، اشرف‌زاده ح.ر. و احمدزاده خ. ۱۳۸۹. متنوع‌سازی صادرات و بهره‌وری در صنایع کشور. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۳، ۷۳-۵۳.
- 10- Atak A., Linton O. and Xiao Z. 2011. A semiparametric panel model for unbalanced data with application to climate change in the United Kingdom. *Journal of Econometrics* 164 : 92-115.
- 11- Bastos P. Busso M. and Miller S. 2012. Short and long-term impacts of drought: Evidence from Brazilian municipalities.
- 12- DU L., WEI C. and CAI S. 2012. Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis. *China Economic Review* 23 : 371-384.
- 13- Marin E., Perez- Amaral T., Rua A. and Hernandez E. 2001. The evolution of the PH in Europe (1997-1986) using panel data. *Chemosphere* 45 : 329-337.
- 14- Moreira E., Paulo A., Pereira L. and Mexia J. 2006. Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. *Journal of Hydrology* 331: 349- 359.
- 15- Tsakiris G. and Vangelis H. 2005. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water* 9/10:3-11.
- 16- Vangelis H., Tigkar D. and Tsakiris G. 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation., *Journal of Arid Environments* 88 (2013) 130e140.
- 17- Wang J. 2010. Food Security, Food Prices and Climate Change in China: a Dynamic Panel Data Analysis. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 1 : 321-324.
- 18- Yan-jun I, Xiao-dong Z., Fan L. and Jing M. 2012. Analysis of Drought Evolvement Characteristics Based on Standardized Precipitation Index in the Huaihe River Basin. *Journal of Procedia Engineering* 28 : 437-434.
- 19- Zehtabian G.H., Karimi K., Nakhaee nezhad fard S., Mirdashtvan M. and Khosravi H. 2013. Comparability Analyses of the SPI and RDIMeteorological Drought Indices in South Khorasan province in Iran. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research* (9)1.981-992.



Determining of most Effective Factors on drought Using of Panel Data Analyse (Khorasan Razavi Province)

Gh. Kavakebi^{1*}- M. Mousavi Baygi²-A. Mosaedi³-M. Jabbari Noghabi⁴

Received:02-02-2014

Accepted:21-10-2014

Abstract

Drought is a natural creeping event that starts due to lower moisture compared to normal condition. This phenomenon impacts all aspects of human activities. However there is neither any detailed definition nor a general and proper index for drought monitoring In the present study using the Drought indices SPI and RDI to monitor drought in 10 synoptic stations in the province were studied over a period of 24 years(1991-2010). After using panel data analysis of annual and seasonal drought tried to detecte effective the parameters above were measured using two indicators. Based on the results of monitoring Drought was found a severe drought that the 2008 in the province. Also, analyse of Panel data was show all six parameters mean of maximume tempretuer, mean of minimum tempreture, sun shine, precipitation, relative humidity and mean wind speed in 2 meters that to calculate the drought index RDI, not required to calculate Drought in time scale of annual and seasonal in 10 stations; due time scale, only of some these parameters are required. Based on SPI, precipitation is necessary for time scale annual and seasonal droghut.

Keywords: Panel Data, Khorasan Razavi, Drought, SPI, RDI

1,2- MSc Student and of Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(*- Corresponding Author Email:gh_kavakebi@yahoo.com)

3- Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

4- Assistant Professor, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, Ferdowsi University of Mashhad