

تعیین عوامل موثر بر وقوع خشک‌سالی استان خراسان رضوی با استفاده از آنالیز پانل

دیتا

غزاله کواکبی^۱، محمد موسوی بایگی^۲، ابوالفضل مساعدی^۳، مهدی جباری نوغابی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استادیار دانشکده علوم ریاضی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

خشک‌سالی به عنوان یک پدیده طبیعی خزنده 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 تأثیر گذاشته، در حالی که نه تعریف جامع و کاملی برای آن ارائه شده است، و نه شاخص مناسب و عمومی برای پیش‌بینی آن مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه حاضر با استفاده از آنالیز پانل دیتا (داده‌های ترکیبی) سعی شده است تا پارامترهای موثر بر خشک‌سالی سالانه با استفاده از دو شاخص SPI و RDI، تعیین گردد. براساس نتایج حاصل از پیش‌خشک‌سالی مشخص گردید که در سال ۲۰۰۸ خشک‌سالی نسبتاً شدید در استان حاکم بوده است. همچنین باتوجه به نتایج آنالیز داده‌های ترکیبی پارامترهای بارش، درصد رطوبت نسبی، متوسط حداقل دما و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، عوامل موثر بر خشک‌سالی این استان براساس شاخص RDI و بارش نیز تنها عامل موثر بر خشک‌سالی با توجه به شاخص SPI می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، پانل دیتا، استان خراسان رضوی، SPI، RDI.

مقدمه:

خشک‌سالی یکی از پدیده‌های اقلیمی و طبیعی است که به عنوان یکی از پیچیده‌ترین بلاهای طبیعی به شمار می‌رود. این پدیده دارای تداومی معمولاً طولانی بوده و اثرات ناشی از آن حالت غیرساختاری داشته و در نتیجه خسارات ناشی از این پدیده در بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، اجتماعی و غیره به صورت تدریجی ظاهر می‌شود.

نمود اصلی پیدایش خشک‌سالی هواشناسی، کاهش بارندگی به پایین‌تر از حد نرمال (میانگین درازمدت) است. کاهش رطوبت خاک و کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی از پیامدهای بعدی کاهش بارندگی است. بارش عمده‌ترین پارامتری است که در تعریف شاخص‌های به‌کارگرفته‌شده است. علاوه بر بارندگی تغییر در مقادیر نرمال بسیاری از پارامترهای هواشناسی می‌تواند بر وقوع خشک

سالی موثر باشد. مهم‌ترین پارامتری را که در این ارتباط می‌توان نام برد، تبخیر و تعرق می‌باشد که خود تحت تاثیر 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 به خصوص در مناطق دارای آب‌وهوای 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 این رو 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 (۱۳۸۵) مطالعه‌ای در زمینه خشک‌سالی براساس شاخص خشک‌سالی پالمر در مشهد انجام داد. از جمله نتایج حاصل از این روش می‌توان به بالا بودن درجه انحراف رطوبت در مشهد و عدم وجود نظم مشخص در آن که با استفاده از نمودارهای ماهانه شاخص انحراف رطوبت به دست می‌آیند اشاره داشت. یکی دیگر از نتایج حاصل از این مطالعه، تعیین زمان شدیدترین خشک‌سالی و ترسالی که به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۱ و ۱۹۹۷ رخ داده‌است، می‌باشد. مساعدی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای به پایش خشک‌سالی در سطح استان گلستان پرداختند. آن‌ها در این مطالعه از شاخص بارندگی استاندارد شده سالانه SPI^۱ 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 تقسیم نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که به طور کلی نوسانات وضع رطوبتی در استان گلستان زیاد می‌باشد. این محققین اضافه می‌نمایند که باتوجه به نقشه‌های گستره خشک‌سالی در این استان، دامنه نوسانات و فراوانی خشک‌سالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه - خشک قرار دارد، شدید می‌باشد. کریمی‌نظر و همکاران (۱۳۸۸) 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.

موریرا و همکاران (۲۰۰۶) 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 به سادگی می‌توان به تغییر اقلیم نسبت داد. یان-جان (۲۰۱۲) 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 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. زهتابیان و هکارا (۲۰۱۳) مطالعه‌ای در ارتباط با تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای SPI و RDI در خراسان جنوبی انجام دادند. در این مطالعه داده‌های ۶ ایستگاه سینوپتیک خراسان جنوبی در طی دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۱-۱۹۹۰) مورد استفاده قرار گرفته‌است. نتایج حاصل از شاخص SPI حاکی از وقوع خشک‌سالی شدید

^۱Standardized Precipitation Index

در سال های ۲۰۰۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۱ می باشد. به منظور 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 ایستگاه ها در کلاس های خیلی شدید و شدید طبقه بندی شده اند. همچنین مشخص شد که شاخص RDI فراوانی خشکسالی با شدت های بالا را بیشتر نشان می دهد.

به طور کلی شاخص های متعددی برای ارزشیابی خشکسالی ارائه شده است که از جمله ی آنها می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- شاخص بارش استاندارد شده SPI
- شاخص شناسایی خشکسالی RDI^۲

از سویی دیگر بررسی توام تغییرات زمانی و مکانی وضعیت خشک سالی می تواند اطلاعات جامع تر و کامل تری از وضعیت خشکسالی در اختیار قرار دهد که این امر ممکن است با استفاده از پانل دیتا میسر شود. زیرا گاهی استدلال می شود داده های مقطعی، رفتارهای بلندمدت را نشان می دهند، در حالی که در داده های سری زمانی بر اثرات کوتاه مدت تأکید می شود. با ترکیب این دو خصوصیت در داده های تابلویی، که خصوصیت متمایز پانل دیتاست، ساختار عمومی تر و پویاتری را می توان تصریح و برآورد کرد. تاکنون از داده های پانلی در مطالعات اقتصادسنجی استفاده گسترده ای شده است. یآوری و همکاران (۱۳۸۹) رابطه متنوع سازی صادرات و بهره وری را به تفکیک صنایع نه گانه کشور به روش پانل دیتا مورد ارزیابی قرار دادند و با استفاده از آزمون هاسمن، روش اثرات ثابت برای مدل سازی را به کار بردند. فطرس و برزگر (۱۳۹۰) اثرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در آسیای مرکزی و ایران را با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی داده های تلفیقی (پانل) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که رشد اقتصادی اثر مثبت و معنی داری بر آلودگی هوا در کشورهای مورد نظر دارد و کشش پذیری انتشار گاز دی اکسید کربن تابعی افزایش از ضریب جینی است. مارین و همکاران (۲۰۰۱) روند تکاملی PH را با استفاده از پنل دیتا در اروپا به روش تخمین اثرات ثابت با حداقل مربعات بررسی کردند. وانگ (۲۰۱۰) در مطالعه ای به بررسی شواهد تجربی عوامل تعیین کننده امنیت غذایی به عنوان 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 روش های FE، POLS، (اثرات ثابت)، DIFF-GMM و SYS-GMM برای تخمین ارتباط بین متغیرهای ذکر شده استفاده کردند. مطالعه ای وی نشان داد که تغییرات آب و هوایی تاثیر قابل توجهی بر امنیت مواد غذایی در سال های جاری داشته است این در حالی است که قیمت مواد غذایی هیچ تاثیری بر روی امنیت مواد غذایی در این سال ها نداشته است. دو و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه ای در مورد توسعه اقتصادی و انتشار گاز گلخانه ای کربن دی اکسید در چین با استفاده از آنالیز استانی پنل دیتا، انجام دادند. آنها دریافتند که توسعه اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی و ساختار صنعت از مهم ترین عوامل موثر بر انتشار گاز کربن دی اکسید است در حالی که تاثیر ساختار مصرف انرژی، گسترش تجارت و شهرنشینی، سطوح قابل اغماضی می باشند. باستوس و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثرات کوتاه مدت و بلندمدت خشکسالی با استفاده از تکنیک پنل دیتا در برزیل پرداختند. مطالعه آنها به دوبرخش تقسیم شده است. در بخش نخست، تخمین تاثیرات کوتاه مدت پدیده های حادی بر روی ارزش های افزوده کشاورزی و درآمدهای محلی با استفاده از پنل دیتا انجام شده است. با توجه به تحقیقات انجام شده در حالی که از تکنیک پنل دیتا (داده های ترکیبی) در مباحث اقتصادی و شناخت عوامل موثر بر یک پدیده استفاده گسترده ای می شود ولی کارایی این تکنیک در مباحث مربوط به خشک سالی هنوز چندان مورد آزمون قرار نگرفته است. بنا بر این هدف از انجام این تحقیق، شناخت مهم ترین عوامل موثر بر خشکسالی بر اساس شاخص های RDI و SPI در سطح یک منطقه خشک و نیمه خشک بر اساس استفاده از تکنیک پنل دیتا (داده های ترکیبی) می باشد. به این منظور داده های ۱۰ ایستگاه سینوپتیک واقع در سطح استان خراسان رضوی در طول یک دوره ۲۴ ساله مورد بررسی قرار می گیرند.

^۲Reconnaissance Drought Index

مواد و روش‌ها:

به‌منظور پایش سالانه خشک سالی با استفاده از دو شاخص SPI و RDI و نیز تعیین عوامل موثر بر وقوع خشک سالی، از داده‌های ماهانه متوسط حد اکثر دما، متوسط حداقل دما، ساعت آفتابی، مقدار بارندگی، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ایستگاه‌های بشرویه، تربت حیدریه، سبزووار، سرخس، فردوس، قوچان، گل‌مکان، 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).

شاخص خشک‌سالی RDI توسط ساکرپس و ونگلیس (۲۰۰۵) معرفی شده است. آن‌ها این شاخص را براساس مقدار تجمعی بارش و تبخیر-تعرق پتانسیل ابداع کردند. این شاخص دارای سه عبارت RDI آغازی، RDI نرمال شده و RDI استاندارد شده می‌باشد. شاخص استاندارد شده RDI می‌تواند به‌صورت مستقیم با شاخص خشک سالی بارندگی نرمال شده مقایسه گردد. با توجه به اینکه شاخص RDI نسبت بارش به تبخیر-تعرق پتانسیل می‌باشد، از اینرو نیاز به محاسبه مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل می‌باشد. ایشان روش تورنت وایت را برای محاسبه مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل پیشنهاد دادند، اما به‌دلیل اینکه این روش مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل را در مناطق خشک و نیمه خشک کمتر از میزان واقعی آن برآورد می‌کند (موسوی بایگی و اشرف، ۱۳۸۸)، از اینرو در این مطالعه از روش فائو پنمن مانیتیت جهت برآورد مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل استفاده شده است. در مطالعه‌ای که توسط ونگلیس و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد، 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.

جدول ۱. مشخصات اقلیمی و جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها		مشخصات اقلیمی ایستگاه‌ها	
	طول جغرافیایی E	عرض جغرافیایی N	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط سالانه (درجه سانتی‌گراد)
بشرویه	۵۷°۲۷'	۳۳°۵۴'	۸۸۵	۱۷/۶۵
تربت حیدریه	۵۹°۱۳'	۳۵°۱۶'	۱۴۵۰/۸	۱۴/۱۶
سبزووار	۵۷°۴۳'	۳۶°۱۲'	۹۷۷/۶	۱۸/۲۵
سرخس	۶۱°۱۰'	۳۶°۳۳'	۲۳۵	۱۸/۰۸
فردوس	۵۸°۱۰'	۳۴°۱۰'	۱۲۹۳	۱۷/۴۲
قوچان	۵۸°۳۰'	۳۷°۴۰'	۱۲۸۷	۱۲/۸۱
کاشمر	۵۸°۲۸'	۳۵°۱۲'	۱۱۰۹/۷	۱۷/۸۶
گل‌مکان	۵۹°۱۷'	۳۶°۲۹'	۱۱۷۶	۱۳/۴۷
گناباد	۵۸°۴۱'	۳۴°۲۱'	۱۰۵۶	۱۷/۳۸
مشهد	۵۹°۳۸'	۳۶°۱۶'	۹۹۹/۲	۱۵/۳۵

برای محاسبه تبخیر-تعرق به روش فائو پنمن مانیتیت از پارامترهای متوسط حد اکثر 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 خشک سالی RDI محاسبه گردید. سپس با استفاده از شاخص بارندگی نرمال شده SPI، خشک‌سالی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از نرم‌افزارهای Excell، DIP و R 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 می‌باشد، یعنی اطلاعات مربوط به داده‌های مقطعی در طول زمان مشاهده می‌شود. بدین صورت که چندین داده‌هایی دارای دو بعد می‌باشند که یک بعد آن مربوط به واحدهای مختلف در هر مقطع زمانی خاص است و بعد دیگر آن مربوط به زمان می‌باشد. 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 $N \times T$ 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، به کارگیری 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) بر حسب تعدادی از متغیرهایی (x) که ممکن است سبب تغییرات y شود، می‌تواند در قالب یک تابع و به صورت معادله (۱) بیان شود:

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

اندیس k تعداد متغیرهای توضیح‌دهنده را نشان می‌دهد. اغلب برای شروع، شکل این تابع را خطی فرض می‌کنند:

$$y_{it} = \beta_{i0} + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

k: تعداد پارامترهای مورد بررسی (از ۱ تا k)، i: تعداد افراد یا مقاطع (از ۱ تا i)، t: تعداد مقاطع زمان (از ۱ تا t) در مطالعه حاضر از داده‌های پانلی به منظور تعیین عوامل موثر بر وقوع خشک‌سالی سالانه براساس دو شاخص SPI و RDI استفاده شده است. به این منظور در ابتدا یک ماتریس 179×4 از ترکیب داده‌های بارندگی ایستگاه‌ها و مقدار SPI هر ایستگاه برای تعیین عامل موثر خشک‌سالی برای شاخص SPI و یک ماتریس 179×9 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 نرم افزار 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 رسم گردید 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 رسم گردید. با استفاده از این پلات‌ها ایستگاهی واریانس و میانگین داده‌های شاخص‌های SPI و RDI بررسی گردید. بعد از آگاهی از عدم وجود روند در داده‌ها، انتخاب مدل مناسب آغاز شد. به این منظور مدل‌های OLS، Fixed dum1، Fixed dum و اثرات ثابت بر داده‌ها برازش داده شد.

با استفاده از آزمون PFtest بهترین مدل در بین مدل‌هایی که مناسب تشخیص داده شدند، انتخاب می‌گردد. این آزمون تنها در بین مدل‌های OLS و اثر ثابت کاربرد دارد. در ادامه مدل اثرات تصادفی بر داده‌ها برازش داده شد. در صورتی که هر دو مدل اثر ثابت

و تصادفی دارای P-value کمتر از ۰/۰۵ باشد، از آزمون هاسمن (Phstest) به منظور انتخاب بهترین مدل بین اثر ثابت و تصادفی استفاده می‌شود. مدل آخر که نیز بر داده‌ها برازش داده می‌شود، یک مدل ادغامی است. برای انتخاب این مدل در صورتیکه مقدار P-value آن کمتر از ۰/۰۵ باشد، نیاز آزمون ادغام داد ه‌های 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 ادغام پذیری داده‌ها را تایید کردند، می‌توان مدل Pool را به عنوان 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.

بحث و نتایج:

نتایج حاصل از آزمون‌های پانل بر روی شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI):

داده‌های تشکیل دهنده ستون‌های این ماتریس، شامل بارندگی (به عنوان تنها متغیر مستقل) و نیز مقدار شاخص SPI (به عنوان متغیر وابسته) می‌باشد. ردیف‌های این ماتریس نیز تعداد سال‌ها و نیز تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین ماتریس تشکیل دهنده برای دوره زمانی سالانه ۱۷۹×۴ است.

مدل مناسب برای شاخص SPI سالانه، مدل Fixed dum1 (مدل رگرسیونی خطی با برآوردگر OLS) معادله ۳ می‌باشد. با توجه به این که بلوش تنها پارامتر مستقل در این شاخص است، از اینرو به عنوان پارامتر موثر شناخته شد. مقدار P-value ذکر شده نیز مربوط به آزمون T نمونه‌های جفت شده می‌باشد. مقادیر شاخص‌های آماری مورد بررسی در معادلات ۴، ۵ و ۶ ارائه شده اند.

$$SPI_{annual} = 0.013Xpri_{it} + \beta_0 \quad (۳)$$

$$P - value_{Ttest} = 0.00329 \quad (۴)$$

$$Cor. test = 0 \quad (۵)$$

$$R^2 = 0.79 \quad (۶)$$

جدول ۳. مقادیر عرض از مبدا β_0 براساس معادله ۳ در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	مقدار β_0								
بشرویه	-۱/۰۵	تربت حیدریه	-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

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

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

در این جا یک ماتریس ۱۷۹×۹ (برای ۱۸ سال) موجود می‌باشد. در این دوره زمانی، مانند دوره زمانی سالانه شاخص RDI، مدل Fixed dum1 به عنوان مدل مناسب انتخاب گردید. پارامترهای متوسط دمای حداکثر، ساعت آفتابی و عرض از مبدا به ترتیب از مدل حذف شدند. مدل رگرسیونی (معادله ۷) و نیز نتایج حاصل از آزمون T و آزمون همبستگی (معادلات ۷ و ۱۰) در مورد این شاخص به صورت زیر است:

$$RDI_{annual} = 0.013Xpri_{it} - 0.46Xu_{2it} - 0.075XTmin_{it} + 0.028Xrh_{it} + \beta_0 \quad (۷)$$

$$P - \text{value}_{\Gamma_{\text{test}}} = 0.128 \quad (8)$$

$$\text{Cor. test} = 0 \quad (9)$$

$$R^2 = 0.92 \quad (10)$$

جدول ۴. مقادیر عرض از مبداء β_0 براساس معادله ۷ 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
بشرویه	-۰/۸۷	تربت حیدریه	-۳/۴۷	سبزوار	-۱/۸۵	سرخس	-۲/۳۰	فردوس	-۱/۱۶
قوچان	-۴/۵۹	کاشمر	-۲/۱۹	گلمکان	-۲/۷۹	گناباد	-۱/۴۲	مشهد	-۳/۲۷

براساس مقدار p-value به دست آمده از آزمون T مشخص می‌گردد که مدل انتخاب شده در سطوح ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ پذیرفته می‌شود. از اینرو می‌توان گفت که برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان رضوی (ایستگاه‌های مورد مطالعه) با داشتن پارامترهای بارش، درصد رطوبت نسبی، متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و متوسط دمای حداقل میزان خشک سالی براساس شاخص RDI محاسبه نمود. عدم نیاز به محاسبه میزان تبخیر تعرق پتانسیل (که در این مطالعه روش فائو پنمن مانیتث می‌باشد)، مزیت معادله رگرسیونی به دست آمده نسبت به محاسبه شاخص RDI به روش معمول آن می‌باشد.

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

مدل به دست آمده با استفاده از داده‌های پانلی برای شاخص SPI اگرچه از نظر معنی داری آزمون T دارای اختلاف معنی دار است، اما با توجه به میزان همبستگی بالای بین مقادیر پیش بینی شده ۶ سال آخر هر ایستگاه و مقادیر محاسبه شده آن می‌توان دریافت که مدل به دست آمده صحیح می‌باشند. تنها پارامتر موثر برای پیش بینی خشک سالی با استفاده از شاخص SPI، بارندگی می‌باشد. پارامترهای بارش، متوسط دمای حداقل، درصد رطوبت نسبی و متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برای پیش بینی خشک سالی با استفاده از شاخص RDI مورد نیاز می‌باشند. بنا بر این، بر اساس معادلات استخراج شده می‌توان تنها با داشتن مقدار بارندگی به صورت مستقیم و با سرعت و به سهولت وضعیت خشک سالی را بر اساس شاخص SPI و با استفاده از معادله ۴ تعیین نمود. مشابه همین مورد را می‌توان در رابطه با تعیین وضعیت خشک سالی بر اساس شاخص RDI بدون استفاده از محاسبات پیچیده تعیین مقدار تبخیر و تعرق و همچنین نرم افزارهای محاسبه شاخص RDI و فقط بر اساس معادله ۷ تعیین نمود.

منابع

- آسیایی، م.، ۱۳۸۵. پایش خشکسالی در مشهد- با استفاده از شاخص خشکسالی پالم. مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه-ای، ۷، ۱۸۶-۱۶۷.
- فطرس، م.ح.، برزگر، ح.، ۱۳۹۰. اثرات برخی متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در آسیای مرکزی و ایران، ۲۰۰۷-۱۹۹۵.
- کریمی نظر، م.، مقدم‌نیا، ع.ر.، مساعدی، ا.، ۱۳۸۸. بررسی عوامل اقلیمی مؤثر بر وقوع خشک سالی (مطالعه موردی: منطقه زابل)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۷(۱)، ۱۵۸-۱۴۵.
- مساعدی، ا.، خلیلی زاده، م.، محمدی استادکلایه، ا.، ۱۳۸۶. پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۵(۲).
- موسوی بایگی، م.، اشرف، ب. هوا و اقلیم‌شناسی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۴ ص.
- یوری، ک.، اشرف‌زاده، ح.ر.، احمدزاده، خ.، ۱۳۸۹. متنوع‌سازی صادرات و بهره‌وری در صنایع کشور. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۳، ۷۳-۵۳.
- Bastos, P., Busso, M., Miller, S., 2012. Short and long-term impacts of drought: Evidence from Brazilian municipalities.
- DU, L., WEI, C., CAI, S., 2012. Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis. *China Economic Review* 23 : 371-384.
- Jalili Ghazi Zade., M and Noori., R.2007. Prediction of Municipal Solid Waste Generation by Use of Artificial Neural Network: A Case Study of Mashhad. *Int. J. Environ. Res.*, 2(1): 13-22, Winter 2008
- Marin, E., Perez- Amaral, T., Rua, A., Hernandez, E., 2001. The evolution of the PH in Europe (1997-1986) using panel data. *Chemosphere* 45 : 329-337.
- Moreira, E., Paulo, A., Pereira, L., Mexia, J., 2006. Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. *Journal of Hydrology* 331: 349- 359.
- Tsakiris.,G., Vangelis., H., 2005. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water* 9/10:3-11.
- Vangelis., H., Tigkar.D., Tsakiris.,G., 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation., *Journal of Arid Environments* 88 (2013) 130e140.
- 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.
- Yan-jun, I., Xiao-dong, Z., Fan, L., Jing, M., 2012. Analysis of Drought Evlvement Characteristics Based on Standardized Precipitation Index in the Huaihe River Basin. *Journal of Procedia Engineering* 28 : 437-434.
- Zehtabian,GH., Karimi,K., Nakhaee nezhad fard,S., Mirdashtvan, M., Khosravi, H. 2013. ComparabilityAnalyses 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