

بررسی و تحلیل خشکسالی و ترسالی در ایستگاههای استانهای مازندران و گلستان

شهرام خلیقی سیگارودی^۱، خالد اوسطی^۲، بختیار کریمی^۳، موسی کریمی^۴

چکیده:

سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردار است که بدین منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌گردد. تاکنون شاخص‌های متعددی برای پایش پدیده خشکسالی پیشنهاد شده است. در این مطالعه داده‌های مربوط به بارش سالانه ۱۲ ایستگاه از استان‌های مازندران و گلستان در یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۸۰-۱۳۵۱) به منظور تحلیل داده‌های بارش و محاسبه سالهای مرطوب و خشک مورد استفاده قرار گرفته است. پس از انتخاب دوره مشترک آماری، بررسی کفایت و درستی داده‌ها، آزمون داده‌های پرت و تکمیل نواقص آماری به روش رگرسیون، از نمایه‌های آب و هوایی مختلف استفاده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از وقوع پدیده خشکسالی با درجه شدیدتر و فراوانی بالاتر در دهه دوم سال‌های مورد مطالعه است. مطابق شاخص‌های مختلف (با توجه به مقیاس مختص به هر شاخص) وقایع خشکسالی متعددی با درجات بسیار شدید و شدید در طول دوره آماری مورد بررسی رخ داده است (شاخص SIAP: ۲۴ واقعه خشکسالی بسیار شدید و ۵۱ واقعه خشکسالی شدید، شاخص SPI: بدون واقعه خشکسالی حاد و با ۱۵ واقعه خشکسالی شدید، PNPI: بدون واقعه‌ی بسیار شدید خشکسالی و با ۴ واقعه خشکسالی شدید). براساس تقسیم بندیهای مربوط به هر شاخص سالهایی با بارش نرمال دارای تداوم بیشتری نسبت به سالهای خشک و مرطوب هستند (به استثنای شاخص SIAP). در بین مدل‌های مورد استفاده (مدل‌های SPI، DR، نیچه، PNPI و SIAP) مدل SPI، به خاطر حساسیت بالا به تغییرات بارندگی و نمایش مقادیر خشکسالی بسیار شدید منطبق با سالهایی با وقوع کمینه بارش، و مدل SIAP، با داشتن قابلیت‌های بیشتر و محدودیت‌های کمتر، بهتر از دیگر مدل‌ها تشخیص داده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، مازندران، گلستان، مدل SPI، مدل SIAP

^۱ - عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیز داری دانشگاه تهران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد سنندج

^۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد کرمانشاه

^۴ - دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان زدایی دانشگاه تهران و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد واحد سنندج

مقدمه:

ایران به دلیل قرار گیری در کمربند خشکسالی و مجاورت با سیستم پرفشار جنب حاره دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می باشد و در نتیجه در اکثر سالها دچار خشکسالی های شدید شده است. خسارت ناشی از خشکسالی در سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به ترتیب ۲٫۵ و ۳٫۶ میلیارد دلار بوده است (مرکز ملی خشکسالی، ۲۰۰۲، ص ۸۰). نوسانات بارش نقش بسیار مهمی در محدودیت دسترسی به منابع آب دارد. این نوسانات از دو بعد بسیار حائز اهمیت اند:

- ۱- ناهنجاری منفی که در سال های وقوع شرایط کمبود آب نواحی مختلف اقلیمی ایران را تحت تاثیر خود قرار داده و با به وجود آوردن خشکسالی خسارات فراوان اقتصادی، اجتماعی و محیطی را بر کل یا برخی نواحی ایران تحمیل مینماید.
- ۲- ناهنجاری مثبت که موجب ترسالی و در صورت نزول سریع و ناگهانی بارش موجب ایجاد سیل می گردد (۴).

علاوه بر قلت بارندگی، نوسانات شدید بارندگی در مقیاسهای روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیات است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریانهای سطحی و سفره آبهای زیرزمینی و مصارف انسانی می شود. وقوع خشکسالی اثر بسیار زیانباری را بر بخشهای کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می کند و شناخت جنبه های مختلف آن (آغاز و خاتمه خشکسالی، شدت و فراوانی خشکسالی، وسعت منطقه ای و دوره تناوبی رخداد خشکسالی) امری ضروری به نظر می رسد.

با توجه به زمینه فعالیت های محققان رشته های مختلف، تعاریف ویژه ای از خشکسالی ارائه شده که در نهایت موجب طبقه بندی و تفکیک متفاوتی برای این پدیده شده است. این امر سبب گردیده است که روشهای مطالعاتی خاصی با توجه به شاخص های مورد توجه همچون بارندگی، رطوبت خاک، جریانهای سطحی، مخازن زیرزمینی، خسارتهای اقتصادی و... ابداع و ارائه گردد. از جمله روش های رایج در بررسی خشکسالی می توان موارد زیر را اشاره نمود:

- ۱- روش مطالعه بیان آبی ۲- روشهای تحلیل جریان ۳- روش تحلیل داده های بارندگی ۴- روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیک و تاریخی ۵- روشهای تحلیل سینوپتیکی
- بارشهای جوی در واقع مهمترین متغیری است که تغییرات آن بطور مستقیم در رطوبت خاک، جریانهای سطحی، مخازن زیرزمینی و ... منعکس شده و بنابراین اولین برداری است که می تواند در مطالعه هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد. از این رو برای پیشگیری از خسارات خشکسالی یا کاهش آن یا پیش بینی اثرات خشکسالی در برنامه های عمرانی، از معیارهایی استفاده می گردد که شاخص یا نمایه ی خشکسالی نامیده می شوند.

بذرافشان (۱۳۸۱) با مطالعه برخی از شاخص های خشکسالی هواشناسی در چند منطقه اقلیمی شاخص های بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP) را به عنوان بهترین شاخص ها در ارزیابی خشکسالی های هواشناسی ایران معرفی کرد (۱). علیرضا بنی واهب و همکاران (۱۳۸۲) با بررسی داده های ماهانه بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک بیرجند و استفاده از مدل های باکس- جنیکز به بررسی سری های بارش و درجه حرارت پرداخته و بهترین مدل برازش یافته را ارائه نمودند.

مطالعه زارع ایبانه حمید و همکاران (۱۳۸۳) با استفاده از شاخص های مختلف خشکسالی نشان دهنده رخداد خشکسالی در مقیاس های مختلف سالانه و ماهانه در ایستگاههای اکباتان و نورژه همدان بوده است. ساری صراف بهروز و همکاران (۱۳۸۴) به منظور تجزیه و تحلیل سری های زمانی بارش ماهانه ایستگاههای منتخب غرب کشور و پیش بینی مقادیر آبی خشکسالی از روش

ساریما و دو شاخص توزیع استاندارد و درصد بارش نرمال استفاده کردند و با استفاده از آزمون تجزیه واریانس معنی‌داری تغییرات بارش را در طول دوره آماری مورد بررسی قرار دادند.

قویدل رحیمی (۱۳۸۴) با استفاده از شاخص های **DR**، **SPI** و **NITZCHE** اقدام به مدل‌سازی دوره‌های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی نموده است و همچنین روش **SPI** را به عنوان روش مناسب معرفی می‌کند.

اختری روح انگیز و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ، **TSS** با متغیر کمکی و بدون متغیر کمکی و میانگین متحرک وزن‌دار (**WMA**) و شاخص‌های **SPI** و **EDI** به تحلیل مکانی تهیه و ارزیابی نقشه‌های فرسایش پرداختند.

پژوهش‌های پالم (۱۹۶۵) در خصوص خشکسالی از جمله نخستین پژوهش‌هایی است که خشکسالی را کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی (منظور انحراف از شرایط طبیعی یا میانگین دراز مدت پارامترهای هواشناسی) دانسته است.

هریست و همکاران (۱۹۶۶) نیز تحقیقاتی را در زمینه خشکسالی هواشناسی انجام دادند که بعدها توسط موهان و رانگاپاریا (۱۹۹۱) تکمیل گردید.

استینان (۲۰۰۳) با استفاده برای دو روش پالم (**PDSI**) و بارش استاندارد شده (**SPI**) کلاس‌های شش‌گانه شدت خشکسالی از خشک تا مرطوب را تعیین نمود و برای پیش‌بینی وقوع آبی و احتمالات مختلف از زنجیره مارکوف بهره گرفت (۹).

با هدف شناخت و طبقه‌بندی ترسالی و خشکسالی‌های استان مازندران و گلستان، در این پژوهش از ۵ مدل مختلف خشکسالی اقلیمی به شرح زیر استفاده گردیده است:

نمایه معیار بارندگی سالانه (**SIAP**)، شاخص درصد نرمال بارندگی (**PNPI**)، شاخص بارش قابل اطمینان (**DR**)، شاخص خشکسالی نیچه (**NICHE**)، شاخص بارش استاندارد شده (**SPI**).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز رودخانه‌های دریای خزر در دامنه‌های شمالی بخش مرکزی رشته‌کوه‌های البرز قرار دارد و در امتداد ساحل دریا از دلتای سفید رود تا بندر گز گسترش یافته است. حوزه آبریز رودخانه‌های دریای خزر بین مختصات ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی واقع است. این حوزه از شمال به دریای خزر، از غرب به حوزه سفیدرود، از جنوب به حوزه مرکزی و از جنوب شرق به حوزه سمنان و خراسان محدود می‌باشد. این مطالعه به بررسی برازش توزیع‌های آماری با داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی انتخاب شده از استان‌های مازندران و گلستان می‌پردازد.

پس از بررسی داده‌های بارش سالانه موجود در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان‌های مازندران و گلستان، ۱۲ ایستگاه (ایستگاه‌های با دوره آماری بالا و نواقص کمتر و مهم‌تر از همه با پراکنش مناسب در سطح دو استان) در یک دوره آماری مشترک ۳۰ ساله (۱۳۸۰-۱۳۵۱) انتخاب گردید. پس از انجام آزمون مربوط به داده‌های پرت، همگنی داده‌ها (روش جرم مضاعف)، نواقص آماری داده‌ها از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها تکمیل گردید. همچنین باید اضافه نمود که در مورد دو ایستگاه بدلیل پایین بودن ضریب همبستگی از روش نسبت نرمال استفاده گردید. پس از انجام آزمون‌های مذکور و رفع نواقص داده‌ها شاخص‌های مختلف به شرح زیر محاسبه گردید:

۱- شاخص درصد از نرمال (PNPI)^۱

این شاخص معمولاً در مقیاس‌های زمانی ماهانه و با استفاده از تقسیم بارش واقعی به بارش نرمال ضرب در ۱۰۰ محاسبه

$$PNPI = \frac{P_i}{P} \times 100 \quad \text{معادله (۱)} \quad \text{می‌شود:}$$

این شاخص همواره مثبت بوده و از قسمت پایین محدود به صفر و از قسمت بالا از نظر تئوری محدودیتی ندارد. طبقات مختلف این شاخص در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. مقیاس طبقه بندی ترسالی‌ها، خشکسالی‌ها و بارش‌های نرمال برحسب شاخص درصد نرمال بارندگی (PNPI).

طبقه	بسیار مرطوب	نسبتاً مرطوب	مرطوب	نیمه مرطوب	نرمال	ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
درصد PNPI	بیشتر از ۱۶۰	۱۴۵-۱۶۰	۱۳۰-۱۴۵	۱۲۰-۱۳۰	۸۰-۱۲۰	۷۰-۸۰	۵۵-۷۰	۴۰-۵۵	کمتر از ۴۰
کد طبقه	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

۲- شاخص نیچه^۲

نیچه (۲۰۰۲) برای بررسی ترسالی‌ها، سالهای نرمال و خشک معادلات زیر را به کار گرفت:

$$P_i \geq (\bar{P} + sd) \quad \text{سال مرطوب}$$

$$(\bar{P} - sd) \leq P_i \leq (\bar{P} + sd) \quad \text{سال نرمال} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$P_i \leq (\bar{P} - sd) \quad \text{سال خشک}$$

در معادلات فوق؛ P_i بارش سال مفروض (mm)، sd انحراف معیار بارش در طول یک دوره آماری، و \bar{P} میانگین بارش بلندمدت ایستگاه (mm) می‌باشد.

۳- شاخص بارش‌های قابل اطمینان (DR)^۳

این شاخص قابلیت استفاده خوبی برای برنامه‌ریزی کشاورزی در نواحی نسبتاً خشک دارد و بارش‌های قابل اطمینان (DR) بارش‌هایی هستند که در ۴ سال از هر ۵ سال اتفاق بیفتند (بدون توجه به پیوسته بودن آنها) و به صورت زیر قابل محاسبه خواهد

$$DR = 0.8 \times (P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_n)^{\frac{1}{n}} \quad \text{معادله (۳)} \quad \text{بود:}$$

که در آن؛ DR : بارش قابل اعتماد، ۰٫۸: ضریب ثابت معادله، P : بارش سال مفروض، n : تعداد مشاهدات بارش سالانه می‌باشد.

۴- شاخص SPI (شاخص بارش استاندارد شده)^۴

مکی و همکاران (۱۹۹۳) شاخص بارش استاندارد شده (SPI) را برای اولین بار به منظور پایش شرایط خشکسالی و تشخیص کمبود میزان بارندگی ارائه دادند که در مقیاس‌های زمانی چندگانه طراحی شده است (۷).

^۱ -PNPI : Percent of Normal Precipitation Index

^۲ -Nitzche

^۳ - DR : Dependable Rainfall

شاخص SPI از اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین بارش برای یک بازه زمانی مشخص و تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش بدست می‌آید:

$$SPI = \frac{P_{ik} - \bar{P}_i}{\sigma_i} \quad \text{معادله (۴)}$$

در این معادله؛ SPI: بارش استاندارد شده، P_{ik} مقادیر بارش آیین ایستگاه در مشاهده k ام (mm)، \bar{P}_i میانگین بارش بلند مدت ایستگاه i (mm) و σ_i انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت ایستگاه i می‌باشد. طبقات مختلف این نمایه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. معیار طبقه بندی شدت دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک بر حسب روش بارش استاندارد شده (SPI).

طبقه	بی نهایت مرطوب	مرطوب شدید	مرطوب متوسط	بارش نرمال	خشکی ملایم	خشکی شدید	خشکی حاد
مقدار SPI	۲ و بیشتر	۱/۹۹ تا ۱/۵	۱ تا ۱/۴۹	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	-۱/۴۹ تا -۱	-۱/۹۹ تا -۱/۵	-۲ و کمتر

۵- شاخص معیار سالانه بارندگی (SIAP)^۱

بهترین روشی که برای تبدیل داده‌های خام بارندگی به اندازه‌های نسبی وجود دارد این است که انحراف مقادیر بارندگی از میانگین را بر انحراف معیار تقسیم نمود. از این رو خلیلی [۱] به منظور بررسی روند خشکسالی و ترسالی در گستره ایران نمایه

$$SIAP = \frac{(P_i - \bar{P})}{SD} \quad \text{معادله (۵)}$$

معیار بارندگی سالانه را به صورت زیر ارائه نمود: P_i : بارندگی در سال هیدرولوژی، \bar{P} : میانگین بارش‌های سالانه و SD : انحراف استاندارد بارش‌های سالانه می‌باشد. می‌توان از این شاخص برای بارندگی‌های ماهانه نیز استفاده نمود. حدود مقادیر این شاخص در جدول ۳ بیان شده است.

جدول (۳): جدول ۱. مقیاس طبقه بندی ترسالی ها، خشکسالی ها و بارش های نرمال بر حسب شاخص SPI

طبقه	ترسالی بسیار شدید	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
مقدار PNPI	> ۱,۲۸	۰,۸۴ تا ۱,۲۸	۰,۵۲ تا ۰,۸۴	۰,۲۵ تا ۰,۵۲	-۰,۲۵ تا ۰,۲۵	-۰,۵۲ تا -۰,۲۵	-۰,۸۴ تا -۰,۵۲	-۱,۲۸ تا -۰,۸۴	< -۱,۲۸

بحث و نتایج

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در جدول (۴) ارائه شده است که حاکی از میانگین بالای بارندگی دراز مدت در ایستگاه پنجاب و کمترین مقدار آن در ایستگاه کنگسر می‌باشد. همچنین براساس ضریب چولگی و انحراف معیار داده‌های ۳۰ ساله ایستگاهها بیشترین نوسانات بارش نسبت به میانگین بلند مدت در ایستگاه کنگسر و کمترین آن مربوط به ایستگاه تقی آباد می‌باشد.

^۱-SPI : Standard Precipitation Index

^۲-SIAP : Standard Index of Annual Precipitation

جدول ۴. ویژگی های آماری بارش ایستگاه های استان مازندران (۱۳۸۴ - ۱۳۵۹).

نام ایستگاه	میانگین	چولگی	انحراف معیار	ضریب تغییرات
مراوه تپه	347.29	1.03	80.41	23.15
هوتان	273.92	0.36	71.42	26.07
گنبد کاووس	413.47	0.75	94.89	22.95
لازوره	864.96	1.22	184.60	21.34
نوده	825.63	-0.12	172.07	20.84
آراز کوشه	449.67	0.81	81.73	18.18
تیرتاش	565.25	0.63	118.65	20.99
سالیان تپه	332.23	0.60	70.67	21.27
تقی آباد	592.53	0.81	106.72	18.01
غفر حاجی	443.23	0.33	91.79	20.71
کنگسر	202	0.65	65.89	32.62
پنجاپ	1075.95	0.30	323.45	30.06

شاخص درصد بارش نرمال (PNPI)

با توجه به معادله (۱) مقادیر PNPI محاسبه شده و سپس با استفاده از مقیاس مربوطه (جدول ۱) وقایع ترسالی، خشکسالی و سال های نرمال برای ایستگاه های مورد مطالعه تعیین گردید. مهم ترین نتایج حاصل از محاسبه این شاخص به شرح زیر می باشد:

۱- شدیدترین خشکسالی با تداوم دوساله در ایستگاه پنجاپ و در طبقه خشکسالی شدید و متوالی ترین آن در ایستگاه های کنگسر (۱۳۶۲-۱۳۶۴ و ۱۳۷۸-۱۳۸۰) و هوتان (۱۳۷۷-۱۳۷۹) و در یک دوره سه ساله با شدت های مختلف رخ داده است.

۲- فراگیرترین خشکسالی در سال ۱۳۶۱ و در ۸ ایستگاه و با شدت های مختلف رخ داده است.

۳- بیشترین فراوانی نسبی خشکسالی در ایستگاه کنگسر و با فراوانی نسبی ۳۶٫۶٪ و کمترین آن در ایستگاه های تقی آباد و آراز کوشه و با فراوانی نسبی ۶٫۶٪ رخ داده است.

۴- سال های نرمال دارای تداوم بالاتری می باشند. همچنین خشکسالی با درجه ی بسیار شدید در هیچ یک از ایستگاهها در طول دوره مورد بررسی رخ نداده است.

۵- فراوانی خشکسالی و سال های نرمال در سه دهه ی مورد بررسی به شرح جدول (۵) می باشد

جدول ۵- فراوانی خشکسالی و سال های نرمال در سه دهه ی مورد بررسی براساس PNPI

دهه مورد بررسی	نرمال و ترسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۶۰-۱۳۵۱	104	10	6	0	0
۱۳۷۰-۱۳۶۱	92	18	6	4	0
۱۳۸۰-۱۳۷۱	99	13	8	0	0

شاخص نیچه

ابتدا با استفاده از معادله سه بخشی (۲) مربوط به شاخص نیچه اعداد آستانه ترسالی، خشکسالی و بارش نرمال برای هریک از ایستگاهها محاسبه گردید که بصورت جدول (۶) می باشد.

پس از تعیین آستانهها، فراوانی سالهای مرطوب و خشک تعیین و بررسی شد. مهم ترین نتایج این روش به شرح زیر است:

۱- بیشترین دوره خشکسالی در ایستگاه کنگسر و با فراوانی ۲۳٪ و کمترین آن در ایستگاههای پنجاب و لاوره و با فراوانی ۶٫۶٪ بوده است.

۲- در بیشتر سالها بارش نرمالی از نظر این شاخص در ایستگاهها مشاهده شده است.

۳- فراگیرترین دوره خشکسالی در سال ۱۳۶۱ و در ۸ ایستگاه و فراگیرترین دوره ترسالی در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۷۶ و در ۹ ایستگاه رخ داده است.

۴- متوالی ترین دوره خشکسالی دارای توالی ۳ ساله و در ایستگاه هوتان (۱۳۷۹-۱۳۷۷) رخ داده است.

۵- فراوانی ترسالی، خشکسالی و سالهای نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی به شرح جدول (۷) می باشد.

جدول ۶- مقادیر آستانه بارش محاسبه شده از شاخص نیچه برای هر یک از ایستگاههای استان مازندران (میلی متر)

ترسالی	سال نرمال	خشکسالی	عدد آستانه نام ایستگاه
>427.7	266.88-427.7	کمتر از 266.88	مراوه تپه
>345.34	202.51-345.34	<202.51	هوتان
>508.36	318.58-508.36	<318.58	گنبد کاووس
>1049.56	680.36-1049.56	<680.36	لازوره
>997.7	653.57-997.7	<653.57	نوده
>531.4	367.94-531.4	<367.94	آراز کوشه
>683.9	446.6-683.9	<446.59	تیرتاش
>402.9	261.55-402.9	<261.55	سالیان تپه
>699.26	485.81-699.26	<485.81	تقی آباد
>535.02	351.43-535.02	<351.43	غفر حاجی
>1399.4	752.5-1399.4	<752.49	کنگسر
>267.89	136.11-267.89	<136.11	پنجاب

جدول ۷- فراوانی خشکسالی و سالهای نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی براساس نیچه

ترسالی	نرمال	خشکسالی	دهه مورد بررسی
20	88	12	۱۳۶۰-۱۳۵۱
18	80	22	۱۳۷۰-۱۳۶۱
16	90	14	۱۳۸۰-۱۳۷۱

شاخص بارش‌های قابل اطمینان (DR)

مقادیر DR با توجه معادله (۳) محاسبه شده و سپس با توجه به مقیاس مربوطه، تفکیک و طبقه‌بندی ترسالی و خشکسالی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام پذیرفت. نتایج مهم حاصل از طبقه‌بندی این شاخص را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- براساس این شاخص ۷ واقعه خشکسالی رخ داده است (۴ واقعه در دهه‌ی دوم دوره مورد مطالعه و ۳ واقعه در دهه سوم).

۲- بیشترین وقوع خشکسالی در ایستگاه‌های هوتان، کنگسر و پنجاب و با فراوانی وقوع ۶,۶٪ رخ داده است و فراگیرترین آن در سال ۱۳۷۹ و در ۳ ایستگاه رخ داده است.

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

ابتدا با استفاده از معادله (۴) مقادیر SPI محاسبه شده و سپس با توجه به مقیاس مربوطه (جدول ۲) تفکیک و طبقه‌بندی ترسالی و خشکسالی‌ها و تعیین خصوصیات آماری بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام پذیرفت. نتایج مهم حاصل از طبقه‌بندی این نمایه را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

- ۱- شدیدترین خشکسالی با تداوم دوساله در ایستگاه پنجاب (۱۳۶۹-۱۳۶۸) و در طبقه خشکسالی شدید و متوالی‌ترین آن در ایستگاه هوتان (۱۳۷۹-۱۳۷۲) و با شدت‌های مختلف رخ داده است.
- ۲- فراگیرترین خشکسالی در سال ۱۳۶۱ و در ۸ ایستگاه و با شدت‌های مختلف رخ داده است.
- ۳- بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی در ایستگاه کنگسر و با فراوانی نسبی ۲۳,۳٪ و کمترین آن در ایستگاه‌های لازوره و پنجاب و با فراوانی نسبی ۶,۶٪ رخ داده است.
- ۴- سال‌های نرمال دارای تداوم و فراوانی نسبی (۷۱,۳٪) بالاتری می‌باشند. همچنین خشکسالی با درجه‌ی بسیار شدید در هیچ یک از ایستگاه‌ها در طول دوره مورد بررسی رخ نداده است.
- ۵- فراگیرترین ترسالی با فراوانی نسبی ۱۰٪ و در سال‌های ۱۳۵۰، ۱۳۷۰ و ۱۳۷۹ رخ داده است و در کل براساس این شاخص ترسالی با فراوانی نسبی ۱۳,۳۳-۱۶,۶۶٪ در همه‌ی ایستگاه‌ها مشاهده شده است.
- ۶- فراوانی خشکسالی، ترسالی و سال‌های نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی به شرح جدول (۸) می‌باشد.

جدول ۸- فراوانی خشکسالی و سال‌های نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی براساس SPI

دهه مورد بررسی	خشکی حاد	خشکی شدید	خشکی ملایم	بارش نرمال	مرطوب متوسط	مرطوب شدید	بی نهایت مرطوب
۱۳۶۰-۱۳۵۱	0	4	8	87	6	9	6
۱۳۷۰-۱۳۶۱	0	7	15	80	6	8	4
۱۳۸۰-۱۳۷۱	0	4	10	90	6	6	4

شاخص معیارسالانه بارندگی (SIAP)

با توجه به معادله (۵) مقادیر SIAP محاسبه شده و سپس با استفاده از مقیاس مربوطه (جدول ۳) وقایع ترسالی، خشکسالی و سال‌های نرمال برای ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص گردید. مهمترین نتایج حاصل از محاسبه این شاخص به شرح زیر می‌باشد:

۱- از نظر این شاخص در بیشتر ایستگاه‌ها ترسالی مشاهده شده است.

۲- بیشترین سال‌های خشکسالی در ایستگاه مراوه‌تپه با فراوانی ۵۶٫۶٪ و کمترین آن در ایستگاه نوده با فراوانی ۲۶٫۶٪ بوده است.

۳- فراگیرترین دوره خشکسالی در سال‌های ۱۳۶۱ و ۱۳۷۹ و در ۱۱ ایستگاه و فراگیرترین دوره ترسالی در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۶ و در ۱۱ ایستگاه مشاهده شده است.

۴- متوالی‌ترین دوره خشکسالی دارای توالی ۶ ساله و در ایستگاه هوتان (۱۳۵۸-۱۳۵۳) رخ داده است.

۵- فراوانی ترسالی، خشکسالی و سال‌های نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی به شرح جدول (۹) می‌باشد

جدول ۹- فراوانی خشکسالی و سال‌های نرمال در سه دهه‌ی مورد بررسی براساس شاخص SIAP

دهه مورد بررسی	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف	نرمال	ترسالی
۱۳۶۰-۱۳۵۱	6	16	12	17	25	44
۱۳۷۰-۱۳۶۱	13	16	15	14	21	41
۱۳۸۰-۱۳۷۱	5	19	13	13	27	43

مطابق شاخص‌های مختلف وقایع خشکسالی متعددی با درجات بسیار شدید و شدید در طول دوره آماری مورد بررسی رخ داده است

شاخص SIAP: ۲۴ واقعه خشکسالی بسیار شدید، ۵۱ واقعه خشکسالی شدید، ۴۱ واقعه خشکسالی متوسط، ۴۴ خشکسالی ضعیف، ۱۲۶ واقعه ترسالی و ۷۳ واقعه بارش نرمال

شاخص SPI: بدون واقعه خشکسالی حاد، ۱۵ واقعه خشکسالی شدید، ۳۳ واقعه خشکسالی ملایم، ۱۸ واقعه ترسالی متوسط، ۲۳ واقعه ترسالی شدید، ۱۴ واقعه در طبقه‌ی بی‌نهایت مرطوب و ۲۵۷ واقعه بارش نرمال

شاخص PNPI: بدون واقعه‌ی بسیار شدید خشکسالی، ۴ واقعه خشکسالی شدید، ۲۰ واقعه خشکسالی متوسط، ۴۱ واقعه خشکسالی ضعیف و ۲۹۵ واقعه بارش نرمال و ترسالی

شاخص DR: ۷ واقعه خشکسالی و ۳۵۳ واقعه نرمال و ترسالی

شاخص نیچه: ۴۸ واقعه خشکسالی، ۵۴ واقعه ترسالی و ۲۵۸ واقعه نرمال

براساس تقسیم بندیهای مربوط به هر شاخص سالهایی با بارش نرمال دارای تداوم بیشتری نسبت به سالهای خشک و مرطوب هستند(به استثنای شاخص SIAP).

بحث و نتیجه گیری

هر یک از شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه بیانگر وقوع خشکسالی با درجات مختلف و فراوانی نسبی متفاوتی در ۱۲ ایستگاه مورد بررسی بوده‌اند.

۱- فراگیرترین سال خشکسالی در اکثر شاخص‌ها (SIAP، SPI، PNPI و نیچه) مربوط به سال ۱۳۶۱ می‌باشد.

۲- در بیشتر سال‌ها براساس طبقه‌بندی‌های مربوط به شاخص‌ها، سال‌های نرمال دارای تداوم بالاتری می‌باشند

۳- بیشترین خشکسالی در دهه دوم دوره‌ی مطالعه (۱۳۷۰-۱۳۶۱) رخ داده است.

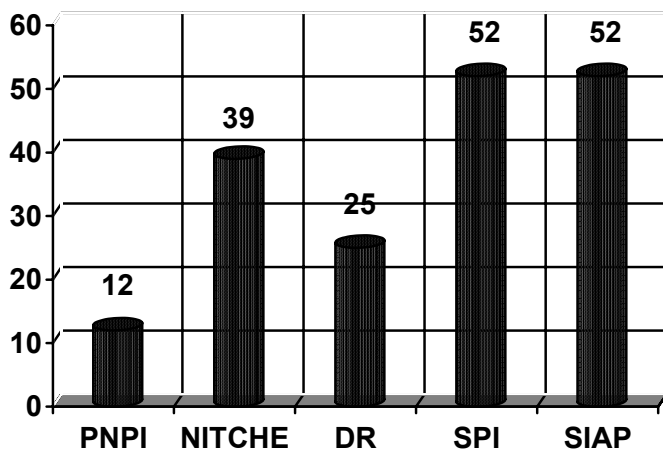
۴- بیشترین فراوانی خشکسالی مربوط به ایستگاههای کنگسر، هوتان و پنجاب می‌باشد.

هر یک از شاخص‌های مورد استفاده جنبه‌های مختلفی از وقوع خشکسالی را نشان می‌دهند اما برای مبنای قرار دادن یک یا تعداد کمتری از شاخص‌ها به عنوان شاخص مناسب‌تر اقدام به تعیین ضریب همبستگی بین مقادیر میانگین بارندگی سالانه و مقادیر کمی شاخص‌ها گردید براین اساس برای هر ایستگاه شاخصی که بیشترین همبستگی را با مقادیر کمی شده شاخص‌ها داشت بیشترین نمره (نمره پنج) و به شاخص‌های بعدی با ضریب همبستگی کمتر به ترتیب نمرات چهار تا یک تعلق گرفت. محاسبات برای تمامی ایستگاهها انجام شده و در پایان مجموع نمرات هر شاخص را در تمام ایستگاهها ملاک قرار داده و شاخصی با بیشترین نمره به عنوان برترین شاخص شناسایی شد. مجموع نمرات هر شاخص در کل ایستگاهها نشان داد که شاخص‌های معیار بارندگی سالانه (SIAP) و بارش استاندارد شده (SPI) دارای دقت بالاتری هستند (شکل ۱).

بهرحال در بین مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق (مدل‌های SPI، DR، نیچه، PNPI و SIAP) مدل SPI، به خاطر حساسیت بالا به تغییرات بارندگی و نمایش مقادیر خشکسالی بسیار شدید منطبق با سالهایی با وقوع کمینه بارش، و مدل SIAP، با داشتن قابلیت‌های بیشتر و محدودیت‌های کمتر، بهتر از دیگر مدلها تشخیص داده شده‌اند.

پیشنهاد می‌شود این مطالعه در مناطق دیگر ایران صورت گرفته و با آزمون‌های آماری مشابهی مانند آزمون رگرسیون ذکر شده بهترین شاخص را مشخص نموده و به بررسی مناسب خشکسالی پرداخته شود. امید است با بررسی دقیق پدیده‌های تاثیرگذاری مانند سیل و خشکسالی و با پایش و پیش‌بینی آنها بتوان از اثرات زیانبار آنها کاسته و برنامه‌ریزی‌های صحیحی برای مدیریت این پدیده‌ها پیش‌بینی شود.

لازم به توضیح است که به خاطر حجم بالای مطالب تنها طبقه‌بندی سال‌های خشک، نرمال و ترسالی به دو روش SPI و SIAP (بهترین شاخص‌ها براساس رابطه رگرسیونی) و براساس مقیاس‌های مربوطه به عنوان نمونه در جداول (۱۰ و ۱۱) نشان داده شده‌اند.



شکل ۱- مجموع نمرات هر شاخص در کل ایستگاهها بر اساس ضریب همبستگی

جدول ۱۱- ترسالی، خشکسالی و سال‌های نرمال براساس شاخص SIAP

ایستگاه سال	پنجاب	کنگسر	غفر حاجی	تقی آباد	سالیان تپه	تیرتاوش	آراز کوشه	نوده	لازوره	گنبد کاویوس	هوتان	مراوتپه
۱۳۵۱	خشکسالی متوسط	ترسالی	خشکسالی شدید	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۵۲	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
۱۳۵۳	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	بسیار شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی ضعیف
۱۳۵۴	نرمال	ترسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	خشکسالی شدید	ترسالی	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی ضعیف
۱۳۵۵	ترسالی	ترسالی	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی ضعیف	ترسالی	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی ضعیف
۱۳۵۶	ترسالی	ترسالی	خشکسالی ضعیف	ترسالی	خشکسالی ضعیف	نرمال	ترسالی	خشکسالی بسیار شدید	ترسالی	خشکسالی متوسط	ترسالی	ترسالی
۱۳۵۷	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی شدید	ترسالی	خشکسالی ضعیف
۱۳۵۸	ترسالی	خشکسالی متوسط	نرمال	نرمال	خشکسالی متوسط	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	نرمال	نرمال
۱۳۵۹	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی متوسط	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
۱۳۶۰	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید	ترسالی	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی ضعیف
۱۳۶۱	ترسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۶۲	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	ترسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
۱۳۶۳	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	ترسالی	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط
۱۳۶۴	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	ترسالی	ترسالی
۱۳۶۵	خشکسالی ضعیف	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی ضعیف
۱۳۶۶	ترسالی	خشکسالی شدید	ترسالی	خشکسالی متوسط	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
۱۳۶۷	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف	نرمال	خشکسالی ضعیف
۱۳۶۸	خشکسالی بسیار شدید	ترسالی	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی بسیار شدید	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف
۱۳۶۹	خشکسالی بسیار شدید	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	ترسالی	خشکسالی شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی ضعیف	ترسالی	نرمال	ترسالی
۱۳۷۰	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
۱۳۷۱	خشکسالی شدید	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال	خشکسالی ضعیف
۱۳۷۲	نرمال	ترسالی	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	خشکسالی متوسط
۱۳۷۳	نرمال	خشکسالی متوسط	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف	ترسالی	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال
۱۳۷۴	نرمال	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی شدید	ترسالی	خشکسالی ضعیف
۱۳۷۵	خشکسالی شدید	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	خشکسالی شدید	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	ترسالی	خشکسالی شدید
۱۳۷۶	ترسالی	خشکسالی شدید	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
۱۳۷۷	نرمال	ترسالی	خشکسالی شدید	نرمال	نرمال	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط
۱۳۷۸	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	ترسالی	نرمال	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی شدید	ترسالی	ترسالی
۱۳۷۹	خشکسالی ضعیف	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی بسیار شدید	متوسط	ترسالی	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی بسیار شدید
۱۳۸۰	نرمال	خشکسالی متوسط	خشکسالی بسیار شدید	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی ضعیف	نرمال	نرمال	خشکسالی ضعیف	ترسالی	ترسالی	خشکسالی ضعیف

منابع و ماخذ:

- ۱- علیرضا بنی‌واهب و همکاران، ۱۳۸۲، بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری،
- ۲- زارع ابیانه حمید، ۱۳۸۳، بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان براساس شاخص‌های آماری خشکسالی، مجله پژوهش سازندگی، شماره ۶۴.
- ۳- ساری صراف بهروز و همکاران، ۱۳۸۴، تحلیل و برآورد خشکسالی در غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی
- ۴- قویدل رحیمی یوسف، ۱۳۸۴، آزمون مدل‌های ارزیابی خشکسالی و ترسالی برای ایستگاههای استان آذربایجان شرقی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۳.
- ۵- اختری روح انگیز و همکاران، ۱۳۸۵، تحلیل مکانی شاخص‌های خشکسالی SPI و EDI در استان تهران، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره ۳، ص ۵۲۹-۵۱۷.
- ۶- بذرافشان، جواد، ۱۳۸۱، مطالعه تطبیقی برخی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه هواشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۷- خلیلی، ع.، ۱۳۷۰، گزارش‌های حوزه‌ای هواشناسی طرح جامع آب کشور، وزارت نیرو، جاماب، تهران.

8- Steinemann, A., 2003. Drought indicators and triggers: a stochastic approach to evaluation. J. Am. Water Res. Assoc. 39 (5), 1217-1233.

9- Palmer, Meteorological Drought, USWB, Res.Paper No.45.

10-Nitzche, M.H., 2002. Drought Quantification and Preparedness in BRAZIL- the Example of sao Paulo state, Working Paper.No7.Londrina-PR, BRAZIL.

11- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., White, D. A. and Vanyarkho, O.V.(1998), " Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index", Bulletin of American meteorological Society, 80, pp. 429-438.

12- Eder, B.K. & J.M. Davis. 1987. Spatial and temporal analysis of the palmer drought severity index over the south-eastern United States. Journal of Climatology, Vol. 7: 31-56.

13- Agnew, C. T., 2000. Using the SPI to Identify Drought, Drought Network News, 12(1): 6-12.

Investigation and Analysis Drought and Wet Years of Mazandaran and Golestan Provinces– Iran

khalighi Shahram¹, khaled Awsati², Bakhtyar Karimi³, Mosa Karami⁴

Abstract

Drought monitoring is more important in planning for drought mitigation schemes. Drought indices are normally used for monitoring purpose. To Drought monitoring different indices have been suggest until now. Annual rainfall data of 12 stations, of Mazandaran and Golestan Provinces, had been used to analysis of rainfall data and to determination of drought as well as wet years. A 30 years statistical period (1972-2002) was selected, after analyzing Sufficiency and accuracy of available data and scattered data and completes the missing data, and then the different drought indices were used.

The results of this study indicate that more sever and frequent drought befallen in second decade. As a different index (regarded to relevant classification), several drought event has been fallen in different degree (SIAP: 24 more severe drought event and 51 sever drought event, SPI: zero torrid drought event and 15 sever drought event, PNPI: without any more sever drought and 4 sever drought event). As regards to the classification of the annual wet and dry season, normal precipitation had the more stability and continuity as compared to wet and dry years(except SIAP indices). The Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standard Index of Annual Precipitation (SIAP) was recognized as a better and more accurate model as compared to the other models because of high sensitivity and better conformity of the SPI related to the rainfall data changes, and more ability of the SIAP indices.

Key word: drought, wet year, Mazandaran, Golestan, SPI, SIAP

¹ - Scientific Member of Tehran University

² - Graduate Student, Watershed Management Science, factually natural resources, university of Tehran, member of young researchers club of Kurdistan

³ - Graduate Student Department of Irrigation and Drainage Science , , Agriculture college, university of Tehran, member of young researchers club of Kermanshah

⁴ - Graduate Student, dedesertification Science, factually natural resources, university of Tehran, member of young researchers club of Kurdistan