پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی SPI و DI با استفاده از داده‌های شبکه‌ای بارش در شمال‌غرب ایران

خدیجه جوان*
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
محمد رضا عزیززاده
مربی گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، ماکو – ایران
هوشنگ بشیری
کارشناس ارشد اقلیم شناسی
فریبا شهریار سرنقی
کارشناس ارشد اقلیم شناسی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۸/۱۹

چکیده
خشکسالی از جمله مخاطرات طبیعی است که بشر همواره در معرض آن قرار دارد، از این رو شناخت و واکاوی آن اجتناب ناپذیر است. شاخص‌های خشکسالی در واقع بیان کننده حدود طبیعی خشکسالی‌های رخداده در دوره زمانی هستند تا امکان ارزیابی آن را در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی ممکن سازند. در این پژوهش از داده‌های شبکه‌ای بارش سال‌های ۱۹۵۱تا ۲۰۰۷ با تفکیک ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه قوسی استفاده شد. با استفاده از نرم افزار GRADS این داده‌ها و اطلاعات بارش به فایل‌های قابل استفاده در نرم افزار MATLAB تبدیل و محاسبه‌های مربوط به شاخص‌های پایش خشکسالی SPI و DI بر روی تک تک یاخته‌ها اعمال گردید. سپس با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و Surfer اطلاعات به صورت گرافیکی و نقشه ترسیم شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در مقایسه نقشه سالانه شاخص دهک‌ها و شاخص بارش استاندارد، بخش شرقی ناحیه شمال‌غربی ایران به نسبت بخش غربی آن با توجه به دوره آماری ۵۸ ساله مرطوب‌تر است و بخش غربی و مرکزی ناحیه آذربایجان دارای خشکسالی است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، SPI ، DI ، مخاطرات طبیعی، شمال‌غرب ایران.

مقدمه

بشر در طول زندگی خود همیشه در معرض بلایای طبیعی بوده است، خشکسالی از این‌گونه بلایا است که در هر نوع اقلیمی می‌تواند حادث شود. خشکسالی از جمله بلایای طبیعی است که به محض وقوع، گستره جغرافیایی وسیعی را در

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۸۱۵۳۹۰ Email: kjavan20@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

بر می‌گیرد و ممکن است تا مدت طولانی یک منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده و آثار ناشی از آن تا مدت‌ها در منطقه بماند. این پدیده از جمله پدیده‌های طبیعی مرتبط با هواشناسی و هیدرولوژی است که در دامنه وسیعی بر پارامترهای محیطی و فعالیت‌های مرتبط با کشاورزی، پوشش گیاهی، زندگی انسان، حیات وحش و اقتصاد محلی و ملی اثر می‌گذارد و اغلب با فعالیت‌های کشاورزی، دامداری، صنعتی و غیره انسان تشدید می‌شود (اربابی، ۱۳۸۹، ۱۰۶).

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دما است که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است روی دهد (علیزاده، ۱۳۸۱، ۲۶۲). در یک تعریف کلی، خشکسالی عبارت است از کمبود غیر عادی بارش در دوره بلند مدت به نحوی که باعث کمبود رطوبت در خاک و سبب کاهش آب‌های جاری شود و به این ترتیب فعالیت‌های انسانی، حیات گیاهی و جانوری را بر هم زند (وفاخواه و ایوب زاده، ۱۳۷۹، ۲). خشکسالی کاهش و بی نظمی بارش در حدی است که در آن روند عادی رشد، تولید محصول و رابطه متعارف و متوازن انسان و محیط مختل می‌شود. از این رو، خشکسالی صرفاً محدود به مناطق خشک دنیا نمی‌شود و در هر نوع اقلیمی احتمال وقوع آن وجود دارد، حتی در مناطقی که بارندگی سالیانه آنها بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر است ممکن است به پی درپی اتفاق افتد (امین، ۱۳۷۹،۱). خشکسالی یکی از مزمن‌ترین و زیانبارترین بلایای طبیعی محسوب می‌شود که انسان‌ها از دیرباز با آن آشنا بوده و آثار قابل توجه آن را بر اقتصاد، کشاورزی، محیط زیست و جنبه‌های اجتماعی تجربه کرده‌اند (صفدری و همکاران، ۱۳۸۲، ۲۷۴).

هر خشکسالی با سه ویژگی شدت، طول دوره و پهنای تحت تأثیر آن شناخته می‌شود. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که خشکسالی از نظر فراوانی وقوع و همچنین ویژگی‌های شدت، مدت، وسعت، تلفات جانی، آسیب‌های اقتصادی، آثار اجتماعی و آثار شدید نسبت به سایر بلایای طبیعی اولویت داشته و خطر آمیزتر است.

خشکسالی را به چهار نوع اصلی خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیک، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی- اجتماعی؛ می‌توان دسته‌بندی کرد (دراکوپ[1] و همکاران، ۱۹۸۰، ۲۷۰). برای تعیین ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی، تاکنون شاخص‌های متعددی ارایه شده است. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا از شاخص‌هایی استفاده می‌شود که تنها از متغیر بارندگی بهره می‌برند. شاخص دهک‌ها (گیبس و ماهر[2]، ۱۹۶۷) و شاخص SPI (مک‌کی[3] و همکاران، ۱۹۹۳، ۱۹۹۵) از جمله این شاخص‌ها هستند. شاخص SPI به علت سادگی محاسبه‌ها، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشکسالی به ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (هایز[4] و همکاران، ۱۹۹۹، ۴۳۰).

به علت اهمیت خشکسالی مطالعات زیادی در رابطه با خشکسالی در سطح ایران و جهان انجام شده است و توجه پژوهشگران زیادی را درنقاط مختلف به خود معطوف داشته که از آن جمله می‌توان به (پالمر، ۱۹۶۵؛ مک‌کی و

[1] - Dracup
[2] - Gibbs and Maher
[3] - McKee
[4] - Hayes

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران، ۱۹۹۳؛ لوید[1] و همکاران، ۲۰۰۲؛ بویان[2] و همکاران، ۲۰۰۶؛ ووهانگ[3] و همکاران، ۲۰۰۷؛ خان[4] و همکاران، ۲۰۰۸) اشاره کرد.

لشنی زند (۱۳۸۳) در پژوهش خود با بکارگیری شاخص SPI نتیجه گیری کرد که به علت تبعیت این شاخص از توزیع نرمال، می‌توان وقایع خشکسالی شدید را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه‌بندی کرد. رضیئی و همکاران (۱۳۸۶) خشکسالی هواشناسی استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از شاخص SPI و مدل زنجیره مارکف مورد بررسی قرار دادند و احتمال وقوع خشکسالی را در مرکز استان بیش از ۷۰ درصد نشان دادند. نصری و مدرس (۱۳۸۶) وضعیت خشکسالی را با استفاده از دو شاخص دهک‌ها و SPI بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای به طور متوسط بیش از ۶۰ درصد منطقه را فرا می‌گیرد. انصافی مقدم (۱۳۸۶) در ارزیابی شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه رسید که شاخص SPI و دهک‌ها، مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید را نشاند داده و کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند. مساعدی و همکاران (۱۳۸۷) جهت ارزیابی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان از شاخص SPI استفاده کردند و به نتایج مختلفی از جمله وجود یک سیکل ۱۱ ساله مهم و حاکم بودن شرایط با شدت خشکسالی بیشتر در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر رسیدند. محمدیان و همکاران (۱۳۸۹) به مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های SPI، DI و PNI و پهنه بندی آنها در خراسان شمالی پرداختند و اظهار داشتند که در این استان وسیع‌ترین و شدیدترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۱ اتفاق افتاده است. شکیبا و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب‌های زیرزمینی استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI و بزرگی خشکسالی (DM) با استفاده از آمار یک دوره ۳۰ ساله پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شاخص بزرگی خشکسالی (DM)، معیار مناسب‌تری جهت نشان دادن وضعیت خشکسالی در منطقه می‌باشد. عرب سلغار و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل و بررسی خشکسالی بر اساس داده‌های بارندگی سالانه در استان تهران با استفاده از الگوریتم بدون فراسنج تحلیل مکانی شبکه‌های عصبی (SANN) پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که در طول دوره‌ی آماری ۳۰ ساله، ۱۶/۷ درصد سال‌ها دارای خشکی بسیار زیاد، ۲۶/۶۵ درصد دارای خشکی زیاد، ۳۰ درصد دارای خشکی متوسط و ۲۶/۶۵ درصد سال‌ها بدون خشکی بوده‌اند که ۲۳ درصد خشکسالی‌ها مربوط به دهه‌ی نخست می‌باشد و دو دهه‌ی دیگر به طور مساوی ۳۸/۵ درصد خشکسالی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

در این مطالعه، خشکسالی شمال‌غرب ایران با استفاده از دو شاخص بارش استاندارد (SPI) و شاخص دهک‌ها (DI) و با استفاده از داده‌های شبکه‌ای بارش مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که این دو شاخص استفاده بیشتری در مطالعات

[1] - Lloyd
[2] - Bhuiyan
[3] - Wu Hong
[4] - khan

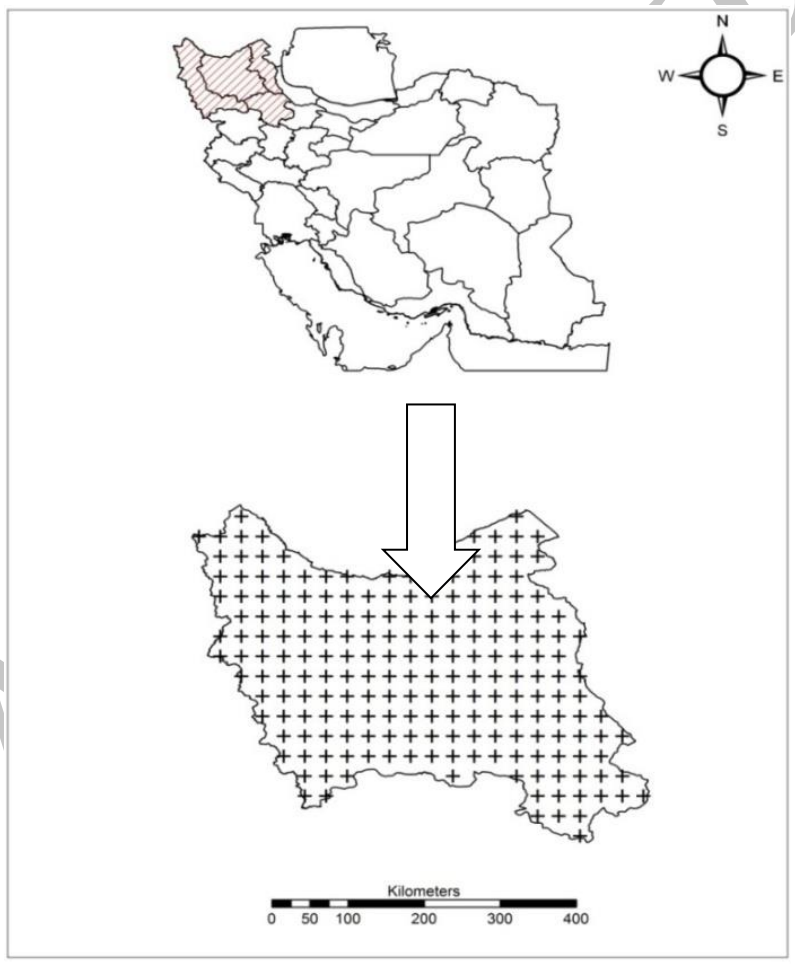
Archive of SID

www.SID.ir

پایش و پیش بینی خشکسالی دارند، لذا در این پژوهش برتری این دو شاخص نسبت به یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

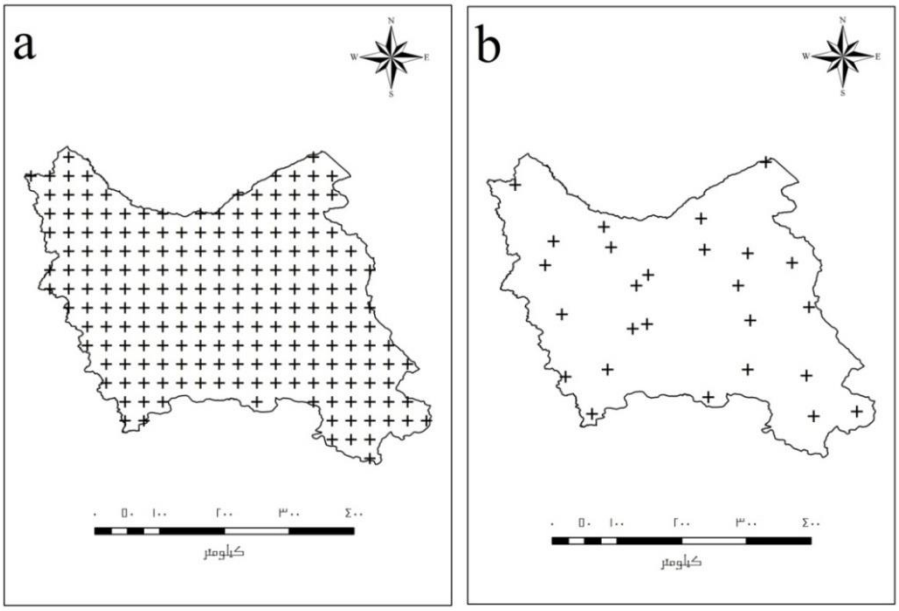
موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش به واکاوی داده‌های بارش شمال‌غرب ایران (آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، اردبیل و زنجان) پرداخته شد. شکل ۱ نشان دهنده موقعیت جغرافیایی منطقه است. یکی از مزیت‌های داده‌های شبکه‌ای نسبت به داده‌های ایستگاهی، پراکنش در تمام محدوده مطالعاتی است. تعداد پیکسل‌های موجود با ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه در این بخش از کشور، بالغ بر ۲۰۶ یاخته (پیکسل) می‌باشد که قابل مقایسه با شبکه ایستگاه‌های هواشناسی نیست (شکل ۲).



شکل ۱: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

www.SID.ir



شکل ۲: نقشه موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی (b) شبکه یاخته‌ای (a)

داده‌ها و روش‌شناسی

هدف از این پژوهش بررسی شاخص‌های خشکشالی SPI و DI در ناحیه شمال غرب ایران است. در این پژوهش از داده‌های شبکه‌ای بارش[1] استفاده شد. اطلاعات بارش روزانه در یک بازه زمانی ۵۷ ساله (۱۹۵۱–۲۰۰۷) دریافت شد. داده‌های موجود در این پایگاه داده به صورت یاخته‌های ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه قوسی برای خاورمیانه می‌باشد. برای تبدیل اطلاعات این پایگاه داده به فایل متنی (TXT). با برنامه نویسی در نرم‌افزار Grads به فرمت قابل استفاده در نرم‌افزار Matlab تبدیل می‌شود. در گام بعدی محاسبات شاخص‌های ذکر شده در نرم افزار Matlab می‌باشد. برای ترسیم داده‌های خروجی از نرم افزارهای Surfer و ArcGIS بهره گرفته می‌شود.

مقیاس زمانی مورد استفاده ما در این پژوهش فصلی و سالانه است که با استفاده از شاخص بارش استاندارد میزان خشکی را در دوره آماری نمایش داده شده و با شاخص DI مقایسه می‌شود. نتیجه این مقایسه بعد از انجام محاسبات به صورت نقشه تهیه شده و پهنه بندی خشکسالی در منطقه با استفاده از شاخص‌های فوق صورت می‌گیرد.

شاخص بارش استاندارد SPI[2]

شاخص SPI توسط مک کی و همکارانش (۱۹۹۳) با توجه به بررسی تاثیرات متفاوت کمبود بارش بر آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است. این شاخص با قرار دادن تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید و تنها فاکتور مؤثر در

[1] - http://www.chikyu.ac.jp/precip
2 -standardized precipitation index

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبه این شاخص، عنصر بارندگی می‌باشد. این شاخص را می‌توان در مقیاس‌های زمانی ۱-۳-۶-۹-۱۲-۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد. تعریف پیشنهادی بر اساس بارندگی استاندارد شده بنا شده است. در این تعریف بارندگی استاندارد شده در حقیقت تفاضل بارندگی از میانگین یک دوره زمانی خاص می‌باشد که بر انحراف معیار تقسیم می‌شود. به طوری که میانگین و انحراف معیار از سوابق و وقایع گذشته قابل تعیین می باشد. معادله زیر نحوه محاسبه شاخص استاندارد شده بارش را نشان می‌دهد (Hayes et al., 1999, 431).

$$SPI = \frac{P_{ik} - P_i}{\sigma_i}$$

P_{ik} = مقادیر بارش یاخته؛

Pi = میانگین بارش بلند مدت یاخته؛

σ_i = انحراف معیار داده های بارش بلند مدت یاخته؛

مقادیر مثبت *SPI* نشان‌دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس دارد. طبق این روش، دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که *SPI* به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که *SPI* مثبت شود.

جدول ۱: توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص SPI

طبقه خشکسالی	مقادیر **SPI**
ترسال خیلی شدید	۲ و بالاتر
ترسالی شدید	۱/۵۰ تا ۱/۹۹
ترسالی ملایم	۱/۰۰ تا ۱/۴۹
نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹-
خشکسالی ملایم	۱/۰۰- تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	۱/۵۰- تا ۱/۹۹-
خشکسالی خیلی شدید	۲/۰۰- و پایین‌تر

شاخص خشکسالی[1] DI

وقوع بارندگی‌های طولانی مدت را در دهم‌هایی از توزیع نرمال تقسیم کرده و هر یک از این گروه ها را یک دهک می‌نامند. در این روش ابتدا داده‌های سالیانه بارندگی را به صورت صعودی مرتب کرده و سپس احتمال وقوع بارش یک ماه یا سال تعیین می‌گردد.

احتمال وقوع بارش یک ماه یا سال معین از طریق رابطه زیر تعیین می‌شود (انصافی مقدم، ۱۳۸۶، ۲۷۶):

$$Pi = \frac{i}{N+1} \times 100$$

Pi احتمال وقوع بارندگی در ردیف iام و N تعداد داده‌های بارش است. در این صورت برحسب این‌که مقدار P_i در چه دهکی قرار گرفته باشد، یکی از درجه‌های خشکی به آن تعلق می‌گیرد.

1- Deciles Index

Archive of SID

www.SID.ir

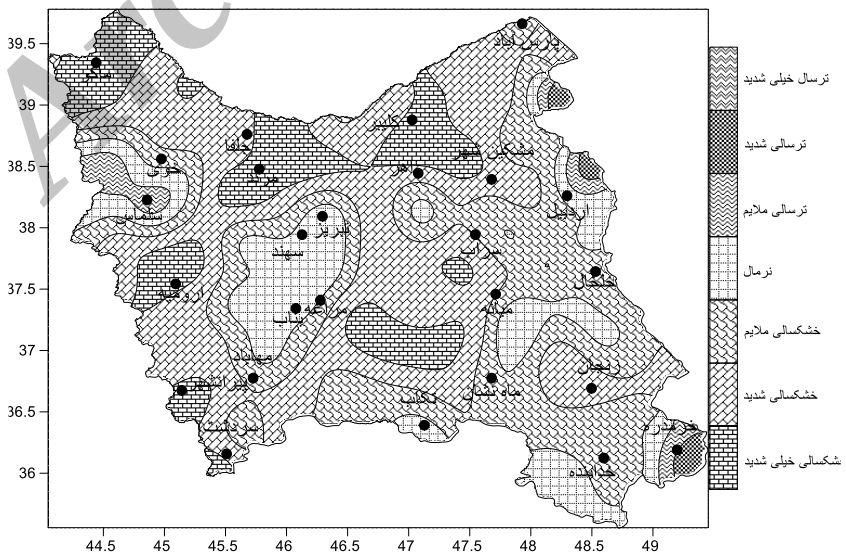
جدول ۲: طبقه‌بندی شاخص دهک‌ها (DI)

طبقه‌بندی	دهک‌ها ٪	رده‌ی DI
خشکسالی خیلی شدید	کمتر از ۱۰	اول
خشکسالی شدید	۱۰ تا ۲۰	دوم
خشکسالی	۲۰ تا ۳۰	سوم
تقریبا نرمال	۳۰ تا ۴۰	چهارم
نرمال	۴۰ تا ۵۰	پنجم
نرمال	۵۰ تا ۶۰	ششم
کمی مرطوب	۶۰ تا ۷۰	هفتم
مرطوب	۷۰ تا ۸۰	هشتم
بسیار مرطوب	۸۰ تا ۹۰	نهم
فوق العاده مرطوب	بیشتر از ۹۰	دهم

یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر، سعی بر آن شده تا با استفاده از نرم افزارهای محاسبه‌ای و گرافیکی، وضعیت خشکسالی در نیم قرن اخیر در ناحیه شمال غرب تجزیه و تحلیل گردد. برای دست یافتن به این هدف، بعد از دریافت اطلاعات بارش و آماده سازی آن‌ها، شاخص‌های پایش خشکسالی SPI و DI محاسبه گردید. سپس برای نشان دادن توزیع مکانی این شاخص‌ها، اقدام به تهیه نقشه با استفاده از نتایج بدست آمده از شاخص‌ها و مقایسه این نقشه‌ها پرداخته می‌شود.

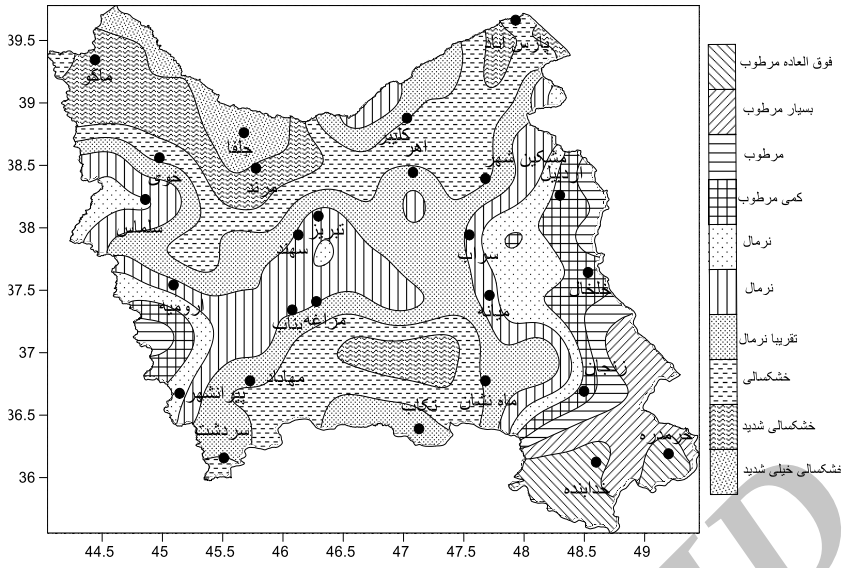
پایش خشکسالی با روش SPI در فصل بهار، نشان دهنده‌ی ترسالی در پهنه‌های کوچک بخش شرقی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. وضعت نرمال بارش در دوره مورد بررسی در قسمت‌های شرق، مرکز، و قسمت‌های جنوبی منطقه گسترش بیشتری دارد. خشکسالی ملایم بیشتر در بخش شرقی، خشکسالی شدید بیشترین گسترش را در مرکز، غرب و شمال دارد. خشکسالی بسیار شدید در شمال‌غرب و شمال گسترده شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه شاخص SPI فصل بهار

Archive of SID

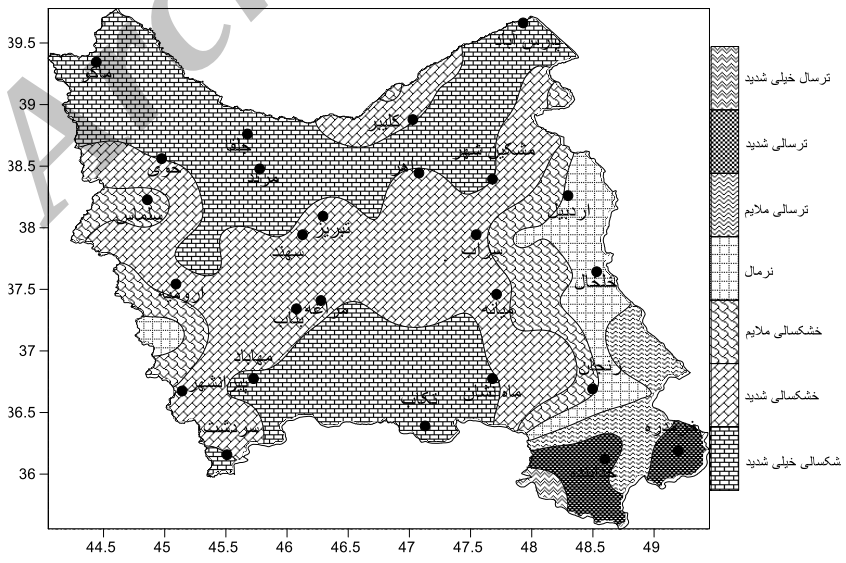
www.SID.ir



شکل ٤: نقشه شاخص DI فصل بهار

نقشه شاخص دهک‌ها برای فصل بهار نشان دهنده مناطق مرطوب در بخش شرقی و جنوب‌شرقی است. قسمت‌هایی در شمال‌غرب و غرب ناحیه آذربایجان شرایط مرطوب و نرمال را داراست. مناطق جنوب، شمال و قسمت‌های مرکزی به طور پراکنده دارای خشکسالی، خشکسالی شدید، خشکسالی خیلی شدید می‌باشند (شکل ۴).

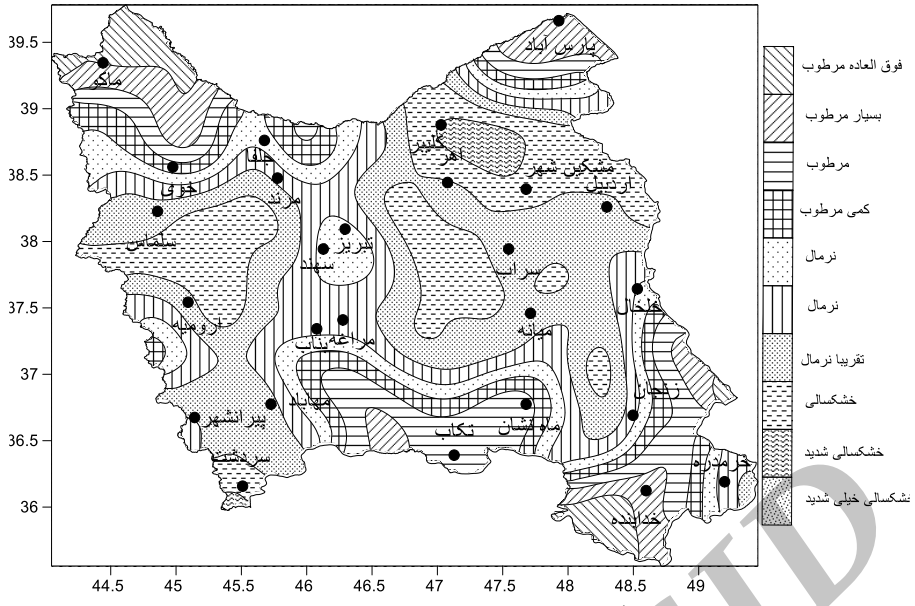
در فصل تابستان در بخش شرقی، به ویژه در جنوب‌شرقی پراکندگی ترسالی شدید، ترسالی ملایم و ترسالی خیلی شدید مشاهده می‌شود. خشکسالی ملایم در بخش شرقی بیشتر دیده می‌شود. خشکسالی شدید از غرب تا شرق گسترش دارد و بیشترین گسترش آن در بخش مرکزی دیده می‌شود. بر اساس شاخص SPI خشکسالی بسیار شدید بیشتر در شمال و جنوب منطقه مورد مطالعه گسترش دارد (شکل ۵).



شکل ٥: نقشه شاخص SPI فصل تابستان

Archive of SID

www.SID.ir



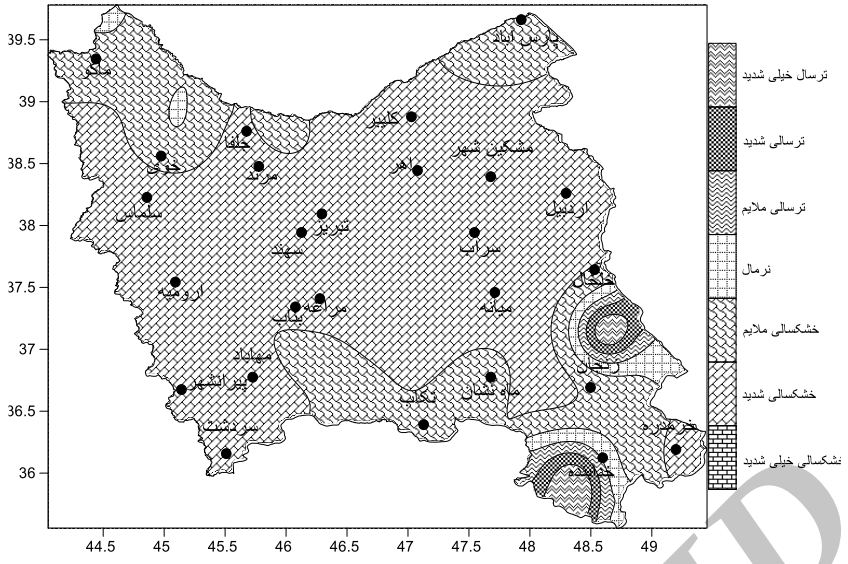
شکل ٦: نقشه شاخص DI فصل تابستان

نقشه شاخص DI برای فصل تابستان از مرطوب بودن مناطق شرقی، جنوب‌شرقی و بخش‌هایی از نواحی شمال منطقه مورد مطالعه حکایت دارد. در بخش‌هایی از مناطق غربی، مرکزی و شمال‌شرقی نشان دهنده خشکسالی در این دوره آماری است (شکل ۶).

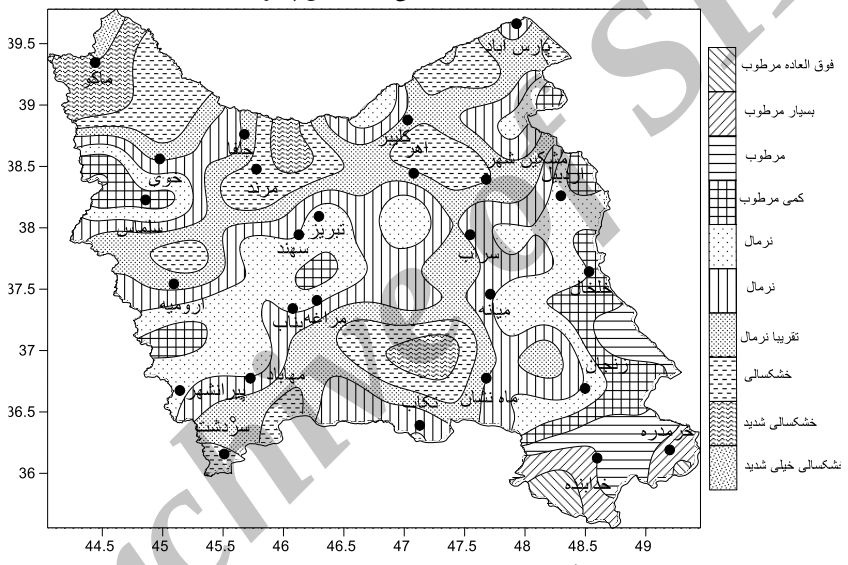
نقشه شاخص استاندارد بارش پاییز حاکی از تجمع شاخص‌های ترسالی در شرق منطقه است که بیشتر به صورت دو منطقه کوچک در جنوب‌شرق و شرق منطقه می‌باشد. بخش بزرگی از محدوده مطالعاتی در رده خشکسالی شدید قرار گرفته که از غرب تا نیمه شمال‌شرقی را شامل می‌شود (شکل ۷). نقشه شاخص دهک‌ها در فصل پاییز مانند نقشه شاخص SPI در فصل پاییز نشان دهنده رده‌های مرطوب در بخش‌های شرقی منطقه مورد مطالعه است. خشکسالی، خشکسالی شدید و خشکسالی خیلی شدید در بخش‌هایی از جنوب، مرکز و شمال‌غرب پراکنش دارند (شکل ۸).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷: نقشه شاخص SPI فصل پاییز

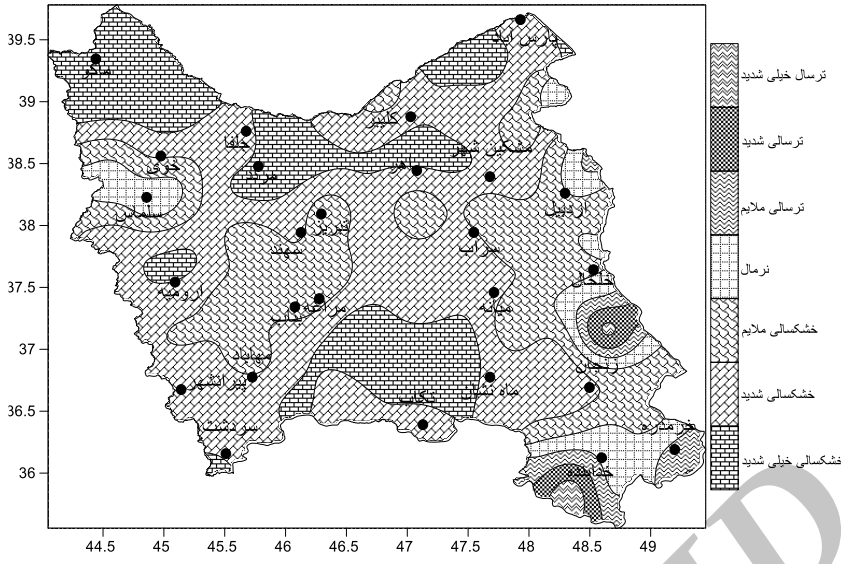


شکل ۸: نقشه شاخص DI فصل پاییز

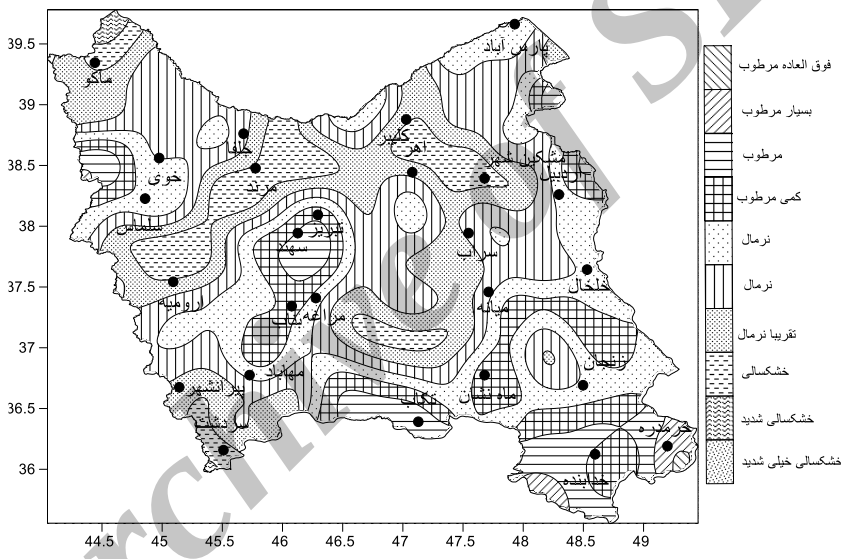
در نقشه بارش استاندارد فصل زمستان در بخش شرق و جنوب‌شرق، مناطق ترسالی شدید، ترسالی بسیار شدید و ترسالی ملایم به صورت بخش‌های کوچک مشاهده می‌شود. بارش نرمال در بخش‌هایی از شرق و شمال‌غرب دیده می‌شود و خشکسالی ملایم در بخش‌های شرقی و مرکزی دیده می‌شود. خشکسالی شدید در بخش‌های غرب، مرکز و شمال‌شرق گسترده شده. خشکسالی بسیار شدید در بخش‌های جنوبی، شمال، شمال‌غربی گستردگی قابل توجهی دارند (شکل ۹). با توجه شکل ۱۰، شاخص DI برای فصل زمستان نشان دهنده مناطق مرطوب، بسیار مرطوب و فوق العاده مرطوب در ناحیه جنوب‌شرقی محدوده مورد بررسی است. در بخش‌هایی از شمال‌شرق، مرکز و شمال‌غرب مناطق نرمال از نظر شاخص دهک‌ها پراکنده شده‌اند. خشکسالی شدید در بخش‌های کوچکی از جنوب‌غرب، شمال‌غرب و بخش شمالی قرار گرفته است (شکل ۱۰).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹: نقشه شاخص SPI فصل زمستان

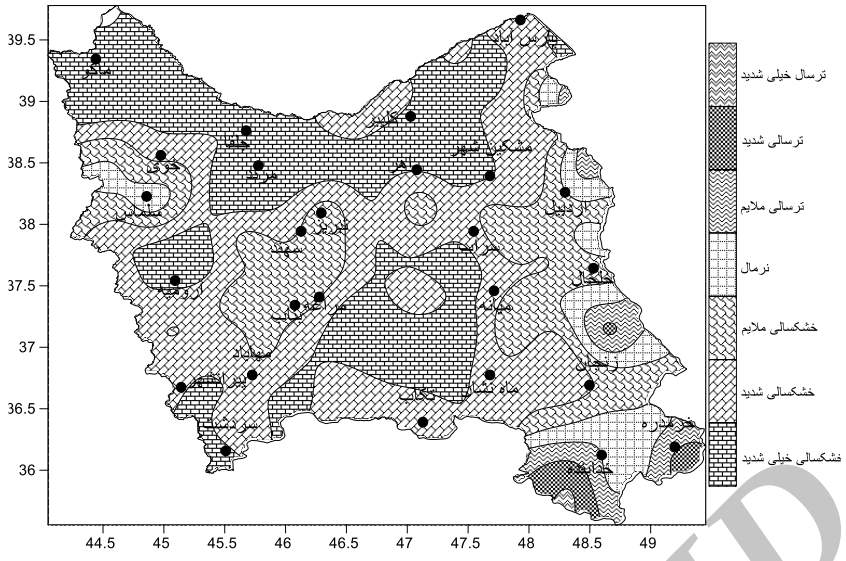


شکل ۱۰: نقشه شاخص DI فصل زمستان

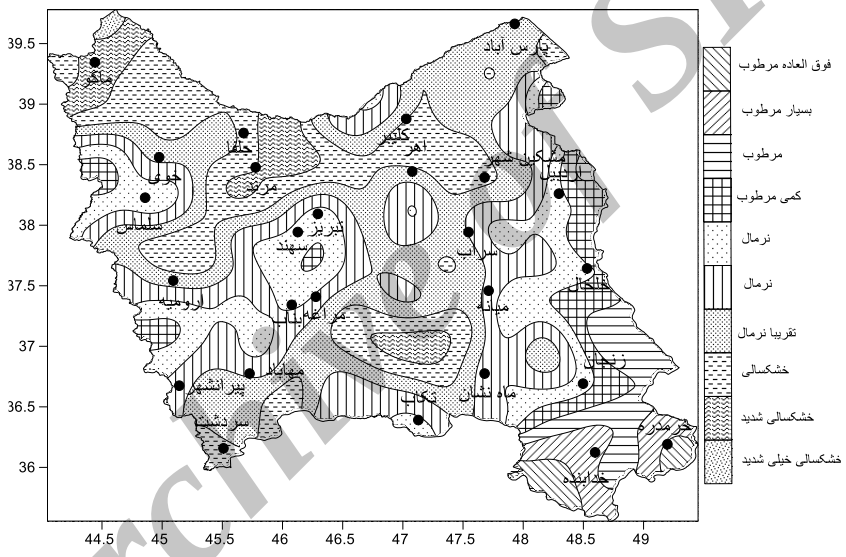
شاخص بارش استاندارد بارش سالانه برای دوره آماری ۵۸ ساله نشان دهنده کمبود بارش نسبت به میانگین در ناحیه شمال‌غرب است. با توجه به شکل ۱۱، در بخش شرقی و جنوبی، شرق منطقه مورد مطالعه، بارش استاندارد نشان دهنده مرطوب بودن و نزدیک به نرمال بودن بارش در دوره آماری است. مناطق غرب و مرکز بیشتر در سیطره خشکسالی ملایم و شدید قرار دارند. از نواحی مرزی شمال‌غرب تا نزدیکی مرز شمال‌شرقی در مرز جنوبی جمهوری آذربایجان و در جنوب منطقه مورد مطالعه خشکسالی بسیار شدید دیده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۱: نقشه شاخص SPI سالانه



شکل ۱۲: نقشه شاخص DI سالانه

نقشه سالانه شاخص دهک‌ها سالانه برای دوره آماری ۵۸ ساله، شباهت بیشتری به شاخص SPI سالانه در همین دوره نسبت به فصل با یکدیگر دارد. بخش شرقی و جنوب‌شرقی نشان دهنده ترسالی با شدت‌های فوق العاده مرطوب، بسیار مرطوب، مرطوب و همچنین بارش نرمال در این منطقه از شمال‌غرب ایران است. خشکسالی خیلی شدید، خشکسالی شدید و خشکسالی بیشتر مناطق شمالی (مرز با آذربایجان) و قسمت جنوبی مشاهده می‌شود (شکل ۱۲).

نتیجه گیری

یافته‌ها و نتایج کلی در این پژوهش را می‌توان به صورت خلاصه، این‌گونه بیان کرد:

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص SPI فصل بهار: خشکسالی ملایم بیشتر در بخش شرقی و خشکسالی شدید بیشترین گسترش را در مرکز، غرب و شمال دارد. خشکسالی بسیار شدید در شمال‌غرب و شمال گسترده شده‌اند. شاخص DI فصل بهار: مناطق جنوب، شمال و قسمت‌های مرکزی به طور پراکنده دارای خشکسالی، خشکسالی شدید، خشکسالی خیلی شدید می‌باشند. شاخص SPI فصل تابستان: بر اساس شاخص SPI خشکسالی بسیار شدید بیشتر در شمال و جنوب منطقه مورد مطالعه گسترش دارد. شاخص DI فصل تابستان: بخش‌هایی از مناطق غربی، مرکزی و شمال‌شرقی نشان دهنده خشکسالی در این دوره آماری است. در فصل زمستان و پاییز نیز در بخش‌های غربی، شمالی و همچنین جنوبی خشکسالی مشاهده می‌شود. با مقایسه نقشه‌های فصلی معلوم می‌شود که بیشتر مناطق خشکسالی در بخش‌های مرکز و نیمه غربی قرار دارند. مقایسه نقشه‌های سالانه هر دو شاخص شباهت زیادی را نشان می‌رهد. تفسیر نقشه‌های هر دو شاخص SPI و DI از مرطوب بودن نیمه شرقی منطقه مورد مطالعه نسبت به نیمه غربی آن حکایت دارد که می‌تواند به علت ورود رطوبت دریای خزر به این منطقه باشد که خود نیاز به مطالعات دقیق‌تر در این رابطه دارد.

منابع

۱- اربابی سبزواری، آزاده (۱۳۸۹): تحلیل اثر خشکسالی با روش درون یابی شاخص z نرمال بارندگی در سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه کاشان، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۷، صص ۱۲۴-۱۰۵.

۲- امین، سیف اله (۱۳۷۹): بررسی نمایه‌های خشکسالی، مطالعه موردی باجگاه شیراز، مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی و تخصصی بررسی مسائل خشکسالی استان فارس، ۲۷-۲۸ مهر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، صص ۱-۱۳.

۳- انصافی مقدم، طاهره (۱۳۸۶): ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک، فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۴، شماره ۲.

۴- رضیئی، طیب، دانشکار آراسته، پیمان، اختری، روح انگیز و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۶): بررسی خشکسالی‌های هواشناسی اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، صص ۳۵-۲۵.

۵- شکیبا، علیرضا، میرباقری، بابک، خیری، افسانه (۱۳۸۹): خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیر زمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI، فصل‌نامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۵، صص ۱۲۴-۱۰۵.

۶- صفدری، علی اکبر، محسنی ساروی، محسن، ثقفیان، بهرام، مهدوی، محمد (۱۳۸۲): پهنه بندی فراوانی خشکسالی‌های حوزه کارون به کمک شاخص بارش استاندارد (SPI) در محیط GIS، اصفهان، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم.

۷- عرب سلغار، علی اکبر، صدقی، حسین، ملکی، مهران (۱۳۹۰): بررسی و تحلیل خشکسالی هواشناسی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در استان تهران، مجله‌ی مهندسی منابع آب، سال چهارم.

۸- علیزاده، امین (۱۳۸۱): اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- لشنی‌زند، م. (۱۳۸۳): بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران. پایان‌نامه دکترای جغرافیای طبیعی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه اصفهان.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰- محمدیان، آزاده، کوهی، منصوره، آدینه بیگی، آرمان، رسولی، سیدجواد و بذرافشان، بهاره، (۱۳۸۹): مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های SPI، DI و PNI و پهنه بندی آنها (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی). پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، شماره اول، صص ۱۸۴- ۱۷۷.

۱۱- مساعدی، ابوالفضل، خلیلی زاده، مجتبی، محمدی استادکلایه، امین، (۱۳۸۷): پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵ ، شماره۲.

۱۲- نصری، مسعود و مدرس، رضا، (۱۳۸۶): تحلیل ناحیه‌ای خشکسالی منطقه اردستان بر اساس دو شاخص خشکسالی، پژوهش و سازندگی، شماره ۷۶، صص ۱۷۶- ۱۶۷.

۱۳- وفاه خواه، مهدی، ایوب زاده، سید علی (۱۳۷۹): شناخت عوامل موثر در خشکسالی هیدرولوژیک به منظور کنترل آنها در حوضه آبخیز دریاچه نمک، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

12- Bhuiyan C. Singh R.P. and Kogan F.N. (2006): Monitoring Drought Dynamics in The Arrival Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.8:289–302.

13- Dracup J.A. Lee K.S. and Paulson E.G. (1980): On The Definition of Droughts. Water Resources Research 16(2):297-302.

14- Gibbs, W.J. and Maher. J.V. (1967): Rainfall Decides as Drought Indicators, Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.

15- Hayes, M., M.D Svoboda, D.A Wilhite, and O.V Vanyarkho, (1999): Monitoring The 1996 Drought Using The Standardized Precipitation Index, Bulletin of The American Meteorological Society, 80(3):429-438.

16- Khan, S., Gabriel, H.F., Rana, T., (2008): Standard Precipitation Index to Track Drought and Assess Impact of Rainfall on Water Tables in Irrigation Areas, Irrig Drainage Syst, 159–177, Online At: Springer Science + Business Media B.V.

17- Lloyd, B.H. and M. A. Saunders. (2002): A Drought Climatology for Europe. International Journal of Climatology, 22:1571-1592.

18- McKee, T.B., Does ken, N.J., and Kleist, J. (1993): The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Steps. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 179-184.

19- McKee, T.B., N.J. Does ken, and Kleist. J. (1995). Drought Monitoring With Multiple Time Scale, Proceedings of The 9th Conference on Applied Climatology, Dallas, TX, USA, pp. 233-236.

20- Palmer, W.C. (1965): Meteorological Drought. USWB, Res. Paper No. 45.

21- Wu, Hong. Mark D. Svoboda, Michael j. Hayes, Donald A. Wilhite and Fujiang Wen. (2007): Appropriate Application of The Standardized Precipitation Index in Arid location and dry Seasons, International Journal of Climatology. 27. 65-79.

Archive of SID

www.SID.ir