تحلیل و تعیین خشک سالی و ترسالی

براساس نمایه‌ی DRI ،SPI و روش نیچه در شمال غرب ایران

(قسمت اول)

حسن فرج زاده کارشناس ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه تهران

چکیده

خشک سالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است و احتمال وقوع آن در تمام نواحی با اقالیم کاملاً متفاوت وجود دارد. از جمله مهم‌ترین مراحل ارزیابی وضعیت خشک سالی و ترسالی در هر منطقه، تعیین شاخص‌هایی به منظور تحلیل میزان شدت و تداوم خشک سالی و ترسالی در آن منطقه است. در این مطالعه، از داده‌های بارش سالانه‌ی ۱۹ ایستگاه شمال غرب کشور طی دوره‌ی آماری ۳۸ساله (از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۲) استفاده شده است. برای تحلیل و تفکیک خشک سالی‌ها و ترسالی‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، «شاخص بارش قابل اعتماد»[1] (DRI)، «شاخص بارش استاندارد»[2] (SPI) و روش نیچه به کار گرفته شده‌اند. نتایج به دست آمده حاکی از وقوع خشک سالی با درجات متفاوت در کلیه‌ی ایستگاه‌هاست. تمام ایستگاه‌های شمال غرب در سال ۱۳۴۷ ترسالی، و در سال ۲۰۰۱ خشک سالی را تجربه کرده‌اند. در میان روش‌های به‌کار گرفته شده، روش SPI با داشتن توانایی و قابلیت‌های بالا و معایب و محدودیت‌های کمتر، بهتر از سایر روش‌ها تشخیص داده شد.

کلید واژه‌ها: شاخص بارش قابل اعتماد، شاخص بارش استاندارد، روش نیچه، خشک سالی، ترسالی، شمال غرب.

مقدمه

زندگی بشر در طول تاریخ و در سراسر جهان همواره در معرض انواع مخاطرات طبیعی قرار داشته است بخشی از این خطرات و حوادث، از فعالیت‌ها و فرایندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی، از قبیل زلزله، آتشفشان، زمین‌لرزه، سیل و غیره ناشی می‌شوند، اما شمار دیگری از این حوادث که از فراوانی و گستردگی نسبتاً بیشتری نیز برخوردارند، ناشی از فرایندهای آب و هوایی یا به عبارت دیگر، اقلیمی هستند. شدت و فراوانی این پدیده‌ها تا حدود زیادی به موقعیت جغرافیایی محل بستگی دارد. از جمله‌ی این حوادث، می‌توان از طوفان‌های سهمگین، خشک سالی، بارش‌های سیل آسا، رعد و برق و سایر پدیده‌های جوی ـ اقیانوسی از قبیل ال‌نینو و غیره نام برد. در این میان، خشک سالی از اهمیت و گستردگی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است[فرج‌زاده، ۱۳۷۴].

خشک‌سالی پدیده‌ای اقلیمی و طبیعی است که متناسب با تغییر شرایط اقلیمی از وضعیت مورد انتظار، شدت و ضعف دارد. برای این پدیده تعاریف متفاوتی ارائه شده است. از نظر **پالمر**[3] (۱۹۶۵)، خشک‌سالی عبارت است از کاهش رطوبت مستمر و غیرطبیعی. واژه‌ی مستمر، به استمرار حالت کمبود و واژه‌ی غیرطبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود. به بیان دیگر و ساده‌تر، خشک‌سالی را می‌توان دوره‌ای دانست که در آن، مقدار بارش نسبت به میانگین درازمدت آن کمتر باشد. **لینسی و فرانزینی**[4] (۱۹۸۷) خشک‌سالی را در یک دوره‌ی زمانی با میزان بارشی کمتر از بارش معمول همان منطقه تعریف می‌کنند. **تورنت وایت**[5] (۱۹۷۴) معتقد است، خشک‌سالی نمی‌تواند تنها با کمبود بارش در یک منطقه همراه باشد، بلکه شدت تبخیر را نیز باید مدنظر قرار داد.

هواشناسان، خشک‌سالی را بارش کمتر از حد معمول که به تغییر الگوی آب‌وهوایی می‌انجامد، تعریف می‌کنند. متخصصین علم کشاورزی، خشک‌سالی را زمانی می‌دانند که رطوبت خاک از نیاز واقعی محصول کمتر است و به خسارات در محصول منجر می‌شود. بنابراین، چنان‌چه عدم موفقیت در تولید محصول در ارتباط با بی‌نظمی یا کاهش بارندگی باشد، آن را خشک‌سالی کشاورزی می‌دانند. هیدرولوژیست‌ها، هنگامی را که سطح تراز ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی از حد معمول خود پایین‌تر می‌افتد، خشک‌سالی معنی می‌کنند. متخصصین اجتماعی و اقتصادی نیز، وقوع خشک‌سالی را زمانی می‌دانند که کمبود آب برای نیازهای بشر موجب ناهنجاری‌های اجتماعی و اقتصادی می‌شود. گاه یک دوره‌ی کوتاه چند هفته‌ای خشک‌سالی می‌تواند موجب صدمات جدی شود و گاه یک دوره‌ی طولانی مدت خشک‌سالی صدمات زیادی به همراه ندارد. این مطلب بیانگر آن است که با برنامه‌ریزی صحیح برای مطالبات آب می‌توان، ریسک خسارات خشک‌سالی را به صورت قابل توجهی کاهش داد.

در این پژوهش، شمال غرب ایران پهنه‌ای به وسعت حدود ۱۳۵۰۸۹ کیلومتر مربع است که بین عرض جغرافیایی ۳۰ : ۳۵ تا ۴۵ : ۳۹ درجه و طول جغرافیایی ۴۴ تا ۲۷ : ۴۸ درجه واقع است. در این محدوده‌ی جغرافیایی، استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، بخشی از استان کردستان و زنجان قرار گرفته‌اند. نقشه‌ی ۱ توزیع فضایی ایستگاه‌های انتخابی را نشان می‌دهد.

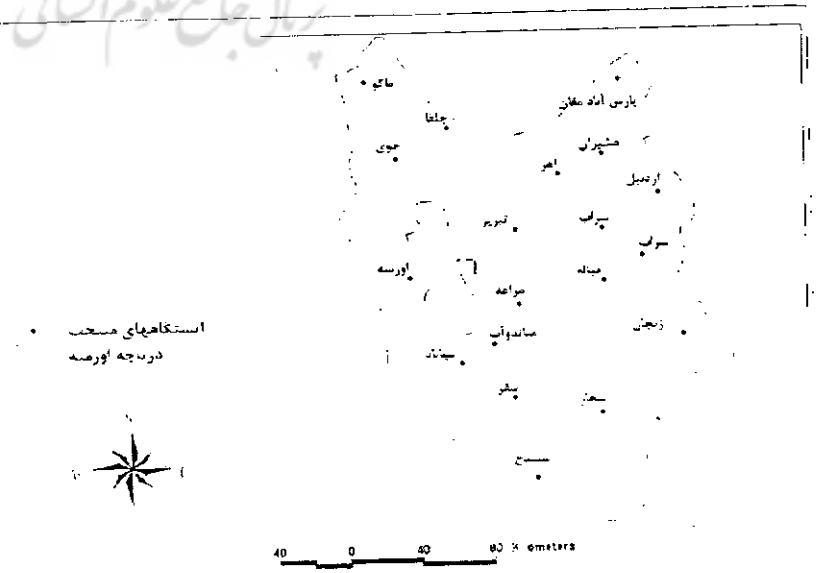
پیشینه‌ی تحقیق

وقوع خشک‌سالی از خصوصیات اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود که هم در قلمروی آب‌هوای مرطوب، و هم در قلمرو آب‌وهوای خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه‌ی نوسانات شدید آب‌وهوایی در مقیاس‌های متفاوت زمانی به‌وجود می‌آید. ویژگی‌های خشک‌سالی در ایران نشان می‌دهد که به‌طور کلی، هیچ منطقه‌ای از کشور، از این پدیده در امان نیست و به نسبت موقعیت طبیعی خود، اثرات این پدیده مخرب را تجربه می‌کند. بخش‌های جنوبی، شرقی و مرکزی کشور، به علت نوسانات بیشتر در مقادیر بارش، از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند.

مطالعات زیادی در زمینه‌ی پیش‌بینی و تحلیل خشک‌سالی و ترسالی بر اساس روش‌های کمی در سطح جهان و ایران انجام شده‌اند. لذا شرح پیشینه‌ی این پدیده در دو بخش سابقه‌ی تحقیقات در جهان و در ایران ضروری به‌نظر می‌رسد.

الف) سابقه‌ی تحقیقات درباره‌ی خشک‌سالی در جهان

وایه[6] (۱۹۹۱) دوره‌های خشک‌سالی اسپانیا را با «روش زنجیره‌ای مارکف» بررسی کرده است. **باری**[7] (۲۰۰۱) ناحیه‌بندی اقلیمی و بررسی خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها و پیش‌بینی اقلیمی را بر اساس روش‌های پالمر، زنجیره‌ی مارکف، میانگین متحرک، اتورگرسیو و آریما (ARIMA) انجام داده است. **ناتانیل و گاتمن**[8] (۱۹۹۸)، به منظور ارزیابی دقت کاربرد «شاخص شدت خشک‌سالی پالمر»[9]



(PDSI) و «شاخص بارش استاندارد» (SPI)، با استفاده از تحلیل طیفی، «شاخص خشک سالی پالمر»[۱۰] (PDI) را که نسخه‌ی قدیمی PDSI است، با شاخص SPI مقایسه کردند. بر اساس این تحقیق، شاخص PDI دارای فرایند اتورگرسیو مرتبه‌ی ۱ است و شاخص SPI برای مقیاس‌های زمانی بیش از یک ماه، از فرایند میانگین متحرک بهره می‌برد. نتایج نشان داد که برای دوره‌های زمانی کمتر از یک سال، شاخص PDI نسبت به SPI وقوع خشک سالی‌ها و ترسالی‌ها را با تأخیر نشان می‌دهد و فقط در دوره‌های زمانی بیش از یک سال، نتایج یکسانی را با روش SPI نشان می‌دهد.

هایز[۱۱] و همکارانش(۱۹۹۹)، در بررسی خشک سالی سال ۱۹۹۶ ایالت کلرادوی آمریکا به‌وسیله‌ی شاخص بارش استاندارد ثابت کردند که شاخص SPI قادر به تشخیص زمان شروع خشک سالی و پیشرفت آن است. نتایج نشان داد که شاخص SPI، زمان شروع خشک سالی را در سال ۱۹۹۶ در مقیاس یک ماهه، بهتر از شاخص خشک سالی پالمر نشان می‌دهد. **مکی**[۱۲] و همکارانش (۱۹۹۵)، در بررسی رابطه‌ی فراوانی خشک سالی‌ها و تداوم آن‌ها با مقیاس‌های زمانی به کمک شاخص SPI دریافتند که با افزایش طول مقیاس زمانی در این روش، دوره‌های با مقادیر منفی و مثبت SPI از نظر تعداد کم، ولی از نظر تداوم طولانی‌تر می‌شوند. **استرلا**[۱۳] (۲۰۰۰) در ناحیه‌ی والنسیا در کشور اسپانیا، در طول ۴۰ سال دوره‌ی آماری، چهار دوره‌ی خشک سالی را تشخیص داد. در آسیا، **گانگولی**[۱۴] (۲۰۰۲) روی حوضه‌ی داخلی گنگ و اوتارپرادش مطالعه کرد و با استفاده از سیستم‌های سنجش از دور و روش‌های آماری، مانند آریما، به طراحی سیستمی هشداردهنده برای پیش‌بینی و شناخت بلایای طبیعی، مانند سیل و خشک سالی پرداخت.

ب) سابقه‌ی تحقیقات در ایران

محسنی ساروی و همکارانش (۱۳۸۳)، برای بررسی گستره‌ی خشک سالی‌های ۲۹ ایستگاه حوضه‌ی کارون با طول دوره‌ی آماری ۲۸ ساله (۱۳۷۸-۱۳۵۰)، از شاخص SPI استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که شدیدترین تداوم از نظر بزرگی خشک سالی‌ها، مربوط به ایستگاه «منج»، و طولانی‌ترین تداوم و بیشترین فراوانی خشک سالی‌ها متعلق به ایستگاه «دارشاهی» بوده است. **بنی واهب** و **علیجانی** (۱۳۸۴)، در بررسی خشک سالی و ترسالی دوره‌ی ۴۷ ساله (۱۳۸۰-۱۳۳۴) ایستگاه بیرجند، با استفاده از مدل‌های آماری به این نتیجه رسیدند که: اولاً خشک سالی‌ها شدید و طولانی بوده‌اند، و ثانیاً از مجموع خشک سالی‌ها و ترسالی‌های دوره‌ی مورد بررسی، در فصل زمستان ۲۸ مورد خشک سالی دیده شده است که از این تعداد، ۱۶ مورد خشک سالی شدید و متوسط بوده است.

حجازی‌زاده و **شیرخانی** (۱۳۸۴)، برای بررسی وضعیت خشک سالی‌های ۳۴ ایستگاه استان خراسان طی دوره‌ی آماری ۱۳۷۶-۱۳۴۷، با استفاده از روش «گیبس-ماهر» و روش زنجیره‌ی مارکف مرتبه‌ی اول، مشخص کردند که در سال ۱۳۴۸، ۵۷ درصد ایستگاه‌ها دارای شرایط خشک سالی بسیار شدید بوده‌اند و در سال ۱۹۹۱، تمام ایستگاه‌ها بارش دریافتی بالاتر از میزان نرمال داشته‌اند، و ۷۶ درصد از آن‌ها نیز ترسالی با شدت‌های متفاوت را تجربه کرده‌اند. **آشگر طوسی** و همکارانش (۱۳۸۲)، برای پیش‌بینی احتمال وقوع خشک سالی در ۱۱ ایستگاه استان خراسان طی دوره‌ی آماری ۱۳۸۱-۱۳۴۸، با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکف رتبه‌ی اول، به این نتیجه رسیدند که در ۶ ایستگاه خشک سالی رخ داده که این خشک سالی در بخش مرکزی استان بیشتر از سایر نواحی بوده و در مناطق شمالی و جنوبی احتمال وقوع ترسالی بیشتر بوده است.

قطره سامانی (۱۳۷۹)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی روند خشک سالی در استان چهارمحال بختیاری»، با انتخاب ۱۱ ایستگاه مشخص کرد که در سال ۶۰-۵۹ خشک سالی شدیدی در این استان رخ داده است و با ترسیم نقشه‌ی توزیع خشک سالی استان پی برد که میزان شدت خشک سالی از شرق به غرب و از شمال به جنوب استان، کاهش می‌یابد. **حسنی‌ها** (۱۳۷۹)، برای بررسی وضعیت خشک سالی و روند آن در استان زنجان به وسیله‌ی آمار ۳۰ ساله‌ی ایستگاه سینوپتیک زنجان، از چهار شاخص آماری شامل: درصد از بارش میانگین، انحراف از میانگین، کلاسه‌بندی بارش، و توزیع استاندارد استفاده کرد. شاخص‌های فوق در حالت کلی با یکدیگر هم‌خوانی دارند و بر اساس میانگین‌های متحرک، معلوم شد که روند خشک سالی در استان زنجان رو به افزایش است و به تدریج بر دوره‌ی تداوم و شدت آن افزوده می‌شود.

حجاری‌زاده و همکارانش (۱۳۷۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان «مدل پیش‌بینی خشک سالی در کرمان»، با بررسی خشک سالی در این استان با استفاده از داده‌های بارش تمام ایستگاه‌های موجود مشخص کرد که منطقه در ۴۰ درصد سال‌های مورد مطالعه درگیر پدیده‌ی خشک سالی بوده است، در حالی که فقط در ۱۶/۷ درصد موارد، دارای مازاد آب داشته و طبق مدل‌سازی بارش و خشک سالی، روند خشک سالی در این استان در حال افزایش بوده

است. قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، در مقاله‌ای تحت عنوان «آزمون مدل‌های ارزیابی ترسالی و خشک‌سالی استان آذربایجان شرقی»، با انتخاب ۶ ایستگاه طی دوره‌ی ۴۳ ساله مشخص کرد که هر کدام از شاخص‌های SPI و DRI و روش نیچه، بعدی از ابعاد بارش را معلوم می‌کنند. اما روش SPI دارای قابلیت‌های بیشتر و محدودیت‌های کمتر است.

مواد و روش تحقیق

برای این پژوهش، از داده‌های بارش سالانه‌ی ۱۹ ایستگاه هواشناسی شمال غرب کشور، طی دوره‌ی ۳۸ ساله‌ی ۲۰۰۳-۱۳۴۵ استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده، از سال‌نامه‌های هواشناسی و سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور استخراج شدند. جدول ۱، ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.

برای بررسی همگن بودن داده‌ها، از روش آزمون «ران تست»[15] استفاده شد و از همگن بودن این داده‌ها اطمینان حاصل شد. داده‌ها برای تجزیه و تحلیل و انجام محاسبات وارد محیط نرم‌افزار «SPSS» شدند. به‌منظور تفکیک سال‌های مرطوب و خشک، از شاخص‌های آماری بارش قابل اعتماد (DRI)، شاخص بارش استاندارد SPI و روش نیچه استفاده شد. به شرح مختصر هریک از این شاخص‌ها می‌پردازیم.

شاخص DRI

لی هوئرو و پوپوف[16] در سال ۱۹۹۳، هنگام بررسی بارش قاره‌ی آفریقا، مفهوم بارش قابل اعتماد را به‌کار بردند. این شاخص ۰/۸۰ میانگین هندسی را شامل می‌شود و در طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، مخصوصاً در مناطق خشک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

معادله‌ی شاخص DRI: $DR = \sqrt[N]{\overline{P_1} \times \overline{P_2} \times \overline{P_3} \cdots \overline{P_N}} \times (0/8)$

در این معادله، DR: بارش قابل اعتماد به میلی‌متر، ۰/۸: ضریب ثابت معادله، P: بارش سالانه به میلی‌متر و N: طول دوره‌ی آماری است.

روش نیچه

نیچه[17] در سال ۲۰۰۲، برای بررسی و تعیین ترسالی، خشک‌سالی و سال نرمال در چندین حوضه‌ی آبریز در برزیل، از سه معادله‌ی زیر بهره گرفت:

۱. سال نرمال: $(\overline{P} - Sd) \le Pi \le (\overline{P} + Sd)$

۲. سال مرطوب: $Pi \ge (\overline{P} + Sd)$

۳. سال خشک: $Pi \le (\overline{P} - Sd)$

در این معادلات، Pi: بارش سال مفروض به میلی‌متر، SD انحراف معیار بارش در طول دوره‌ی آماری و P: میانگین بارش بلندمدت ایستگاه به میلی‌متر است. روش نیچه با توجه به معادلات بالا دارای یک محدوده برای بارش نرمال، دو آستانه، یکی برای خشک‌سالی و یکی هم برای ترسالی است [قویدل رحیمی، ۱۳۸۴].

شاخص بارش استاندارد SPI

این شاخص که در سال ۱۹۹۵ توسط مک‌کی و همکارانش ارائه شد، بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه‌ی این شاخص، عنصر بارش است و آن را می‌توان در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد [www.National Drought Mitigation Center]. معادله‌ی آن به شرح زیر است:

$$Z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$$

در این معادله، Z: بارش استاندارد شده، X: مقادیر بارش به میلی‌متر، μ میانگین بارش به میلی‌متر و Q: انحراف معیار است.

شاخص SPI نسبت به سایر شاخص‌ها دارای مزایایی است. نخستین مزیت، سادگی این شاخص است؛ چون فقط بر پایه‌ی بارش محاسبه می‌شود. دومین مزیت، قابلیت بالای آن یا به عبارت دیگر چند بعدی بودن آن است؛ چرا که در هر مقیاس زمانی قابل محاسبه است. این ویژگی باعث شده است که قابلیت پایش شرایط نیه اقلیمی، هیدرولوژیکی و کشاورزی را داشته باشد. سومین مزیت SPI این است که به علت تبعیت آن از توزیع نرمال، می‌توان وقایع خشک‌سالی شدید و فراگیر را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه‌بندی کرد. چون مقادیر این شاخص تابع توزیع نرمال است این مقادیر با یک انحراف استاندارد تقریباً ۶۸ درصد موارد، با دو انحراف استاندارد ۹۵ درصد موارد، و با سه انحراف استاندارد ۹۹ درصد موارد را شامل می‌شوند. مک‌کی و همکارانش (۱۹۹۳) جدول ۲ را برای طبقه‌بندی SPI پیشنهاد کرده‌اند [لشنی زند، ۱۳۸۲].

جدول ۱ . مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع(متر)
۱	ماکو	۳۹:۱۸	۴۴:۳۱	۱۴۱۱٫۳
۲	خوی	۳۸:۳۳	۴۴:۵۸	۱۱۰۷٫۵
۳	جلفا	۳۸:۵۶	۴۵:۳۸	۷۲۰٫۱۵
۴	ارومیه	۳۷:۳۲	۴۵:۰۵	۱۳۱۲٫۵۰
۵	مهاباد	۳۶:۴۶	۴۵:۴۳	۱۵۰۰
۶	میاندوآب	۳۶:۵۸	۴۶:۶	۱۳۱۴
۷	مراغه	۳۷:۲۴	۴۶:۱۴	۱۴۴۷٫۵۰
۸	تبریز	۳۸:۰۵	۴۶:۱۷	۱۳۶۱
۹	اهر	۳۸:۲۹	۴۷:۰۳	۱۳۹۰٫۵۰
۱۰	سراب	۳۷:۵۹	۴۷:۳۴	۱۶۶۱
۱۱	میانه	۳۷:۲۰	۴۷:۴۲	۱۱۰۰
۱۲	اردبیل	۳۸:۱۵	۴۸:۱۷	۱۳۳۲٫۲
۱۳	پارس آباد	۳۹:۱۸	۴۸:۰۱	۴۴٫۷
۱۴	فیروز آباد	۳۷:۳۵	۴۸:۱۳	۱۴۴۳
۱۵	مشیران	۳۸:۴۲	۴۷:۳۱	۶۵۳
۱۶	سقز	۳۶:۱۴	۴۶:۱۶	۱۵۲۲٫۸
۱۷	سنندج	۳۵:۲۰	۴۷:۰۰	۱۳۷۳٫۴
۱۸	زنجان	۳۶:۴۱	۴۸:۲۷	۱۶۶۳
۱۹	بیجار	۳۵:۵۲	۴۷:۳۷	۱۹۴۰

جدول۲ . طبقه‌بندی مقادیر SPI

طبقه	شدیداً مرطوب	خیلی مرطوب	مربوط متوسط	بارش نرمال	خشک متوسط	خیلی خشک	شدیداً خشک
مقدار SPI	۲<	۱٫۵-۱٫۹	۱-۱٫۴	۰٫۹۹تا-۰٫۹۹	-۱تا-۱٫۴۹	-۱٫۵تا-۱٫۹۹	-۲<

بحث و تحلیل

برای طبقه‌بندی و تعیین ترسالی و خشک‌سالی منطقه‌ی شمال غرب از سه روش DRI، SPI و نیچه استفاده شد. یافته‌های تحقیق بر اساس این روش‌ها عبارت‌اند از:

نتایج شاخص DRI

بر اساس داده‌های بارش و معادله‌ی DRI، ارقام شاخص هر کدام از ایستگاه‌های منتخب محاسبه شد که در جدول ۳ ارائه شده‌اند. به منظور تعیین و تفکیک سال‌های مرطوب و خشک، از شاخص بارش قابل اعتماد استفاده شد که علت آن براورد حداقل نیاز آبی یک منطقه، مخصوصاً از لحاظ کشاورزی، توسط این شاخص بود. از میان میانگین‌های آماری (حسابی، هندسی و هارمونیک) نیز میانگین هندسی انتخاب شد. چون این میانگین برای تعیین مقدار متوسط پدیده‌هایی که در زمان‌های متفاوت تغییر می‌کنند، به‌کار می‌رود و از طرف دیگر، ارقام حد انتهایی، اثر چندانی بر میانگین ندارند و به ارقام بزرگ بهای زیادی داده نمی‌شود و برعکس، به ارقام کوچک بیشترین ارزش و بها داده می‌شود [فرج‌زاده، ۱۳۸۵]. با توجه به جدول۳ که مقدار DRI و توزیع فراوانی سال‌های مرطوب و خشک ایستگاه‌های مورد مطالعه در آن درج شده است، نکات زیر شایان توجه‌اند:

● از لحاظ فراوانی سال‌های مرطوب، ایستگاه پارس‌آباد (۲۲ بار) و از نظر فراوانی سال‌های خشک، ایستگاه مهاباد (۱۴ بار) بیش‌ترین فراوانی را داشته‌اند. در ضمن، ایستگاه اهر با ۱۸ سال نرمال، بیشترین سال‌های نرمال را به خود اختصاص داده است.

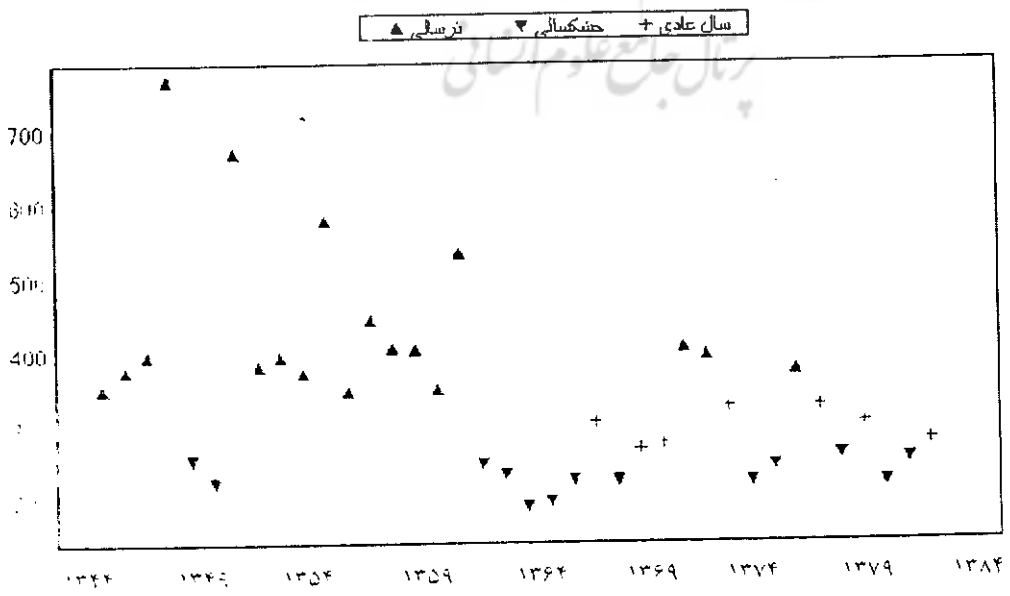
● متوالی‌ترین دوره‌ی ترسالی در ایستگاه‌های بیجار و اردبیل، به ترتیب ۱۳ و ۱۱ ساله بوده و متوالی‌ترین دوره‌ی خشک‌سالی در ایستگاه‌های بیجار و اردبیل به ترتیب با ۷ و ۵ سال متوالی مشخص شده است.

● فراگیرترین ترسالی ایستگاه‌های شمال غرب در سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۶۱، و فراگیرترین خشک‌سالی ایستگاه‌های شمال غرب در سال ۱۳۸۰ مشاهده برای تعیین وضعیت سال‌های نرمال، خشک، مرطوب و ترسیم نمودار توزیع فراوانی، از نرم‌افزار "Instat plus" استفاده شده است. برای نمونه، نمودار ۱ وضعیت ایستگاه اردبیل را نشان می‌دهد. (ادامه دارد)

جدول ۳. مقدار DRI و توزیع فراوانی سال‌های مرطوب، خشک و نرمال ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه / طبقه	مقدار DRI (میلی‌متر)	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
ماکو	۲۰۹/۲	۱۷	۱۳	۸
خوی	۲۲۸/۷	۱۹	۱۰	۹
جلفا	۱۶۱/۷	۲۱	۶	۱۱
ارومیه	۲۶۰/۵	۱۵	۱۷	۶
مهاباد	۳۵۱/۹	۱۵	۹	۱۴
میاندوآب	۲۱۸/۵	۱۸	۸	۱۲
مراغه	۲۵۷/۷	۱۹	۱۱	۸
تبریز	۲۱۷/۴	۱۷	۱۴	۷
اهر	۲۳۸/۶	۱۵	۱۸	۵
سراب	۲۰۷/۳	۱۷	۱۶	۵

ایستگاه / طبقه	مقدار DRI (میلی‌متر)	ترسالی	نرمال	خشک‌سالی
میانه	۱۹۸/۶	۱۹	۱۰	۹
اردبیل	۲۵۹/۳	۱۸	۷	۱۳
پارس‌آباد	۲۱۸/۱	۲۲	۱۰	۶
فیروزآباد	۲۸۳/۹	۱۹	۱۳	۶
مشیران	۱۶۹/۱	۱۹	۱۱	۸
سقز	۳۹۲/۲	۲۱	۹	۸
سنندج	۳۶۱/۲	۱۶	۱۷	۵
زنجان	۲۳۷/۳	۲۰	۱۳	۵
بیجار	۳۳۹	۲۰	۸	۱۰



نمودار ۱. توزیع فراوانی و طبقه‌بندی ترسالی‌ها، خشک‌سالی‌ها و سال‌های نرمال ایستگاه اردبیل به روش DRI