بررسی خشکسالی و ترسالی حوضه ارس با استفاده از نمایه‌های مبتنی بر بارش

بهروز ساری صراف
استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
ناهید قلی نژاد*
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
اکرم کمانی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه غیر انتفاعی طبرستان (چالوس)

چکیده

عدم کفایت بارش برای رشد حیات در منطقه خشک از ویژگی‌های دائمی آب و هوای منطقه خشک می‌باشد، اما کاهش غیر منتظره بارش یا بارش‌های کمتر از میانگین درازمدت در مدت معین در منطقه ای که‌کام لاً خشک نیست، خطرهای زیادی بوجود می‌آورد که از این پدیده تعبیر به خشکسالی می‌شود. در این مطالعه به منظور بررسی وضعیت بارش حوضه ارس، داده‌های مربوط به بارش سالانه برای ایستگاه‌های اردبیل، اهر، پارس‌آباد، ماکو، جلفا، خوی و مرند، جهت محاسبه سال‌های مرطوب و خشک با استفاده از تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص‌های استفاده شده در این بررسی عبارت از نمایه بارش قابل اعتماد (DRI[1])، روش نیچه[2]، نمایه درصد از بارش نرمال (PNPI[3]) است. یافته‌های این تحقیق منجر به تعیین وضعیت بارش و تعیین فراوانی وقوع ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه گردید. نتایج کلی نشانگر این موضوع است که در همه ایستگاه‌ها پدیده خشکسالی توام با شدت و ضعف‌هایی حاکم می‌باشد و در اکثر ایستگاه‌ها وضعیت بارش در حالت نرمال می‌باشد. در بین روش‌های استفاده شده روش بارش قابل اعتماد با داشتن محدودیت‌های کمتر و قابلیت‌های بیشتر برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشکسالی، بهتر از دیگر مدل‌ها تشخیص داده شد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، حوضه ارس، نمایه بارش قابل اعتماد، نمایه درصد از بارش نرمال، روش نیچه.

مقدمه

با توجه به قرار گرفتن کشور ایران دربین عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ٤٠ درجه شمالی و ٤٤ تا ٦٣ درجه طول شرقی و به سبب موقع خاص جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی، هر منطقه دارای آب و هوای

* نویسنده مسئول: ۹۱٤۸٥۷٦٤٥۷
E-mail:gholinejadn@yahoo.com

[1] - Dependable Rainfall Index (DRI)
[2]- Nitzche
[3] -Percent of Normal Precipitation Index (PNPI)

متفاوتی می‌باشد و به دلیل کمی نزولات جوی قسمت‌های زیادی از کشور در قلمرو آب و هوای خشک قرار گرفته است (فرج زاده، ۱۳۸٤، ۱). وجود نوسانات شدید در ریزش‌های جوی یکی از مشکلات عمده بارش کشور می‌باشد و با توجه به همین نوسانات شدید، خشکسالی‌ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی یا به عبارتی کاهش بارش‌های جوی نسبت به میانگین دراز مدت رخ می‌دهند (منبع پیشین، ۳). یکی از عمده ترین پارامترهایی که در تعریف خشکسالی استفاده می‌گردد بارش می‌باشد.

به نظر ترنثوایت تعریف خشکسالی نمی‌تواند تنها با کمبود بارش در یک منطقه تعریف شود. هیدرولوژیست‌ها خشکسالی را به عنوان دوره‌ای که با کم شدن جریان‌های سطحی و تهی شدن مخازن آب زیرزمینی همراه است تلقی می‌کنند. به عبارت دیگر دوره‌ای که در آن مقدار رطوبت و یا هر شاخص دیگر نسبت به شرایط میانگین منطقه ناهنجاری منفی داشته باشد به عنوان شرایط یا دوره خشکسالی تلقی می‌شود (منبع پیشین، ۸ و ۹).

بنا به اهمیت پدیده خشکسالی مطالعات فراوانی در این مورد صورت گرفته در زیر به چند نمونه از مطالعات صورت گرفته توسط محققین خارجی و ایرانی اشاره می‌شود.

بازوهر و الگوهانی[1] (۱۹۹۷) با بهره‌گیری از داده‌های ۱٦ ایستگاه هواشناسی و روش گرافیکی به تعیین دوره‌های مرطوب وخشک در عربستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دراز مدت دوره‌های مرطوب در قسمت‌های جنوب شرقی منطقه و شرایط خشکسالی در مرکز و شرق کشور عربستان رخ می‌دهد.

استرلا[2] و همکاران (۲۰۰۰) خشکسالی‌های رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آن‌ها مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران با بهره‌گیری از روش تجزیه و تحلیل تناوبی و تعیین چهار دوره خشک، به بررسی اثرات مهم اقتصادی و اجتماعی این دوره‌ها پرداختند.

هانگ[3] و همکارانش (۲۰۰۱) با ارزیابی سه شاخص بارش استاندارد شده (SPI[4])، نمرات استاندارد شده بارش سالیانه (ZSIAP[5]) و روش CZI[6]، مزیت و معایب هر روش را بیان کردند. مطالعات این محققین نشان می‌دهد که محاسبات شاخص‌های نمرات استاندارد شده بارش سالیانه و روش CZI نسبت به شاخص SPI ساده‌تر می‌باشد. همچنین زمانی که بارش واقعی کمتر از میانگین بارش برای یک دوره باشد، روش CZI نسبت به دو شاخص دیگر پاسخ بهتری می‌دهد.

پاشیار و میشل[7] (۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردی کیپروس از شاخص SPI و شاخص[8] RDI استفاده کردند. نتایج حاصل از این بررسی بیانگر این می‌باشد که هر دو شاخص به طور موثر

1-Bazuhair and Algohani
2-Estrala
3-Hong
4-Standardized Precipitation Index (SPI)
5-Z Score Index of Annual Precipitation (ZSIAP)
6-Chian – Z Index (CZI)
7-Pashiar and Michael
8 -Reconnaissance Drought Index(RDI)

موثر به تحلیل شرایط خشکسالی و تعیین تاثیر خشکسالی بر بخش‌های اقتصادی می‌پردازند. همچنین تحلیل-های آماری هر شاخص، ویژگی‌های آب و هوایی از خشکسالی هواشناسی را به طور کامل نمایان نمی‌کند.

پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های DI[۱]، SPI ، EDI[۲] در استان تهران در سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۳ ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص DI نوسانات شدید و در مقابل SPI نوسانات کمتری نسبت به بارندگی داشت. روش EDI کاراترین شاخص برای پایش خشکسالی در این استان تشخیص داده شد (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۳)

فرج زاده (۱۳۸٤، ۵۹ و ۷۹) با استفاده از داده‌های بارندگی ۱۵۳ ایستگاه کشور در طی دوره آماری ۱۹٦٦ تا ۱۹۹۸ به تحلیل آماری ویژگی‌های بارش کشور و بررسی خشکسالی ایستگاه‌ها پرداخت. نتایج نشان می‌دهد که به غیر از بخش‌های شمالی ایران، سایر بخش‌ها از دو دوره خشک و مرطوب برخوردار هستند. هر قدر از شمال و غرب به جنوب و شرق پیش رویم تداوم دوره خشک بیشتر می‌شود که از نظر زمانی عمدتاً در ماه‌های فصل تابستان و ماه‌های مجاور آن می باشد. طی مطالعه‌ای توسط علیجانی و بنی‌واهب (۱۳۸٤، ۱) ترسالی و خشکسالی و تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تحقیق بیانگر این بود که تداوم خشکسالی‌های ۵-٤ سال در فصل زمستان دو مورد بوده که از خشکسالی‌های شدید در این دوره حکایت دارد. از مجموع ٤۷ سال فصل زمستان، ۲۸ مورد فصل خشک و ۱۹ مورد فصل مرطوب اتفاق افتاده بود.

زاهدی و قویدل رحیمی (۱۳۸٦، ۲۱) آستانه خشکسالی و میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه را در سال‌های ۱۹٦۰ تا ۲۰۰۲ و با استفاده از روش‌های بارش قابل اعتماد، نمرات استاندارد و شاخص درصد از بارش مطالعه کردند. نتیجه این مطالعه حاکی از وقوع پدیده خشکسالی در کل ایستگاه‌هاست که با شدت و ضعف‌هایی توام می‌باشد.

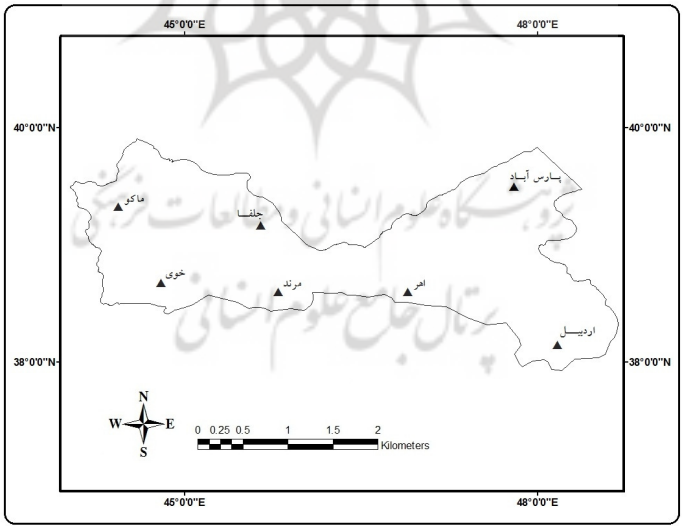
خورشید دوست و قویدل (۱۳۸٦، ۱٤۷) در بررسی ارتباط نوسان‌های گردش جوی-اقیانوس اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که بین بارش سالانه ایستگاه‌های تبریز، اهر و جلفا با شاخص نوسانات اطلس شمالی همبستگی منفی ضعیف و معنی داری به ویژه در ترسالی‌ها و خشکسالی‌های فراگیر وجود دارد. فرج‌زاده (۱۳۸٦) با استفاده از داده‌های بارش سالانه ۱۹ ایستگاه شمال غرب به تحلیل و تعیین خشکسالی و ترسالی در شمال غرب کشور پرداختند. نتیجه بدست آمده حاکی از وقوع خشکسالی با درجات مختلف در کلیه ایستگاه‌ها است. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۷، ۳۷) خشکسالی زمانی و مکانی و دوره‌های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک (قم) را با استفاده از داده‌های بارش طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه منجر به طبقه بندی شدت خشکی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سه وضعیت نیمه خشک، خشک با شدت کم و خشک با شدت زیاد گردید.

3-Deciles Index (DI)
4- Effective Drought Index (EDI)

با توجه به موارد مطرح شده و مطالعات صورت گرفته، تاکنون در این زمینه مطالعه جامع و دقیقی در مورد حوضه ارس صورت نگرفته و به این دلیل تحقیق حاضر سعی دارد که این موضوع را بررسی کند. هدف این تحقیق تجزیه و تحلیل خشکسالی و ترسالی حوضه ارس از طریق عنصر بارش سالانه و با استفاده از شاخص‌های DRI، روش نیچه و PNPI می‌باشد.

کلیات جغرافیایی منطقه

حوضه آبریز رود ارس در ایران بین مختصات جغرافیایی ۰۳-٤٤ تا ٤١-٤٨ درجه طول شرقی و ٤٧-٣٧ تا ٤٦ -٣٩ درجه عرض شمالی واقع شده است. مرتفع ترین نقطه دراین حوضه قله سبلان با ٤٨١١ متر و پست ترین نقطه با ارتفاع ۲۰ متر در محل خروجی رودخانه ارس واقع در مرز ایران و جمهوری آذربایجان قرار دارد. این حوضه در خاک ایران دارای مساحتی حدود ۳۹٤۷۸ کیلومتر مربع که حدود ۸۱/۵ درصد آن در مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای قرار دارد و ۱۸/۵ درصد بقیه را دشت‌ها تشکیل می‌دهند. رودخانه ارس به طول ٤۳۰ کیلومتر مرز مشترک ایران جمهوری آذربایجان و ارمنستان محسوب می‌شود (مرکز مطالعات برنامه ریزی واقتصاد کشاورزی،۱۳۷۲). وجود ارتفاعات مختلف از یک طرف و همچنین وجود دشت‌های مسطح از طرف دیگر باعث شده که برخلاف نسبتا هم عرض بودن تمام منطقه شرایط آب و هوایی در سراسر حوضه بسیار متنوع باشد. براساس آمار بارندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه میانگین بارش کل حوضه ۲۵۸/۱۳ میلی متر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه و پراکنش ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه (برگرفته از سایت ایران هیدرولوژی)

مواد و روش‌ها

داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل خشکسالی‌ها و ترسالی‌های حوضه ارس از آمار بارش سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، اهر، پارس آباد، ماکو، جلفا، خوی و مرند با دوره آماری ۱۹۸٦ تا ۲۰۰۳ استفاده شده است. برای

بررسی ویژگی‌های آماری بارش و ترسیم نمودارها از نرم افزار Spss17.0 و جهت ترسیم نقشه پهنه بندی از نرم افزار ArcGIS استفاده شده است. مشخصات جغرافیایی و آماری بارش ایستگاه‌های حوضه رود ارس در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول۱ : مشخصات جغرافیایی و آماری بارش در ایستگاه‌های حوضه ارس

ایستگاه	اردبیل	اهر	پارس‌آباد	خوی	ماکو	مرند	جلفا
عرض جغرافیایی(درجه)	۳۸/۱۵	۳۸/۲۶	۳۹/۳۹	۳۸/۳۳	۳۹/۲۰	۳۸/۲۵	۳۸/٤٥
طول جغرافیایی(درجه)	٤۸/۱۷	٤۷/٤	٤۷/٥٥	٤٤/٥۸	٤٤/۲٦	٤٥/٤٦	٤٥/٤٠
ارتفاع(متر)	۱۳۳۲	۱۳۹۰/٥	۳۱/٦	۱۱۰۳	۱٤۱۱/۳	۱۳۸۰	۷۳٦
میانگین	۲۸۳/٥	۲۹۱/۳	۲۷۱/۷	۲٥٥/۱	۲۸٦/۱	۲۳۰/۷	۱۸۸/۲
ضریب تغییرات	۲۱/۹	۱۷/٥۲	۲۱/٤	۲۷/۲	۳۱//۷	۳۰/۷	۳۱/٥
حداقل	۱۹٦/۱	۱۹۰/۷	۱٥۳	۱٦۸/۳	۱۷۹/٥	۱۰۸/٤	۹٤/۲
حداکثر	٤۰٥/٦	٤۱۱/۳	٤۰۷/٥	٤۰۲/٤	٥۰۲/۹	۳٥٥/۳	۳۰٦/۸

روش‌ها

- **شاخص** DR

به منظور محاسبه میزان بارش قابل اعتماد و تعیین سال‌های مرطوب و خشک، از نمایه DR به شرح زیر استفاده شده است(در معادلات زیر همگی بر واحد میلی‌متر محاسبه می‌شوند).

$$DR=(0.8)\times\sqrt[N]{P_1\times P_2\times P_3\ldots P_N} \qquad \text{معادله (۱)}$$

مقیاس ارایه شده برای طبقه‌بندی شدت و تعیین کیفیت بارش از طریق نمایه DR به شرح ذیل می‌باشد.

$$NP = DR \le P \le GM \qquad \text{معادله (۲)}$$

$$D = P < DR \qquad \text{معادله (۳)}$$

$$W=P > GM \qquad \text{معادله (٤)}$$

DR: نمایه بارش قابل اعتماد، P: بارش سال مفروض، N: تعداد مشاهدات بارش سالیانه (طول دوره آماری)، GM: میانگین هندسی، NP: محدوده نرمال، $D = P = DR$: آستانه خشکسالی، P<DR : شرایط خشکسالی،W = P=GM : آستانه ترسالی، P > GM : شرایط ترسالی می‌باشند.

لی هوئر و پوپوف در سال ۱۹۹۳ هنگام بررسی بارش قاره‌ی آفریقا، مفهوم بارش قابل اعتماد را به کار بردند. این شاخص در طرح‌ها و برنامه ریزی‌های کشاورزی، مخصوصاً در مناطق خشک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (به نقل از فرج زاده، ۱۳۸٦، ٤٤). نمایه DR جزو شاخص‌های هیدرواقلیمی می‌باشد و مزیت آن در تعدیل آثار مقادیر کرانه‌ای (مقادیر حداقل و حداکثر) بارش که میانگین بلند مدت را به شدت تغییر داده و موجب گمراهی در نتایج بدست آمده می‌شوند، است (زاهدی و قویدل رحیمی، ۱۳۸٦، ۲٥).

- روش نیچه

با استفاده از داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌ها و با معادلات نیچه اقدام به تعیین وضعیت بـارش و بازسـاخت زمانی و مکانی ترسالی‌ها وخشکسالی‌های ایستگاه‌های حوضه ارس شده است. معـادلات بکاررفتـه در روش نیچه به صورت زیر می باشد.

$$(\bar{P}- SD) \le PI \le (\bar{P}+ SD)$$ معادله(۵)

$$PI \ge (\bar{P}+ SD)$$ معادله(٦)

$$PI \le (\bar{P}- SD)$$ معادله(۷)

در معادلات فوق PI: بارش سال مفروض، SD: انحراف معیار، $\bar{P}$: میانگین بارش مـی‌باشـند. روش نیچـه بـا توجه به معادلات فوق دارای یک محدوده بـرای بـارش نرمـال (معادلـه۵)، محـدوده ترسـالی (معادلـه ٦) و محدوده خشکسالی (معادله ۷) می‌باشد(قویدل رحیمی، ۱۳۸۳، ۵۰).

- روش PNPI

در زیر معادله نمایه درصد از بارش درج شده است.

$$PNPI = (P_I / \bar{P}) \times 100$$ معادله (۸)

در معادله فوق P_I: بارش سال مفروض، $\bar{P}$: میانگین بلندمدت بارش، (میلی متر) ایستگاه‌ها می‌باشند. مقیاس طبقه بندی این شاخص به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۲: مقیاس طبقه بندی به روش PNPI

شاخص	خشکسالی	وضع نرمال	ترسالی
PNPI	کمتر از ۸۰	بین ۸۰ تا ۱۲۰ درصد	بیشتر از ۱۲۰ درصد

استفاده از شاخص PNPI یکی از ساده‌ترین روش‌های ارزیابی شدت خشکسالی است. این شاخص از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ بدست می آید(قویدل رحیمی، ۱۳۸٦، ۲۵).

نتایج

مهم ترین نتایج حاصل از بررسی داده‌ها (جدول ۱) به شرح زیر می‌باشد:

الف- پارس آباد دارای کمترین ارتفاع و ماکو مرتفع‌ترین ایستگاه در این حوضه می‌باشد؛

ب- از میان ایستگاه‌های مورد مطالعه کمترین میانگین بارش مربوط به ایستگاه جلفا (۱۸۸/۲ میلی‌متر) و بیشترین میانگین مربوط به اهر(۲۹۱/۳ میلی‌متر) می‌باشد؛

ج- با توجه به میانگین بارش حوضه (۲۵۸/۱۳ میلی‌متر) ایستگاه‌های اردبیل، پارس آباد، اهر و ماکو ایستگاه-های مرطوب و خوی، مرند و جلفا ایستگاه‌های کم بارش و خشک حوضه می‌باشند؛

د- ضریب تغییرپذیری سالانه برای همه ایستگاه‌ها مقادیر قابل توجهی را نشان می‌دهد. با تجزیه و تحلیل مقادیر حاصل از ضریب تغییرات مشخص شد که ایستگاه اهر با ضریب تغییرات ۱۷/۵ درصد در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای ثبات بارندگی بیشتر و ایستگاه ماکو و جلفا با ضریب تغییرات ۳۱ درصد از بی‌ثباتی بارش برخوردار می‌باشند.

محاسبه نمایه DR و تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها

بااستفاده از نمایه‌ی DR، مقادیر عددی آستانه‌ی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه شده و در جدول ۳ درج شده است. با مبنا قرار دادن مقادیر آستانه، وضعیت بارش هر یک از سال‌های دوره آماری ایستگاه‌ها مشخص شد. با محاسبه نمایه DR علاوه بر این که آستانه خشکسالی و ترسالی ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند، بلکه DRبیانگر مقدار نسبتاً قابل اطمینانی از بارش که در بلند مدت می‌توان روی آن مقدار در برنامه ریزی‌ها حساب کرد، می‌باشد. در شکل ۲ فراوانی وقوع ترسالی و خشکسالی ایستگاه‌ها نشان داده شده است.

جدول۳ : مقادیر محاسبه نمایه‌ی DR و آستانه‌های خشکسالی و ترسالی برای هر یک از ایستگاه‌های حوضه ارس

ایستگاه	اردبیل	اهر	پارس‌آباد	خوی	ماکو	مرند	جلفا
نمایه DR	۲۲۱/۹٤	۲۲۹/٦٥	۲۱۲/۳۲	۱۹۷/۲۹	۲۱۹/۱۲	۱۷٦/۱	۱٤۳/٤۲
آستانه خشکسالی	کمتر از ۲۲۱/۹٤	کمتر از ۲۲۹/٦٥	کمتر از ۲۱۲/۳۲	کمتر از ۱۹۷/۲۹	کمتر از ۲۱۹/۱۲	کمتر از ۱۷٦/۱	کمتر از ۱٤۳/٤۲
محدوده نرمال	بین ۲۲۱/۹٤ تا ۲۷۷/٤۳	بین ۲۲۹/٦٥ تا ۲۸۷/۰٦	بین ۲۱۲/۳۲ تا ۲٦٥/٤	بین ۱۹۷/۲۹ تا ۲٤٦/٦۲	بین ۲۱۹/۱۲ تا ۲۷۳/۹۱	بین ۱۷٦/۱تا ۲۲۰/۱۳	بین ۱٤۳/٤۲تا ۱۷۹/۲۸
آستانه ترسالی	بیشتر از ۲۷۷/٤۳	بیشتر از ۲۸۷/۰٦	بیشتر از ۲٦٥/٤	بیشتر از ۲٤٦/٦۲	بیشتر از ۲۷۳/۹۱	بیشتر از ۲۲۰/۱۳	بیشتر از ۱۷۹/۲۸

با توجه به جدول ٤ که براساس آستانه‌های جدول ۳ بدست آمده و شکل ۲ می‌توان ویژگی‌های زمانی و فضایی اصلی ایستگاه‌های حوضه ارس را که با توجه به نمایه DR محاسبه شده‌اند به شرح زیر بیان کرد:

۱- از لحاظ فراوانی سال‌های مرطوب، ایستگاه پارس آباد و جلفا با ۱۰ سال ترسالی، بیشترین فراوانی سال‌های مرطوب را دارند و اهر و اردبیل با ۸ سال نرمال بیشترین سال‌های نرمال را دارا می‌باشند؛

۲- متوالی ترین دوره خشکسالی دو دوره مستمر در خوی در سال‌های (۱۹۹۰-۱۹۸۹) و (۱۹۹٦-۱۹۹۵)، در ماکو در سال‌های (۱۹۹۰-۱۹۸۹) و (۲۰۰۱-۲۰۰۰)، مرند در دو دوره مستمر (۱۹۹۱-۱۹۹۰) و (۲۰۰۰-۱۹۹۹) و در جلفا سه سال پیاپی (۱۹۹۸-۱۹۹٦) می‌باشد؛

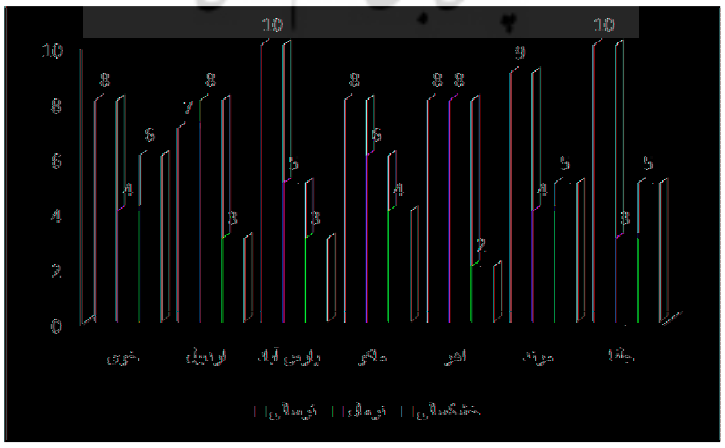
۳- از میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، خوی با ٦ سال و اهر با ۲ سال خشکسالی به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی سال‌های خشکسالی را دارا می‌باشند؛

٤- فراگیرترین ترسالی ایستگاه‌های حوضه ارس در سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲،۱۹۹۳، ۱۹۹٤ می‌باشد؛

۵- در سال‌های ۲۰۰۲ و۲۰۰۳ حوضه رود ارس در شرایط مناسب‌تری می‌باشد، زیرا در این سال ایستگاه‌های اهر و اردبیل در شرایط نرمال و بقیه ایستگاه‌ها در شرایط مرطوب می‌باشند، همچنین در سال ۱۹۹۳ همه ایستگاه‌ها غیر از پارس آباد و در سال ۱۹۹٤ همه ایستگاه‌ها در وضعیت ترسالی می‌باشند.

جدول٤ : تعیین وضعیت بارش سالانه ایستگاه‌های حوضه آبریز ارس با استفاده از نمایه DR (بارش به میلی‌متر)

وضعیت	جلفا	وضعیت	مرند	وضعیت	اهر	وضعیت	ماکو	وضعیت	پارس آباد	وضعیت	اردبیل	وضعیت	خوی	وضعیت	سال
ترسالی	۲۵۱	نرمال	۱۹۷/۲	ترسالی	۳۵۳/٤	ترسالی	۵۰۲/۹	نرمال	۲۵۵/۸	خشکسالی	۱۹٦/۱	ترسالی	٤۰۲/٤	ترسالی	۱۹۸٦
ترسالی	۱۹٦/٦	ترسالی	۲۸۲/٤	نرمال	۲۸۰/۲	نرمال	۲۳۸/۱	ترسالی	۳۱۸/۵	نرمال	۲۲۵/۹	ترسالی	۲۵۵/۲	ترسالی	۱۹۸۷
ترسالی	۲۲٤/۲	خشکسالی	۱۵۱/۷	ترسالی	۳۱۰/٦	ترسالی	۳۵۳/۷	ترسالی	۲۹۵/٤	ترسالی	۳۰٤/٦	ترسالی	۳۲۲/۸	ترسالی	۱۹۸۸
خشکسالی	۱۰۹/۸	نرمال	۲۱۹/۵	ترسالی	۲۹۰/۲	خشکسالی	۱۸۲/۹	نرمال	۲۵۰/۸	نرمال	۲۲٤/٦	خشکسالی	۱۹۱/٤	خشکسالی	۱۹۸۹
نرمال	۱۵۱/٦	خشکسالی	۱٤٦/۵	خشکسالی	۲۲٦/۳	خشکسالی	۱۷۹/۵	ترسالی	۲۸۹	نرمال	۲٦۸/٤	خشکسالی	۱۹٦/٦	خشکسالی	۱۹۹۰
ترسالی	۱۸۳	خشکسالی	۱۰۸/٤	ترسالی	۳۱۵/٦	ترسالی	۲۹۰/۹	ترسالی	۳۱۹/۷	نرمال	۲۷٦	ترسالی	۳۰۲/٦	ترسالی	۱۹۹۱
ترسالی	۱۹۵/۹	ترسالی	۲۹۲/۳	ترسالی	۳۱٦/۱	ترسالی	۲۸٤/۳	ترسالی	۳۰۱/۲	ترسالی	٤۰۵/٦	نرمال	۲۲۳/۸	نرمال	۱۹۹۲
ترسالی	۲٤۹/۹	ترسالی	۳٤۵/٤	ترسالی	٤۱۱/۳	ترسالی	٤۰۱/۷	خشکسالی	۱۸۸/۹	ترسالی	۳۹۵/۷	ترسالی	۳۳۳/۲	ترسالی	۱۹۹۳
ترسالی	۲۷۳	ترسالی	۲۳۷/۷	ترسالی	۳٤۰/۲	ترسالی	۳۵۹/۹	ترسالی	۲۹۹/٤	ترسالی	۳۲۵/٦	ترسالی	۳۳۰	ترسالی	۱۹۹٤
نرمال	۱۵۷	نرمال	۱۹٤/۲	نرمال	۲۵۱/۳	نرمال	۲٦۷/۳	ترسالی	۳۱۲/۲	خشکسالی	۲۲۲/۱	خشکسالی	۱٦۸/۳	خشکسالی	۱۹۹۵
خشکسالی	۹٤/۲	ترسالی	۲٤۸/۸	نرمال	۲۸۵/۵	نرمال	۲۳٦	خشکسالی	۱۵۳	نرمال	۲٤۵/٤	خشکسالی	۱۹٦/۷	خشکسالی	۱۹۹٦
خشکسالی	۱۳۹/٦	نرمال	۱۹۹/۷	نرمال	۲۸۳/۵	نرمال	۲۲۱/۹	نرمال	۲۵۸/۳	ترسالی	۳۷٤/۷	نرمال	۲۳۸/۹	نرمال	۱۹۹۷
خشکسالی	۱۳۲	ترسالی	۲۳۵/۵	نرمال	۲٦۵	نرمال	۲۳۲/۳	خشکسالی	۱۸۷	ترسالی	۳۲۵/۵	خشکسالی	۱۸٦/۸	خشکسالی	۱۹۹۸
ترسالی	۲۲۰/۹	خشکسالی	۱۷٤/۸	ترسالی	۳۳۷/۵	نرمال	۲۷۱/۲	نرمال	۲۵۰/٤	نرمال	۲۵۹/٤	نرمال	۲۳٦/۸	نرمال	۱۹۹۹
خشکسالی	۱۲۹/۲	خشکسالی	۱۷۰/۷	نرمال	۲٤۳/۵	خشکسالی	۱۸۵/۷	ترسالی	۲٦٦/۵	نرمال	۳۰۲/۸	ترسالی	۲۰۷/۱	نرمال	۲۰۰۰
نرمال	۱۵۵/٤	ترسالی	۲٦۰/۵	خشکسالی	۱۹۰/۷	خشکسالی	۲۱۸/۹	نرمال	۲٤٤/٤	خشکسالی	۲۲۱/۷	خشکسالی	۱۷۱/٤	خشکسالی	۲۰۰۱
ترسالی	۲۱۹/۲	ترسالی	۳۳۲/٤	نرمال	۲٦۸/۲	ترسالی	۲۹۳/٦	ترسالی	۲۹۳/۱	نرمال	۲۵۱/۸	ترسالی	۲۹۷/٤	ترسالی	۲۰۰۲
ترسالی	۳۰٦/۸	ترسالی	۳۵۵/۳	نرمال	۲۷٤/۳	ترسالی	٤۳۰/۵	ترسالی	٤۰۷/۵	نرمال	۲۷۷/۳	ترسالی	۳۳۲/۱	ترسالی	۲۰۰۳



شکل ۲ : توزیع فراوانی ترسالی و خشکسالی براساس شاخص DR در حوضه آبریز رود ارس

محاسبه روش نیچه و نتایج حاصل از آن

با استفاده از روش نیچه مقادیر آستانه خشکسالی و ترسالی برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که این مقادیر در جدول ۵ درج شده است. همچنین فراوانی وقوع ترسالی و خشکسالی ایستگاه–ها در شکل ۳ ارایه شده است.

جدول ۵ : مقادیر آستانه مورد محاسبه از روش نیچه برای تعیین دوره‌های نرمال، ترسالی و خشکسالی هر ایستگاه

ایستگاه	اردبیل	اهر	پارس آباد	خوی	ماکو	مرند	جلفا
آستانه خشکسالی	کمتر از ۲۲۱/٤	کمتر از ۲٤۰/۲	کمتر از ۲۱۳/٤	کمتر از ۱۸۵/۷	کمتر از ۱۹۵/۳	کمتر از ۱۵۹/۸	کمتر از ۱۲۸/۹
محدوده نرمال	بین ۲۲۱/٤ تا ۳٤۵/٦	بین ۲٤۰/۲ تا ۳٤۲/۳	بین ۲۱۳/٤ تا ۳۳۰	بین ۱۸۵/۷ تا ۳۲٤/٦	بین ۱۹۵/۳تا ۳۷۷	بین ۱۵۹/۸ تا۳۰۱/۵	بین ۱۲۸/۹ تا۲٤۷/٦
آستانه ترسالی	بیشتر از ۳٤۵/٦	بیشتر از ۳٤۲/۳٦	بیشتر از ۳۳۰	بیشتر از ۳۲٤/٦	بیشتر از ۳۷۷	بیشتر از۳۰۱/۵	بیشتر از ۲٤۷/٦

با استفاده از مقادیر آستانه‌ای مندرج در جدول ۵ وضعیت ترسالی‌ها و خشکسالی‌های حوضه ارس تعیین گردید که در جدول ٦ قابل مشاهده می‌باشد. مهم ترین نتایج حاصل از جدول ٦ و شکل ۳ به صورت زیر می‌باشد:

۱– ایستگاه پارس‌آباد با ۱ سال مرطوب و اردبیل با ۱ سال خشکسالی کمترین تعداد سال‌های ترسالی و خشکسالی را تجربه کرده‌اند؛

۲– در اغلب سال‌های دوره آماری وضعیت بارش در همه ایستگاه‌ها از نظر کیفی در وضعیت نرمال بوده است؛

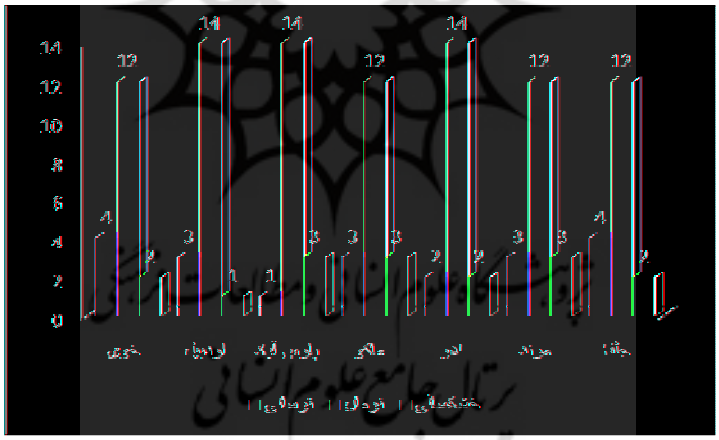
۳–خوی و جلفا با ٤ سال مرطوب بیشترین تعداد سال‌های ترسالی را به خود اختصاص داده است؛

٤– در سال ۱۹۹۳ حوضه در وضعیت مناسب‌تری قرار گرفته، زیرا در این سال همه‌ی ایستگاه‌ها غیر از پارس‌آباد در شرایط ترسالی قرار گرفته‌اند؛

۵– از خشکسالی‌های مستمر ایستگاه‌ها می توان به ماکو در سال‌های (۱۹۹۰–۱۹۸۹) و مرند در سال‌های (۱۹۹۱–۱۹۹۰) اشاره کرد.

جدول ٦ : تعیین وضعیت بارش سالانه ایستگاه‌های حوضه آبریز ارس بر اساس روش نیچه (بارش به میلی‌متر)

سال	خوی	وضعیت	اردبیل	وضعیت	پارس آباد	وضعیت	ماکو	وضعیت	اهر	وضعیت	مرند	وضعیت	جلفا	وضعیت
۱۹۸٦	٤۰۲/٤	ترسالی	۱۹٦/۱	خشکسالی	۲٥٥/۸	نرمال	٥۰۲/۹	ترسالی	۳٥۳/٤	ترسالی	۱۹۷/۲	نرمال	۲٥۱	ترسالی
۱۹۸۷	۲٥٥/۲	نرمال	۲۲٥/۹	نرمال	۳۱۸/٥	نرمال	۲۳۸/۱	نرمال	۲۸۰/۲	نرمال	۲۸۲/٤	نرمال	۱۹٦/٦	نرمال
۱۹۸۸	۳۲۲/۸	نرمال	۳۰٤/٦	نرمال	۲۹٥/٤	نرمال	۳٥۳/۷	نرمال	۳۱۰/٦	نرمال	۱٥۱/۷	خشکسالی	۲۲٤/۲	نرمال
۱۹۸۹	۱۹۱/٤	نرمال	۲۲٤/٦	نرمال	۲٥۰/۸	نرمال	۱۸۲/۹	خشکسالی	۲۹۰/۲	نرمال	۲۱۹/٥	نرمال	۱۰۹/۸	خشکسالی
۱۹۹۰	۱۹٦/٦	نرمال	۲٦۸/٤	نرمال	۲۸۹	نرمال	۱۷۹/٥	خشکسالی	۲۲٦/۳	خشکسالی	۱٤٦/٥	خشکسالی	۱٥۱/٦	خشکسالی
۱۹۹۱	۳۰۲/٦	نرمال	۲۷٦	نرمال	۳۱۹/۷	نرمال	۲۹۰/۹	نرمال	۳۱٥/٦	نرمال	۱۰۸/٤	خشکسالی	۱۸۳	خشکسالی
۱۹۹۲	۲۲۳/۸	نرمال	٤۰٥/٦	ترسالی	۳۰۱/۲	نرمال	۲۸٤/۳	نرمال	۳۱٦/۱	نرمال	۲۹۲/۳	نرمال	۱۹٥/۹	نرمال
۱۹۹۳	۳۳۳/۲	ترسالی	۳۹٥/۷	ترسالی	۱۸۸/۹	خشکسالی	٤۰۱/۷	ترسالی	٤۱۱/۳	ترسالی	۳٤٥/٤	ترسالی	۲٤۹/۹	ترسالی
۱۹۹٤	۳۳۰	ترسالی	۳۲٥/٦	نرمال	۲۹۹/٤	نرمال	۳٥۹/۹	نرمال	۳٤۰/۲	نرمال	۲۳۷/۷	نرمال	۲۷۳	ترسالی
۱۹۹٥	۱٦۸/۳	خشکسالی	۲۲۲/۱	نرمال	۳۱۲/۲	نرمال	۲٦۷/۳	نرمال	۲٥۱/۳	نرمال	۱۹٤/۲	نرمال	۱٥۷	نرمال
۱۹۹٦	۱۹٦/۷	نرمال	۲٤٥/٤	نرمال	۱٥۳	خشکسالی	۲۳٦	نرمال	۲۸٥/٥	نرمال	۲٤۸/۸	نرمال	۹٤/۲	خشکسالی
۱۹۹۷	۲۳۸/۹	نرمال	۳۷٤/۷	ترسالی	۲٥۸/۳	نرمال	۲۲۱/۹	نرمال	۲۸۳/٥	نرمال	۱۹۹/۷	نرمال	۱۳۹/٦	نرمال
۱۹۹۸	۱۸٦/۸	نرمال	۳۲٥/٥	نرمال	۱۸۷	خشکسالی	۲۳۲/۳	نرمال	۲٦٥	نرمال	۲۳٥/٥	نرمال	۱۳۲	نرمال
۱۹۹۹	۲۳٦/۸	نرمال	۲٥۹/٤	نرمال	۲٥۰/٤	نرمال	۲۷۱/۲	نرمال	۳۳۷/٥	نرمال	۱۷٤/۸	نرمال	۲۲۰/۹	نرمال
۲۰۰۰	۲۰۷/۱	نرمال	۳۰۲/۸	نرمال	۲٦٦/٥	نرمال	۱۸٥/۷	خشکسالی	۲٤۳/٥	نرمال	۱۷۰/۷	نرمال	۱۲۹/۲	نرمال
۲۰۰۱	۱۷۱/٤	خشکسالی	۲۲۱/۷	نرمال	۲٤٤/٤	نرمال	۲۱۸/۹	نرمال	۱۹۰/۷	خشکسالی	۲٦۰/٥	نرمال	۱٥٥/٤	نرمال
۲۰۰۲	۲۹۷/٤	نرمال	۲٥۱/۸	نرمال	۲۹۳/۱	نرمال	۲۹۳/٦	نرمال	۲٦۸/۲	نرمال	۳۳۲/٤	ترسالی	۲۱۹/۲	نرمال
۲۰۰۳	۳۳۲/۱	ترسالی	۲۷۷/۳	نرمال	٤۰۷/٥	ترسالی	٤۳۰/٥	ترسالی	۲۷٤/۳	نرمال	۳٥٥/۳	ترسالی	۳۰٦/۸	ترسالی



شکل ۳ : توزیع فراوانی ترسالی و خشکسالی براساس شاخص نیچه در حوضه آبریز رود ارس

بررسی شاخص PNPI و نتایج حاصل از آن

با استفاده از معادله PNPI، این شاخص برای هریک از سال‌های دوره آماری مورد محاسبه قرار گرفت و سپس با استفاده از مقیاس طبقه بندی این روش که در جدول ۲ ارایه شده، وضعیت بارش هر سال مشخص شد که نتایج این برررسی در جدول ۷ آورده شده است. مهم ترین نتایج حاصل از این جدول به شرح زیر می‌باشد:

۱- ایستگاه خوی و جلفا با ٦ سال بیشترین و اهر با ۲ سال کمترین تعداد سال‌های خشکسالی را دارا می‌باشند؛

۲- از نظر سال‌های مرطوب، خوی، ماکو و مرند با ۵ سال و پارس آباد با یک سال به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد سال‌های ترسالی را دارند؛

۳- از خشکسالی‌های فراگیر حوضه می‌توان به سال ۱۹۹۰ اشاره کرد که در این سال همه ایستگاه‌ها غیر از پارس آباد و اردبیل در وضعیت خشکسالی می باشند؛

٤- حوضه در سال ۱۹۹۳ وضعیت مرطوبی را تجربه کرده است. در این سال همه ایستگاه‌ها غیر از پارس‌آباد در شرایط ترسالی بوده‌اند.

جدول ۷ : تعیین وضعیت بارش سالانه ایستگاه‌های حوضه آبریز ارس بر اساس روش PNPI (بارش به میلی‌متر)

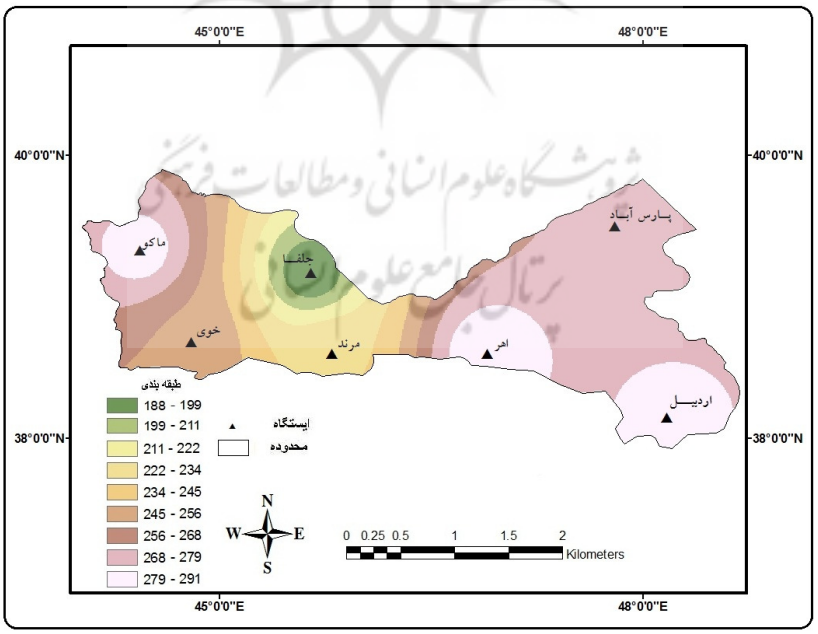
وضعیت	جلفا	وضعیت	مرند	وضعیت	اهر	وضعیت	ماکو	وضعیت	پارس آباد	وضعیت	اردبیل	وضعیت	خوی	سال
ترسالی	۱۳۳/۳	نرمال	۸۵/٤	ترسالی	۱۲۱/۳	ترسالی	۱۷۵/۷	نرمال	۹٤/۱	خشکسالی	٦۹/۱	ترسالی	۱۵۷/٦	۱۹۸٦
نرمال	۱۰٤/٤	ترسالی	۱۲۲/۳	نرمال	۹٦/۱٦	نرمال	۸۳/۱	نرمال	۱۱۷/۲	خشکسالی	۷۹/٦	نرمال	۱۰۰	۱۹۸۷
نرمال	۱۱۹	خشکسالی	٦۵/۷	نرمال	۱۰٦/٦	ترسالی	۱۲۳/۵	نرمال	۱۰۸/۷	نرمال	۱۰۷/٤	ترسالی	۱۲٦/٤	۱۹۸۸
خشکسالی	۵۸/۳	نرمال	۹۵/۱	نرمال	۹۹/٦۲	خشکسالی	٦۳/۹	نرمال	۹۲/۳	خشکسالی	۷۹/۲	خشکسالی	۷۵	۱۹۸۹
خشکسالی	۸۰	خشکسالی	٦۳/٤	خشکسالی	۷۷/٦۹	خشکسالی	٦۲/۷	نرمال	۱۰٦/۳	نرمال	۹٤/٦	خشکسالی	۷۷	۱۹۹۰
نرمال	۹۷/۱	خشکسالی	٤٦/۹	نرمال	۱۰۸/۳	نرمال	۱۰۱/٦	نرمال	۱۱۷/٦	نرمال	۹۷/۳	نرمال	۱۱۸/۵	۱۹۹۱
نرمال	۱۰٤	ترسالی	۱۲٦/٦	نرمال	۱۰۸/۵	نرمال	۹۹/۳	نرمال	۱۱۰/۸	ترسالی	۱٤۳	نرمال	۸۷/٦	۱۹۹۲
ترسالی	۱۳۲/۷	ترسالی	۱٤۹/۷	ترسالی	۱٤۱/۲	ترسالی	۱٤۰/۳	خشکسالی	٦۹/۵	ترسالی	۱۳۹/۵	ترسالی	۱۳۰/۵	۱۹۹۳
ترسالی	۱٤٤/۹	نرمال	۱۰۳	نرمال	۱۱٦/۸	ترسالی	۱۲۵/۷	نرمال	۱۱۰/۱	نرمال	۱۱٤/۸	ترسالی	۱۲۹/۳	۱۹۹٤
نرمال	۸۳/۳	نرمال	۸٤/۱	نرمال	۸٦/۲۷	نرمال	۹۳/٤	نرمال	۱۱٤/۸	خشکسالی	۷۸/۳	خشکسالی	٦۵/۹	۱۹۹۵
خشکسالی	۵۰	نرمال	۱۰۷/۸	نرمال	۹۸/۰۱	نرمال	۸۲/٤	خشکسالی	۵٦/۳	نرمال	۸٦/۵	خشکسالی	۷۷	۱۹۹٦
خشکسالی	۷٤/۱	نرمال	۸٦/۵	نرمال	۹۷/۳۲	خشکسالی	۷۷/۵	نرمال	۹۵	ترسالی	۱۳۲/۱	نرمال	۹۳/٦	۱۹۹۷
خشکسالی	۷۰/۱	نرمال	۱۰۲	نرمال	۹۰/۹۷	نرمال	۸۱/۱	خشکسالی	٦۸/۸	نرمال	۱۱٤/۸	خشکسالی	۷۳/۲	۱۹۹۸
نرمال	۱۱۷/۳	خشکسالی	۷۵/۷	نرمال	۱۱۵/۹	نرمال	۹٤/۷	نرمال	۹۲/۱	نرمال	۹۱/٤	نرمال	۹۲/۷	۱۹۹۹
خشکسالی	٦۸/٦	خشکسالی	۷۳/۹	نرمال	۸۳/۵۹	خشکسالی	٦٤/۸	نرمال	۹۸	نرمال	۱۰٦/۸	نرمال	۸۱/۱	۲۰۰۰
نرمال	۸۲/۵	نرمال	۱۱۲/۹	خشکسالی	٦۵/٤۷	خشکسالی	۷٦/٤	نرمال	۸۹/۹	خشکسالی	۷۸/۱	خشکسالی	٦۷/۱	۲۰۰۱
نرمال	۱۱٦/٤	ترسالی	۱٤٤	نرمال	۹۲/۰۷	نرمال	۱۰۲/۵	نرمال	۱۰۷/۸	نرمال	۸۸/۸	نرمال	۱۱٦/۵	۲۰۰۲
ترسالی	۱٦۲/۹	ترسالی	۱۵۳/۹	نرمال	۹٤/۱٦	ترسالی	۱۵۰/٤	ترسالی	۱٤۹/۹	نرمال	۹۷/۸	ترسالی	۱۳۰/۱	۲۰۰۳

شکل ٤ : توزیع فراوانی ترسالی و خشکسالی براساس شاخص PNPI در حوضه آبریز رود ارس

بر اساس شکل ۵ می‌توان گفت به طور کلی مرکز حوضه در معرض خطر خشکسالی می‌باشد. شدت خشکسالی در ایستگاه جلفا بیشتر از همه ایستگاه‌های دیگر ودر رتبه بعدی ایستگاه مرند قرار گرفته است. هر چه از مرکز حوضه به طرف شرق و غرب حرکت کنیم، از شدت خشکسالی ایستگاه‌ها کمتر شده و به رطوبت ایستگاه‌ها افزوده می‌شود. ایستگاه پارس‌آباد دارای رتبة سوّم خشکسالی بوده ودر ایستگاه‌های ماکو، خوی و اهر رطوبت به میزان زیادی افزایش یافته است.

همان طور که در شکل ۵ نیز مشاهده می‌شود، اردبیل، اهر و ماکو مرطوبترین ایستگاه‌های حوضه ارس می‌باشند. برای بررسی وضعیت متفاوت بارش اردبیل نسبت به ایستگاه‌های دیگر می‌توان گفت با این که اردبیل و پارس آباد، هر دو تقریباً در یک طول جغرافیایی و نزدیک به منبع رطوبتی دریای خزر قرار گرفته‌اند، ولی عاملی که باعث شده اردبیل نسبت به پارس آباد مرطوب‌تر باشد، ارتفاع بیشتر اردبیل (۱۳۳۲ متر) نسبت به ارتفاع پارس آباد (۳۱ متر) می‌باشد. همچنین نزدیکی اردبیل به منبع رطوبتی دریاچه خزر در مقایسه با بقیه ایستگاه‌ها نقش خیلی مهمی در وضعیت متفاوت بارش اردبیل دارد.

در غرب حوضه ارتفاعات غربی که از ماکو شروع شده و به صورت شمالی- جنوبی امتداد یافته است، مانع از ورود منبع رطوبتی دریای مدیترانه به مرکز حوضه شده و باعث می‌شود سهم زیادی از رطوبت در ایستگاه‌های غربی تخلیه و در نتیجه رطوبت کمتری به قسمت‌های مرکزی حوضه برسد. اما جداول ۸ و ۹ که نتایج حاصل از بررسی روش نیچه و PNPI برای ایستگاه‌ها را نشان می‌دهند بیانگر این هستند که همه ایستگاه‌ها غیر از جلفا دارای وضعیت بارشی نرمال می‌باشند.



شکل ۵ : پهنه بندی خشکسالی و ترسالی حوضه آبریز ارس به روش DR

جدول ۸ : نتایج حاصل از بررسی روش نیچه برای ایستگاه‌ها

وضعیت	(P-SD)	(P+SD)	متوسط بارش	ایستگاه
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۸۳/۵	اردبیل
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۹۱/۳	اهر
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۷۱/۷	پارس آباد
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۵۵/۱	خوی
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۸٦/۱	ماکو
نرمال	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۲۳۰/۷	مرند
خشکسالی	۲۲۰/۷۵	۲۹۵/٤۱	۱۸۸/۲	جلفا
			۲۵۸/۰۸	میانگین(P)
			۷۳/۳۳	انحراف معیار(SD)

جدول ۹ : نتایج حاصل از بررسی روش PNPI برای ایستگاه‌ها

وضعیت	PNPI	متوسط بارش	ایستگاه
نرمال	۱۰۹/۸٤	۲۸۳/۵	اردبیل
نرمال	۱۱۲/۸۷	۲۹۱/۳	اهر
نرمال	۱۰۵/۲۷	۲۷۱/۷	پارس آباد
نرمال	۹۸/۸٤	۲۵۵/۱	خوی
نرمال	۱۱۰/۸۵	۲۸٦/۱	ماکو
نرمال	۸۹/۳۹	۲۳۰/۷	مرند
خشکسالی	۷۲/۹۲	۱۸۸/۲	جلفا
		۲۵۸/۰۸	میانگین(P)
		۷۳/۳۳	انحراف معیار(SD)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث و نتیجه گیری

پدیده خشکسالی یکی از ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه بوده و برخلاف خشکی، پدیده‌ای دائمی نمی‌باشد. خشکسالی معمو لاً هم در نواحی خشک و هم در نواحی مرطوب اتفاق می‌افتد و یکی از پرآسیب‌ترین بلایای طبیعی وابسته به آب و هوا می‌باشد که بر جوامع اثر می‌گذارد. از آن‌جایی که بروز خشکسالی همواره نقش مهمی را در زمینه منابع آب و کشاورزی منطقه ایفا می‌کند و معیشت مردم این منطقه به طور مستقیم و غیر مستقیم وابسته به کشاورزی و دامداری می‌باشد، به همین جهت شناخت و مطالعه عوامل اقلیمی می‌بایست همواره مد نظر برنامه ریزان و مسئولین قرار گیرد. هدف اصلی شاخص DR محاسبه مقدار عددی بارش قابل اطمینان برای اهداف برنامه ریزی‌های عمرانی است.

نتایج حاصله نشان داد که در روش DR وضعیت بارشی ایستگاه‌ها به نحو بهتر و با جزئیات بهتری مشخص شده و نتایج حاصل از این روش متفاوت تر از دو روش دیگر می‌باشد. نتایج روش نیچه و PNPI یکسان بوده و بیانگر این بودند که در این دو روش فقط ایستگاه جلفا دارای شرایط خشکسالی و بقیه ایستگاه‌ها دارای وضعیت نرمال بوده‌اند. به عبارتی نتایج این دو روش نشان داد که در طی دوره آماری ۱۹۸٦ تا ۲۰۰۳ شرایط حاکم بر حوضه شرایط نرمال بوده است. بنابراین در بین مدل‌های استفاده شده در این بررسی، روش DR با داشتن قابلیت‌های بیشتر و محدودیت‌های کمتر بهتر از دیگر مدل‌ها تشخیص داده شد. بدیهی است هر قدر طول دوره آماری بیشتر شود، به همان نسبت سطح اطمینان مقادیر شاخص‌ها نیز بالاتر خواهد رفت، اما متأسفانه کمبودهای آماری مربوط به اقلیم بویژه در ایستگاه‌های تازه تأسیس شده، مانع از افزایش دقت مدل‌ها می‌شود.

با توجه به نقشه درون‌یابی شده روش DR، مشخص شد که خشکسالی در مرکز حوضه بیشتر از سایر قسمت‌های حوضه می‌باشد و می‌توان گفت که بارندگی حوضه از سمت غرب و شرق به طرف مرکز حوضه کاهش یافته و ایستگاه‌های شرقی و غربی دارای رطوبت بیشتری بوده و خشکسالی کمتری نسبت به ایستگاه‌های مرکزی تجربه می‌کنند. با توجه به این که بارش به عنوان مهم ترین نهاده‌ی اقلیمی، از ویژگی‌ها و سرشتی بی ثبات و نامنظم برخوردار است و از این نظر مشکلات زیادی را برای انسان به وجود می‌آورد، لذا این توجه لازم و کافی برنامه ریزان را می‌طلبد که در جهت رفع مشکلات آبی مناطقی که دچار خشکسالی شده‌اند، بکوشند.

در پایان پیشنهاد می‌شود برای مطالعه جامعتر پدیده خشکسالی و ترسالی در حوضه ارس از تمامی ایستگاه‌های باران سنجی؛ کلیماتولوژی و سینوپتیک موجود در منطقه (ودر صورت امکان از داده‌های حوضه ارس شمالی)استفاده به عمل آید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- اسمعیل‌پور، مرضیه، (۱۳۸٦): ارزیابی بیلان آبی برای استفاده کشاورزی در حوضه جنوبی رود ارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

۲- جهانبخش، سعید و تدین، معصومه و یزدانی، محمد، (۱۳۸۷): تجزیه و تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی و تعیین دوره‌های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک(قم)، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال اول شماره ۱، صص٥٤-۳۷.

۳- خورشید دوست، علی محمد و قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸٦): ارتباط نوسان‌های گردش جوی – اقیانوس اطلس شمالی با خشکسالی‌های آذربایجان شرقی، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٦۰، صص۱٥٦-۱٤۷.

٤- زاهدی قره‌آغاج، مجید و قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸٦): تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٥۹، صص۳٤-۲۱.

۵- عزیزی، قاسم، (۱۳۷۹): ال نینو و دوره‌های خشکسالی و تر سالی در ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، صص۸٤-۷۱ .

٦- علیجانی، بهلول و کاویانی، محمد رضا، (۱۳۸۲): مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.

۷- علیجانی، بهلول و بنی واهب، علیرضا، (۱۳۸٤): بررسی خشکسالی و ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲، صص ٤۵-۳۳ .

۸- علیزاده، امین، (۱۳۸٦): هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۹- فرج زاده، منوچهر، (۱۳۸٤): خشکسالی از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

۱۰- فرج زاده، حسن، (۱۳۸٦): تحلیل و تعیین خشکسالی و ترسالی براساس نمایه‌های SPI و DRI و روش نیچه در شمال غرب، مجله رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۲، شماره ۱، صص ٤٦-٤۱.

۱۱- قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸۳): کاربرد نمایه‌های مبتنی بربارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها مطالعه موردی (استان آذربایجان شرقی)، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ٦۵، صص ۵٦-٤۷.

۱۲- کمالی، غلامعلی و خزانه‌داری، لیلی، (۱۳۸۱): تحلیل خشکسالی اخیر مشهد با بکارگیری برخی از شاخص‌های خشکسالی، مجله نیوار، شماره ٤۵-٤٤، صص۹۳-۷۹.

۱۳- مقدسی، مهنوش و مرید سعید ریایون اچ، قائمی، هوشنگ و محمد ولی سلمان جمال، (۱۳۸۳): پایش خشکسالی با استفاده از شاخص EDI – SPI – DI در استان تهران، تحقیقات کشاورزی.

14- Bazuhair, A. S.and Algohani, A. (1997): "Determination of Monthly Wet and Dry Periods in Saudi Arabia"3, International Journal of Climatoligy, Vol.17, Pp. 303-311.

15- Estrela, M.J., Pennarrocha, D. and Milan, M. (2000): "Multi-Annual Drought Episodes in The Mediterranean (Valencia Region) From (1950-1996)", International Journal of Climatology, Vol.20, Pp. 1599-1618.

16- Hong, W U., Hayesi, J.M., Weiss, A. and Qihu. (2001): "An Evaluation of The Standardized Precipitation Index, The China-Z Index and The Statitical Z-Score", International Journal of Climatology, Vol.21, Pp. 745-758.

17- Pashiardis, S. Michaelides, S. (2008): "Implementation of The Standardized Precipitation Index (SPI) and The Reconnaissance Drought Index (RDI) for Regional Drought Assessment: A Case Study for Cyprus" ,European Water, Vol.23/24, Pp. 57-65.