

فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۷، شماره پیاپی ۲۸، زمستان ۱۳۹۶

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

## تعیین مناسب‌ترین شاخص برای خشکسالی‌های مناطق بارشی ایران

علی و خشوری: دانشجوی دکتری جغرافیا و اقلیم‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

زین‌العابدین جعفرپور: استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

پرویز کردوانی: استاد گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۰

صص ۲۱۲-۲۰۱

دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۰

### چکیده

خشکسالی‌ها از جمله مهم‌ترین بلایای طبیعی هستند که به سه شکل اقلیمی، هیدرولوژی و کشاورزی دیده می‌شوند. با توجه به واقع شدن کشور ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان و در نتیجه حساسیت زیاد کشور به این مسئله، ضرورت مطالعه و بررسی پیرامون مسائل مربوط به خشکسالی مهم‌تر و بیشتر جلوه می‌نماید. در همین راستا تحقیق حاضر خشکسالی اقلیمی را مد نظر قرار داده و کاربرد شاخص‌های معتبر خشکسالی را بر روی مناطق مختلف کشور ارزیابی نموده است. بدین منظور کل پهنه ایران را به صورت مناطق شش گانه بارشی در نظر گرفته و از بین تمامی ایستگاه‌های موجود که دارای آمار هواشناسی کامل‌تر و معتبرتری نسبت به بقیه ایستگاه‌ها بودند، انتخاب شدند. سپس از بین شاخص‌های خشکسالی اقلیمی شش شاخص  $SPI$  و  $RAI, SIAP, PNPI, DI, Z$  را برگزیده و خشکسالی هر کدام از مناطق مختلف بارشی به وسیله این شاخص‌ها تعیین گردید و نتایج را با ضریب همبستگی اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص‌ها با یکدیگر مقایسه نموده و مشخص شد که کدام شاخص برای چه منطقه بارشی بهتر عمل می‌کند؛ نهایتاً معلوم گردید که شاخص  $DI$  با دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی اسپیرمن مناسب‌ترین شاخص برای کل پهنه جغرافیایی ایران است.

واژه‌های کلیدی: مناطق بارشی، خشکسالی اقلیمی، ضریب همبستگی اسپیرمن، ایران.

## بیان مسأله:

خشکسالی به عنوان یکی از موضوعات مهم در مطالعه وقایع آب و هوایی و تأثیرگذار در زندگی انسان مطرح بوده و در چند دهه اخیر از دیدگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. (Pirmoradian et al, 2008:62) خشکسالی در اثر تغییر الگوهای آب و هوایی ناشی از کاهش نزولات جوی کمتر از حد معمول به وجود می‌آید؛ به این بیان که چون گیاهان، جانوران و انسان‌ها در هر محل با میانگین بارش دریافتی محل سازگاری یافته‌اند، هرگاه مقدار بارش از حد متوسط کمتر شود، اختلالی در حیات آنها پدید خواهد آمد و هر چه مقدار کاهش نسبت به میانگین بیشتر باشد، اختلال بیشتری ایجاد خواهد شد. (Hejazizadeh and Javizadeh, 2010:25) خشکسالی به سه شکل؛ اقلیمی، هیدرولوژیک و کشاورزی دیده می‌شود. این نکته را باید در نظر داشت طبق معادله اساسی هیدرولوژی و مفهوم سیستم چرخه آب، ورودی آب در تمامی سیستم‌ها و اکوسیستم‌های موجود در خشکی‌ها غالباً از طریق بارش صورت می‌گیرد که معادله آن به صورت زیر است:

$$(1) \text{ تغییرات ذخایر } \pm \text{ خروجی} - \text{ ورودی} = \text{ بارش}$$

با این وصف عامل بنیادی در بروز انواع خشکسالی بارش است. تأثیرگذاری بارش در خشکسالی اقلیمی تقریباً همزمان و یا در فاصله کوتاه ولی در خشکسالی هیدرولوژیک اثر آن طولانی و در نوع کشاورزی باز هم طولانی‌تر می‌شود. پس نوع اول خشکسالی که در وقوع و خاتمه انواع دیگر از تقدم و اولویت برخوردار است در این تحقیق مورد نظر می‌باشد. کشور پهناور ایران به سبب موقع خاص جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی، هر منطقه آن آب و هوای متفاوتی را دارد. متوسط بارندگی آن بنا به نظریات گوناگون حدود ۲۷۵ میلیمتر (Rahnamaei, 2010:142)، میلیمتر (Movaheddanesh, 1994:226)، ۲۵۰ میلیمتر (Alizadeh, 2010:33) و ۲۴۰ میلیمتر (Farajzadeh, 2005:1) می‌باشد. با توجه به وجود نوسانات شدید در بارش‌های مناطق مختلف کشور، خشکسالی‌ها که در شرایط نوسان منفی و یا به عبارتی کاهش بارش‌های جوی نسبت به میانگین دراز مدت رخ می‌دهند، اثرات زیان باری را بر بخش کشاورزی و بعضاً اقتصاد نواحی تحمیل می‌نمایند. (Farajzadeh, 2005:3) در سال‌های اخیر آثار زیان بار خشکسالی بر منابع آب، کشاورزی، مراتع، بیماری‌های گیاهی، تولیدات دامی، مهاجرت و بهداشت و درمان بسیار زیاد بوده در نتیجه با توجه به وضعیت طبیعی حاکم برای بروز این رخداد در کشور؛ لزوم شناخت، پیشگیری و راه‌های مقابله با آن اهمیت و اولویت خاص پیدا می‌کند و برخورد عاجل را در این رابطه می‌طلبد. در این راستا، به منظور تعیین شدت خشکسالی بایستی این پدیده از حالت کیفی و توصیفی به صورت کمی و عددی در آمده و شاخص‌هایی برای آن تعریف و ارائه گردد (Pirmoradian et al, 2008:63). معضل خشکسالی در شرایط آب و هوایی ایران کاملاً محرز بوده و اهمیت مطالعه آن پیش نیاز همه طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی است که در مورد منابع آبی می‌باشد. (Khoshakhlagh, 1998:3) فرضیاتی که با توجه به موضوع تحقیق به ذهن خطور می‌کنند عبارتند از:

- به نظر می‌رسد شاخصی برای خشکسالی اقلیمی وجود دارد که بتواند در هر منطقه بارشی ایران به کار رود و مناسب تر از شاخص‌های دیگر عمل نماید.
- به نظر می‌رسد وقوع دوره‌های خشک یا مرطوب مربوط به تغییرات مقدار بارش می‌باشد.
- به نظر می‌رسد خشکسالی اقلیمی در یک زمان برای تمام مناطق ایران اتفاق می‌افتد.

## مبانی نظری و پیشینه تحقیق:

پالمر ۱۹۴۶ محقق آمریکایی را می‌توان جزء اولین محققینی دانست که به طور علمی با استفاده از روش‌های آماری به بررسی ویژگی‌های مختلف این پدیده در آمریکا پرداخته است (Farajzadeh, 2005:6) در تعیین دوره‌های خشک استرالیا، گیبس و ماهر با استفاده از شاخص دهک و مرتب کردن داده‌های بارندگی ماهانه گام‌های مهمی را برداشته‌اند. (Gibbs and Maher, 1967:129) در بررسی شدت خشکسالی‌ها در جنوب صحرا، لمب با استفاده از شاخص انحراف استاندارد، نتیجه گرفت که در دهه ۱۹۴۰، خشکسالی‌ها از شدت بیشتری برخوردار بوده‌اند و تا ۱۹۷۴ دوام داشته‌اند (Lamb, 1982:47)، در بررسی سال‌های خشک و تر در اسکاتلند، اسمیت، دهه ۱۹۳۰ را به عنوان خشک‌ترین دهه و دهه ۱۹۹۰ را مرطوب‌ترین دهه معرفی

کرده است (Smith, 1994:556). در بررسی تغییرات بارندگی سالانه ترکیه، ترکش نتیجه گرفت ترسالی‌ها عموماً در سال‌های ۱۹۳۵ تا ۱۹۴۵، ۱۹۶۰ و اواخر دهه ۱۹۷۰ اتفاق افتاده است و خشکسالی‌ها در دهه ۱۹۳۰ و اواخر دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ به وجود آمده‌اند (Turkes, 1995:1057)، باور و همکارانش عامل افزایش فراوانی زمستان‌های مرطوب را با تغییرات فشار سطح آب‌های آزاد و تعاملات جوی-اقیانوسی مرتبط می‌داند (Bauer, 2000:1708).

در ایران در این خصوص می‌توان به خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران (Kardavani, 2001)، خشکسالی از مفهوم تا راهکار (Farajzadeh, 2005) و مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن (Hejazizadeh and Javizadeh, 2010) اشاره نمود. همچنین پایان‌نامه‌های؛ بررسی آماری خشکسالی‌های ایران (Farajzadeh, 1995)، ناهنجاری‌های اقلیمی ایران و پدیده انسو (Modarespour, 1994)، تأثیر پرفشار جنب حاره در تغییر اقلیم ایران (Hejazizadeh, 1993)، توزیع بلوکینگ و تأثیر آن بر روی بارش‌های دوره‌ای ایران (Azizi, 1996)، تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی (Khoshakhlagh, 1998) را می‌توان نام برد. در مقالات غیور و مسعودیان به بررسی گستردگی و فراوانی خشکسالی‌های ایران پرداخته‌اند (Ghayour and Masoudian, 1997:39) همچنین غیور و خسروی اثر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی جنوب شرق ایران را بررسی کردند (Ghayour and Khosravi, 2001:174) ناظم‌السادات به بررسی تأثیر دمای سطح آب خلیج فارس بر بارندگی‌های جنوب ایران پرداخت (Nazemsadat, 1998:44) کمالی و خزانه‌داری اقدام به تحلیل خشکسالی اخیر مشهد با به‌کارگیری برخی از شاخص‌های خشکسالی نمودند (Kamali and Khazanedari, 2002:92).

تعاریف مختلفی توسط صاحب‌نظران برای خشکسالی با دیدگاه‌های متفاوت ارائه شده است؛ از جمله: به نظر پالمر خشکسالی عبارت است از: کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی. واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی با میانگین اطلاق می‌شود؛ به عبارت دیگر دوره‌ای که در آن مقدار رطوبت یا هر شاخص دیگر نسبت به شرایط میانگین منطقه از ناهنجاری منفی برخوردار گردد به عنوان دوره خشکسالی تلقی می‌شود. (Farajzadeh at al, 1995:33) خشکسالی دارای دو مفهوم اقلیمی و هیدرولوژیک است. خشکسالی اقلیمی، سال یا دوره‌ای است که مقدار بارندگی آن کمتر از مقدار نرمال می‌باشد؛ همچنین خشکسالی هیدرولوژیک، سال یا دوره‌ای است که طی آن روان‌آب بطور قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر از مقدار متوسط باشد (Hejazizadeh and Javizadeh, 2010:17). خشکسالی عبارت است از کمتر باریدن از متوسط بارش سالانه و توزیع ناموزون بارندگی در منطقه (Kardavani, 2001:4). کاهش میزان بارندگی و افزایش دما، هر یک به تنهایی و یا به کمک هم (Miller, 1991:371) با توجه به تعاریف متفاوت از مفهوم خشکسالی مادامی که اختلاف نظر در یک تعریف استاندارد وجود دارد می‌توان از مفهوم کمبود رطوبت مبتنی بر کاهش میزان بارش استفاده کرد (Khoshakhlagh, 1998:12).

### مواد و روش تحقیق:

با توجه به بررسی شاخص‌های خشکسالی و نیز اینکه این شاخص‌ها داده‌های بارندگی را مورد استفاده قرار می‌دهند، داده‌های بارندگی ماهانه و سالانه ایستگاه‌ها جمع‌آوری گردید. به دلیل آنکه اساس شاخص‌های خشکسالی، محاسبه انحرافات از وضعیت نرمال است، چنانچه دوره آماری کوتاه انتخاب شود تصمیم‌گیری در مورد رخداد خشکسالی که یک پدیده اقلیمی است، شبیه‌آمیز خواهد بود. از این رو سازمان هواشناسی جهانی استفاده از یک دوره ۳۰ ساله را برای بررسی‌های اقلیمی کافی می‌داند (Hejazizadeh and Javizadeh, 2010:1۳۷). پس دوره آماری مورد بررسی از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ به مدت ۳۰ سال انتخاب گردید. از این رو از کل ایستگاه‌های موجود ۳۶ ایستگاه در مناطق شش‌گانه بارشی به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که از تداوم و اعتبار داده‌های آماری بارندگی برخوردار باشند.

آمارهای بارشی ایستگاه‌های انتخابی قبل از تجزیه و تحلیل توسط آزمون *Run Test* توسط نرم افزار *SPSS* مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج این آزمون می‌توان با اطمینان تصادفی بودن داده‌ها را تایید نمود. سپس آمارهای مفقودی با استفاده از روش نسبت نرمال که بیشتر برای داده‌های بارندگی و رواناب به کار برده می‌شود، تکمیل گردید. با استفاده از نرم-

افزار  $DIC$  شاخص های خشکسالی اقلیمی  $SPI$  و  $RAI, SIAP, PNPI, DI, Z$  بر روی آمار بارندگی ۳۰ ساله ایستگاه های هر منطقه بارشی به تفکیک منطقه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت برای تعیین مناسب ترین شاخص خشکسالی از روش همبستگی بین رتبه شاخص ها و میزان بارش استفاده شد.

#### شاخص های خشکسالی:

**شاخص  $Z$ :** برای به کارگیری شاخص  $Z$  در مطالعات خشکسالی اساس کار بدین طریق است که از داده های میانگین سالانه، فصلی و یا ماهانه بارش ابتدا میانگین و انحراف معیار استاندارد گرفته و سپس از رابطه زیر نمره  $Z$  را به دست می آوریم.

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \quad (2)$$

$x_i$ : مقادیر بارش  $\bar{x}$ : میانگین مجموع بارش و  $SD$ : انحراف معیار استاندارد بارش در طول دوره مورد نظر نمره های استاندارد، وضعیت نمره ها نسبت به میانگین را تعیین می کنند.

**شاخص دهک  $DI$ :** این شاخص به وسیله گیبس و ماهر در سال ۱۹۶۷ ارائه شده است. دهک ها مقادیری از مشاهدات هستند که دامنه تغییرات را به فاصله های دهکی مورد نیاز تقسیم می کنند؛ به طوری که فراوانی ها در هر یک از این فواصل، درصد معینی از فراوانی کل را تشکیل می دهند. (Azar, 2003:104) در شاخص دهک ها، توزیع بارش به وقوع پیوسته در یک دوره طولانی به ده بخش تقسیم می شود؛ هر یک از این بخش ها یک دهک نامیده می شود. (Hejazizadeh and Javizadeh, 2010:158) شاخص دهک ها به عنوان یک شاخص جهت پایش خشکسالی توسط سیستم مراقبت خشکسالی استرالیا انتخاب شده است. تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه زیر می باشد:

$$D_i = i \times \frac{n+1}{10} \quad (3)$$

$D_i$ : دهک  $i$  ام،  $i$ : شماره دهک و  $n$ : تعداد داده های بارندگی

**شاخص درصد بارش نرمال  $PNPI$ :** این شاخص، یکی از ساده ترین روش های ارزیابی شدت خشکسالی است که برای بیان اولیه این پدیده مفید می باشد. شاخص  $PNPI$  از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ به دست می آید.

$$PNPI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن  $P_i$ : مجموع بارندگی ماهانه یا سالانه و  $\bar{P}$ : میانگین بارندگی ماهانه یا سالانه بلند مدت بر حسب میلیمتر است. **شاخص معیار بارندگی سالانه  $SIAP$ :** اساس محاسبه این شاخص، انحراف داده های بارندگی از نرمال می باشد. مقیاس زمانی محاسبه این شاخص، سالانه است و علاوه بر پارامترهای میانگین، انحراف معیار استاندارد را نیز مدنظر قرار می دهد. برای تعیین شاخص  $SIAP$  از رابطه زیر استفاده می شود.

$$SIAP = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (5)$$

$P_i$ : بارندگی سالانه،  $\bar{P}$ : میانگین بارش سالانه و  $SD$ : انحراف معیار **شاخص ناهنجاری بارندگی  $RAI$ :** شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی<sup>۲</sup> در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس این شاخص، محاسبه انحراف میزان بارندگی از مقدار نرمال می باشد. مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر است:

۱. محاسبه میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاه های مورد نظر ( $\bar{P}$ )

۲. استخراج میانگین ده مورد از بیشترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ( $\bar{m}$ )

۳. استخراج میانگین ده مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ( $\bar{X}$ )

۴. مقایسه داده های بارندگی ( $P$ ) با میانگین دراز مدت بارندگی ( $\bar{P}$ )

چنانچه  $P > \bar{P}$  یا ناهنجاری مثبت باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RAI = 3 \left[ \frac{P - \bar{P}}{\bar{m} - \bar{P}} \right] \quad (۶)$$

اگر  $P < \bar{P}$  یا ناهنجاری منفی باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی به صورت زیر خواهد بود.

$$RAI = -3 \left[ \frac{P - \bar{P}}{\bar{x} - \bar{P}} \right] \quad (۷)$$

۵. نسبت داده آستانه های +۳ و -۳ به ترتیب به میانگین ده مورد از شدیدترین ناهنجاری های مثبت و منفی به دست آمده از شاخص ناهنجاری بارندگی.

۶. با مقیاس گذاری روی مقادیر حاصل از شاخص ناهنجاری بارندگی، طبقات ناهنجاری با دامنه ای از شرایط رطوبت بسیار شدید تا خشکسالی بسیار شدید تعیین می‌شود.

شاخص استاندارد شده بارش  $SPI$ : این روش به وسیله مک کی، دوسکن و جان کلنست در سال ۱۹۹۳ ارائه شده است. شاخص  $SPI$  از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{s} \quad (۸)$$

که در آن:

$P_i$ : مقدار بارش در دوره مورد نظر،  $\bar{P}$ : میانگین درازمدت بارش برای دوره مورد نظر و  $S$ : انحراف معیار مقدار بارش

#### محدوده مورد مطالعه:

پراکندگی مکانی بارش از تنوع بسیار بالایی برخوردار است. با در نظر گرفتن تعداد زیادی از ویژگی‌های مهم بارندگی، کشور ایران به شش منطقه بارشی تقسیم شده است. این مناطق عبارت اند از:

**منطقه خزر غربی:** این منطقه از آستارا تا بابل در امتداد ساحل دریا و تا دامنه شمالی کوه های البرز ادامه دارد، بیشترین بارندگی سالانه خود را در فصل پاییز دریافت می‌کند. فصل بهار کمترین بارش سالانه را دارا است. در این منطقه بارش تابستانه بسیار چشم گیرتر نسبت به سایر نواحی است. خزر غربی تنها منطقه ای است که بارندگی فصل زمستان علی‌رغم قدر مطلق بالا، سهم کمتری از بارش سالانه را به خود اختصاص داده است.

علت چنین رژیم بارندگی فصلی عمدتاً به موقعیت جغرافیایی منطقه بستگی دارد، در فصل پاییز بادهای سرد سیبری شروع به وزیدن می‌کنند و پس از طی مسافتی نسبتاً طولانی از روی دریای خزر به این منطقه می‌رسند، هوای سرد سیبری مرطوب و ناپایدار می‌گردد و در سواحل ایران سبب بارش‌های همرفت وزشی می‌شود. اما در فصل بهار اولاً بادهای سیبری شدت فصل پاییز را ندارند و ثانیاً اختلاف دمای بین هوا و دریا به علت سرد شدن تدریجی آب دریا به حداقل رسیده است و ناپایداری هوا نیز کمتر شده است. در مجموع منطقه خزر غربی پر باران ترین ناحیه کشور از نظر مقدار و روزهای بارش است. روزهای بارندگی شدید در این منطقه بیش از هر منطقه دیگر ایران است. همچنین بارش برف در سواحل دریای خزر بسیار کم است و فقط به طرف ارتفاعات البرز افزایش می‌یابد. از این منطقه تعداد ۴ ایستگاه شامل ایستگاه‌های انزلی، رشت، رامسر و نوشهر انتخاب گردید.

**منطقه خزر شرقی:** این منطقه سواحل دریای خزر را از بابل تا گنبد کاووس در بر می‌گیرد. مرطوب ترین فصل سال زمستان و خشک ترین آن تابستان است. وضع جغرافیایی این منطقه به گونه ای است که از اثرات باران زاپی بادهای سیبری در فصل پاییز بهره کمتری می‌گیرد؛ در فصل زمستان اغتشاشات غربی به هنگام عبور از روی دریای خزر بخار آب بیشتری جذب نموده و به این منطقه می‌آورند. بارش برف در این منطقه نیز همانند خزر غربی کم است.

بارندگی سالانه خزر غربی بالای ۱۰۰۰ میلیمتر ولی در منطقه خزر شرقی کمتر از ۱۰۰۰ میلیمتر است. بیشترین بارش فصلی خزر غربی در پاییز می‌بارد در صورتی که در خزر شرقی بارندگی زمستان بیشتر از فصول سال است. بنابراین باید این دو منطقه به صورت جدا از هم بررسی شوند. از این منطقه ۲ ایستگاه بابل و گرگان انتخاب شده است.

**منطقه کردستان:** این منطقه محدوده بین مهاباد تا دزفول را در امتداد مرز ایران و عراق در بر می گیرد و تقریباً منطبق بر ارتفاعات کردستان است. ۴۶ درصد بارش سالانه در فصل زمستان می بارد و سهم بارش تابستانه از بارندگی سالانه تقریباً صفر است. بیشتر بارندگی اواخر زمستان و اوایل بهار در منطقه بر اثر صعود همرفت دامنه ای انجام می گیرد. در زمستان بیشتر سیکلون ها و امواج کوتاه بادهای غربی از این منطقه عبور می کنند و با همراهی ماهیت کوهستانی منطقه سبب ریزش باران-های زیاد به خصوص برف های سنگین می شوند؛ از این رو تعداد روزهای برفی منطقه بیشتر از مناطق خزر غربی و شرقی است. در این منطقه ۴ ایستگاه سنج، کرمانشاه، ایلام و خرم آباد آمار بهتری از سایر ایستگاه ها داشته اند که موجب انتخاب آنها گردید.

**منطقه خراسان شمالی:** این منطقه ارتفاعات شمال خراسان را در بر می گیرد. عمده بارش منطقه در زمستان می بارد و تابستان خشک ترین فصل سال به حساب می آید.

از اوایل پاییز، پر فشار سیبری گسترش یافته و شمال شرقی ایران را در طی دوره سرد سال فرا می گیرد، در نتیجه سیستم های غربی نمی توانند به صورت فراوان وارد خراسان شوند اما در اواخر دوره سرد با گرمایش تدریجی هوا، پر فشار عقب نشینی می کند و راه را برای ورود توده های مرطوب مدیترانه به خراسان باز می کند و از طرف دیگر در دامنه های آفتاب گیر بر اثر همرفت دامنه ای هوا ناپایدارتر می گردد، در نتیجه بارش بیشتری اتفاق می افتد.

در فصل تابستان تمام اغتشاشات غربی از منطقه خارج می شوند و بیشتر وقت ها پرفشار جنب حاره ای بر منطقه تسلط دارد در نتیجه، بسیار اتفاقی توده های هوای مرطوب وارد منطقه می شوند و بارش ناچیزی را به وجود می آورند. با توجه به اینکه بیشتر ایام دوره سرد سال، پرفشار سرد سیبری روی منطقه مستولی می شود، روزهای برفی فراوان تر هستند. از جمله ایستگاه های معتبر موجود در این منطقه ایستگاه های مشهد و سبزوار است.

**منطقه آذربایجان - زاگرس:** این منطقه، آذربایجان را در بین ارتفاعات تالش در شرق و ارتفاعات کردستان در غرب فراگرفته و بر روی توده اصلی زاگرس به طرف جنوب تا منطقه داراب کشیده شده است. در این منطقه بیشتر بارندگی سالانه در زمستان می بارد و تابستان در اکثر نقاط منطقه خشک است.

منطقه آذربایجان - زاگرس جزء مناطق نسبتاً سرد کشور بوده و در نتیجه بارش برف به ویژه در قسمت های شمالی آن بیشتر است و از تعداد روزهای برفی به طرف جنوب منطقه کاسته می شود. از این منطقه ۸ ایستگاه انتخاب شده است.

**منطقه خشک:** گسترده ترین منطقه بارشی کشور، منطقه خشک است. این منطقه، پهنه وسیعی را در جنوب البرز و شرق زاگرس و دامنه های جنوبی زاگرس را در سواحل دریای عمان و خلیج فارس در بر می گیرد. به علت گستردگی این منطقه، تعداد ۱۶ ایستگاه از آن انتخاب شده است. در این منطقه عمده بارندگی سالانه در فصل زمستان می بارد. بارندگی تابستان در همه جای منطقه به استثنای قسمت جنوب شرقی تقریباً صفر است. عمده ترین ویژگی این منطقه بی نظمی بارش است، به طوری که در قسمت های جنوبی منطقه بعضی سال ها ۸۰ درصد بارش سالانه در یک روز می بارد.

در مجموع منطقه خزر غربی پرباران ترین و منطقه خشک کم باران ترین منطقه به شمار می روند. در منطقه خزر غربی پاییز بیشترین بارندگی را دارد، در صورتی که در مناطق دیگر بیشتر سهم بارش سالانه به زمستان اختصاص دارد؛ کم باران ترین فصل در منطقه خزر غربی بهار و در سایر مناطق تابستان است (Alijani, 2000: 153).

### یافته های تحقیق و تجزیه و تحلیل آماری داده ها:

در این مبحث به دنبال تعیین مناسب ترین شاخص خشکسالی اقلیمی برای هر منطقه بارشی هستیم؛ و سپس با مقایسه نتایج حاصل به تعیین بهترین منطقه بارشی برای به کارگیری هر کدام از شاخص های خشکسالی اقلیمی می پردازیم. مقایسه نتایج حاصل از به کارگیری شاخص های مختلف خشکسالی اقلیمی به تفکیک مناطق شش گانه بارشی: برای مقایسه شاخص های خشکسالی اقلیمی در هر منطقه بارشی از ضریب همبستگی اسپیرمن بین میزان بارندگی و رتبه حاصل از هر شاخص در ایستگاه های انتخابی آن منطقه استفاده می کنیم. علت محاسبه ضریب اسپیرمن بین رتبه هر شاخص

با میزان بارندگی این است که بارندگی بیشترین تأثیر را بر عملکرد شاخص‌ها دارد. با توجه به ساختار و فرمول شاخص‌های خشکسالی که قبلاً ذکر شد نشان می‌دهد که بارندگی تنها پارامتر تاثیرگذار و مؤثر در روند عملکرد و رتبه بندی شاخص‌ها است. از طرفی انتخاب ضریب همبستگی اسپیرمن به این دلیل است که شاخص‌ها شدت خشکسالی را با رتبه‌ها تفکیک می‌کنند و چون همبستگی بین رتبه و میزان بارندگی است باید از ضریب اسپیرمن استفاده شود و نه پیرسون؛ بنابراین ضرایب اسپیرمن بین رتبه‌ها و میزان بارندگی با نرم‌افزار SPSS تعیین شد که مقادیر آن را در جداول زیر مشاهده می‌کنیم. جداول زیر به مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن به تفکیک منطقه و شاخص پرداخته و مشخص می‌کنند که بهترین شاخص در هر منطقه کدام بوده و پس از آن اولویت شاخص‌ها به ترتیب تعیین می‌گردد.

جدول ۱- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص‌های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه خزر غربی

شاخص شهر	Z	DI	PNPI	SIAP	RAI	SPI
انزلی	۰/۹۵۳	۰/۹۹۵	۰/۵۸۹	۰/۹۶۹	۰/۹۳۱	۰/۸۳۶
رشت	۰/۹۴۳	۰/۹۹۵	۰/۶۴۸	۰/۹۵۲	۰/۹۵۳	۰/۸۸۲
رامسر	۰/۹۴۲	۰/۹۹۵	۰/۷۳۸	۰/۹۶۸	۰/۹۶۲	۰/۹۲۳
نوشهر	۰/۹۵۸	۰/۹۹۵	۰/۵۲۰	۰/۹۶۰	۰/۹۵۵	۰/۸۰۸
میانگین	۰/۹۴۹	۰/۹۹۵	۰/۶۲۳	۰/۹۶۲	۰/۹۵۰	۰/۸۶۲

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

شاخص *DI* با دارا بودن بیشترین میانگین یعنی ۰/۹۹۵ به عنوان سازگارترین شاخص تعیین خشکسالی اقلیمی در منطقه خزر غربی است و پس از آن به ترتیب *SPI, Z, RAI, SIAP* و *PNPI* شاخص‌های مناسب بعدی هستند. با توجه به جدول ۲ شاخص *DI* با بالاترین میانگین ضریب همبستگی مناسب ترین شاخص در منطقه خزر شرقی است و سپس به ترتیب شاخص‌های *SPI, RAI, Z, SIAP* و *PNPI* در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۲- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص‌های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه خزر شرقی

شاخص شهر	Z	DI	PNPI	SIAP	RAI	SPI
گرگان	۰/۹۵۸	۰/۹۹۵	۰/۶۴۸	۰/۹۷۸	۰/۹۱۷	۰/۸۰۹
بابلسر	۰/۹۵۰	۰/۹۹۵	۰/۵۹۰	۰/۹۶۰	۰/۹۴۴	۰/۸۳۴
میانگین	۰/۹۵۴	۰/۹۹۵	۰/۶۱۹	۰/۹۶۹	۰/۹۳۰	۰/۸۲۱

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

جدول ۳- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص‌های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه آذربایجان-زاکرس

شاخص شهر	Z	DI	PNPI	SIAP	RAI	SPI
ارومیه	۰/۹۱۰	۰/۹۹۵	۰/۷۴۰	۰/۹۱۶	۰/۹۶۱	۰/۸۳۷
تبریز	۰/۹۵۱	۰/۹۹۵	۰/۷۳۹	۰/۹۶۰	۰/۹۶۹	۰/۸۸۲
همدان	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۶۹۶	۰/۹۶۲	۰/۹۶۸	۰/۸۳۵
زنجان	۰/۹۶۶	۰/۹۹۵	۰/۶۴۹	۰/۹۷۵	۰/۹۳۰	۰/۷۴۰
قزوین	۰/۹۵۱	۰/۹۹۵	۰/۷۴۰	۰/۹۶۰	۰/۹۵۵	۰/۸۰۹
شهرکرد	۰/۹۵۰	۰/۹۹۵	۰/۷۳۶	۰/۹۵۴	۰/۹۶۱	۰/۷۷۶
شیراز	۰/۹۴۸	۰/۹۹۵	۰/۷۷۷	۰/۹۵۳	۰/۹۶۲	۰/۸۰۹
فسا	۰/۹۳۰	۰/۹۹۵	۰/۸۱۰	۰/۹۳۱	۰/۹۵۲	۰/۸۱۰
میانگین	۰/۹۴۴	۰/۹۹۵	۰/۷۳۵	۰/۹۵۱	۰/۹۵۷	۰/۸۱۲

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

در ناحیه آذربایجان - زاگرس نیز مانند دو منطقه قبل شاخص  $DI$  با کسب بالاترین میانگین به عنوان مناسب ترین شاخص خشکسالی اقلیمی معرفی می گردد و شاخص های مناسب بعدی به ترتیب عبارت اند از  $SPI, Z, SIAP, RAI$  و  $PNPI$ .  
جدول ۴- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه خراسان

شاخص شهر	$Z$	$DI$	$PNPI$	$SIAP$	$RAI$	$SPI$
مشهد	۰/۹۶۱	۰/۹۹۵	۰/۷۴۰	۰/۹۶۷	۰/۹۶۲	۰/۸۳۶
سبزوار	۰/۹۵۲	۰/۹۹۵	۰/۸۰۸	۰/۹۷۵	۰/۹۶۲	۰/۸۰۸
میانگین	۰/۹۵۶	۰/۹۹۵	۰/۷۷۴	۰/۹۷۱	۰/۹۶۲	۰/۸۲۲

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

$DI$  به عنوان مناسب ترین شاخص در منطقه خراسان نیز شناخته می شود و پس از آن شاخص های  $SPI, Z, RAI, SIAP$  و  $PNPI$  برای این منطقه مناسب اند. بنا به جدول ۵ در منطقه کردستان شاخص  $DI$  با بالاترین میانگین، مناسب ترین شاخص در نظر گرفته می شود و پس از  $DI$  شاخص های  $SPI, Z, SIAP, RAI$  و  $PNPI$  در رتبه های بعدی قرار می گیرند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه کردستان

شاخص شهر	$Z$	$DI$	$PNPI$	$SIAP$	$RAI$	$SPI$
سنندج	۰/۹۳۲	۰/۹۹۵	۰/۶۴۹	۰/۹۳۲	۰/۹۵۲	۰/۷۷۶
کرمانشاه	۰/۹۵۱	۰/۹۹۵	۰/۶۴۸	۰/۹۶۰	۰/۹۶۶	۰/۸۵۷
ایلام	۰/۹۵۹	۰/۹۹۵	۰/۷۳۹	۰/۹۶۶	۰/۹۶۹	۰/۷۷۸
خرم آباد	۰/۹۴۳	۰/۹۹۵	۰/۶۹۷	۰/۹۵۱	۰/۹۶۶	۰/۸۰۹
میانگین	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۶۸۳	۰/۹۵۲	۰/۹۶۳	۰/۸۰۵

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

جدول ۶- مقایسه میانگین ضرایب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه شاخص های شش گانه خشکسالی اقلیمی در منطقه خشک

شاخص شهر	$Z$	$DI$	$PNPI$	$SIAP$	$RAI$	$SPI$
دزفول	۰/۹۵۲	۰/۹۹۵	۰/۷۷۶	۰/۹۶۴	۰/۹۶۲	۰/۸۳۶
اهواز	۰/۹۲۸	۰/۹۹۵	۰/۷۷۸	۰/۹۳۱	۰/۹۷۱	۰/۸۳۷
آبادان	۰/۹۵۵	۰/۹۹۵	۰/۸۵۹	۰/۹۷۲	۰/۹۵۳	۰/۸۹۴
لار	۰/۹۳۸	۰/۹۹۵	۰/۹۱۷	۰/۹۶۴	۰/۹۷۵	۰/۸۸۲
بندرعباس	۰/۹۴۷	۰/۹۹۵	۰/۹۰۱	۰/۹۶۵	۰/۹۵۴	۰/۸۳۶
بندرلنگه	۰/۹۵۲	۰/۹۹۵	۰/۸۷۵	۰/۹۶۷	۰/۹۶۹	۰/۸۳۷
ایرانشهر	۰/۹۴۴	۰/۹۹۵	۰/۸۸۲	۰/۹۶۰	۰/۹۴۴	۰/۸۳۶
زاهدان	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۹۱۳	۰/۹۶۵	۰/۹۵۲	۰/۹۱۱
زابل	۰/۹۶۳	۰/۹۹۵	۰/۸۸۳	۰/۹۷۳	۰/۹۴۴	۰/۸۰۸
کرمان	۰/۹۵۲	۰/۹۹۵	۰/۸۶۰	۰/۹۵۱	۰/۹۶۲	۰/۸۳۴
یزد	۰/۹۵۱	۰/۹۹۵	۰/۸۳۸	۰/۹۶۰	۰/۹۷۴	۰/۸۰۹
اصفهان	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۸۱۰	۰/۹۵۳	۰/۹۶۹	۰/۸۳۷
کاشان	۰/۹۵۰	۰/۹۹۵	۰/۸۳۴	۰/۹۷۵	۰/۹۵۸	۰/۸۸۳
بیرجند	۰/۹۳۰	۰/۹۹۵	۰/۷۷۷	۰/۹۳۱	۰/۹۵۲	۰/۸۳۷
سمنان	۰/۹۲۷	۰/۹۹۵	۰/۷۷۵	۰/۹۲۹	۰/۹۵۰	۰/۷۴۱
تهران	۰/۹۶۳	۰/۹۹۵	۰/۸۰۷	۰/۹۷۲	۰/۹۳۲	۰/۸۶۱
میانگین	۰/۹۴۶	۰/۹۹۵	۰/۸۴۲	۰/۹۵۸	۰/۹۵۷	۰/۸۴۲



همچون بقیه مناطق در منطقه خشک نیز شاخص  $DI$  به عنوان مناسب ترین شاخص تعیین گردید اولویت های بعدی به ترتیب متعلق است به شاخص های  $PNPI$  و  $SPI, Z, RAI, SIAP$ . نتایج حاصل از جداول فوق حاکی از آن است که شاخص  $DI$  در تمامی مناطق بارشی مناسب ترین شاخص بوده ولی شاخص بعدی در مناطق شش گانه متفاوت است؛ بدین صورت که  $SIAP$  در ۴ منطقه خزر غربی، خزر شرقی، خراسان و خشک رتبه دوم را دارد اما در مناطق آذربایجان - زاگرس و کردستان شاخص  $RAI$  رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. تعیین بهترین منطقه برای هر کدام از شاخص های خشکسالی اقلیمی:

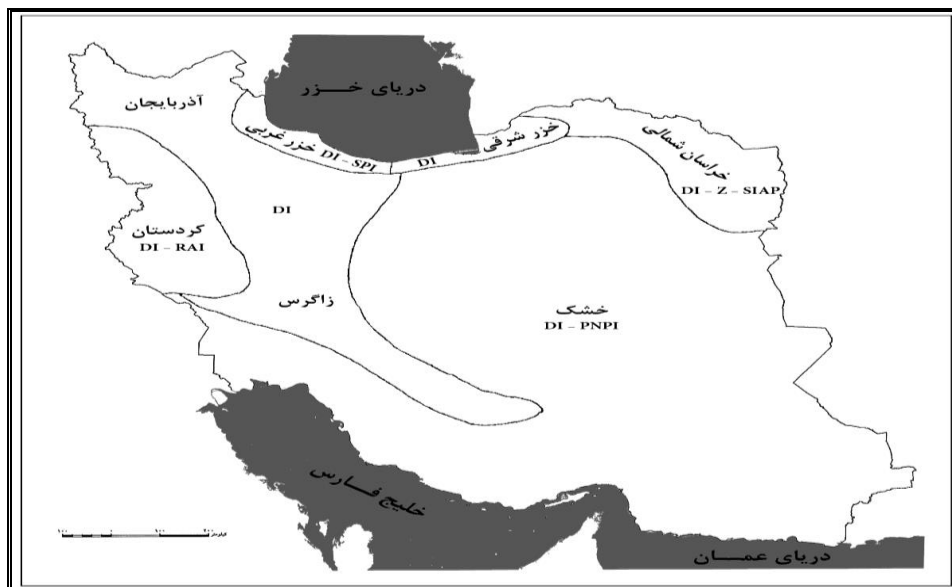
در این قسمت به تعیین بهترین منطقه برای به کارگیری هر کدام از شاخص ها به تفکیک می پردازیم. با توجه به نتایج جداول قسمت قبل مشخص می شود که مناسب ترین منطقه برای به کارگیری هر شاخص کدام است.

جدول ۷- مقایسه میانگین ضریب اسپیرمن بین بارندگی و رتبه هر شاخص خشکسالی اقلیمی در مناطق شش گانه بارشی

$SPI$	$RAI$	$SIAP$	$PNPI$	$DI$	$Z$	میانگین ضریب اسپیرمن با شاخص منطقه بارشی
۰/۸۶۲	۰/۹۵۰	۰/۹۶۲	۰/۶۲۳	۰/۹۹۵	۰/۹۴۹	خزر غربی
۰/۸۲۱	۰/۹۳۰	۰/۹۶۹	۰/۶۱۹	۰/۹۹۵	۰/۹۵۴	خزر شرقی
۰/۸۱۲	۰/۹۵۷	۰/۹۵۱	۰/۷۳۵	۰/۹۹۵	۰/۹۴۴	آذربایجان - زاگرس
۰/۸۲۲	۰/۹۶۲	۰/۹۷۱	۰/۷۷۴	۰/۹۹۵	۰/۹۵۶	خراسان
۰/۸۰۵	۰/۹۶۳	۰/۹۵۲	۰/۶۸۳	۰/۹۹۵	۰/۹۴۶	کردستان
۰/۸۴۲	۰/۹۵۷	۰/۹۵۸	۰/۸۴۲	۰/۹۹۵	۰/۹۴۶	خشک

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

میانگین ضریب اسپیرمن شاخص های مختلف را برای مناطق شش گانه با هم مقایسه می نماییم. که این بررسی نشان می دهد که منطقه بارشی خراسان با دارا بودن بیشترین ضریب همبستگی اسپیرمن، مناسب ترین منطقه برای استفاده از شاخص  $Z$  می باشد. همچنین شاخص  $DI$  برای تمام مناطق به صورت یکسان و بسیار خوب عمل کرده و کاربرد دارد و شاخص  $PNPI$  در منطقه خشک بهتر از سایر مناطق کار می کند اما اعداد به دست آمده بیانگر آن است که این شاخص کلا در تمام مناطق ضعیف عمل می کند. به همین ترتیب شاخص  $SIAP$  در منطقه خراسان مناسب ترین عملکرد را دارد. و شاخص  $RAI$  در منطقه کردستان مناسب تر از سایر مناطق عمل می کند. در نهایت شاخص  $SPI$  در منطقه بارشی خزر غربی بیشترین کارایی را دارد.



نقشه ۱- تعیین مناسب ترین منطقه برای بکارگیری هر کدام از شاخص های شش گانه خشکسالی اقلیمی

جدول ۸- تعیین مناسب ترین منطقه بارشی برای عملکرد هر کدام از شاخص های خشکسالی اقلیمی

شاخص های خشکسالی اقلیمی	مناسب ترین منطقه عملکرد
Z	خراسان
DI	تمام نواحی ۶ گانه
PNPI	خشک
SIAP	خراسان
RAI	کردستان
SPI	خزر غربی

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۴.

**نتیجه گیری:**

با توجه به یافته های تحقیق به پاسخگویی فرضیات مطرح شده می پردازیم. جواب فرضیه اول: باید اذعان نمود که با توجه به مطالب ذکر شده و با توجه به جداول ۱ تا ۶ از بین شاخص های شش گانه خشکسالی اقلیمی شاخص خشکسالی *DI* به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی اسپیرمن بین میزان بارندگی و رتبه های این شاخص نه تنها در تمام مناطق بارشی ایران بلکه در تک تک ایستگاه های منتخب بارشی نیز مناسب تر از بقیه شاخص ها است.

جواب فرضیه دوم: با توجه به توضیحات مربوط به انواع خشکسالی و تقدم خشکسالی اقلیمی و نیز در نظر داشتن معادله بنیادی هیدرولوژی (۱) در وقوع دوره های خشک و مرطوب مقدار بارش در اولویت بوده که با توجه به ضریب تغییرات زیاد این عنصر نسبت به دیگر عناصر آب و هوایی مثل دما، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، ساعات آفتابی و غیره تایید می شود که مقدار بارش در این مقوله عنصر اصلی شناخته می گردد. از طرف دیگر با توجه به ساختار فرمول شاخص های خشکسالی اقلیمی مشخص می گردد که بارندگی تنها پارامتر موثر در روند عملکرد و رتبه بندی این شاخص ها است. بنابراین می توان با تکیه بر مطالب فوق فرضیه دوم را تایید نمود.

جواب فرضیه سوم: بنا به فرضیه دوم که بارندگی را موثرترین عنصر بر وقوع خشکسالی اقلیمی می شناسد و با توجه به بررسی آمار بارندگی ۳۰ ساله ایستگاه های مناطق بارشی مختلف مشاهده می کنیم که کم باران ترین سال ها که موجب وقوع شدیدترین خشکسالی اقلیمی در ایستگاه های مختلف گردیده در سال های متفاوت روی داده است؛ به طوری که در ایستگاه کاشان کم باران ترین سال ۱۹۸۵، زنجان ۱۹۸۹، تبریز و خرم آباد ۱۹۹۰، انزلی ۱۹۹۱، تهران- کرمانشاه و همدان ۱۹۹۵، سنندج ۱۹۹۹، رامسر ۲۰۰۰، زاهدان- لار- بیرجند و ایرانشهر ۲۰۰۱، ارومیه ۲۰۰۵، سمنان- سبزوار- مشهد- شهرکرد- ایلام- گرگان- اصفهان و قزوین ۲۰۰۸، یزد- اهواز- شیراز- بابلسر- رشت- کرمان- زابل- بندرلنگه- بندرعباس- آبادان- دزفول- فسا و نوشهر در سال ۲۰۱۰ رخ داده است. بنابراین می توان این فرضیه را رد نمود و نتیجه گرفت که خشکسالی اقلیمی در یک زمان برای تمام مناطق بارشی ایران اتفاق نمی افتد.

**Reference:**

1. Alijani, B. (2000): *Iran's climate*, Payame Noor University Press, Tehran, Iran. (In Persian)
2. Alizadeh, A. (2010): *Principles of Applied Hydrology*, Imam Reza University Press, Tehran, Iran. (In Persian)
3. Azar, A. (2003): *Statistics and its Application in Management, Volume 1*, Samt Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
4. Azizi, G. (1996): *Blocking and its Effects on Iranian Precipitation*, Ph.D's Thesis in Natural Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University. (In Persian)
5. Bauer, I.H. and E. Farland, (2000): *Temperature and Precipitation Variations in Norway during 1990-1994 and their links to atmospheric circulation. International Journal of Climatology*, 20, pp: 1693-1708

6. Farajzadeh, M. Movahed Danesh, A.A. Ghaemi, H. (1995): "Drought in Iran", *Journal of Agricultural Science*, No. 1 & 2, Tabriz, Pages 31-51. (In Persian)
7. Farajzadeh, M. (1995): *Drought Statistic Survey in Iran*, Ph.D's Thesis in Natural Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University. (In Persian)
8. Farajzadeh, M. (2005): *A Drought from Concept to Strategy*, Geographical Organization Publications of the Ministry of Defense and Armed Forces Support, Tehran, Iran. (In Persian)
9. Ghayour, H.A. Masoudian, A. (Summer 1997): "The magnitude, extent and frequency of droughts in Iran", *Journal of Geographical Research*, No. 45, Mashhad, pp. 25-39. (In Persian)
10. Ghayour, H.A. Khosravi, M. (2001): "The Impact of Enso on the Anomalies of Summer and Autumn Rainfall in the South East of Iran", *Journal of Geographical Research*, No. 62, Mashhad, pp. 141-174. (In Persian)
11. Gibbs, W. and V. Maher, (1967): *Rainfall deficiency and drought indicators*. *Bulletin Bur meteorology Asustralia*, 48, pp: 117-129
12. Hejazizadeh, Z. (1993): *Investigating the fluctuations high pressure subtropical in the change of the Iranian season*, Ph.D's Thesis in Natural Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University. (In Persian)
13. Hejazizadeh, Z. Javizadeh, S. (2010): *Introduction to Drought and its Indices*, Samt Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
14. Kamali, G.A. Khazanedari, L. (spring and summer 2002): "Recent Mashhad Drought Analysis Using Some Drought Indicators", *Journal of Nivar* No. 44 & 45, Tehran, pp. 79-93. (In Persian)
15. Kardavani, P. (2001): *The Drought and contrasting styles with that in Iran*, Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)
16. Khoshakhlagh, F. (1998): *Investigating Iran's Common Droughts Using Synoptic Analysis*, Ph.D's Thesis in Natural Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Tabriz University. (In Persian)
17. Lamb, P. (1982): *Persistence of sub saharan drought climatology*. *Nature*, 299, pp: 46-47
18. Miller, G.T. (1991): *Environmental Sciences*, Wordworth, Pub. Belmont, California. *Monitoring the vernal advancements and retrogradation. (greenwave effect) of nature vegetation*, (1973), pp: 371. NASA/GSFC Final Report.
19. Modarespour, A. (1994): *Iran's climate anomalies and the phenomenon of ENSO*, Master's thesis of natural geography, North Tehran Branch, Islamic Azad University. (In Persian)
20. Movahed Danesh, A.A. (1994): *Surface Water Hydrology of Iran*, Samt Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
21. Nazemsadat, M.J (summer 1998): "Investigation of the influence of surface temperature of Persian Gulf on the rainfall of southern Iran", *Journal of Nivar* No. 38, Tehran, pp. 33-46. (In Persian)
22. Pirmoradian, N. Shamsnia, A. Shahrokhia Nia, M.A. (Winter 2008): "Monitoring and analysis of spatial distribution of drought severity in 2000-2001 in Fars province using SPI rainfall indexes in GIS", *Journal Water Engineering*, First Year, Pages 70-61. (In Persian)
23. Rahnamaei, M.T. (2010): *Spatial Potentials of Iran*, Danaei Tavani Publishing, Tehran, Iran. (In Persian)
24. Smith, K. (1994): *Precipitation over Scotland, 1757-1992: some aspect of temporal variability*. *International Journal of Climatology*, 14, pp: 543-556
25. Turkes, M. (1995): *Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey*. *International Journal of Climatology*, 16, pp: 1056-1057.

