

## مکان

فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین  
سال اول / شماره اول / پاییز ۱۳۹۰

### پایش خشکسالی و تحلیل ویژگی آن در استان گیلان

جلال بهزادی\*

دکتری اقلیم شناسی، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان  
پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۱۸؛ تایید نهایی: ۹۰/۵/۸

#### چکیده

خشکسالی پدیده‌ای تکرار شونده در اقلیم‌های متفاوت است و آثار آن صرفاً به مناطق خشک و نیمه خشک محدود نمی‌شود، بلکه ممکن است در مناطق با بارش بالا و یا در فصول مختلف سال رخ دهد. از جمله مهم‌ترین مراحل پایش خشکسالی تعیین سنجه‌هایی برای تحلیل شدت و تداوم و فراوانی خشکسالی است. به منظور پایش خشکسالی و تحلیل خصوصیات آن در استان گیلان از داده‌های مجموع بارندگی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه طی دوره آماری ۱۹۷۶-۲۰۰۵ استفاده شد. در تحقیق حاضر با استفاده از سری‌های زمانی حاصل از شاخص بارش استاندارد شده تداوم، شدت و فراوانی خشکسالی با استفاده از دو شاخص توزیع استاندارد و دهکها که نتایج شبیه بهم دارند، استخراج گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که دو روش مورد بررسی کاملاً با یکدیگر مطابقت دارند و خشکسالی در منطقه پرباران شمال کشور نه تنها امری نادر نیست بلکه تکراری و برگشت پذیر است. بررسی‌ها نشان دادند که در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵ خشکسالی شدیدی استان را فراگرفته است.

**واژه‌های کلیدی:** خشکسالی، شاخص خشکسالی توزیع استاندارد، شاخص دهکها، گیلان.

#### مقدمه

بارش یکی از فاکتورهای مهم اقلیمی است که نقش بسزایی در اقتصاد کشاورزی، صنعتی و توریسم دارد، اگرچه آب بدست آمده از بارش بنا به توانمندی جوامع و شرایط زمان و فصول مختلف مصارف متفاوتی دارد، ولی اغلب اوقات مازاد آن که به مراتب درصد بیشتری را نسبت به مصرف بهینه در بر می‌گیرد، به صورت کنترل نشده موجب جاری شدن سیلابها و خسارت ناشی از آن می‌گردد. این

\* نویسنده مسئول: drbehzaddijalal@yahoo.com

درحالی است که معضل خشکسالی و صدمات ناشی از آن همواره برای جوامع جانوری، گیاهی و انسانی مشکلات فراوانی به همراه آورده است. خشکسالی جزو بلاهای طبیعی نامحسوس است که بر اثر کمبود بارش طی یک دوره زمانی، معمولاً یک فصل و یا بیشتر به وجود می‌آید. در این مقاله سعی شده با ارائه میزان بارش سی ساله و نوسانات آن، خشکسالی شدید از طریق دو شاخص خشکسالی، بیرون کشیده شده و نسبت آن به سال‌های دیگر (سال‌های میانگین بارش یا ترسالی) مشخص گردد. با داشتن چنین الگویی از خشکسالی منطقه دید و درک مناسب‌تری بدست می‌آید و پایه مباحث بعدی خواهد بود.

خشکسالی هیدرولوژیکی پدیده‌ای است که با تأثیر دوره‌هایی از نقصان ریزش‌های جوی بر منابع تامین آب‌های زیر زمینی یا سطحی همراه می‌شود و این خشکسالی همواره با تأخیر بیشتری نسبت به خشکسالی اقلیمی روی می‌دهد. خشکسالی اقلیمی بر خشکسالی هیدرولوژی با تأخیر زمانی تأثیرگذار است، اما زمان بیشتری طول می‌کشد تا اثر کمبود بارش در اجزای هیدرولوژیکی نمایان شود. خشکسالی یک مشکل تکراری از حوادث اقلیمی می‌باشد که به شدت، تعداد بارندگی‌ها و تأخیر در شروع فصل بارش وابسته است. عواملی چون سرعت باد، درجه حرارت بالا و رطوبت نسبی پایین در تقویت آن موثرند. از آنجا که شروع، شدت، تداوم و پایان خشکسالی همگی به مقیاس زمان وابسته‌اند ارزیابی خشکسالی و آثار آن مستلزم تعیین این مصادیق است.

دانشمندان علم آب و هواشناسی به منظور ارزیابی و پایش خشکسالی شاخص‌های گوناگونی را در نقاط مختلف جهان ارائه داده‌اند. *Hong Wu* و همکارانش (۲۰۰۱) از فاکتوری به نام *China-Z* (*Index (CZI)* که در سال ۱۹۹۵ توسط مرکز ملی هواشناسی چین پیشنهاد شده بود، استفاده کردند. این شاخص بسیار به شاخص *Standardized Precipitation Index (SPI)* نزدیک است و در عین حال از محاسبات ساده‌تری برخوردار است. *V.U.Smakhtin* و همکارش (۲۰۰۷) نرم افزار جدیدی را بکار بردند که آنالیز ۵ فاکتور *Deciles Index (DI) Effective Drought Index (EDI), SPI* میانگین وانحراف معیار را همراه با نقشه هر کدام بررسی می‌کرد و عمدتاً در جنوب آسیا کاربرد داشت. در بررسی دیگر در جنوب پرتغال *Elisa . MOREIRA* (۲۰۰۸) از مدل لگاریتم خطی حاصل از شاخص دهک‌ها و *SPI* جهت پیش‌بینی شدت خشکسالی استفاده نمودند. به جز تعداد اندکی از پیشگویی‌ها، بقیه نتایج خوبی را برای اعلام خطر دوره‌های کوتاه مدت خشکسالی نشان داد. *S.khan* و همکارانش (۲۰۰۸) در تحقیقی در استرالیا بعد از بررسی شاخص خشکسالی توزیع استاندارد در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۰ نقش مهم بهبود مدیریت منابع آب را برای جلوگیری از خشکسالی شدید پیشنهاد دادند و اختلاف بین سال‌های خشک و *Z* منفی همراه با سطح بالای آب زیرزمینی را به امرفوق نسبت دادند. در ایران نیز تحقیقاتی در این خصوص انجام پذیرفته است. سعید مرید و همکارانش (۲۰۰۶) به مقایسه ۷ فاکتور خشکسالی در استان تهران طی دوره ۳۲ ساله آماری پرداختند. نتایج نشان داد که *SPI, CZI*

Z-Score به لحاظ توجه به معیارهای خشکسالی و واکنش آهسته به حملات خشکسالی یکسان می‌باشند. Deciles index (DI) شدیداً تحت تاثیر میزان بارش است. DI و SPI قادرند که حملات خشکسالی را در شرایط دمایی گوناگون پیدا کنند. لذا این دو برای مونیتور عملکرد خشکسالی پیشنهاد شدند. تائب رضایی و همکارانش (۲۰۰۸) خشکسالی را در غرب ایران بررسی نمودند. داده‌های حاصل از SPI ۱۲ ماهه در دوره آماری ۲۰۰۷-۱۹۴۸ دو منطقه مختلف آب وهوایی را در این منطقه نشان داد. در تحقیقی دیگر در مرکز ایران، اصفهان، محمد کارآموز و همکارانش (۲۰۰۴) مطالعات جامعی را در خصوص داده‌های آب و هواشناسی نظیر مقدار بارش، دما و جریان آب انجام دادند. از آنالیز پارامترها برای بررسی خشکسالی و شدت و مدت آن استفاده گردید و به روش‌های مختلف با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که روش‌های برنامه‌ریزی شده در مناطق خشک و نیمه خشک به منظور مدیریت مصرف و نگهداری آب بسیار حایز اهمیت است. کیومرث زرافشانی و همکارانش (۲۰۰۷) در بررسی میزان تبخیر و تعرق و شاخص در جنوب غرب ایران، فارس، به راهکارهایی برای رفع بحران کشاورزی و تنش وارده بر کشاورزان در دوره‌های خشک می‌پردازند.

ایران به دلیل برخورداری از شرایط ویژه جغرافیایی، اقلیمی از مناطق مستعد بروز خشکسالی است. این در حالی است که ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر، سالانه تقریباً ۲۵٪ متوسط بارندگی جهان را دارد و به خاطر قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک حدود ۴ برابر تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط جهانی را دارا است. گیلان به خصوص در منطقه جلگه‌ای تقریباً هم طراز با استان‌های گلستان و مازندران توانسته از اقلیم خشک و رهایی یافته نیمه‌خشک، کمبود دائمی آب را هموار نماید، ولی خشکسالی، پدیده تکرار شونده تمامی اقلیم با اقلیم گیلان نیز همراه می‌باشد. امروزه به دلیل افزایش جمعیت و تغییر الگوی مصرف، نسبت به گذشته در کنار افزایش دمای کره زمین، خشکسالی در آن با شدت بیشتر نمایان شده است. این پژوهش با هدف آزمون مدل‌های مختلف مبتنی بر بارش برای شناخت و طبقه‌بندی خشکسالی در نوار شمالی ایران و تعیین ویژگی‌های آماری آن‌ها و بررسی تغییرات اقلیم و روند بارندگی در منطقه انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### ویژگی‌های منطقه تحقیق

منطقه گیلان در شمال ایران بین ۳۲° و ۴۸° تا ۳۳° و ۵۰° شرقی و ۳۳° و ۳۶° و ۳۹° و ۳۸° عرض شمالی واقع گردیده است. مساحت استان ۱۳۸۱/۵ کیلومتر مربع است و به لحاظ میزان بارش سالانه در ایران بر طبق آمار اداره هواشناسی در رتبه اول قرار دارد. با توجه به آمار سی ساله (۱۹۷۶-۲۰۰۵) میانگین بارش از طریق روش تیسن ۱۰۷۰ میلی‌متر بدست آمد. میانگین بارش منطقه طی دوره ۳۰

ساله در ایستگاه‌های آستارا ۱۳۹۳ میلی‌متر، انزلی ۱۷۴۵ میلی‌متر، لاهیجان ۱۴۹۱ میلی‌متر، رشت ۱۳۶۹ میلی‌متر، سراوان ۱۲۲۰ میلی‌متر می‌باشد. درصد بارندگی‌ها در فصل بهار ۱۵ درصد، تابستان ۲۲ درصد، پاییز ۳۹ درصد و زمستان ۲۴ درصد است. منطقه جنوبی گیلان شامل رودبار، منجیل، دارای آب و هوایی متفاوت با دیگر نقاط استان می‌باشد و از نظر الگوهای به‌دست آمده همچون میانگین بارش تفاوت شدیدی بین این منطقه با دیگر نقاط وجود دارد. اساس و پایه تحلیل‌های بارش بر مبنای به‌کارگیری آمارهای بارش روزانه، ماهانه و سالانه است. به این منظور ابتدا داده‌های بارش ایستگاه‌ها از اداره هواشناسی طی دوره ۳۰ ساله از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ تهیه شد. سپس این اعداد خام بازبینی و مورد تحلیل قرار گرفت و ۱۳ ایستگاه با اعداد صحیح‌تر و دوره آماری طولانی‌تر انتخاب شد. با استفاده از نرم‌افزار مینی تب آمار بارش همگن‌سازی انجام شد. سپس خشکسالی استان به کمک دو شاخص استاندارد و دهک‌ها مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و جدول ۲ ملاک‌های آماری ۱۳ ایستگاه هواشناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، بیشترین متوسط بارش ۳۰ ساله مربوط به انزلی و کمترین مربوط به منجیل است. انحراف معیار و واریانس با افزایش میزان بارش افزایش می‌یابد. بر عکس ضریب تغییرات در ایستگاه‌هایی که بارش کمتری دارند بیشتر است. این ضریب معمولاً برای تغییرات بارش به کار می‌رود و از تقسیم انحراف معیار بر میانگین بارش به‌دست می‌آید. همچنین چولگی در ایستگاه‌هایی که میانگین بارش بیشتری دارند کوچک‌تر است. این پارامتر توزیع رژیم بارش را نشان می‌دهد که هر چه کوچک‌تر باشد رژیم بارش از توزیع یکنواخت‌تری برخوردار است. از بررسی‌های منطقه که بیانگر شدت و ضعف میزان دریافت بارش در ایستگاه‌های منطقه است، مشخص می‌شود که نمی‌توان روند مشخصی را طی دوره مورد مطالعه یافت. نکته حائز اهمیت وجود تفاوت‌های منطقه‌ای است که از نظر خشکسالی منطقه قابل ملاحظه است. دلیل این امر را می‌توان در وسعت منطقه مورد مطالعه و تنوع توپوگرافی نقاط مختلف استان جستجو کرد.



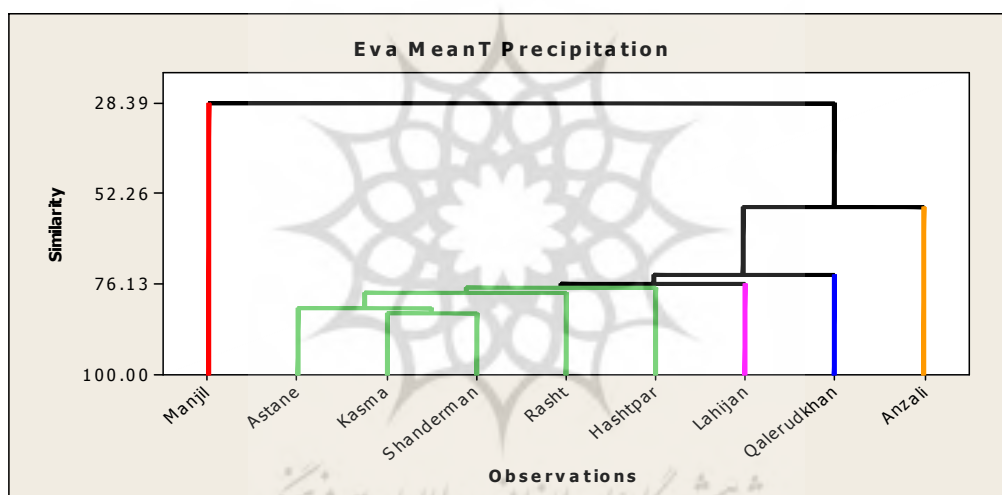
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های استان گیلان

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	میانگین بارش
انزلی	۴۹/۲۶	۳۷/۲۸	-۲۶/۸	۱۷۴۵/۴
رشت	۴۹/۳۶	۳۷/۱۹	-۸/۶	۱۳۶۵/۴۵
آستانه	۴۹/۵۵	۳۷/۱۵	-۵	۱۲۴۱/۸
لاهیجان	۵۰	۳۷/۱۲	۳۴/۲	۱۰۴۹/۱
شلمان	۵۰/۱۶	۳۷/۳	۱۵۰	۱۱۶۳
سموش	۵۰/۱۷	۳۷	۸۰	۱۳۳۰
سراوان	۴۹/۳۸	۳۷/۱	۱۸۵	۱۲۴۶
قلعه رودخان	۴۹/۱۶	۳۷/۰۶	۱۷۰	۱۶۸۳/۹
کسما	۴۹/۱۸	۳۷/۱۹	-۲	۱۰۷۰
شاندرمن	۴۹/۰۹	۳۷/۲۷	۴۲	۹۷۴
هشتپر	۴۸/۵۴	۳۷/۴۸	۹۹	۳۱۰۰
آستارا	۴۸/۵	۳۸/۲۱	-۲۱/۲	۱۳۹۶/۹

در نتایج حاصل از جدول، رودبار، منجیل، شامل آب و هوایی متفاوت با دیگر نقاط استان می‌باشد و از نظر الگوهای به‌دست آمده همچون میانگین بارش تفاوت شدید اقلیمی با دیگر نقاط دارد. لذا در بررسی اقلیم استان گیلان منجیل به شکل جداگانه بررسی می‌شود. این موضوع از روش تیسسن کاملاً مشخص می‌گردد. شاخه بندی ایستگاه‌ها بر اساس عناصر آب و هوایی (روش Cluster):

در این شاخه بندی، ایستگاه‌ها بر اساس نوع عناصر آب و هوایی طبقه‌بندی شده است. در این شاخه‌بندی‌ها از عناصر رطوب، درجه حرارت و باران و در برخی دیگر درجه حرارت و باران و یا تبخیر، درجه حرارت و باران و نیز گاه حداکثر و حداقل درجه حرارت و باران استفاده شده است. در این پژوهش با توجه به تعدد ایستگاه‌ها و نیز مطالعه آسان‌تر و به‌دست‌آوردن نتایج مناسب در یک منطقه وسیع با پارامترهای اقلیمی فراوان، از روش خوشه‌بندی استفاده شده است. به این منظور با استفاده از نرم‌افزار Minitab و همه عناصر آب و هوایی، شامل حداکثر، حداقل و متوسط دما، بارش، تبخیر و نم نسبی، ۵ ایستگاه شامل انزلی، قلعه رودخان، لاهیجان، رشت و منجیل برای ۱۳ ایستگاه به‌دست آمد. شکل ۲ شاخه‌بندی با کمک تمام عناصر آب و هوایی به روش Cluster با کمک نرم‌افزار Minitab را نشان می‌دهد.



شکل ۲- شاخه‌بندی با کمک تمام عناصر آب و هوایی به روش Cluster با کمک نرم‌افزار Minitab

جدول ۲- ملاک‌های آماری ۱۳ ایستگاه هواشناسی منطقه (۲۰۰۵ - ۱۹۷۶).

نام	متوسط	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	واریانس	چولگی	ضریب تغییرات
آستارا	۱۳۹۳	۱۰۴۰	۱۹۳۰	۲۱۷/۸	۴۷۴۳۶	۰/۸۲	۳۴/۰۳
انزلی	۱۷۴۵/۵	۱۲۳۷/۸	۲۶۶۲/۱	۲۸۱/۷	۷۹۳۸۲	۱/۰۲	۴۵/۴۸
هشتپر	۱۱۰۰/۳	۸۱۳/۹	۱۵۷۳/۸	۱۹۳/۳	۳۷۳۷۳	۰/۸	۳۳/۹۷
شاندرمن	۹۷۴/۶	۷۵۱/۵	۱۳۷۵/۷	۱۵۷/۲	۲۴۶۹۸	۱/۲	۲۵/۳۴
قلعه‌رودخان	۱۹۸۳/۹	۱۲۲۳	۲۵۳۴/۵	۲۷۲/۹	۷۴۵۱۷	۱/۳۳	۴۴/۲۵
کسما	۱۰۷۰/۸	۷۷۴/۵	۱۵۶۴	۱۸۱/۱	۳۲۷۸۵	۱/۰۵	۳۰/۶۲
سراوان	۱۲۲۰/۷	۸۲۰	۱۶۹۹/۱	۱۹۹/۵	۳۸۰۴۱	-۰/۱۳	۳۱/۱۶
رشت	۱۳۶۹/۵	۹۸۸/۴	۱۹۳۷/۲	۲۴۵/۸	۶۰۴۰۷	۰/۵۹	۴۴/۱۱
آستانه	۱۲۴۱/۸	۸۵۷/۵	۱۶۸۷/۲	۲۰۰/۵	۴۲۸۶۷	۰/۱۹	۳۴/۱۵۲
لاهیجان	۱۴۹۱/۲	۱۰۴۱/۵	۲۲۳۶	۲۷۰/۳	۷۳۰۶۳	۱/۱۳	۴۸/۹۹
شلمان	۱۱۶۳/۵	۷۲۴	۱۶۰۳	۲۰۸/۵	۴۳۴۸۷	-۰/۰۲	۳۷/۳۸
سموش	۱۳۳۰/۹	۱۰۲۷/۵	۲۰۱۰	۲۳۱/۱۴	۵۳۴۳۰	۱/۰۶	۴۰/۱۴
منجیل	۲۶۴/۱	۸۷/۲	۴۰۲/۵	۷۸/۶	۶۱۷۸	-۰/۳۸	۲۳/۴

### شاخص‌های خشکسالی

خشکسالی با دیگر پدیده‌های هواشناسی از نظر جنبه‌های هواشناسی متفاوت است. اغلب شروع و پایان خشکسالی مهم بوده، تداوم آن می‌تواند نسبتاً طولانی باشد. از آنجا که تعریف، آشکارسازی و اندازه‌گیری خشکسالی بسیار پیچیده است، محققان در پی تدوین و تهیه شاخص‌هایی به‌منظور تعیین این موارد بوده‌اند. هدف از تهیه و کاربرد هر شاخص خشکسالی شدت، تداوم و گستردگی مکانی می‌باشد. برای پایش وضعیت خشکسالی شاخص‌های متعددی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، این شاخص‌ها بر اساس تعاریف خشکسالی و با روش محاسبه‌ای که در آن از یک یا چند متغیر هواشناسی استفاده شده است، بدست می‌آید.

### شاخص دهک‌ها

از روش دهک‌ها به‌عنوان یک شاخص هواشناسی برای پایش خشکسالی گیبیس و ماهر (۱۹۶۷) در استرالیا انتخاب نمود و از آن استفاده کردند. در این روش مقادیر توزیع بارش به وقوع پیوسته از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین مقدار مرتب شده در ۱ دوره طولانی به ۱۰ بخش تقسیم می‌شود. هر یک از این بخش‌ها یک دهک نامیده می‌شود. دهک اول معرف مقدار بارشی است که از ۱۰ درصد بارش کمتر باشد.





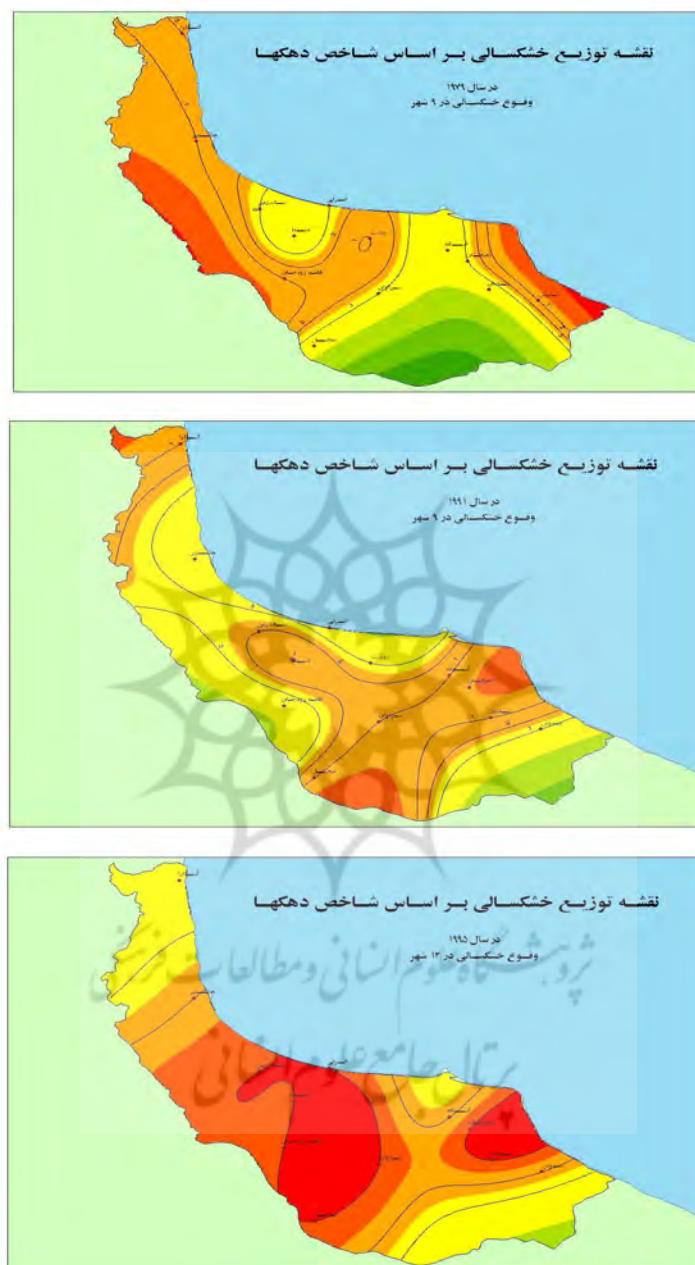
ادامه جدول ۴-

سال	ایستگاه	رشت	سموش	شلمان	سراوان	لاهیجان	منجیل	شاندرمن	کسما	قلعه رود	هشت پر	آستارا	انزلی	آستانه
۱۹۹۴											۱	۱	۳	
۱۹۹۵		۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱		۱	۲		۱	۲
۱۹۹۶					۲				۱			۳	۲	
۱۹۹۷					۲						۴			
۱۹۹۸		۳				۳	۲	۳						
۱۹۹۹		۲	۱	۲	۱		۱			۲			۳	
۲۰۰۰			۳	۳										
۲۰۰۱					۲		۳			۲				
۲۰۰۲		۳			۲				۲	۲			۱	۳
۲۰۰۳														
۲۰۰۴														
۲۰۰۵			۳	۲			۳		۲		۳	۱		

به کمک روش فوق و بر اساس نتایج به دست آمده از تحلیل دهک‌های ۱ تا ۳، سال‌های ۱۹۷۹ و ۱۹۸۱ و ۱۹۸۳ و ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵ درگیر خشکسالی بسیار شدید بوده است. جدول ۳ دهک‌های ۱ تا ۳ بارندگی سالانه استان گیلان و شکل ۱ پهنه‌بندی خشکسالی‌های شدید را طی سال‌های فوق نشان می‌دهد.



شکل ۳- دهک‌های بارش در سال‌های اوج خشکسالی.



شکل ۴- نقشه‌های توزیع خشکسالی بر اساس شاخص دهک‌ها در سال‌های ۱۹۷۹، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۴ و تحلیل دهک‌های ۱ تا ۳، سال‌های ۱۹۷۹ و ۱۹۸۱ و ۱۹۸۳ و ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵ درگیر خشکسالی بسیار شدید بوده است. شکل ۳ دهک‌های بارش در سال‌های اوج خشکسالی و شکل ۴ پهنه‌بندی خشکسالی‌های شدید را طی سال‌های فوق نشان می‌دهد. آنچه از جدول و شکل‌های فوق بر می‌آید، تعداد سال‌های خشکسالی در همه ایستگاه‌ها تقریباً برابر می‌باشد. هرچند که در هر سال قسمتی از استان را در بر می‌گیرد. به عبارتی خشکسالی به طور یکنواخت در سطح استان گسترده شده است. باید یادآور شد که در اکثر سال‌ها بخش میانی و سپس غربی استان با این بلای طبیعی درگیر بوده است. که آن را می‌توان به طرز نفوذ سیستم‌ها به منطقه نسبت داد که همواره بارش کمتری را در این نقاط ایجاد می‌کنند. در سال ۱۹۹۵ تقریباً تمام استان درگیر خشکسالی شده است. نقشه توزیع خشکسالی نیز در سال ۱۹۹۵ دقیقاً این مطلب را بیان می‌دارد.

#### شاخص توزیع استاندارد

شاخص توزیع استاندارد از شاخص‌های مهم جهانی به شمار می‌رود که احتمال وقوع خشکسالی را معین می‌نماید. در واقع این روش با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخائر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، جریان آبراهه و... ارزیابی شده است. این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد. در این رابطه  $Z$  شاخص استاندارد شده بارش متوسط یک دوره معین (سال)، متوسط دراز مدت بارش و  $SD$  انحراف معیار داده‌هاست. میانگین و انحراف معیار این عامل برابر صفر و یک است. یک حادثه خشکسالی هر زمان که شاخص استاندارد به طور مداوم منفی باشد و شدت آن به ارقام ۱- یا کمتر برسد، اتفاق می‌افتد، این حادثه زمانی که شاخص استاندارد به مقادیر مثبت بر می‌گردد تمام می‌شود. با توجه به ارزش حاصل از این شاخص شدت وقوع خشکسالی به صورت جدول زیر طبقه بندی شده است.

$$Z = \frac{P_1 - P}{SD}$$

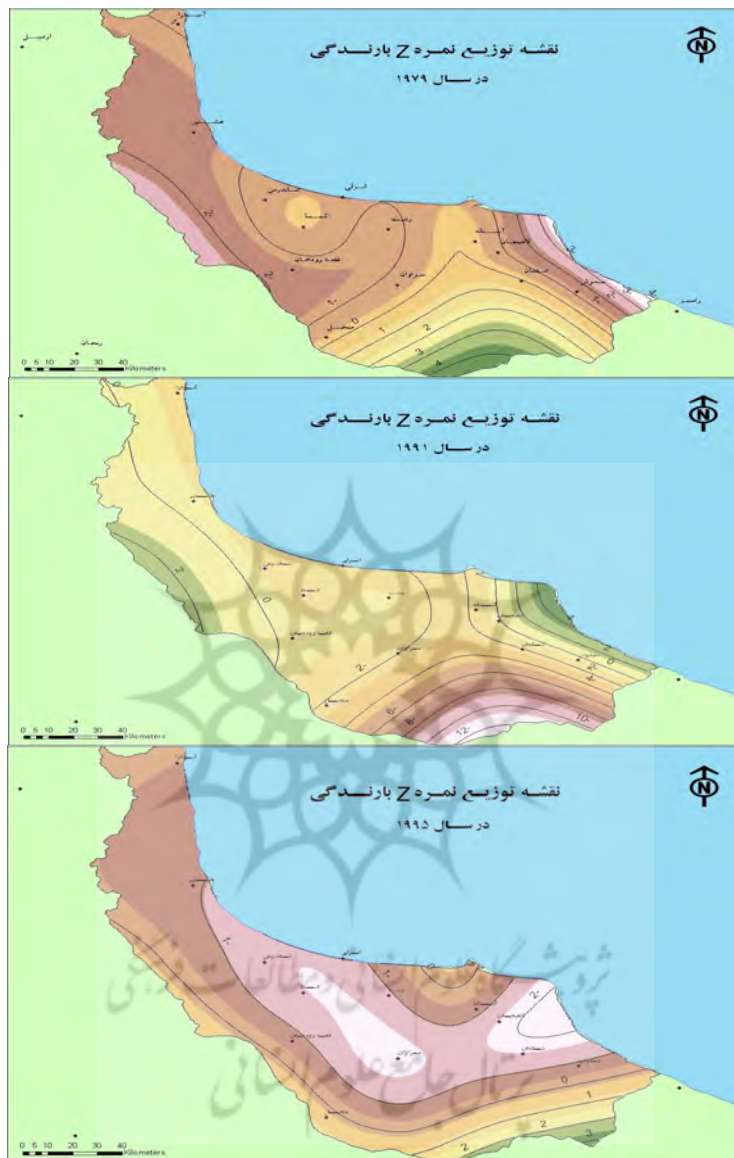
جدول ۵- طبقه‌بندی شاخص خشکسالی توزیع استاندارد

درجه خشکسالی	مقادیر $Z$
خشکسالی ضعیف	۱- تا ۰
خشکسالی متوسط	۱۰۵- تا ۱-
خشکسالی شدید	۲- تا ۱۰۵-
خشکسالی بسیار شدید	۲- <

بررسی این شاخص در استان گیلان نتایج جالبی را به دست داده است. جدول شماره ۶ مقادیر Z حاصله را در ۱۳ ایستگاه و شکل ۲ نقشه توزیع نمره Z بارندگی را در سال‌های ۱۹۷۹، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵ و در طی ۳۰ سال نشان می‌دهد. با توجه به جدول و شکل زیر هر چند که استان گیلان جزو مناطق پر بارش به حساب می‌آید، خشکسالی در آن دور از انتظار نیست.

جدول ۶- مقادیر Z در ۱۳ ایستگاه و طی دوره آماری ۳۰ ساله

سال	درصد سطح خشکسالی	$Z > 0$		$-1 < Z < 0$		$-1.05 < Z < -1$		$-2 < Z < -1.05$		$-2Z < 0$		$Z > 0$	
		%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km
۱۹۷۶	۶۶	۴۶۱۸	۳۳	۱۳۳۵	۱۰	۱۰۹۳	۸	۲۰۴۸	۱۵	۴۷۲۴	۳۴	۴۷۲۴	
۱۹۷۷	۳۴	۱۴۳۶	۱۰	۱۴۳۴	۱۰	۱۲۹۲	۹	۴۸۳	۴	۹۱۴۲	۶۶	۹۱۴۲	
۱۹۷۸	۷۸	۶۹۷۲	۵۰	۱۴۹۰	۱۱	۱۶۴۶	۱۲	۶۴۶	۵	۳۰۷۳	۲۲	۳۰۷۳	
۱۹۷۹	۷۴	۳۵۰۳	۲۵	۳۱۰۹	۲۲	۲۲۳۶	۱۶	۱۴۳۸	۱۰	۳۵۳۳	۲۶	۳۵۳۳	
۱۹۸۰	۲۶	۲۳۳۹	۱۷	۳۳۴	۲	۲۰۳	۱	۶۵۹	۵	۱۰۲۸۱	۷۴	۱۰۲۸۱	
۱۹۸۱	۷۵	۶۵۳۹	۴۷	۲۴۲۳	۱۸	۱۳۳۵	۱۰	۰	۰	۳۵۲۰	۲۵	۳۵۲۰	
۱۹۸۲	۱۱	۱۰۷۵	۸	۲۱۳	۲	۱۳۷	۱	۱۲۶	۱	۱۲۲۶۴	۸۹	۱۲۲۶۴	
۱۹۸۳	۷۷	۶۶۹۸	۴۸	۲۵۵۵	۱۸	۱۱۴۳	۸	۲۱۱	۲	۳۲۱۴	۲۳	۳۲۱۴	
۱۹۸۴	۵۷	۷۳۹۶	۵۴	۴۱۱	۳	۵۴	۰	۰	۰	۵۹۶۱	۴۳	۵۹۶۱	
۱۹۸۵	۴۷	۲۶۸۸	۱۹	۱۱۱۶	۸	۹۰۰	۷	۱۷۹۸	۱۳	۷۲۹۸	۵۳	۷۲۹۸	
۱۹۸۶	۵۴	۵۳۷۲	۳۹	۱۰۰۷	۷	۶۹۱	۵	۴۴۸	۳	۶۲۹۸	۴۶	۶۲۹۸	
۱۹۸۷	۳۹	۴۳۱۱	۳۱	۵۰۶	۴	۱۵۷	۱	۴۴۳	۳	۸۴۰۲	۶۱	۸۴۰۲	
۱۹۸۸	۶۹	۹۵۶۱	۶۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۴۹	۳۱	۴۲۴۹	
۱۹۸۹	۷۳	۴۴۱۰	۳۲	۲۵۱۵	۱۸	۹۱۶	۷	۲۲۸۴	۱۷	۳۶۹۱	۲۷	۳۶۹۱	
۱۹۹۰	۴۲	۳۵۲۳	۲۵	۵۴۰	۴	۴۶۲	۳	۱۳۴۲	۱۰	۷۹۵۱	۵۸	۷۹۵۱	
۱۹۹۱	۹۰	۳۴۳۶	۳۲	۱۴۳۵	۱۳	۱۲۹۲	۱۲	۳۴۸۳	۳۳	۱۰۴۳	۱۰	۱۰۴۳	
۱۹۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۳۸۱۸	۱۰۰	۱۳۸۱۸	
۱۹۹۳	۲۰	۷۷۳	۶	۲۳۴	۲	۲۲۱	۲	۱۵۲۲	۱۱	۱۱۰۶۳	۸۰	۱۱۰۶۳	
۱۹۹۴	۵۶	۵۸۳۵	۴۲	۱۲۶۹	۹	۶۲۶	۵	۰	۰	۶۰۹۰	۴۴	۶۰۹۰	
۱۹۹۵	۸۷	۴۰۱۲	۲۹	۴۰۲۳	۲۹	۳۲۶۷	۲۴	۶۶۴	۵	۱۷۳۸	۱۳	۱۷۳۸	
۱۹۹۶	۶۹	۳۴۳۶	۲۵	۱۱۴۴	۸	۱۲۹۲	۱۰	۳۴۸۴	۲۶	۴۱۷۱	۳۱	۴۱۷۱	
۱۹۹۷	۵۲	۴۷۱۵	۳۴	۱۱۲۹	۸	۶۸۴	۵	۶۳۱	۵	۶۶۵۶	۴۸	۶۶۵۶	
۱۹۹۸	۴۱	۳۰۶۱	۲۲	۷۴۹	۵	۹۸۸	۷	۹۷۹	۷	۸۴۳۷	۵۹	۸۴۳۷	
۱۹۹۹	۸۲	۵۸۴۴	۴۲	۱۷۴۸	۱۳	۱۶۴۰	۱۲	۲۰۹۵	۱۵	۲۴۹۴	۱۸	۲۴۹۴	
۲۰۰۰	۵۰	۵۷۲۱	۴۱	۷۳۴	۵	۴۶۳	۳	۰	۰	۶۸۹۳	۵۰	۶۸۹۳	
۲۰۰۱	۷۳	۸۴۰۰	۵۹	۱۴۷۴	۱۰	۴۰۷	۳	۰	۰	۳۸۹۶	۲۷	۳۸۹۶	
۲۰۰۲	۶۴	۸۳۵۹	۶۰	۴۲۶	۳	۰	۰	۰	۰	۵۰۳۲	۳۶	۵۰۳۲	
۲۰۰۳	۴۹	۶۰۰۲	۴۴	۲۸۹	۲	۱۵۲	۱	۱۹۱	۱	۶۸۶۴	۵۱	۶۸۶۴	
۲۰۰۴	۹	۱۲۳۰	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۵۸۴	۹۱	۱۲۵۸۴	
۲۰۰۵	۶۱	۳۹۸۴	۳۰	۱۰۷۴	۸	۱۰۰۳	۸	۱۹۷۱	۱۵	۵۱۵۶	۳۹	۵۱۵۶	



شکل ۵- نقشه توزیع نمره Z بارندگی در سال‌های ۱۹۷۹، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵.

نتایج حاصل از شاخص استاندارد نشان می‌دهد در طی سی سال مورد بررسی بیست و نه سال یا به عبارتی ۹۷٪ از کل دوره، منطقه با خشکسالی مواجه بوده است. با بررسی جدول ۶ دوره آماری را به لحاظ وقوع پدیده‌ی خشکسالی به ۲ گروه می‌توان تقسیم نمود.

۱- خشکسالی نقطه‌ای (حوزه ناحیه‌ای)

۲- فقدان خشکسالی.

گروه ۱ را که شامل ۲۹ سال از ۳۰ سال مورد بررسی می‌باشد، می‌توان به ۳ دسته تقسیم نمود:

الف- سال‌هایی که بیش از ۷۰ درصد از سطح استان درگیر خشکسالی بوده‌اند.

ب- سال‌هایی که کمتر از ۲۰ درصد از سطح استان درگیر خشکسالی بوده‌اند.

ج- سال‌هایی که بین ۲۰ تا ۷۰ درصد درگیر خشکسالی بوده‌اند.

در گروه الف، ۹ سال یا به عبارتی ۳۰ درصد از کل دوره در گروه ب، ۲ سال یا ۷ درصد از کل دوره در گروه ج، ۱۸ سال یا ۶۰ درصد از کل دوره قرار گرفته‌اند. تنها در سال ۱۹۹۲ درست بعد از سال ۱۹۹۱ که شدیدترین خشکسالی در منطقه تجربه شد، با ترسالی مواجه بوده‌ایم. اکثر سطوح درگیر خشکسالی در محدوده‌ی خشکسالی ضعیف، بین  $-1 < Z > 0$  قرار داشتند و بخش میانی استان خشکسالی بیشتری را نسبت به دیگر نقاط تجربه نموده است. طی دوره آماری مورد بررسی ۱۹ سال درصد بالای ۵۰ درصد از سطح استان درگیر خشکسالی بوده است. این میزان ۶۳ درصد از کل دوره را شامل می‌شود. سال ۱۹۹۲ تنها سالی است که خشکسالی مشاهده نشده است. سال ۱۹۹۱ نیز میزان درگیری با این بلای طبیعی در حداکثر میزان خود بوده است. نقشه‌های پهنه بندی که مربوط به سال‌های ۹۱، ۹۵ و ۷۹ (شکل ۵) می‌باشد، سال‌هایی را نشان می‌دهد که مساحت بالای ۷۰٪ با خشکسالی درگیر بوده‌اند. بر اساس شدت خشکسالی رنگ‌ها تیره‌تر شده و شدت خشکسالی را نشان می‌دهد.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۱ بیشترین بارش متوسط سالانه مربوط به انزلی با ۱۷۴۵ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به منجیل با ۲۶۴ میلی‌متر می‌باشد. انحراف معیار، واریانس و ضریب تغییرات با افزایش میزان بارش افزایش می‌یابد. همچنین چولگی در ایستگاه‌هایی که میانگین بارش بیشتری دارند، کوچک‌تر است. این پارامتر توزیع رژیم بارش را نشان می‌دهد که هر چه کوچک‌تر باشد رژیم بارش از توزیع یکنواخت‌تری برخوردار است. دو روش مورد بررسی شدیدترین خشکسالی را در سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۵ و ۱۹۷۹ نشان دادند. شکل ۴ و ۵ مطلب فوق را تایید می‌کند. بررسی نقشه‌های خشکسالی نیز نتایج جالبی را به دست می‌دهد. شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد که بخش میانی استان شامل رشت، سراوان، کسما، انزلی و شاندرمن بیشترین خشکسالی و غرب استان شامل هشتپر و آستارا و در مرحله بعد سموش، شلمان و لاهیجان کم‌ترین خشکسالی را تجربه کرده‌اند. به عبارتی این چنین بر می‌آید که در این سه سال بخش میانی استان بیشترین شدت خشکسالی را داشته است. سپس غرب و بعد آن

شرق گیلان به لحاظ شدت خشکسالی قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد که کاهش حجم آب ورودی سد سفیدرود که تامین آب آشامیدنی ۸۰ درصد از استان گیلان و آب ۱۸۰ هزار هکتار از زمین‌های زراعی را به عهده دارد، به دلیل افزایش رسوبات و ساخت ۱۰ سد جدید بر روی سرشاخه‌های سفیدرود عامل اصلی بحران منابع آب در بخش میانی است. لیکن نتایج حاصل از شاخص استاندارد نشان می‌دهد که وقوع خشکسالی در آن نادر و تصادفی نبوده بلکه امری معمول و بازگشت‌پذیر است. در طی ۳۰ سال مورد بررسی با استفاده از نمره Z، ۲۹ سال یا به عبارتی ۹۷٪ از کل دوره، منطقه با خشکسالی ضعیف تا شدید مواجه بوده است. با توجه به اهمیت کشاورزی در استان که در اشتغال‌زایی و درآمدزایی مردم منطقه تاثیرگذار است، بررسی میزان بارش و تعیین خشکسالی‌ها از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. به تبع آن نتایج حاصله می‌تواند برای تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بررسی نقاطی که با خشکسالی بیشتر و شدیدتر مواجه‌اند و تمرکز بیشتر در آن نقاط، مدیریت مناسب مهندسی منابع آب، کم آبیاری، استفاده از هرز آب‌ها و اصلاح آبیاری کشاورزی و شهری، توسعه فضای سبز (جنگل) و تقویت خاک به جهت مواد معدنی و آلی (هوموس) برای حفظ و نگهداری آب موجود در خاک، همه و همه می‌تواند خسارات ناشی از خشکسالی را کاهش دهد.

#### منابع

- Gibbs, W.J., and Maher, J.V. 1967. *Rainfall Deciles as Drought Indicators*. Bureau of Meteorology Bulletin. No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Karamouz, M., Torabi, S., and Araghinejad, Sh. 2004. *Analysis of Hydrologic and Agricultural Droughts in Central Part of Iran*. 9: 402-414.
- Karamouz, M., and Araghinejad, Sh. 2005. *Advanced Hydrology*. Amir Kabir University of Technology. ISBN: 964-463-274-5: 54-60.
- Khan, S., Rana, T., and Gabriel. H., 2008. *Standard Precipitation Index to Track Drought and Assess Impact of Rainfall on Water Tables in Irrigation Areas*. Jour. of Irrigation and Drainage Systems, 22: 159-177.
- Moreira, E., Coelho, C., Paulo, A., Pereira, L. and Mexia, J. 2008. *SPI-Based Drought Category Prediction Using log linear Models*. Jour. of Hydrology. 345: 116-130.
- Morid, S., Smakhtin, V., and Moghaddasi, M. 2006. *Comparison of Seven Meteorological Indices for Drought Monitoring in Iran*. 26: 971-985.
- Raziei, T., Saghafian, B., Paulo, A., Pereira, L., and Bordi, I. 2007. *Spatial Patterns and Temporal Variability of Drought in Western Iran*. 23: 439 - 455.
- Smakhtin, V.U., and Hughes, D.A. 2007. *Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data*, Jour. of Environmental Modelling & Software, 22: 880-890.

- Tsakiris, G., and tigkas, D. 2007. Drought Risk in Agriculture in Mediterranean Regions. book of Methods and Tools for Drought Analysis and Management.Pp 399-414.
- Wu, H., Hayes, M., Weiss, A., and Hu, Q. 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China-Z Index and the statistical Z-Score. 21:758-6745.
- Zarafshani, K., Gorgievski. M., and Zamani, Gh. 2007. A Comparison of Perceptions and Coping Strategies of Iranian Farmers from Regions with Different Drought Intensities.13: 69-80.

