

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱

صص ۲۰-۱

## تعیین مناطق هم‌خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه‌ای - فاصله‌ای

محمود خسروی<sup>۱</sup> - دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران  
اکبر زهرایی - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
حسین حیدری - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران  
سارا بنی نعیمه - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۰/۱۳

### چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های خزنده محیطی است که ویژگی موقت همه نواحی اقلیمی دنیاست. این پدیده، از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگی‌های آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. پژوهش حاضر به تحلیل شرایط بارشی استان گیلان، بررسی ویژگی‌های خشکسالی استان، پهنه بندی خشکسالی‌های فراگیر و در نهایت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای-فاصله‌ای پرداخته است. برای انجام پژوهش از روش‌های مختلف آماری از جمله شاخص ناهنجاری بارش (RIA)، روش‌های آماری ناپارامتریک و روش تحلیل خوشه‌ای-فاصله‌ای استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد که با آزمودن روش‌های مختلف برای تعیین تعداد خوشه‌ها، بهترین روش، روش وارد<sup>۲</sup> و برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روش‌های رایج، روش فاصله اقلیدسی مناسب‌ترین روش است. در نهایت تعداد ۴ خوشه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم‌خشکسالی در استان گیلان شناسایی گردید: خوشه اول، که بیشتر به صورت لکه‌هایی است در مناطق مرکزی و تا حدودی در بخش شمالی؛ خوشه دوم - گسترده‌ترین خوشه هم‌خشکسالی در استان گیلان - در قسمت‌های غربی، مرکزی و شمالی استان؛ خوشه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشه چهارم به صورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل‌ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی به ترتیب خوشه‌های دوم، اول، چهارم و سوم در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند.

**کلیدواژه‌ها:** خشکسالی، شاخص ناهنجاری بارش، تحلیل خوشه‌ای، استان گیلان.

#### مقدمه

خشکسالی یکی از مخاطرات خزننده محیطی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان نمود بیشتری دارد (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۶). وجود نوسانات شدید در ریزش‌های جوی یکی از مشکلات عمده بارش کشور است و با توجه به همین نوسانات شدید، خشکسالی‌ها از جمله بلایای طبیعی هستند که در شرایط نوسان منفی و به عبارت دیگر، کاهش بارش‌های جوی نسبت به میانگین دراز مدت، رخ می‌دهند. یکی از عمده‌ترین عواملی که در تعریف خشکسالی استفاده می‌گردد، بارش است (فرج زاده، ۱۳۸۴: ۱). رخداد خشکسالی می‌تواند در منطقه‌ای با وسعت چندصد کیلومتری اتفاق بیفتد، ولی امکان دارد شدت و دوره تداوم آن در سراسر منطقه یکسان نباشد؛ به‌عنوان مثال خشکسالی قاره‌ای که خصوصاً در مناطق خشک اتفاق می‌افتد در ناحیه وسیعی که صدها بلکه هزاران کیلومتر مربع را می‌پوشاند، گسترش پیدا می‌کند (فشارکی، ۱۳۸۴). این پدیده از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگی‌های آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و ... از محلی به محل دیگر متفاوت است. خشکی ویژگی ذاتی اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک جهان است؛ در حالی که خشکسالی ممکن است حتی مناطق مرطوب را نیز تحت تأثیر قرار دهد (علیجانی، ۱۳۷۹). در حالت کلی خشکسالی‌ها به چهار دسته: هواشناسی، هیدرولوژی، کشاورزی و اجتماعی-اقتصادی تقسیم می‌شوند. نمود اصلی پیدایش پدیده خشکسالی هواشناسی کاهش بارندگی به پایین‌تر از حد نرمال (میانگین دراز مدت) می‌باشد. هرگاه خشکسالی هواشناسی مدت زیادی تداوم یابد منجر به وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود (اکبری: ۱۳۸۴، ۱). در سال‌های اخیر به دلیل وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی، برای تعیین ویژگی‌های خشکسالی هواشناسی از نمایه‌های متعددی استفاده شده است. بدون شک خشکسالی از جمله باسابقه‌ترین بلایای طبیعی است که بشر از دیر باز با آن مواجه بوده و از همان ابتدا در تلاش برای شناخت رفتار این پدیده بوده است. ارائه مدل‌های طبقه بندی آب و هوایی در اوایل قرن بیستم همچون تورنت وایت<sup>۱</sup> (۱۹۴۸)، کوپن<sup>۲</sup> (۱۹۳۱) و کنراد<sup>۳</sup> (۱۹۵۰) را می‌توان نقطه عطفی در بررسی این پدیده ذکر کرد (اکبری: ۱۳۸۴، ۶). در سطح جهان "مک کی<sup>۴</sup> و همکاران" (۱۹۹۳) از اولین کسانی هستند که نمایه SPI را برای ایالت کلرادوی آمریکا به کار بردند. "دایگنی<sup>۵</sup> و

1 Waite

2 Kopen

3 Kenrad

4 Makkey

5 Dupigny

همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) به بررسی اثرات خشکسالی سال ۹۹-۱۹۹۸ ایالت ورمونت آمریکا با مقایسه دو نمایه SPI و PDSI در مقیاس ماهانه پرداختند و نتیجه گرفتند که نمایه SPI نتایج بهتری را نشان می‌دهد. بازوهر<sup>۱</sup> و الگوهانی<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) با بهره‌گیری از داده‌های ۱۶ ایستگاه هواشناسی و روش گرافیکی به تعیین دوره‌های مرطوب و خشک عربستان پرداختند. استرلا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۰) خشکسالی‌های رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار دادند. هانگ<sup>۴</sup> و همکارانش (۲۰۰۱) با ارزیابی سه شاخص بارش استاندارد شده (SPI)، نمرات استاندارد شده بارش سالیانه (ZSIAP) و روش (CZI)، مزایا و معایب هر روش را بیان کردند. پاشیار و میشل<sup>۵</sup> (۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردی کیپروس از شاخص SPI و شاخص RDI استفاده کردند. در ایران مقدسی و همکاران (۱۳۸۳) خشکسالی‌های استان تهران را با استفاده از سه شاخص SPI، DI و EDI پایش نموده و نتیجه گرفتند که روش EDI کاراترین شاخص برای پایش خشکسالی در این استان است. حسنی‌ها (۱۳۷۹) وضعیت خشکسالی و روند آن را در استان زنجان بر اساس چهار روش آماری محاسبه کرده و نتیجه گرفتند که هر چهار روش با یکدیگر هم‌خوانی داشته و روند خشکسالی در استان زنجان یک روند افزایشی است. پور همت و همکاران (۱۳۷۹) روند خشکسالی و ترسالی‌های حوضه کارون را با استفاده از میانگین متحرک انجام دادند. بداق‌جمالی و جوانمرد (۱۳۸۱) پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان خراسان را با استفاده از دو روش معکوس فاصله مجذور و کریجینگ انجام دادند. خسروی و اکبری (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی ویژگی‌های خراسان جنوبی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) پرداختند. رضیئی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی خشکسالی‌های استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف پرداختند. سلطانی و سعادتی (۱۳۸۶) پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان را با استفاده از نمایه SPI انجام دادند. فرج زاده (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های بارندگی ۱۵۳ ایستگاه کشور در طی دوره آماری ۱۹۹۸-۱۹۶۶ به تحلیل آماری ویژگی‌های بارش کشور و بررسی خشکسالی ایستگاه‌ها پرداخت. علیجانی و بنی‌واهب (۱۳۸۴) ترسالی و خشکسالی و تغییرات اقلیم منطقه بیرجند را با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار دادند. زاهدی و قویدل (۱۳۸۶) آستانه خشکسالی و میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه را طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۶۰ با

1 Bazuhair

2 Alghohani

3 Estrela

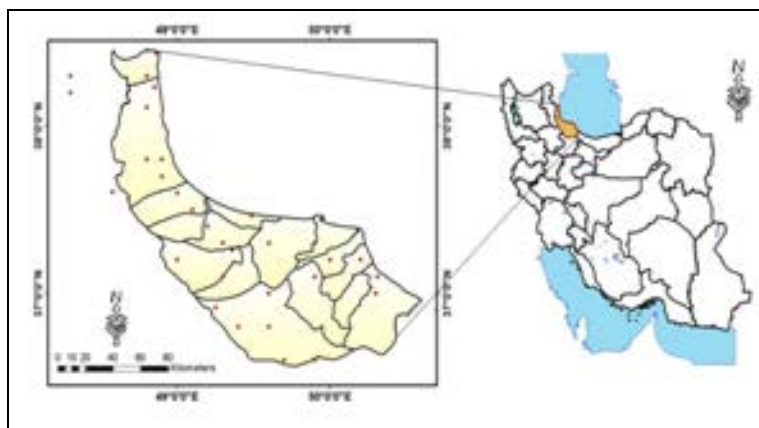
4 Hong

5 Pashiaradis, & Michaelides

استفاده از شاخص‌های بارش قابل اعتماد، نمرات استاندارد و شاخص درصد بارش مطالعه کردند. جهانبخش و همکاران (۱۳۸۷) خشکسالی زمانی و مکانی و دوره‌های خشک و مرطوب حوضه دریاچه نمک قم را با استفاده از داده‌های بارش طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. هدف پژوهش حاضر تعیین مناطق هم‌خشکسال استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه‌ای-فاصله‌ای است.

### منطقه مورد مطالعه

استان گیلان با متوسط بارش ۱۱۰۰ میلی‌متر دارای اقلیمی مرطوب و معتدل است. توزیع زمانی بارش‌ها در سال آبی عموماً از اواسط شهریور تا اواخر فروردین‌ماه می‌باشد که نزدیک به ۸۰ درصد مجموع بارش‌های سالانه را تشکیل می‌دهد (تاجداری، ۱۳۹۰: ۲). جهت پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های استان گیلان طی ۳۰ سال اخیر و همچنین تعیین مناطق با ذات هم‌خشکسال مشابه در گستره استان از ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی در سطح استان استفاده گردید. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و پراکنش مکانی آنها در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱ موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان و کشور

### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر از روش‌های آماری مختلف از قبیل شاخص‌های محاسبه خشکسالی، شیوه‌های تحلیل روند، تحلیل خوشه‌ای و ... استفاده گردیده تا هدف تحقیق که تعیین مناطق هم‌خشکسالی استان گیلان است، تبیین گردد. در ادامه به تشریح هرکدام از روش‌های به کارگرفته شده در روند تحقیق می‌پردازیم:

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان گیلان

ایستگاه	ارتفاع به متر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین بارش سالانه به میلی‌متر
اردبیل	۱۳۶۵	۴۸/۳	۳۸/۲	۳۰۴
بندر انزلی	-۲۳/۶	۴۹/۵	۳۷/۵	۱۷۶۴
آب ویر	۲۵۰	۴۹	۳۷/۶	۱۳۶۳
آستارا	-۲۵	۴۸/۹	۳۸/۴	۱۱۹۴
آستانه	-۵	۴۹/۹	۳۷/۷	۱۲۷۱
باش محله	۷۰	۴۸/۸	۳۸/۳	۱۴۲۱
پارود بار	۴۹۵	۴۹/۷	۳۶/۶	۳۲۲
پررود	۲۹۳	۵۰/۲	۳۶/۲	۳۳۷
توتکابن	۲۶۰	۴۹/۶	۳۶/۸	۵۲۱
توتکی	۲۰۵	۴۹/۹	۳۷/۱	۱۵۲۹
خرجگیل	۱۴۵	۴۸/۹	۳۷/۷	۱۲۴۷
خلخال	۱۸۰۶	۴۸/۵	۳۷/۶	۳۶۹
رامسر	-۲۰	۵۰/۷	۳۶/۹	۱۱۷۶
رشت	۰	۴۹/۶	۳۷/۳	۱۲۹۹
رضوان شهر	۷۰	۴۹/۱	۳۷/۵	۱۲۶۸
شلمان	-۱۶	۵۰/۲	۳۷/۲	۱۱۷۴
شهریجارجار	۱۴۰	۴۹/۶	۳۷	۱۲۳۴
قلعه رودخان	۱۷۰	۴۹/۳	۳۷/۱	۱۶۶۸
کسما	-۲	۴۹/۳	۳۷/۳	۱۰۸۰
کلچال	۱۵۰	۵۰/۳۱	۳۷/۱	۱۲۰۹
گورد	۲۴۹	۴۹/۹	۳۶/۶	۲۷۴
گیلوان	۳۱۱	۴۹/۱	۳۶/۸	۱۹۱
لاهیجان	۳۴/۲	۵۰	۳۷/۲	۱۳۹۴
ماسال	۶۰	۴۹/۲	۳۷/۴	۱۰۰۴
ماسوله	۹۸۰	۴۹	۳۷/۲	۹۱۶
ماشین خانه	۳۰۰	۴۸/۸	۳۷/۸	۱۰۵۶
منجیل	۲۳۲	۴۹/۴	۳۶/۸	۲۱۳
نمین	۱۴۴۵	۴۸/۳	۳۸/۳	۳۲۶
هرات بر	۱۱۰	۵۰/۳	۳۷	۱۳۴۳
هشت پر	۹۹	۴۸/۹	۳۷/۸	۱۱۳۹
لیمیر	۰	۴۸/۸۵	۳۸/۲۳	۱۴۳۷
شیرآباد	-۱۱	۴۸/۸	۳۸/۱۱	۱۱۵۱

## شاخص ناهنجاری بارش (RIA)

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس شاخص ناهنجاری بارندگی، محاسبه انحراف معیار مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد. مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر است:

- محاسبه میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر ( $\bar{P}$ )؛

- استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ( $\bar{m}$ )؛

- استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی ( $\bar{x}$ )؛

- مقایسه داده‌های بارندگی (P) با میانگین دراز مدت بارندگی.

چنانچه  $P \geq \bar{P}$  یا دارای ناهنجاری مثبت باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
رابطه ۱:

$$RAI = 3 \left| \frac{P - \bar{P}}{\bar{m} - \bar{x}} \right|$$

چنانچه  $P \leq \bar{P}$  یا دارای ناهنجاری منفی باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:  
رابطه ۲:

$$RAI = -3 \left| \frac{P - \bar{P}}{\bar{m} - \bar{x}} \right|$$

در نهایت، مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول ۳ طبقه بندی می‌شوند.

آستانه نسبت داده شده به RAI	شدت خشکسالی
+۰/۳ تا -۰/۳	نزدیک نرمال
-۰/۳ تا -۱/۲	خشکسالی ضعیف
-۱/۲ تا -۲/۱	خشکسالی متوسط
-۲/۱ تا -۳	خشکسالی شدید
$\leq -۳$	خشکسالی بسیار شدید

## تحلیل روند

آزمون‌های روند به دو دسته پارامتری و ناپارامتری طبقه بندی می‌شوند. پیش فرض آزمون‌های پارامتری آن است که داده‌ها تصادفی و برآمدهای یک توزیع نرمال باشند. در عین حال، فرض نرمال بودن داده‌ها در آزمون‌های ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین در صورتی که به نرمال بودن داده‌ها اطمینان نداریم به کارگیری آزمون‌های ناپارامتری محتاطانه‌تر به نظر می‌رسد. با این حال برخی محققان نشان داده‌اند که تفاوت نتایج دو

روش در مورد بسیاری از عناصر اقلیمی معنادار نیست (وینیکف<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). در اینجا برای انجام آزمون روند دما فرض می‌کنیم دما تابعی خطی از زمان است. بنابراین مدل تغییرات به صورت زیر خواهد بود:

رابطه ۳:

$$\text{Temperature} = \alpha + Q \text{ Time}$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای  $Q$  نشانگر افزایش دما با زمان و یک مقدار منفی برای  $Q$  نشانگر کاهش دما با زمان است. برای  $Q = 0$  فرض وجود روند تأیید نمی‌شود. اما از آنجا که مقدار  $Q$  نامعلوم است یک برآورد از  $Q$  با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه زیر بدست می‌آید (باتاچاریا<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۷۷).

رابطه ۴:

$$Q = \frac{Xi' - Xi}{i' - i}$$

اگر حد بالا و پایین  $Q$  که به این ترتیب بدست می‌آید هر دو مثبت باشند فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی‌شود. اگر حد بالا و پایین  $Q$  هر دو منفی باشند فرض وجود روند کاهشی در دما ثابت می‌شود و اگر حد بالا و پایین مختلف علامه باشند فرض وجود روند تأیید نمی‌گردد (مسعودیان، ۱۳۸۳).

#### تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای راهی است برای تقسیم یک مجموعه داده به زیر مجموعه‌های (خوشه‌ها یا دسته‌ها) همگن و مفیدی که دارای ویژگی‌های مشابه باشند. داده‌هایی که همانند باشند در یک خوشه و داده‌های ناهمانند در خوشه‌های جداگانه قرار می‌گیرند (غیور و منتظری، ۱۳۸۳: ۲۸). در روش فاصله‌ای، گروه بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آنها انجام می‌شود، یعنی مشاهدات یا اجزایی که از همدیگر فاصله کمتری دارند، جزء یک گروه قرار می‌گیرند، نام عمومی روش‌های گروه‌بندی بر اساس فاصله بین اجزاء خوشه‌بندی است. هدف اصلی روش خوشه‌بندی ایجاد گروه‌ها و طبقاتی است که تنوع و تفرق درون گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد. در روش فاصله‌ای تغییرات عناصر اقلیمی هر ایستگاه طی دوره مورد مطالعه یک محور محسوب می‌شود و فاصله روزهای مورد مطالعه از یکدیگر بر اساس این محورها تعیین می‌شود، آنگاه روزهایی که با هم نزدیک‌ترند در یک گروه قرار می‌گیرند، اگر یک معیار مبنای گروه بندی باشد، بهترین راه محاسبه نمره استاندارد هر کدام از اعضاست، پس بر اساس واحدهای نمره استاندارد، اعضاء به گروه‌های متجانس تقسیم می‌شوند، می‌توان فاصله معیار هر گروه را مضربی از نمره استاندارد تعیین کرد. روش فاصله‌ای

1 vinikov

2 Batacharia

معمولاً برای گروه بندی‌های دو یا چند معیاری بکار می‌رود و معمولاً هر متغیر اقلیمی مانند دما و بارش می‌تواند یک معیار باشد. هدف اصلی خوشه‌بندی کاهش تنوع و یا واریانس درون گروهی و افزایش واریانس بین گروهی است (علیچانی، ۱۳۸۲: ۱۹۰). تحلیل خوشه‌ای می‌تواند به طریق سلسله‌مراتبی (Hierarchical) یا غیر سلسله‌مراتبی (Non Hierarchical) انجام پذیرد. در روش سلسله‌مراتبی طی فرایند خوشه‌بندی نخست خوشه‌ها شناسایی و سپس بر حسب درجه همانندی در یکدیگر ادغام می‌شوند تا سرانجام همه خوشه‌ها در یک خوشه جمع شوند. روش چندمیانگین (K-mean) متداول‌ترین روش خوشه‌بندی ناپایگانی است. در این روش نخست افراد به  $k$  گروه دلخواه تقسیم شده و سپس هر فرد در گروهی خوشه می‌شود که کمترین فاصله را تا میانگین آن گروه دارد (مسعودیان، ۱۳۸۲). در آغاز فرآیند خوشه‌بندی، به تعداد مشاهدات خوشه وجود دارد و در آخرین مرحله همه مشاهدات در یک خوشه جمع می‌شوند (علیچانی، ۱۳۸۱: ۱۷۵). دو نقطه را در صورتی متعلق به یک ناحیه اقلیمی می‌دانیم که آب و هوای آنها به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک باشد. بنابراین ابتدا با اندازه‌گیری فاصله اقلیدی عناصر اقلیمی همه نقاط مکانی ماتریس  $P$ ، درجه ناهمانندی مکان‌ها با یکدیگر سنجیده می‌شود (رابطه ۳).

رابطه ۵:

$$d_{rs}^2 = (P_r - P_s)(P_r - P_s)'$$

در رابطه فوق  $d_{rs}^2$  فاصله اقلیدی نقطه  $r$  ام به مختصات  $(\varphi_r, \lambda_r)$  و نقطه  $s$  ام به مختصات  $(\varphi_s, \lambda_s)$  یا فاصله اقلیدی گروه  $r$  ام و گروه  $s$  ام می‌باشد؛

$P_r$  متغیر اقلیمی نقطه یا گروه  $r$  ام؛

$P_s$  متغیر اقلیمی نقطه یا گروه  $s$  ام؛

در روش وارد گروه‌های  $r$  و  $s$  در صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه‌ها کمینه باشد (رابطه ۵).

رابطه ۶:

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r + n_s)}$$

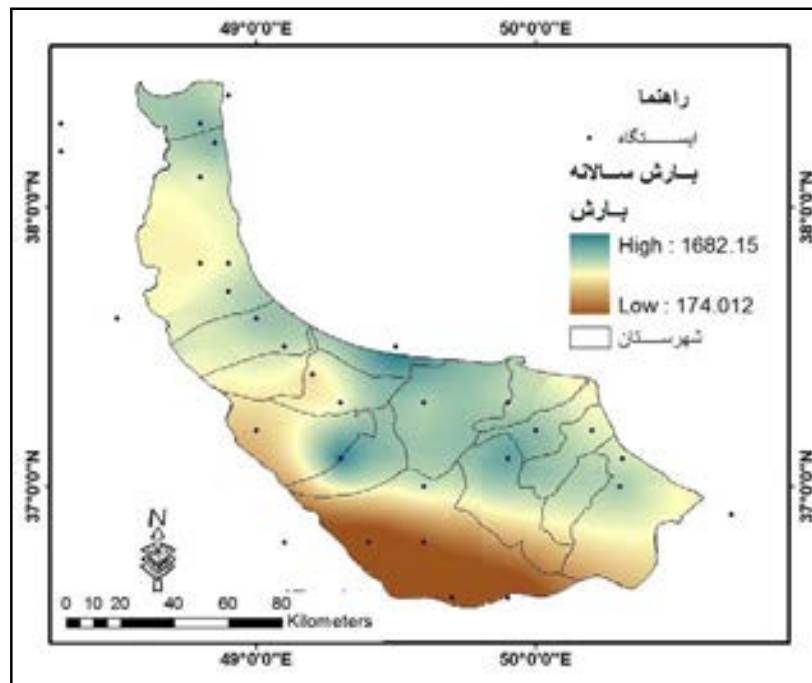
در رابطه فوق  $d_{rs}^2$  فاصله بین گروه  $r$  و گروه  $s$  است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد.  $n_r$

تعداد اعضای گروه  $r$  و  $n_s$  تعداد اعضای گروه  $s$  است (مسعودیان، ۱۳۸۸، صص ۸۳ و ۸۴).



## بحث و نتایج

پس از کنترل کیفی مقادیر سری بارش و تصحیح داده‌ها توسط رگرسیون خطی اقدام به پهنه‌بندی مقادیر بارش سالانه برای ایستگاه‌ها بر اساس روش مجذور فاصله معکوس (IDW) گردید نتایج پهنه‌بندی بارش در شکل ۲ آمده است. با توجه به نقشه توزیع بارش سالانه در استان این‌گونه استنباط می‌گردد که بیشینه بارش‌ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه رودخان، آستارا و باش محله مشاهده می‌گردد. کمینه بارش‌ها نیز در قسمت‌های جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گوورد بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر مشاهده می‌گردد.



شکل ۲ پهنه بندی مقادیر بارش سالانه استان گیلان

پس از پهنه بندی مقادیر بارش اقدام به آشکار سازی روند در سری بارش‌های سالانه برای هر ایستگاه گردید تا در صورت وجود روند همبستگی آن با شدت خشکسالی‌ها برآورد گردد. روند سری بارش‌های سالانه با استفاده از روش‌های ناپارامتریک محاسبه گردید که نتایج آن در جدول شماره ۳ آمده است. همان‌طور که از محاسبات آورده شده و در جدول ۳ مشخص است در هیچ کدام از ایستگاه‌ها بر اساس آماره من‌کندال روند معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی‌گردد. با توجه به ایستایی سری بارش سالانه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌توان گفت که ناهنجاری بارش برای ایستگاه‌های استان و همچنین وقوع خشکسالی از هیچ رابطه خطی و مشخصی پیروی نکرده و وقوع آن در استان به صورت دوره‌ای است.

جدول ۳ برآورد مقادیر Z و کران‌های بالا و پایین شیب روند برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

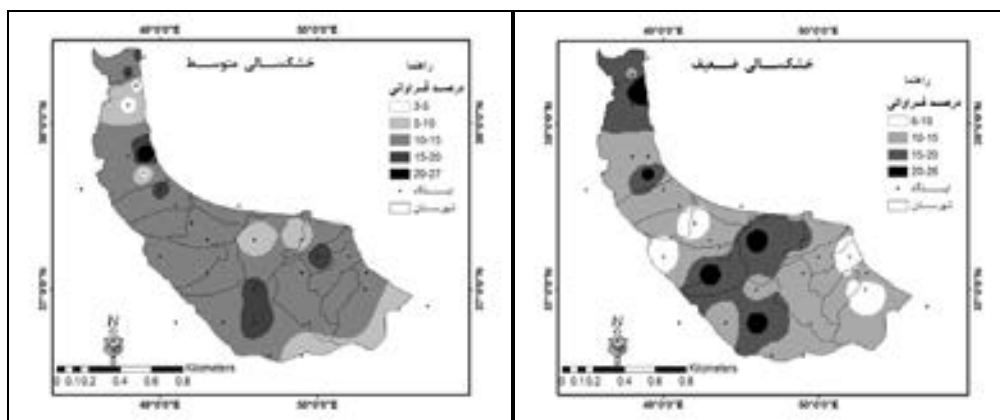
Time series	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
آب ویر	-۰/۳۲۱۲۴		-۱/۲۷۳۷۳	-۱۲/۴۶۷	۱۲/۴۵۵۹	-۱۰/۱۷۵۳	۸/۳۴۴۳۲	۱۴۱۰/۶۸۲
انزلی	-۰/۸۶۷۲۹		-۴/۱۱۷۶۵	-۲۲/۲۴۳۴	۱۲	-۱۷/۷۴۱۸	۶/۶۷۷۰۰۸	۱۸۱۶/۱۴۷
اردبیل	-۰/۴۴۶۱		-۱	-۵/۷۴۶۵۴	۳/۳۳۹۱۷	-۴/۶۶۶۶۷	۲/۱۵۹۲۵۳	۳۱۳
آستانه	-۰/۴۱۰۴۱		-۱/۷۵	-۱۴/۳۶۲۵	۱۲/۴۷۸۹۳	-۱۰/۰۷۸۹	۷/۶۳۴۲۹	۱۳۱۶/۱۲۵
آستارا	۰/۲۸۵۴۵۶		۱/۳۳۳۳۳۳	-۱۱/۸۶۶۶	۱۲/۴۴۸۹۳	-۸/۲۰۲۱۸	۸/۸۹۳۰۴۳	۱۱۵۵/۸۳۳
باش محله	-۱/۵۸۶۱		-۱۰/۱۳۶۴	-۲۷/۲۰۵۸	۶/۴۹۱۰۱۷	-۲۴/۳۸۰۷	۲/۲۴۹۶۷۹	۱۶۱۰/۲۲۷
قلعه رودخان	-۱/۲۱۳۱۹		-۶۳۷۵	-۲۰/۲۴۳۵	۵/۸۷۸۳۳۵	-۱۵/۶۴۷۳	۳/۲۷۲۲۹۷	۱۷۱۵/۶۲۵
گیلان	۰/۴۸۱۷۸۵		۰/۵۴۵۴۵۵	-۲/۴۷۷۳۶	۳/۶۸۶۷۵۵	-۱/۷۷۹۵۶	۲/۶۷۸۸۶۴	۱۶۹/۸۱۸۲
گوررد	-۰/۹۴۶۰۳		-۱/۸۶۴۷۱	-۶۲/۱۸۴۷	۳/۷۳۸۳۲	-۵/۳۲۸۴۲	۲/۰۷۵۵۵۷	۲۹۳/۴۷۰۶
هراتیر	-۰/۲۴۹۷۷		-۰/۸۷۷۸	-۱۶/۸۲۴۶	۱۵/۱۲۸۳۶	-۱۱/۰۹۱۳	۱۱/۹۱۱۷۹	۱۳۷۲/۶۶۷
هشتپر	-۰/۰۳۵۷		۰	-۱۱	۷/۲۵	-۸/۵۸۲۷	۵/۶۹۲۹۷۲	۱۱۰۷/۵
کسما	-۱/۱۹۵۵۴		-۵/۵	-۱۷/۴۶۷۷	۶/۱۵۱۴۷۷	-۱۴/۵۸۸۱	۲/۷۸۳۳۷	۱۱۶۴/۲۵
خلخال	۰/۸۳۱۵۹۹		۱/۵	-۴/۳۹۵۳۴	۷/۲۷۳۶۹۵	-۲/۸۱۴۰۳	۶	۳۳۱
خرجگیل	۱/۸۹۱۷۵۲	+	۵/۸۱۴۲۸۶	-۲/۸۱۰۷	۱۲/۴۷۷۱۹	-۰/۲۳۶۰۳	۱۰/۵۳۴۳۴	۱۱۴۷/۶۴۳
کلچال	۰/۰۳۵۶۸۲		۰/۸۶۴۷۰۶	-۱۵/۰۸۶۶	۱۲/۸۴۶۵۷	-۱۰/۵۱۶۱	۱۰/۱۸۷۱۲	۱۱۹۲/۲۹۴
لاهیجان	۱/۱۷۷۸۸۳		۷/۲۵	-۷/۴۵۴۱	۲۰/۵۰۲۵۸	-۴/۲۱۹۷۷	۱۹/۲۶۴۸۳	۱۳۳۳/۲۵
لمیر	۰/۸۵۶۶۴۲		۷/۵	-۱۱/۱۶۷۳	۲۵/۳۴۳۰۸	-۸/۰۲۷۴۷	۲۱/۰۹۷۵۱	۱۳۷۸/۲۵
منجیل	-۱/۸۰۲۲۳	+	-۳/۱۸۷۵	-۸/۸	۱/۴۷۳۴۷۱	-۳/۳۵۹۸۸	۰/۲۲۲۲۲۲	۳۰۹/۶۸۷۵
ماسال	۰/۱۷۸۴۱		۰/۶۳۱۵۷۹	-۸۷۹۲۴۲	۹/۲۷۷۲۵۵	-۶/۴۸۷۶	۷/۶۸۷۱۲۲	۹۹۰/۴۲۱۱
ماشین خانه	۰/۸۳۱۵۹۹		۳/۲۹۱۶۶۷	-۹/۶۲۵۳۳	۱۳/۴۴۶۹۴	-۶/۲۸۰۵۵	۱۱/۸۴۵۵۸	۱۰۰۴/۵
ماسوله	۱/۴۶۳۴۳		۵/۸۸	-۴/۸۴۱۶	۱۵/۳۶۹۶۷	-۲/۶۶۶۰۱	۱۳/۵۱۸۷۳	۸۳۷/۹۸
پارودبار	۱/۸۱۳۲۸۴	+	۴	-۳/۰۲۸۲۹	۱۰	-۰/۶۲۱۵۲	۸/۵۷۳۶۸۲	۲۵۰/۵
رشت	-۱/۴۶۳۴۳		-۵	-۱۶/۱۴۰۳	۳/۵۰۰۵۸۱	-۱۳/۱۶۸۸	۱/۷۵۸۱۵۷	۱۳۵۳
رضوانشهر	۰/۶۴۲۲۷۷		۳/۱۹۰۴۷۶	-۸/۵۱۳۸۶	۱۸/۱۱۵۵۲	-۵/۴۳۶۴۹	۱۳/۲۱۰۳	۱۲۴۰/۲۸۶
شهر بیجار	۰/۰۷۱۳۶۴		۰/۲۹۴۱۱۸	-۱۱/۳۱۶۷	۱۱/۶۷۳۲۸	-۹/۰۷۳۶۱	۹/۰۴۰۹۱۱	۱۲۰۴/۳۸۲
شلمان	-۰/۲۸۵۴۶		-۱	-۱۱/۱۷۴۷	۹/۵۷۵۱۰۷	-۸/۴۶۸۳۱	۸	۱۱۶۷/۵
شیرآباد	۰/۸۳۸۶۶۲		۳/۰۸۳۳۳۳	-۹/۸۶۶۷۸	۱۶/۶۷۷۹	-۵/۹۷۰۹۴	۱۲/۳۱۹۹۸	۱۰۸۲
توتکی	۰/۶۰۶۵۹۵		۳/۹۱۶۶۶۷	-۱۶/۵۰۳۴	۲۲/۶۴۴۸۷	-۱۰/۸۸۵۸	۱۸/۴۵۴۲۶	۱۵۱۱/۱۲۵
توتکابن	-۰/۵۳۵۴		-۱/۸	-۱۰/۲۱۸۴	۵/۸۱۸۲۵۶	-۸/۲۷۰۶	۳/۵۱۸۷۳۱	۵۱۴/۱
پرورد	۰/۸۵۶۳۶۹		۲/۳۳۳۳۳۳	-۴/۴۷۰۳۲	۷/۶۳۴۶۵۷	-۲/۴۷۴۰۷	۶/۴۱۱۰۸۵	۳۰۰
رامسر	-۰/۵۵۳۱۶		-۳/۴۴۴۴۴	-۱۹/۱۹۹۲	۱۳/۶۱۳۶۱	-۱۵/۴۸۷۴	۱۰/۳۳۴۵۴	۱۲۰۵/۴۴۴

در گام بعدی و پس از تحلیل شرایط سری بارش ایستگاه‌ها اقدام به تعیین ضرایب خشکسالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RIA) گردید. پس از برآورد مقادیر، به محاسبه درصد فراوانی شدت خشکسالی در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۸۹-۱۳۶۰) برای هر ایستگاه پرداخته شد. نتایج محاسبات مربوط به فراوانی شدت خشکسالی برای هر ایستگاه در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴ فراوانی شدت خشکسالی در استان گیلان در دوره ۱۳۸۹-۱۳۶۰

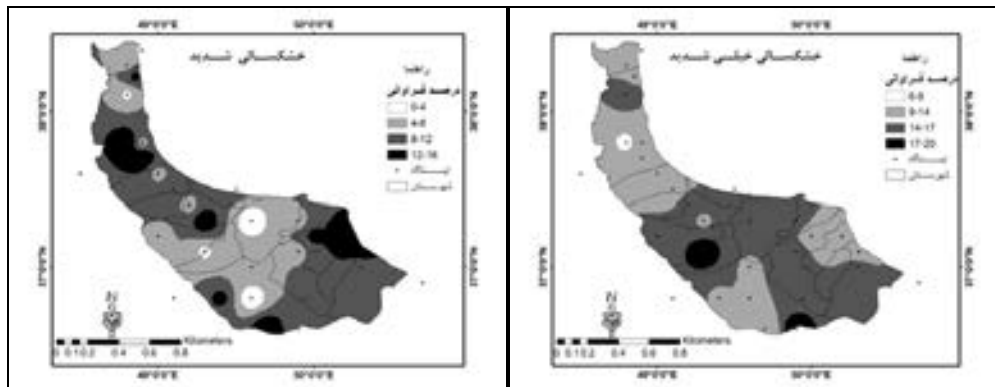
ایستگاه	ترسالی	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی خیلی شدید
آب ویر	۴۶۷	۶۷	۱۳/۳	۱۶۷	۶۷	۱۰
انزلی	۴۳/۳	۶۷	۱۰	۱۳/۳	۱۰	۱۶۷
اردبیل	۴۶۷	۱۳/۳	۶۷	۳/۳	۱۳/۳	۱۶۷
آستانه	۴۶۷	۶۷	۱۶۷	۶۷	۶۷	۱۶۷
آستارا	۴۳/۳	۳/۳	۲۰	۱۶۷	۳/۳	۱۳/۳
باش محله	۴۰	۱۰	۱۳/۳	۱۶۷	۶۷	۱۳/۳
قلعه رودخان	۳۰	۱۰	۲۳/۳	۱۳/۳	۳/۳	۲۰
گیلوان	۳۶۷	۱۰	۲۰	۱۰	۶۷	۱۶۷
گوورد	۴۶۷	۳/۳	۱۳/۳	۶۷	۱۰	۲۰
هراتیر	۴۶۷	۱۰	۶۷	۱۰	۱۰	۱۶۷
هشتپر	۳۳/۳	۱۰	۱۰	۲۶۷	۶۷	۱۳/۳
کسما	۴۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۶۷	۱۳/۳
خلخال	۴۰	۶۷	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۰	۱۶۷
خرجگیل	۳۳/۳	۱۰	۲۳/۳	۳/۳	۱۶۷	۱۳/۳
کلچال	۴۰	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۰	۱۳/۳	۱۰
لاهیجان	۳۰	۱۶۷	۱۰	۲۰	۱۳/۳	۱۰
لمیر	۴۳/۳	۰	۲۶۷	۲/۳	۱۳/۳	۱۳/۳
منجیل	۳۶۷	۱۶۷	۱۰	۱۰	۱۳/۳	۱۳/۳
ماسال	۳۶۷	۲۰/۰	۶۷	۱۳/۳	۶۷	۱۶۷
ماشین خانه	۴۶۷	۶۷	۱۰	۱۳/۳	۱۶۷	۶۷
ماسوله	۴۰	۱۶۷	۶۷	۱۳/۳	۶۷	۱۶۷
نمین	۴۳/۳	۱۶۷	۱۰	۱۰	۶۷	۱۳/۳
پا رودبار	۴۳/۳	۶۷	۱۳/۳	۱۰	۱۶۷	۱۰
رشت	۳۶۷	۱۶۷	۲۳/۳	۶۷	۰	۱۶۷
رضوانشهر	۴۶۷	۱۰	۱۰	۱۳/۳	۱۰	۱۰
شهر بیجار	۳۶۷	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۶۷	۶۷	۱۳/۳
شلمان	۳۳/۳	۱۶۷	۶۷	۱۳/۳	۱۶۷	۱۳/۳
شیرآباد	۳۶۷	۲۰	۲۰	۳/۳	۳/۳	۱۶۷
توتکی	۵۰	۳/۳	۱۳/۳	۱۰	۶۷	۱۶۷
توتکابن	۴۰	۳/۳	۲۳/۳	۲۰	۰	۱۳/۳
پررود	۵۰	۱۰	۱۰	۳/۳	۱۳/۳	۱۳/۳
رامسر	۴۰	۱۶۷	۱۳/۳	۳/۳	۱۰	۱۶۷

برای تشخیص بهتر پراکنش فراوانی شدت‌های خشکسالی در سطح استان نقشه‌های پهنه‌بندی درصد فراوانی برای هر چهار نوع خشکسالی در اشکال ۳ تا ۶ آمده است. بیشترین درصد فراوانی خشکسالی‌های ضعیف با ۲۰ تا ۲۶ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشه شمال غربی استان در محدوده ایستگاه‌های قلعه رودخان، رشت، توتکابن، خرجگیل، شیرآباد و لیمیر مشاهده می‌گردد. کمترین میزان فراوانی وقوع خشکسالی‌های ضعیف نیز در محدوده ایستگاه‌های هراتبر، شلمان، ماسال و ماسوله با ۶ تا ۱۰ درصد فراوانی وقوع در بلند مدت است. در مورد فراوانی خشکسالی‌های متوسط در استان می‌توان گفت بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ۲۰ تا ۲۷ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاه‌های لیمیر، شیرآباد و خرجگیل با ۳ تا ۵ درصد فراوانی وقوع رخ می‌دهد. پهنه‌بندی فراوانی وقوع خشکسالی شدید در استان حاکی از آن است که بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمت‌هایی از مناطق حاشیه‌ای استان در شرق و جنوب و شمال غرب در محدوده ایستگاه‌های ماشین‌خانه، خرجگیل، کسما، منجیل، پارودبار، لاهیجان، شلمان و کلچال با ۱۲ تا ۱۶ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در مناطق مرکزی در حوالی ایستگاه‌های رشت، قلعه رودخان، توتکابن و شیرآباد با ۱ تا ۴ درصد فراوانی وقوع می‌باشد. از لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی‌های خیلی شدید این گونه می‌توان گفت که بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشه جنوبی استان در محدوده ایستگاه‌های قلعه رودخان و گورد با ۱۷ تا ۲۰ درصد فراوانی وقوع و کمترین آن در حوالی ایستگاه ماشین‌خانه با ۶ تا ۹ درصد در بلند مدت مشاهده می‌گردد.



شکل ۳ پهنه‌بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی ضعیف  
 استان گیلان طی دوره (۱۳۸۹-۱۳۶۰)

شکل ۴ پهنه‌بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی متوسط  
 استان گیلان طی دوره (۱۳۸۹-۱۳۶۰)

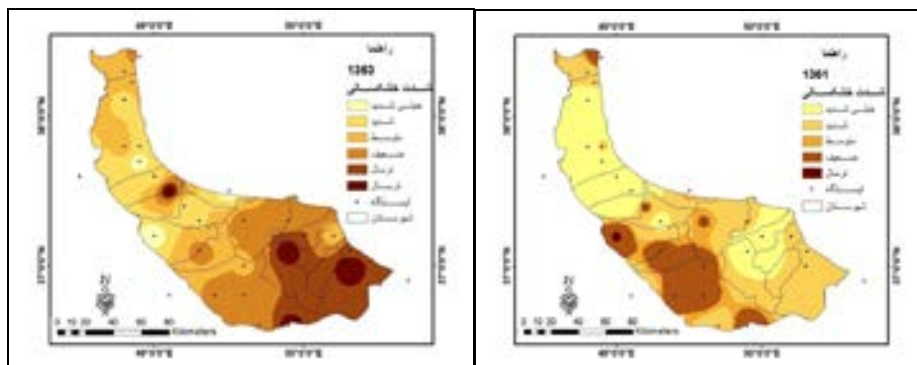


شکل ۵ پهنه‌بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی شدید استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹) شکل ۶ پهنه‌بندی درصد فراوانی وقوع خشکسالی خیلی شدید استان گیلان طی دوره (۱۳۶۰-۱۳۸۹)

پس از تحلیل فراوانی وقوع شدت‌های مختلف خشکسالی‌های استان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش و پهنه‌بندی ۸ مورد از خشکسالی‌های فراگیر استان طی دوره مورد مطالعه (۱۳۶۰-۱۳۸۹) با استفاده از روش مجذور فاصله معکوس (IDW) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاه‌ها دارای خشکسالی بوده‌اند، گردید. سال‌های گزینش شده که در نهایت با استفاده از تعمیم شبکه ای نقاط در تحلیل خوشه‌ای - فاصله ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، عبارتند از:

- خشکسالی سال ۱۳۶۱: در این سال قسمت اعظم استان تحت سیطره خشکسالی می‌باشد و تنها گوشه غربی استان دارای وضعیت نرمال است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمت‌های شرقی و شمالی استان و کمترین شدت آن مربوط به گوشه جنوبی است (شکل ۷).

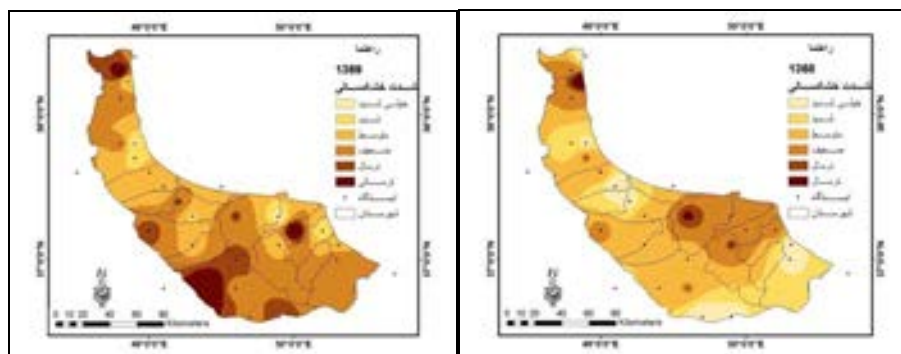
- خشکسالی سال ۱۳۶۳: در این سال گوشه شرقی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمت‌های استان تحت سیطره معضل خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی مربوط به قسمت شمالی و کمترین آن مربوط به قسمت جنوبی استان است (شکل ۸).



شکل ۷ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۱ شکل ۸ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان در سال ۱۳۶۳

خشکسالی سال ۱۳۶۸: در این سال به استثنای ایستگاه‌های رشت و لیمیر در سایر قسمت‌های استان خشکسالی گسترده شده است. در این سال بیشترین شدت در قسمت مرکزی و شرقی استان و کمترین شدت آن در گوشه شمالی مشاهده می‌گردد (شکل ۹).

خشکسالی سال ۱۳۶۹: در سال ۶۹ قسمت‌های جنوب غرب و گوشه شمالی استان دارای وضعیت نرمال و سایر قسمت‌ها تحت پدیده خشکسالی بوده است. بیشترین شدت خشکسالی در حوالی ایستگاه‌های آستانه، شلمان و خرگیل مشاهده می‌گردد (شکل ۱۰).



شکل ۹ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

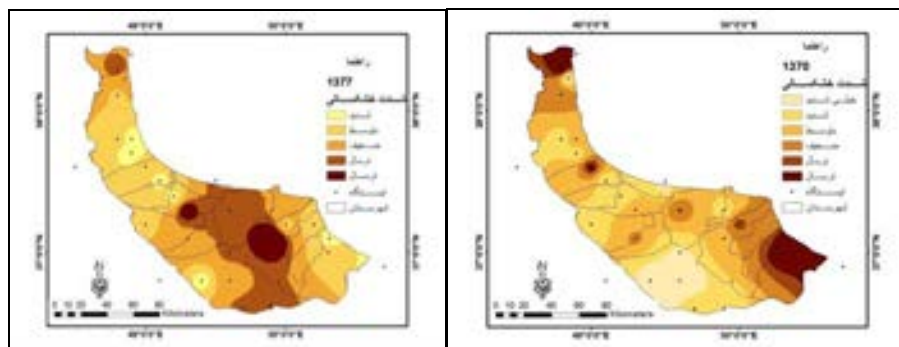
در سال ۱۳۶۹

شکل ۱۰ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

در سال ۱۳۶۸

خشکسالی سال ۱۳۷۰: در سال ۱۳۷۰ به استثنای گوشه شرقی و شمالی در سایر قسمت‌های استان خشکسالی احاطه داشته است. در این سال، بیشترین شدت خشکسالی در گوشه جنوبی استان در حوالی ایستگاه‌های منجیل و تونکابن و همچنین در قسمت‌هایی از شمال استان در حوالی ایستگاه‌های انزلی و لیمیر مشاهده می‌گردد (شکل ۱۱).

خشکسالی سال ۱۳۷۷: نقشه خشکسالی سال ۱۳۷۷ بیانگر آن است که به جز در لکه‌هایی از بخش مرکزی استان در سایر قسمت‌ها خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت آن مربوط به بخش‌های شرقی، غربی و جنوبی استان در حوالی ایستگاه‌های کلچال، منجیل، ماسال، رضوانشهر، خرگیل و هشت‌پر دیده می‌شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۱ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

در سال ۱۳۷۰

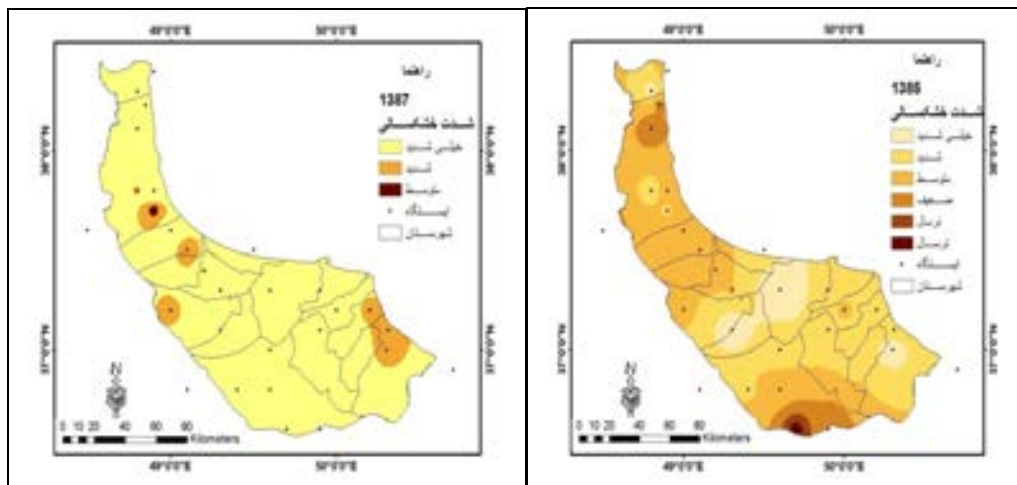
شکل ۱۲ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

در سال ۱۳۷۷

-خشکسالی سال ۱۳۸۵: در سال ۱۳۸۵ به استثنای گوشه جنوبی به مرکزیت ایستگاه پارودبار، در سایر بخش‌های استان، خشکسالی تسلط داشته است. بیشترین شدت خشکسالی در ایستگاه‌های رشت، قلعه رودخان، هراتبر و باش محل مشاهده می‌شود (شکل ۱۳).

-خشکسالی سال ۱۳۸۷: در سال ۱۳۸۷ تمام گستره استان تحت سیطره خشکسالی بوده است که به جز بخش‌های کوچکی از شرق و مرکز استان در سایر نقاط خشکسالی خیلی شدید حاکم بوده است (شکل ۱۴).

پس از تحلیل خشکسالی‌های فراگیر در دوره مورد مطالعه (۱۳۸۹-۱۳۶۰) اقدام به تحلیل خوشه‌ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان گردید. با آزمودن روش‌های مختلف برای تعیین تعداد خوشه‌ها بهترین روش وارد انتخاب گردید.



شکل ۱۴ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

در سال ۱۳۸۷

شکل ۱۳ پهنه‌بندی شدت خشکسالی استان گیلان

در سال ۱۳۸۵

برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روش‌های رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. با انتخاب ۸ خشکسالی فراگیر در دوره مورد مطالعه، اقدام به تحلیل خوشه‌ای مقادیر و تعیین مناطق با ذات مشابه برای رخداد خشکسالی گردید. نتایج محاسبات مربوط به تعیین خوشه‌ها و تعیین فاصله بین دسته‌ها در جدول ۵ آمده است.

## جدول ۵ مراحل تعیین سطوح خوشه و سطح تشابه برای هر مرحله

مرحله	تعداد خوشه‌ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جایگشت خوشه‌ها	مرحله	تعداد خوشه‌ها	سطح تشابه	فاصله طبقات	جایگشت خوشه‌ها
۱	۳۱	۸۵/۰۳	۱/۷۸	۱۰	۱۷	۱۵	۵۷/۸۸	۵/۰۲	۸
۲	۳۰	۸۳/۱۱	۲/۰۱	۹	۱۸	۱۴	۵۵/۸۶	۵/۲۶	۲
۳	۲۹	۷۴/۸۴	۳	۹	۱۹	۱۳	۵۴/۷۱	۵/۳۹	۶
۴	۲۸	۷۴/۶۲	۳/۰۲	۱۳	۲۰	۱۲	۵۳/۶۹	۵/۵۲	۲
۵	۲۷	۴۳/۵۰	۳/۱۶	۷	۲۱	۱۱	۵۳/۲۱	۵/۵۷	۱
۶	۲۶	۷۲/۰۲	۳/۳۳	۲۶	۲۲	۱۰	۴۷/۵۶	۶/۲۵	۲
۷	۲۵	۷۱/۸۵	۳/۳۵	۶	۲۳	۹	۴۶/۱۲	۶/۴۲	۵
۸	۲۴	۷۱/۲۸	۳/۴۲	۴	۲۴	۸	۳۷/۵۹	۷/۴۳	۳
۹	۲۳	۶۸/۹۹	۳/۶۹	۲	۲۵	۷	۳۷/۴۰	۷/۴۶	۶
۱۰	۲۲	۶۷/۶۸	۳/۵۸	۱۳	۲۶	۶	۳۰/۵۸	۸/۲۷	۱
۱۱	۲۱	۶۵/۸۵	۴/۰۷	۱۰	۲۷	۵	۴/۸۵	۱۱/۳۳	۳
۱۲	۲۰	۶۵/۶۲	۴/۰۹	۱۶	۲۸	۴	۱۷/۲۷-	۱۳/۹۷	۲
۱۳	۱۹	۶۱/۴۵	۴/۵۹	۱۸	۲۹	۳	۳۵/۳۷-	۱۶/۱۲	۲
۱۴	۱۸	۶۱/۱۵	۴/۶۳	۲۰	۳۰	۲	۴۱/۴۹-	۱۶/۸۵	۱
۱۵	۱۷	۶۱/۰۸	۴/۶۴	۲	۳۱	۱	۷۸/۴۵-	۲۱/۲۵	۱
۱۶	۱۶	۵۸/۳۲	۴/۹۶	۳					

پس از تعیین تعداد خوشه‌ها و فاصله هر کدام از مرکزیت خوشه اقدام به تعیین فاصله متوسط و حداکثری هر خوشه نسبت به میانگین کل گردید (جدول ۶).

## جدول ۶ تعیین فاصله متوسط و حداکثری هر خوشه نسبت به میانگین کل برای مشاهدات مورد مطالعه

خوشه‌ها	تعداد مشاهدات	درون یابی خوشه‌ها از مجموع مربعات	متوسط فاصله از مرکز	حداکثر فاصله از مرکز
خوشه اول	۶	۷۸/۱۳۱	۳/۵۹۳۳۷	۴/۲۴۰۷۱
خوشه دوم	۱۲	۱۸۸/۹۹۸	۳/۸۰۸۲۳	۵/۷۸۹۹۹
خوشه سوم	۱۰	۱۱۱/۸۹۹	۳/۲۷۴۱۳	۴/۲۷۸۱۲
خوشه چهارم	۴	۲۷/۷۱	۲/۵۴۱۸۵	۳/۷۲۱۸

در نهایت اقدام به ترسیم دندوگرام خوشه‌های استخراج شده و همچنین نقشه هم خشکسال نقاط مختلف برای استان گردید. محدوده‌های خوشه‌های واحد به صورت زیر است:

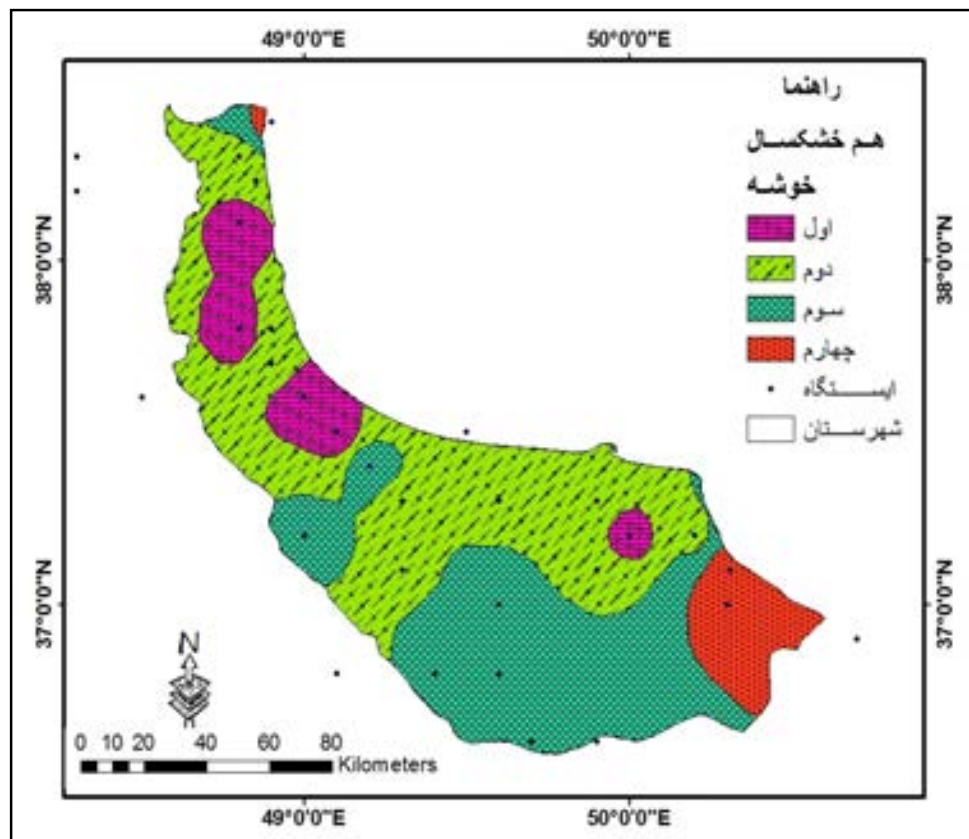


خوشه اول: در خوشه اول که بیشتر به صورت لکه‌هایی در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی مشاهده می‌گردد، ایستگاه‌های لاهیجان، ماشین خانه، آب ویر، شیرآباد و رضوانشهر قرار می‌گیرند.

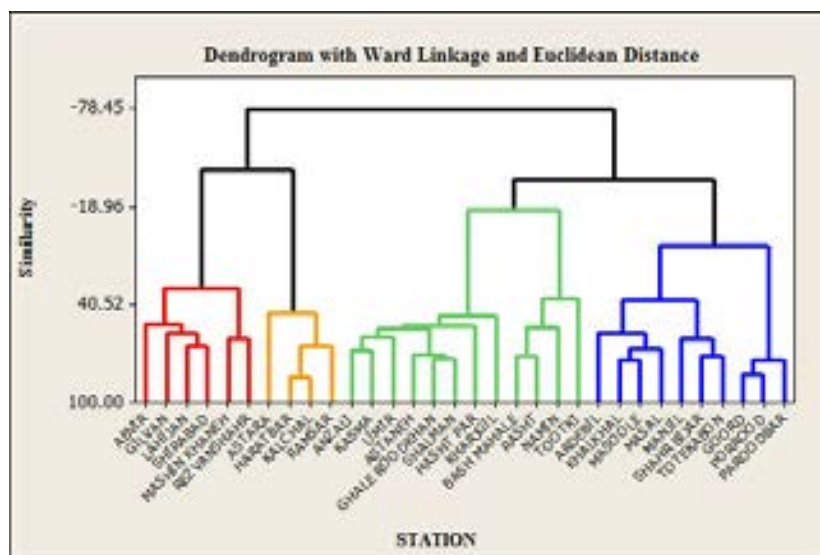
خوشه دوم: این خوشه به لحاظ مکانی گسترده‌ترین خوشه هم خشکسالی در استان گیلان می‌باشد که در قسمت‌های غربی، مرکزی و شمالی استان گسترده شده است. در خوشه دوم، ایستگاه‌های تونکی، شلمان، آستانه، رشت، کسما، قلعه رودخان، خرگیل، هشتپر، لیمیر و باش محله جای می‌گیرند.

خوشه سوم: این خوشه در قسمت جنوب و جنوب غرب استان قرار گرفته و از لحاظ وسعت مکانی در میان خوشه‌ها رتبه دوم را دارد. ایستگاه‌های ماسال، ماسوله، شهر بیجار، منجیل، توتکابن، پارودبار و گورد در محدوده خوشه سوم قرار دارد.

خوشه چهارم: این خوشه به صورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان در محدوده ایستگاه‌های کلچال و هراتبر قرار گرفته است.



شکل ۱۵ پهنه بندی مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RIA)



شکل ۱۶ دندوگرام مناطق هم خشکسالی استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

#### نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های فراگیر استان گیلان بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RAI) برای ۳۲ ایستگاه بارانسنجی استان گیلان در بازه زمانی (۱۳۶۰-۱۳۸۹) انجام گرفت. در گام اول پژوهش، اقدام به تحلیل شرایط بارشی ایستگاه‌های مورد مطالعه گردید. تحلیل بارش‌ها نشان داد که بیشینه بارش‌ها در مناطق ساحلی استان در حوالی انزلی، قلعه رودخان، آستارا و باش‌محله، و کمینه بارش‌ها نیز در قسمت‌های جنوبی استان در حوالی منجیل، پارودبار و گوورد مشاهده می‌گردد. در گام بعد اقدام به تعیین روند سری بارش‌ها بر اساس روش‌های ناپارامتریک گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد هیچ‌گونه روندی در سری بارش‌ها وجود ندارد. پس از تحلیل روند در گام بعد اقدام به استخراج ضرایب خشکسالی برای ایستگاه‌ها بر اساس شاخص ناهنجاری بارش گردید. پس از تعیین ضرایب اقدام به تعیین و پهنه‌بندی درصد فراوانی وقوع شدت‌های مختلف خشکسالی برای دوره ۱۳۶۰-۱۳۸۹ گردید. نتایج تحلیل فراوانی نشان داد بیشترین درصد فراوانی خشکسالی‌های ضعیف با ۲۰ تا ۲۶ درصد فراوانی وقوع در مناطق مرکزی و گوشه شمال غربی استان، در مورد خشکسالی‌های متوسط بیشترین فراوانی وقوع در حوالی ایستگاه هشت پر با ۲۰ تا ۲۷ درصد فراوانی وقوع، در خشکسالی‌های شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در قسمت‌هایی از مناطق حاشیه‌ای استان در شرق و جنوب و شمال غرب و در خشکسالی‌های خیلی شدید بیشترین درصد فراوانی وقوع در گوشه جنوبی استان مشاهده گردید. پس از تحلیل فراوانی وقوع شدت‌های مختلف خشکسالی‌های استان بر اساس شاخص

ناهنجاری بارش، اقدام به گزینش ۸ و پهنه بندی مورد از خشکسالی های فراگیر استان طی دوره مورد مطالعه (۱۳۸۹-۱۳۶۰) به شرط اینکه حدود ۹۰ درصد ایستگاهها دارای خشکسالی بوده اند، گردید. پس از تحلیل خشکسالی های فراگیر در دوره مورد مطالعه (۱۳۸۹-۱۳۶۰) به تحلیل خوشه ای ضرایب خشکسالی جهت تعیین مناطق با ذات مشابه برای وقوع خشکسالی در گستره استان گیلان پرداخته شد. با آزمودن روش های مختلف برای تعیین تعداد خوشه ها بهترین روش وارد انتخاب گردید. برای تعیین فاصله بین طبقات نیز از میان روش های رایج روش فاصله اقلیدسی انتخاب گردید. نهایتاً تعداد ۴ خوشه با درصد تشابه قابل قبول در مورد مناطق هم خشکسال در استان گیلان شناسایی شد: خوشه اول، که بیشتر به صورت لکه هایی است در مناطق مرکزی و تا حدودی شمالی؛ خوشه دوم- گسترده ترین خوشه هم خشکسال در استان گیلان- در قسمت های غربی، مرکزی و شمالی استان؛ خوشه سوم در قسمت جنوب و جنوب غرب استان و خوشه چهارم به صورت یک محدوده مجزا در گوشه شرقی استان قرار گرفته است. با توجه به نتایج تحلیل ها به لحاظ فراوانی وقوع خشکسالی، به ترتیب خوشه های دوم، اول، چهارم و سوم در اولویت خطر وقوع خشکسالی قرار دارند.

## References

- Alijani, B., Banivaheb, A. R., 2005. Evaluation of drought and wet and predict climate change of Birjand region using statistical models. *Journal of Geographical Research* 52, 45-33.
- Alijani, B., 2000. Climate of Iran. publisher of Payam Noor, fourth edition.
- Alijani, B., 2002. synoptic climatology. SAMT publishing, Tehran.
- Bodaghjamali, J., Javanmard, S., Shirmohamadi, R., 2002. Drought monitoring and classification of Khorasan Province Using the Standardized Precipitation Index. *Geographical Research Quarterly* 67, 24-4.
- Bazuhair, A., S., Alghohani, A., 1997. Determination of Monthly Wet and Dry Periods in Saudi Arabia. *International Journal of Climatology* 17, 303-311.
- Bhattacharyya Gouri K., Richard A. J., 1977. Statistical concepts and methods. John Wiley and Sons.
- Dupigny-Giroux, L., 2001. Towards Characterizing and Planning for Drought in Vermont - Part I: A Climatologically Perspective. *of the Am. Water Res. Assoc* 37, 505-525.
- 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* 20 1599-1618.
- Farajzadeh, M., 2005. droughts of concept to remedy. *Geography Publications of the armed forces*.
- Fesharaki, P., 2005. *Geography Encyclopedia*. Amir Kabir Publications.
- Ghayoor, H. A., Montazeri, M., 2004. Zoning of Thermal regime by components analysis and cluster analysis. *Journal of Geography and Development* 4, Zahedan.
- Hayes, M. J., M. D. Svoboda, D. A. Wilhite and Vanyarkho. O. V., 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3) 429- 437.
- Hong, W U., Hayesi, J. M., Weiss, A. and Qihu, 2001. An Evaluation of The Standardized Precipitation Index. The China-Z Index and The Statistical Z-Score. *International Journal of Climatology* 21, 745-758.

- Hosniha, H., 2000. Evaluation of Zanzan Province drought status. The first national conference on strategies to combat water shortage, Kerman, March 2000.
- Jahanbakhsh, S., Tadaion, M., Yazdani, M., 2008. Temporal and spatial analysis of droughts and wet periods and dry salt lake basin. *Journal of Geography* 1, 54-37.
- Khosravi, M., Akbari, M., 2009. Drought analysis in Southern Khorasan Province an climatological perspective. *Journal of Geography and Development* 7, 68-51.
- Lloyd-Hughes, B., Saunders, M.A., 2002. A drought climatology for Europe". *International Journal of Climatology* 22, 1571-1592.
- Masoodian, A., 2003. Climatic regions of Iran. *Journal of Geography and Development* 2, 184-171.
- Masoodian, A., 2004. Survey of Iran temperature trends in the past half century. *Journal of Geography and Development*, Spring and Summer 2009.
- Masoodian, A., 2006. *Synoptic Climatology*. Isfahan University Press.
- Mavi, H.S., Tupper, G.J., 2004. *Agrometeorology Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture*. Food Products Press.
- Moghadasi, M., Moridsaeid, R., Ghaemi, H., Mohammadvalisalman, J., 2004. Monitoring drought index DI-SPI-EDI in Tehran. *Agricultural Research Service*.
- 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* 23/24, 57-65.
- Poorhmat, J., 2000. Evaluation drought of the Karoun basin. the first national conference of strategies to combat dehydration, Kerman, March 1379.
- Raziei, T., Daneshkar, P., Akhtari, R.A., Saghafian, B., 2007. Evaluation of drought meteorology (climate) in the Sistan and Baluchestan province using SPI index and Markov chain model. *Water Resources Research Journal*, Year III 1, 81.
- Soltani, S., Saadati, S., 2007. Zoning of drought in Isfahan province using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Journal of Watershed Science and Engineering*. First Year, Issue 2.
- Tajdari, Kh., 2011. Characteristics of Gilan province droughts or wet in water years 2009-2010, Department of Energy, Gilan Regional Water Company.
- Vinnikov Konstantin Y., 2002. Trends in moments of climatic indices. *Geophysical Research Letters* 29, 2, 141-144.
- Zahedi, M., Ghavidelrahimi, Y., 2007. Evaluation of threshold drought and calculation of unreliable rainfall stations in Uromia lake basin. *Journal of Geographical Researches* 59, 34-21.