

جغرافیا و توسعه - شماره ۱۶ - زمستان ۱۳۸۸

وصول مقاله : ۱۳۸۶/۱۰/۲۲

تأیید نهایی : ۱۳۸۷/۱۱/۱۱

صفحات : ۷۱ - ۹۲

تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه‌ی خزر

دکتر حسنعلی غیور

استاد جغرافیا دانشگاه اصفهان

دکتر مجید منتظری

استادیار جغرافیا دانشگاه آزاد نجف‌آباد

چکیده

در این پژوهش برای ارزیابی روند خشکسالی‌های اقلیمی در ۲۳ زیرحوضه‌ی آبی دریای خزر، داده‌های بارش ماهانه با روش میانبایی به داده‌های پهنه‌ای تبدیل گشته سپس برحسب مختصات حوضه‌ها، بارش ماهانه‌ی هر حوضه تفکیک گردید. آنگاه از روش شاخص بارش استاندارد (SPI) برای ارزیابی خشکسالی‌های اقلیمی استفاده شده و این شاخص به صورت ماهانه برای هر یک از حوضه‌ها محاسبه گردید. به منظور تفکیک مکانی خشکسالی حوضه‌ی خزر، با اعمال تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریس شاخص بارش استاندارد، زیرحوضه‌های خزر از نظر خشکسالی اقلیمی به ۴ قلمرو به نام‌های ساحلی جنوب غربی، ساحلی جنوب شرقی، حاشیه‌ای و شمال غرب تفکیک گردید.

براساس آزمون پارامتری رگرسیون خطی، بارش زیرحوضه‌های دریای خزر در ماههای ژانویه، می و دسامبر در سطح اطمینان ۹۵٪ روند معناداری نشان نمی‌دهد. ۵ زیرحوضه در ماههای فوریه و ژوئیه روند مثبت و ۱۱ زیرحوضه عمدتاً در ماههای مارس و سپتامبر روند منفی نشان می‌دهد. با اعمال آزمون ناپارامتری مان - کندال بر روی ماتریس شاخص SPI مشخص شد که در ماه می هیچ حوضه‌ای روند معناداری نشان نمی‌دهد. بالاترین روند در ۶ زیرحوضه در ماههای ژوئیه و اوت بوده است.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، روند بارش، شاخص بارش استاندارد، حوضه‌ی خزر، رگرسیون خطی.

مقدمه

بحران منابع آب در جهان امروز به مسأله‌ی بسیار جدی بدل گردیده است، لذا بر اهمیت ضرورت مدیریت منابع آبی کشور بیش از پیش افزوده شده، که مسلماً اجرای صحیح آن بدون شناخت و آگاهی دقیق و جامع از مسایل طبیعی حوضه‌های آبی کشور امکان‌پذیر نیست. در برنامه‌ریزی‌های محیطی حتی‌المقدور باید سعی شود واحد مطالعاتی بر مبنای مرزبندی‌های طبیعی انتخاب گردد. یکی از واحدهای مطالعاتی در پژوهش‌های محیطی حوضه‌های آبی

است. این حوضه‌ها بر مبنای عوامل طبیعی چون توپوگرافی و نظام شبکه‌ی زهکشی، به صورت یک واحد طبیعی از سایر پهنه‌های مجاور تفکیک گردیده، اما مسلماً این واحد طبیعی از ناهمگنی‌های درونی نیز برخوردار است که می‌توان بر اساس نوع پدیده‌ی طبیعی مورد نظر آنرا تفکیک مکانی نمود. در این پژوهش حوضه‌ی خزر به عنوان یک واحد مطالعاتی در نظر گرفته شده است. این حوضه‌ی وسیع از نظر گستردگی طول و عرض جغرافیایی، تنوع توپوگرافی، نوع پوشش‌های سطح زمین، وجود پهنه‌ی آبی و... از ناهمگنی درونی برخوردار است که این ناهمگنی درونی در نوع، مقدار و رژیم بارش و همچنین رفتار زمانی- مکانی خشکسالی در این حوضه تبلور یافته است. از آنجا که خشکسالی‌های اقلیمی متأثر از رفتار بارش است، لذا در این پژوهش بر مبنای اطلاعات بارش ماهانه‌ی حوضه‌ی خزر به ارزیابی خشکسالی‌های اقلیمی در این حوضه پرداخته‌ایم تا مشخص شود که آیا حوضه‌ی خزر بر مبنای این شاخص از همگنی درونی برخوردار است؟ و آنرا به چند پهنه‌ی نسبتاً متمایز می‌توان تفکیک نمود؟ ارتباط زمانی بین رخداد خشکسالی در بخش‌های مختلف این حوضه چگونه بوده است؟ و در آخر ضمن به تصویر کشیدن خصیصه‌های زمانی خشکسالی در هر پهنه، روند خشکسالی زیرحوضه‌ها را در نیم سده‌ی اخیر تحلیل و با روند بارش مقایسه نمودیم تا شاید یافته‌های این پژوهش بتواند روشنی بخش راه برنامه‌ریزان محیطی بویژه در زمینه‌ی مدیریت منابع آب باشد. برای ارزیابی و پایش خشکسالی‌های اقلیمی روش‌های متعددی به وسیله محققان مختلف در سراسر دنیا ابداع و به کار گرفته شده، اما برخی از این روش‌ها بسیار پیچیده و نیازمند اطلاعات گسترده‌ای است که در همه‌ی مکان‌ها دسترسی به آن مقدور نبوده و گاهی برای سایر مناطق نیز از کارآمدی کافی برخوردار نمی‌باشد. در این بین، روش شاخص بارش استاندارد^۱ به جهت استفاده‌ی آن از مقیاس زمانی برای پایش دوره‌های خشک به عنوان شاخص مناسب و با کارایی بالا مدنظر قرار گرفته است (ثنائی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۰۷).

این روش در تحلیل منطقه‌ای خشکسالی و مطالعات تطبیقی و مقایسه‌ای بین مناطق مختلف متداول‌تر است. زیرا این شاخص استاندارد بوده و می‌توان از آن در مطالعات منطقه‌ای و ایجاد ارتباط زمانی بین رخدادهای خشکسالی، در بخش‌های مختلف یک پهنه، استفاده کرد (لشنی‌زند، ۱۳۸۳: ۹۷).

از طرف دیگر بسیاری از محققان خشکسالی، به قابلیت انعطاف‌پذیری این روش اشاره داشته‌اند. از دلایل اصلی امکان جایگزینی این شاخص نسبت به شاخص پیچیده‌ی پالمر می‌توان اتکا به آمار کمتر و محاسبات ساده‌تر را نام برد (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۹۹). ویژگی دیگر شاخص بارش استاندارد این است که، امکان مقایسه‌ی آن با شاخص‌های اقلیمی که استاندارد و نرمال هستند، آسانتر می‌باشد (فاتی‌مرج و همکاران، ۱۳۸۵: ۵۰). از همه‌ی اینها گذشته این روش به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشکسالی بویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود (رضیعی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۶).

برای مطالعه‌ی روند عناصر اقلیمی عمدتاً از دو روش پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری مان-کندال و اسپیرمن استفاده می‌شود. چون در روش‌های ناپارامتری شرط نرمال بودن توزیع داده‌ها مطرح نیست، از این‌رو اغلب مطالعات روند با استفاده از روش‌های ناپارامتری صورت گرفته است. برخی از این مطالعات عبارتند از:

کوتیل و ماهراس^۱ (۱۹۹۸: ۵۳-۳۹)، به مطالعه‌ی روند دما در منطقه‌ی مدیترانه پرداخته و نشان دادند که همبستگی معنی داری بین شاخص‌های گردش و دمای حوضه‌ی مدیترانه وجود دارد. موگری و نانی^۲ (۱۹۹۸: ۱۹۶-۱۹۱)، در بررسی تغییرات دمای ایتالیا، روند افزایشی دمای سالانه و فصلی ایتالیا را در طی ۲۰ سال گذشته گزارش کردند. برونیتی و همکاران^۳ (۲۰۰۰: ۶۰-۴۹)، نشان دادند در دوره‌ی ۱۸۶۵ تا ۱۹۹۶، حداقل و حداکثر دمای روزانه در ایتالیا دارای روند مثبت بوده است. استافورد و همکاران^۴ (۲۰۰۰: ۴۴-۳۳)، در بررسی روند ۵۰ ساله‌ی دمای آلاسکا نشان دادند که بالاترین مقدار افزایش دما در قسمت‌های داخلی آلاسکا ۲/۲ درجه بوده است.

چانگ و یون^۵ (۲۰۰۰: ۱۸۰-۱۷۱)، به مطالعه‌ی تغییرات روند دما و بارش در کره پرداخته و گزارش دادند که متوسط دمای کشور کره از ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۷، ۰/۹۶ درجه افزایش یافته است. یو و هاشینو^۶ (۲۰۰۳: ۲۷-۱۵)، روند بلندمدت دمای سالانه، فصلی و ماهانه‌ی ژاپن را مورد ارزیابی قرار داده و معتقدند متوسط دمای سالانه ژاپن از ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷

1- Kuttiel & Maheras

2- Maugeri & Nanni

3- Brunetti et al

4- Stafford et al

5- Chung & Yoon

6- Yue & Hashino

درجه افزایش یافته است. تورکز و سامر^۱ (۲۰۰۴: ۲۲۷-۱۹۵)، ضمن بررسی الگوهای زمانی- مکانی و تغییرپذیری دامنه‌ی دمای روزانه و روند دمای ترکیه، نشان دادند که دماهای شبانه بطور معنی‌داری در اکثر مناطق شهری ترکیه افزایش یافته است و بالاخره هوث و پوکارنا^۲ (۲۰۰۴: ۱۱۲-۱۰۷)، دو روش برآورد میزان روند پارامتری و ناپارامتری را در ارزیابی روند عناصر اقلیمی در جمهوری چک مورد بررسی قرار دادند.

اما در ایران، مسعودیان (۱۳۸۳: ۱۰۶-۱۹) روند عناصر دمایی ایران را در نیم سده‌ی گذشته با استفاده از روش رگرسیون خطی مطالعه نمود. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳: ۳۳-۲۵) روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و ماهانه‌ی پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته را تحلیل نمودند. علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴: ۲۸-۲۱) در مقایسه‌ی روند خطی دمای سالانه ایستگاه تبریز با روند ناهنجاری‌های کره زمین نشان دادند که روند افزایشی دمای سالانه‌ی تبریز کندتر از روند افزایشی دمای جهانی است. کاویانی و عساکره (۱۳۸۴: ۱۶۲-۱۴۳) در تحلیل روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان، ضمن استفاده از روش مان-کندال، عدم وجود روند را در سری زمانی ۱۰۳ ساله‌ی بارش اصفهان تأیید نمودند.

موحدی و همکاران (۱۳۸۴: ۳۸-۱۳)، به بررسی روند دما در حوضه‌ی مارون پرداختند. شیرغلامی و قهرمان (۱۳۸۴: ۲۳-۹) روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران را به روش رگرسیون خطی و روش من-کندال مورد تحلیل قرار دادند. زاهدی و همکاران (۱۳۸۶: ۱۹۸-۱۸۳) با استفاده از روش رگرسیون خطی و روش مان-کندال به بررسی و شناسایی تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه‌ی شمال غرب کشور پرداختند و بالاخره رحیمی بندرآبادی و مهدیان (۱۳۸۴: ۷۲-۶۳)، تغییرات مکانی بارش روزانه و ماهانه‌ی حوضه‌ی خزر را مورد بررسی قرار داده اند. ایشان از ۳ روش میانبایی کریجینگ معمولی، میانگین متحرک وزنی و TPSS استفاده نمودند و نشان دادند که بارندگی روزانه دارای همبستگی مکانی است و بارندگی ماهانه فقط در ماههای خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان دارای همبستگی نسبتاً قوی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش داده‌های بارش ماهانه حدود ۲۵۰ ایستگاه هواسنجی در بازه‌ی زمانی ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۱۹۹۹ مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا برای هر یک از ماهها یک نقشه‌ی بارش

1- Turkes & Sumer

2- Huth & Pokorna

با یاخته ۵*۵ کیلومتر محاسبه گردید. سپس یاخته‌های بیرون از مرز هر یک از زیرحوضه‌ها حذف شد و به این ترتیب برای هرماه مقدار بارش بر روی ۶۸۵۰ گره در قلمرو ۲۳ زیرحوضه‌ی خزر به‌دست آمد. با محاسبه‌ی این نقشه‌ها برای ۵۸۸ ماه (از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۱۹۹۹) سری زمانی بارش به طول ۵۸۸ بر روی ۶۸۵۰ گره به‌دست آمد. در مرحله‌ی بعد با توجه به مختصات ۲۳ زیرحوضه‌ی خزر، داده‌های بارش برای هر حوضه تفکیک و بدین ترتیب پایگاه داده‌های مورد نیاز پژوهش فراهم گردید.

برای ارزیابی خشکسالی، از روش شاخص بارش استاندارد استفاده شد. این شاخص از مهمترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های ارزیابی خشکسالی است که توسط مکی^۱ و همکاران (۱۹۹۳: ۱۸۴-۱۷۹) ابداع شد. این شاخص بدون بعد بوده و از بی‌نظمی داده‌های گسسته و تبدیل شده‌ی بارش که بر انحراف معیار بارندگی تقسیم شده است، محاسبه می‌شوند. این شاخص به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$SPI = \frac{P_{ik} - \bar{P}_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

که در آن SPI بارش استاندارد شده، P_{ik} مقدار بارندگی i امین ایستگاه در k امین مشاهده به میلیمتر، \bar{P}_i متوسط بارندگی i امین ایستگاه به میلیمتر، و σ_i انحراف معیار بارندگی i امین ایستگاه در دوره‌ی زمانی مورد نظر است (Agnew, 2000: 6-11).

جدول ۱: تعیین درجه‌ی خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد

مقادیر SPI	
+۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

برای شناسایی روندهای یکنواخت و دارای جهت مشخص در سری‌های زمانی شاخص خشکسالی بارش استاندارد، آزمون مان-کندال مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمون هر مقدار در سری زمانی پیوسته و پشت سر هم با بقیه‌ی مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. آماره S که جمع همه‌ی شمارش‌ها را نشان می‌دهد، به صورت زیر انجام می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{Sgn}(X_k - X_i) \quad (2)$$

در رابطه‌ی فوق X_k و X_i مقادیر پشت سرهم می‌باشند. n طول سری زمانی و $\text{sgn}(\theta)$ نیز برابر است با ۱، صفر و -۱، اگر θ به ترتیب بزرگتر از، برابر و یا کوچکتر از صفر باشد. فرض H_0 زمانی رد می‌شود که $-Z_{1-a/2} \leq Z \leq Z_{1-a/2}$ باشد. نتیجه‌ی آزمون Z بر اساس رابطه‌ی زیر ارزیابی می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

که در آن $\text{Var}(s)$ بر اساس رابطه‌ی زیر ارزیابی می‌شود:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

در رابطه‌ی فوق t_i تعداد مقادیر مشابه برای مقدار i ام و n تعداد مقادیر مشابه در سری می‌باشد (Raziei et al, 2005).

در مرحله بعد برای آشکارسازی روندهای یکنواخت بارش زیرحوضه‌های خزر، ابتدا آزمون روند خطی در سری‌های زمانی بارش دوازده ماه سال برای هر گره به‌طور جداگانه اعمال شد. در این آزمون فرض می‌شود که روند بارش، تابعی خطی از زمان است. بنابراین مدل تغییرات بارش به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Precipitation} = \alpha + \beta \text{ Time} \quad (5)$$

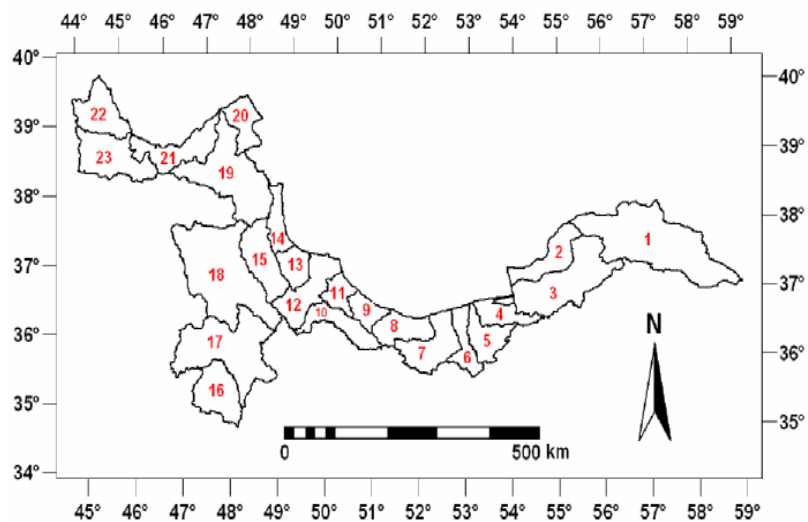
روشن است که یک مقدار مثبت برای β نشانگر افزایش بارش با زمان، یک مقدار منفی برای β نشانگر کاهش بارش با زمان است. برای $\beta = 0$ فرض وجود روند رد می‌شود. اما از آنجا که مقدار β نامعلوم است، یک برآورد از β با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$\hat{\beta} \pm t_{0.025} \frac{S}{S_x} \quad (6)$$

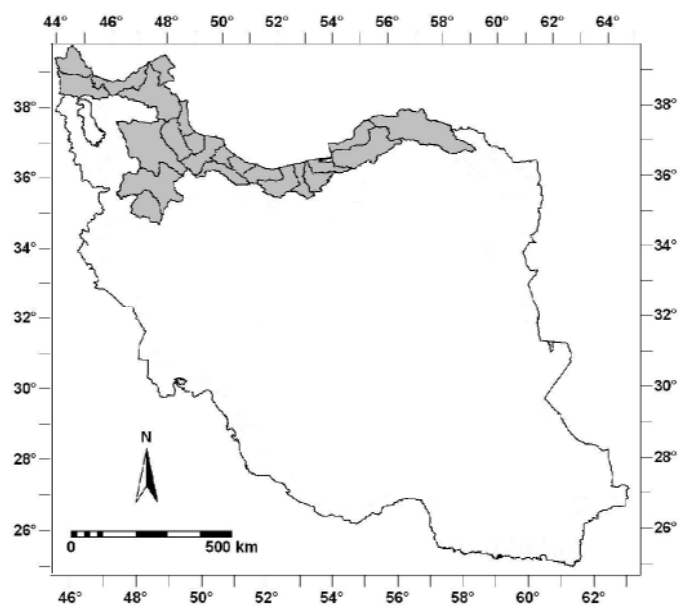
اگر حد بالا و پایین β که به این ترتیب به دست می‌آید، هر دو مثبت باشند، روند افزایشی در بارش را رد نمی‌کنیم. اگر حد بالا و پایین β هر دو منفی باشند روند کاهشی در بارش را رد نمی‌کنیم و اگر حد بالا و پایین مختلف‌العلامه باشند، فرض وجود روند را تأیید نمی‌کنیم (مسعودیان، ۱۳۸۳: ۶۶).

بحث

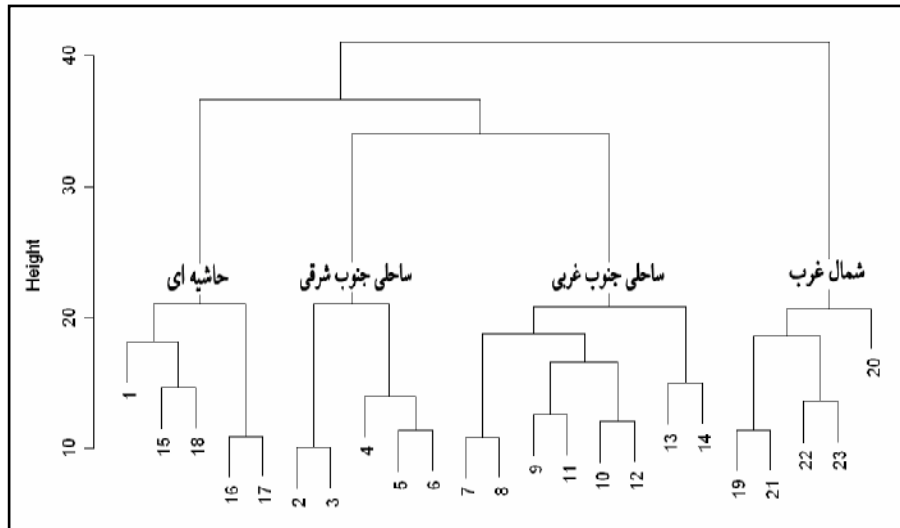
کشور ایران به شش حوضه‌ی آبی تقسیم شده که حوضه‌ی خزر به‌عنوان پر بارش‌ترین حوضه‌ی کشور، شامل منطقه‌ای در شمال ایران است که تمام رودخانه‌های آن به طرف دریای خزر جریان دارند. این حوضه با وسعتی حدود ۱۷۷ هزار کیلومتر مربع نزدیک به ۱۱٪ از مساحت کشور را فراگرفته است (صداقت، ۱۳۷۶). حوضه‌ی خزر از ۲۳ زیرحوضه تشکیل شده (شکل ۱) و بر اساس محاسبات نگارنده متوسط بارش آن حدود ۵۲۲ میلیمتر است (جدول ۲). جهت ارزیابی خشکسالی‌های اقلیمی حوضه‌ی خزر به کمک روش شاخص بارش استاندارد، مبادرت به محاسبه‌ی این شاخص بر روی ماتریس داده‌های بارش ماهانه به تفکیک ۲۳ زیرحوضه‌ی خزر گردید. سپس برای ارزیابی وضعیت همگنی درونی زیرحوضه‌ها، یک تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی ترکیبی^۱ بر روی ماتریس داده‌های شاخص بارش استاندارد ماهانه به ابعاد ۲۳*۵۸۸ اعمال گردید. بر طبق نمودار درختی^۲ به دست آمده (شکل ۳)، زیرحوضه‌های خزر از نظر خشکسالی اقلیمی به ۴ خوشه، شامل یک خوشه‌ی ۸ عضوی به نام ساحلی جنوب غربی و ۳ خوشه‌ی ۵ عضوی به نام‌های ساحلی جنوب شرقی، حاشیه‌ای و شمال غرب تفکیک گردید (شکل ۴) که نشانه‌ی ناهمگنی درونی حوضه‌ی خزر از نظر این شاخص است.



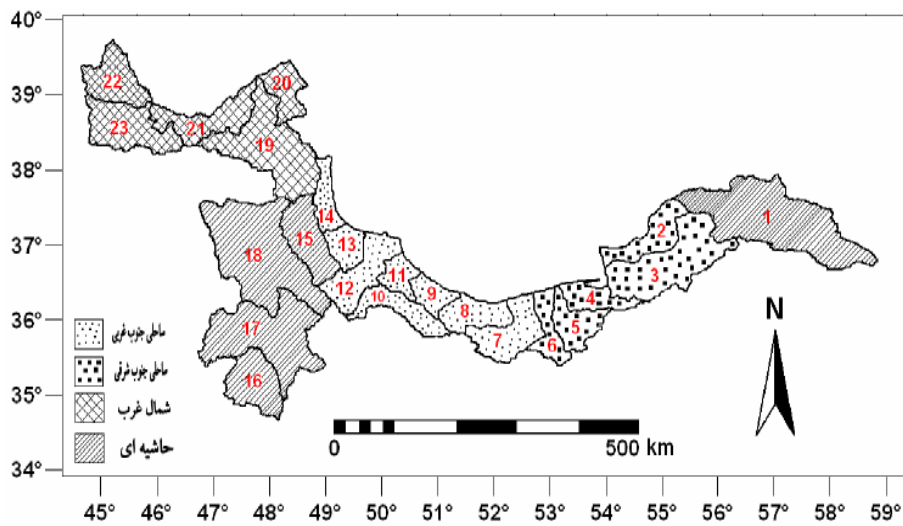
شکل ۱: شماره گذاری ۲۳ زیرحوضه‌ی دریای خزر



شکل ۲: موقعیت حوضه‌ی دریای خزر در ایران



شکل ۳: نمودار خوشه‌ای ۴ قلمرو مکانی حوضه‌ی خزر از نظر شاخص بارش استاندارد



شکل ۴: تفکیک مکانی حوضه‌ی خزر بر مبنای شاخص بارش استاندارد

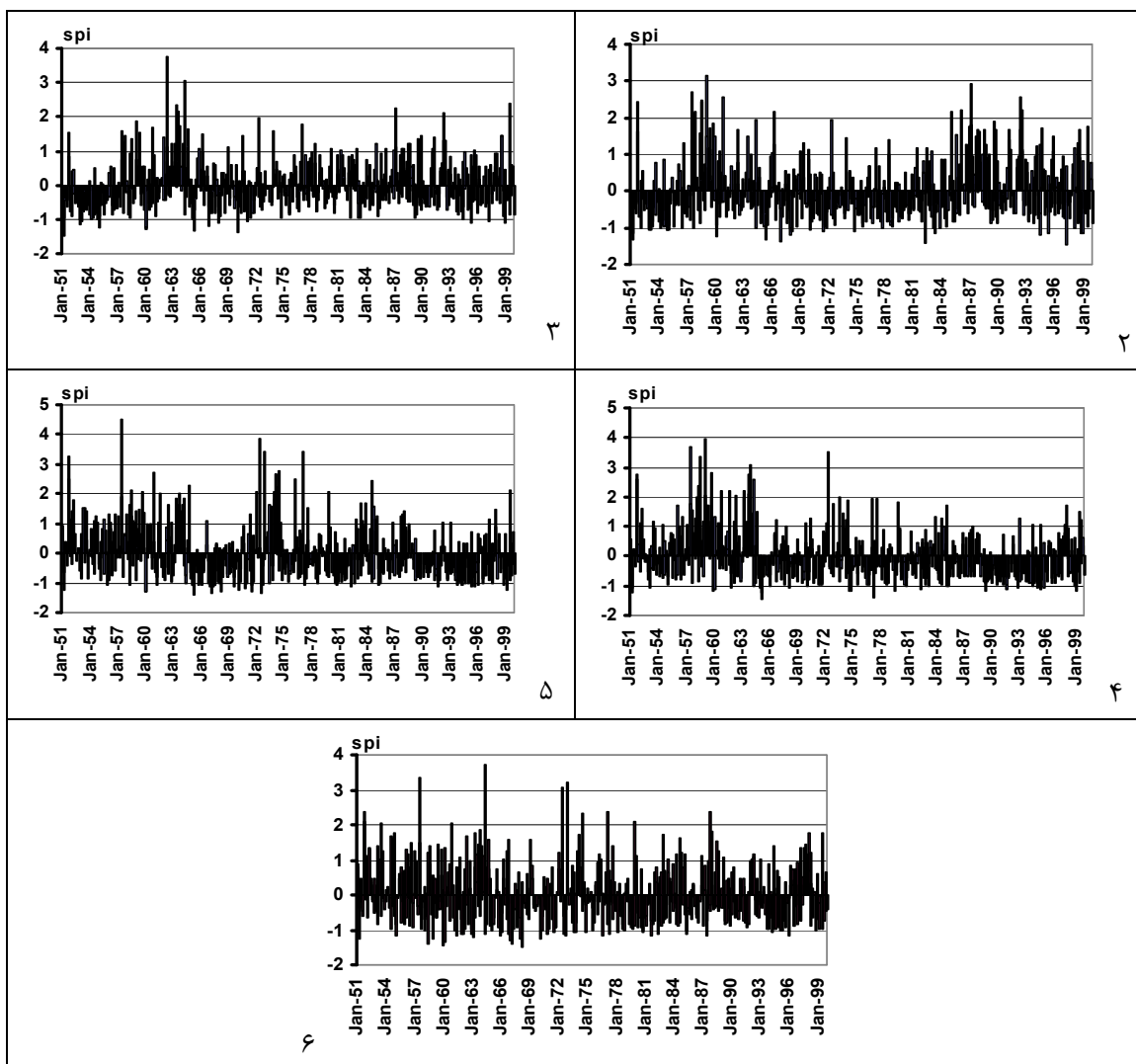
جدول ۲: مشخصات بارش ۲۳ زیرحوضه دریای خزر

شماره حوضه	مساحت Km ^۲	بارش سالانه mm	متوسط بارش ماهانه
۲	۵۰۲۵	۴۸۵/۹۳	۴۰/۲۷
۳	۱۲۶۷۵	۴۲۱/۵۳	۳۵/۱
۴	۳۵۵۰	۵۳۶/۹۲	۴۴/۷۲
۵	۴۳۲۵	۵۹۴/۳۹	۴۹/۵۱
۶	۳۵۵۰	۶۱۴/۵۶	۵۱/۱۹
میانگین	۲۹۱۲۵	۵۳۰/۶	۴۴/۲
۷	۶۵۷۵	۵۹۳/۲۸	۴۹/۴۲
۸	۴۷۲۵	۷۱۸/۴۵	۵۹/۸۵
۹	۲۷۵۰	۸۷۲/۶۹	۷۲/۷۱
۱۰	۴۸۷۵	۵۵۴/۶۸	۴۶/۲۱
۱۱	۲۶۰۰	۸۶۹/۴۸	۷۲/۴۴
۱۲	۶۹۷۵	۷۰۶/۲۸	۸۵/۸۵
۱۳	۳۱۷۵	۹۷۳/۵۸	۸۱/۱۳
۱۴	۳۰۷۵	۸۰۲/۱۶	۶۶/۸۴
میانگین	۳۴۷۵۰	۷۶۱/۳	۶۳/۴
۱	۲۰۲۲۵	۳۴۰/۱۹	۲۸/۱۳
۱۵	۶۸۰۰	۵۲۹/۳۷	۴۴/۱
۱۶	۶۵۲۵	۳۵۹/۲۶	۲۹/۹۳
۱۷	۱۵۶۷۵	۳۴۲/۶۹	۲۸/۵۵
۱۸	۲۰۱۲۵	۳۷۶/۱۲	۳۱/۳۴
میانگین	۶۹۳۵۰	۳۸۹/۵	۳۲/۴
۱۹	۱۴۱۲۵	۳۱۰/۱۸	۲۵/۸۱
۲۰	۳۶۲۵	۲۳۶/۵۳	۱۹/۶۷
۲۱	۶۴۰۰	۲۵۸/۲	۲۱/۴۸
۲۲	۵۸۷۵	۲۰۹/۶	۱۷/۴۴
۲۳	۸۰۰۰	۲۹۳/۱۸	۲۴/۳
میانگین	۳۸۰۲۵	۲۶۱/۵	۲۱/۴۷
میانگین کل	۱۷۱۲۵۰	۵۲۱/۷	۴۳/۴۴

۱- قلمرو ساحلی جنوب شرقی

این قلمرو شامل ۵ زیرحوضه است که سواحل جنوب شرقی خزر و بخش‌هایی از استان گلستان را در بر می‌گیرد (شکل ۴). مساحت این قلمرو بالغ بر ۳۹۱۲۵ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۱۷ درصد از مساحت حوضه‌ی خزر را شامل است (جدول ۲). متوسط بارش این بخش حدود ۵۳۰ میلی‌متر بوده و فازهای خشکسالی در اوایل دهه‌ی ۵۰، نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۶۰ و اوایل دهه‌ی ۹۰ و فازهای ترسالی را در اواخر دهه‌ی ۵۰، اوایل دهه‌ی ۶۰ و دهه‌ی ۷۰ و نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۸۰ سپری نموده است (شکل ۵). در این قلمرو خشکسالی شدید و فوق‌العاده شدید رخ نداده و به‌طور متوسط ۳۳۹ ماه با شاخص منفی و ۲۴۹ ماه با شاخص

مثبت داشته است. در حالی که به‌طور متوسط ۴۸۴ ماه در حد نرمال و ۱۰۴ ماه دارای انحراف بوده است. بر اساس جدول (۳) در این قلمرو زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۳ از نوسان کمتری برخوردار بوده به‌طوری‌که شاخص بارش استاندارد در ۵۲۵ ماه در حد نرمال، ۱۶ ماه توأم با خشکسالی و ۵۱ ماه توأم با ترسالی داشته است. در مقابل زیرحوضه‌ی ۵ نوسان بیشتری داشته، به‌طوری‌که حدود ۴۶۰ ماه در حد نرمال، ۴۹ ماه توأم با خشکسالی و ۷۹ ماه توأم ترسالی داشته‌اند.

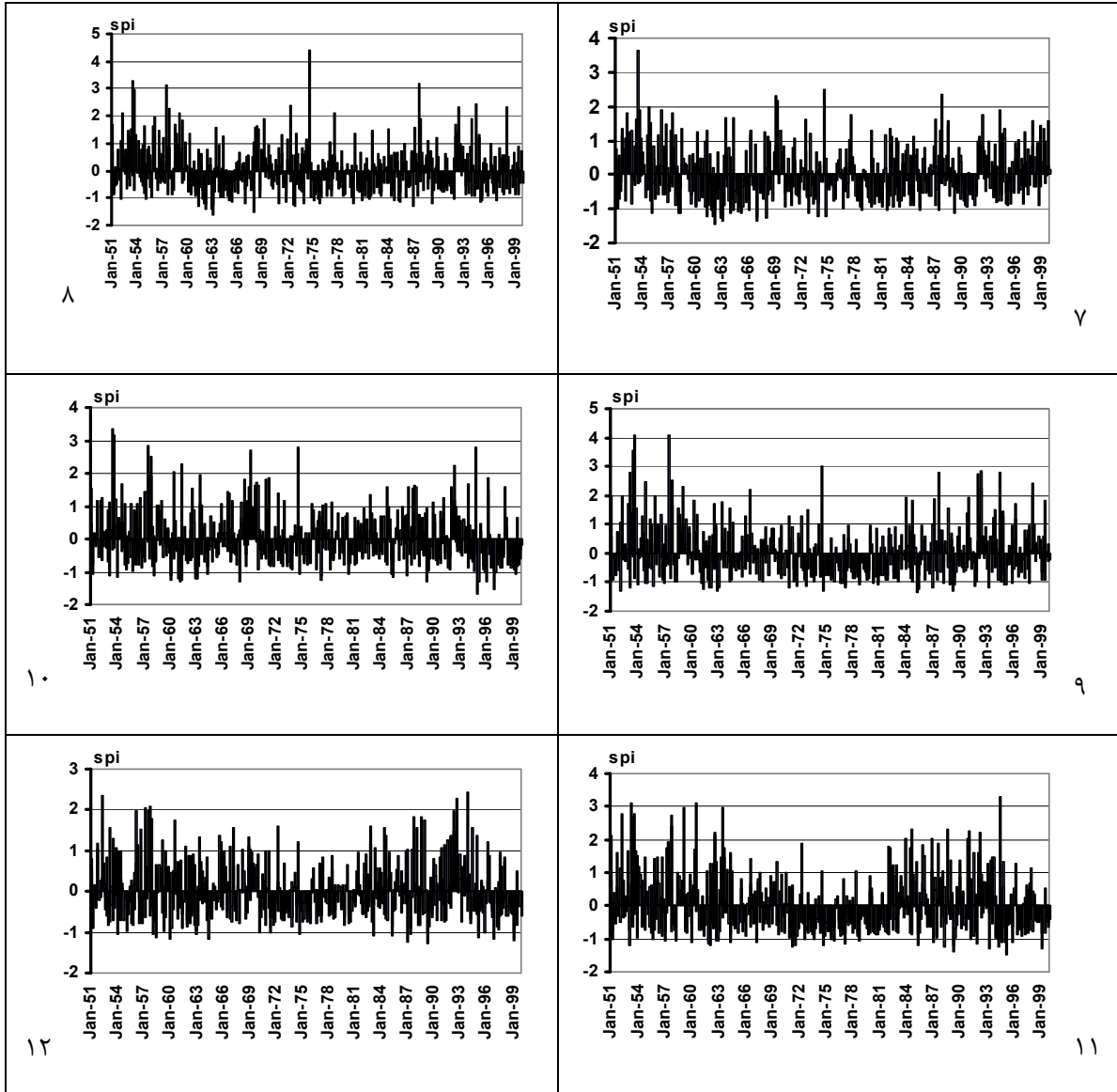


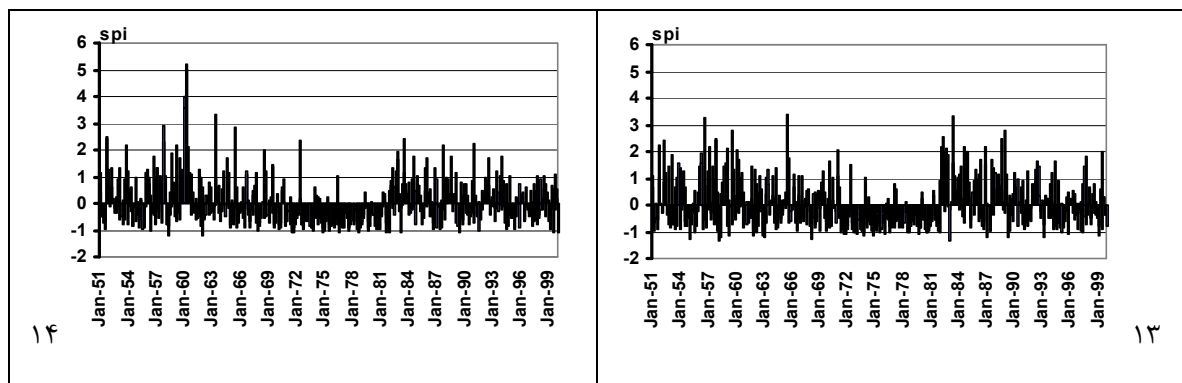
شکل ۵: نمودارهای شاخص بارش استاندارد زیرحوضه‌های قلمرو ساحلی جنوب شرقی

۲- قلمرو ساحلی جنوب غربی

در این بخش ۸ زیرحوضه با هم خوشه شده‌اند (شماره‌های ۷ تا ۱۴) که عمدتاً در سواحل جنوب غربی دریای خزر واقع‌اند (شکل ۴). مساحت آن ۳۴۷۵۰ کیلومتر مربع که حدود ۲۰ درصد از مساحت حوضه‌ی خزر را در بر گرفته (جدول ۲)، متوسط بارش این قلمرو ۷۶۱ میلی‌متر است. در این قلمرو پس از سپری شدن فاز ترسالی در اواخر دهه‌ی ۵۰ و دهه‌ی ۶۰ وارد فاز خشکسالی نسبتاً مداومی گردیده که از اکتبر ۱۹۷۰ آغاز و تا دسامبر ۱۹۸۱ ادامه یافته است. پس از این دوره، وارد فاز ترسالی گردیده بطوری که دهه‌ی ۸۰ بیشتر زیرحوضه‌های این قلمرو در فاز ترسالی بوده است (شکل ۶).

در این قلمرو به‌طور متوسط ۳۳۶ ماه با شاخص منفی و ۲۵۲ ماه با شاخص مثبت رخ داده است. در حالی که به‌طور متوسط ۴۹۰ ماه در حد نرمال و ۹۸ ماه دارای انحراف بوده است. طبق جدول ۳ در این قلمرو زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۲ با ۵۱۷ ماه در حد نرمال، ۵۱ ماه توأم با ترسالی و ۲۰ ماه توأم با خشکسالی، از نوسان کمتر و زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۳ با ۴۶۳ ماه در حد نرمال، ۸۶ ماه توأم با ترسالی و ۳۹ ماه توأم با خشکسالی، از نوسان بیشتری برخوردار بوده است. در ضمن خشکسالی شدید در زیرحوضه‌های ۸ و ۱۱ در یک ماه و در زیرحوضه ۱۰ در دو ماه حادث شده درحالی که در بقیه‌ی زیرحوضه‌ها خشکسالی شدید و بسیار شدید رخ نداده است.

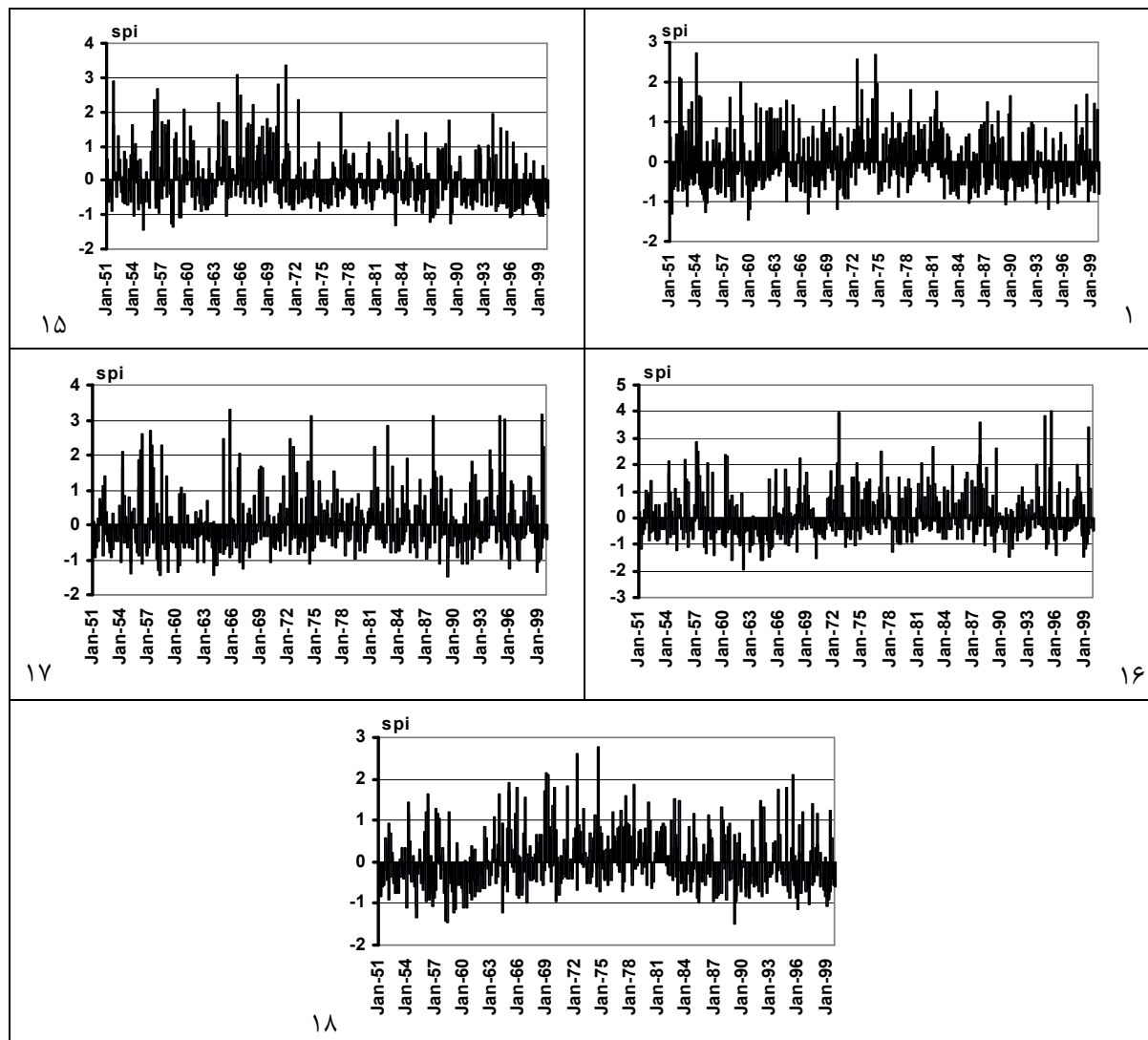




شکل ۶: نمودارهای شاخص بارش استاندارد زیرحوضه‌های قلمرو ساحلی جنوب غربی

۳- قلمرو حاشیه‌ای

این قلمرو شامل ۵ زیرحوضه‌ای است که دور از محدوده‌ی دریای خزر هستند و به همین دلیل تحت عنوان گروه حاشیه‌ای نامیده شده‌اند. زیرحوضه‌های ۱۵ تا ۱۸ در پشت رشته‌کوه البرز در محدوده‌ی استان‌های زنجان و کردستان و زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱ که در محدوده‌ی استان خراسان شمالی واقع است، اعضای این گروه را تشکیل می‌دهند (شکل ۴). این بخش ۶۹۳۵۰ کیلومترمربع وسعت دارد که ۴۰/۵ درصد از مساحت حوضه‌ی خزر را شامل می‌شود (جدول ۲). متوسط بارش آن ۳۸۹ میلی‌متر و فازهای خشکسالی در نیمه‌ی اول دهه‌های ۶۰، ۸۰ و ۹۰ و فازهای ترسالی در نیمه‌ی دوم دهه‌های ۵۰، ۶۰ و ۷۰ و نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۸۰ تجربه نموده است (شکل ۷). در این قلمرو بطور متوسط ۳۵۴ ماه با شاخص منفی و ۲۳۴ ماه با شاخص مثبت حادث شده در حالی که بطور متوسط ۵۰۵ ماه در حد نرمال و ۸۳ ماه دارای انحراف بوده است. زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۸ با ۵۲۴ ماه در حد نرمال، ۴۸ ماه توأم با ترسالی و ۱۶ ماه توأم با خشکسالی، کم‌نوسان‌ترین و زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۶ با ۴۶۸ ماه در حد نرمال، ۸۰ ماه توأم با ترسالی و ۴۰ ماه توأم با خشکسالی، بیشترین نوسان را داشته است. در ضمن در این زیرحوضه ۵ ماه توأم با خشکسالی شدید نیز حادث شده است (جدول ۳).

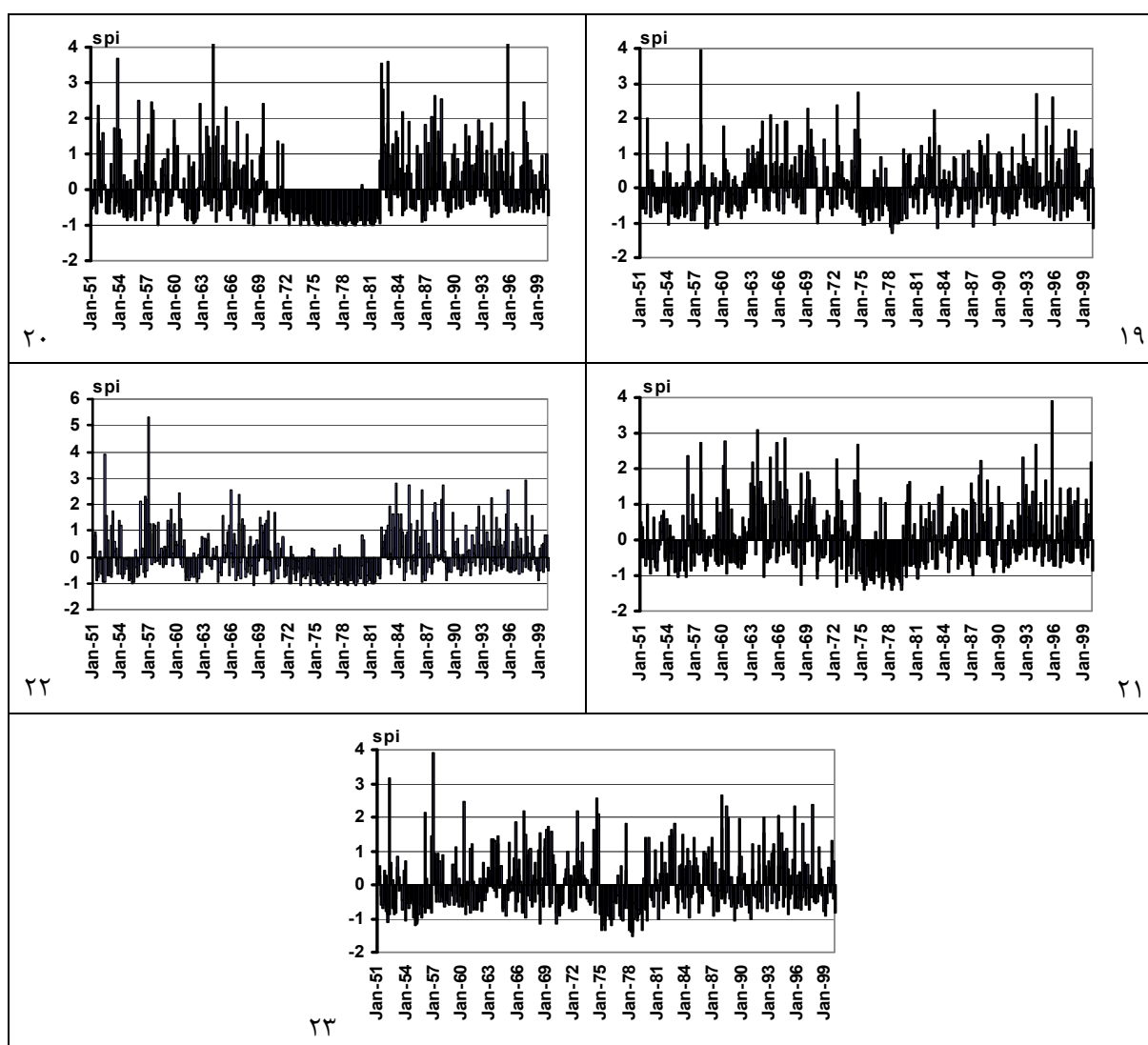


شکل ۷: نمودارهای شاخص بارش استاندارد زیرحوضه‌های قلمرو حاشیه‌ای

۴- قلمرو شمال غرب

شامل ۵ زیرحوضه‌ی واقع در شمال غرب کشور در منطقه‌ی آذربایجان می‌باشد (شکل ۴). این قلمرو با مساحت ۳۸۰۲۵ کیلومتر مربع ۲۲/۲ درصد از وسعت حوضه‌ی خزر را در برگرفته است. متوسط بارش آن ۲۶۱ میلیمتر محاسبه شده و فازهای خشکسالی در اواسط دهه‌ی ۵۰، نیمه‌ی اول دهه‌ی ۶۰ و دهه‌ی ۷۰ و فازهای ترسالی عمدتاً در اواخر دهه ۵۰ نیمه‌ی دوم

دهه‌ی ۶۰ و دهه‌ی ۸۰ و اواسط دهه‌ی ۹۰ سپری نموده است (شکل ۸). در قلمرو شمال غرب بطور متوسط ۳۴۷ ماه با شاخص منفی و ۲۴۱ ماه با شاخص مثبت رخ داده در حالی که بطور متوسط ۴۹۵ ماه در حد نرمال و ۹۳ ماه دارای انحراف از نرمال بوده است. زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۹ با ۵۲ ماه توأم باترسالی و ۲۰ ماه توأم با خشکسالی، کم‌نوسان‌ترین و زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۲۱ با ۶۸ ماه توأم با ترسالی و ۴۱ ماه توأم با خشکسالی، پرنوسان‌ترین زیرحوضه‌ی قلمرو شمال غرب بوده است.



شکل ۸: نمودارهای شاخص بارش استاندارد زیرحوضه‌های قلمرو شمال غرب

جدول ۳: مشخصات شاخص بارش استاندارد ۲۳ زیرحوضه‌ی خزر

مقادیر SPI								شماره زیرحوضه	نام پهنه
خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی	نزدیک به نرمال		ترسالی	ترسالی شدید	ترسالی بسیار شدید		
< -۲	-۱/۹۹ تا -۱/۵	-۱/۴۹ تا -۱	۰ تا -۰/۹۹	۰/۹۹ تا ۰	۱ تا ۱/۴۹	۱/۵ تا ۱/۹۹	>+۲		
○	○	۳۳۴۳	۳۱۳	۱۷۰	۱۴	۴۳	۱۴	۲	ساحلی جنوب شرقی
○	○	۱۶	۳۱۸	۲۰۳	۳۴	۱۰	۷	۳	
○	○	۳۲	۳۰۷	۱۸۴	۲۹	۱۸	۱۸	۴	
○	○	۴۹	۲۹۱	۱۶۹	۴۰	۱۸	۲۱	۵	
○	○	۴۹	۲۸۶	۱۷۹	۴۶	۱۶	۱۲	۶	
○	○	۳۱	۲۹۹	۱۹۸	۳۸	۱۷	۵	۷	
○	۱	۳۷	۲۹۰	۲۰۰	۲۹	۱۸	۱۳	۸	ساحلی جنوب غربی
○	○	۴۰	۲۹۳	۱۹۶	۲۳	۱۸	۱۸	۹	
○	۲	۲۷	۳۰۳	۱۹۱	۳۴	۲۱	۱۰	۱۰	
○	۱	۳۵	۳۰۲	۱۷۲	۴۰	۱۸	۲۰	۱۱	
○	○	۲۰	۳۱۵	۲۰۲	۳۰	۱۶	۵	۱۲	
○	○	۳۹	۲۹۸	۱۶۵	۴۷	۱۹	۲۱	۱۳	
○	○	۲۲	۳۳۰	۱۶۸	۳۹	۱۱	۱۸	۱۴	
○	○	۱۴	۳۳۳	۱۹۲	۳۱	۱۲	۶	۱	
○	○	۲۰	۳۳۲	۱۷۶	۲۶	۲۳	۱۱	۱۵	
○	۵	۳۵	۳۳۱	۱۳۷	۳۸	۲۰	۲۲	۱۶	
○	○	۲۶	۳۳۵	۱۶۴	۲۹	۱۴	۲۰	۱۷	حاشیه‌ای
○	۱	۱۵	۳۲۲	۲۰۲	۲۹	۱۴	۵	۱۸	
○	○	۲۰	۳۱۷	۱۹۹	۲۹	۱۵	۸	۱۹	
○	○	۱۴	۳۵۲	۱۴۴	۳۹	۲۱	۱۸	۲۰	
○	○	۴۱	۳۰۱	۱۷۸	۳۵	۱۷	۱۶	۲۱	
○	○	۲۳	۳۲۷	۱۶۸	۳۵	۱۷	۱۸	۲۲	
○	۱	۲۸	۳۱۲	۱۷۸	۳۹	۱۶	۱۴	۲۳	

جدول ۴: بارش زیرحوضه‌هایی که به روش آزمون رگرسیون خطی در سطح ۹۵٪ دارای روند مثبت یا منفی بوده‌اند.

Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
		۳			۴		۲۲				۴	۱۶	۱۴		۴		۴		۴		۱۵		
		۲۳			۱۱						۵	۱۷	۱۵		۵		۵		۵				
					۱۲							۲۲			۱۰		۶		۴				
					۱۳							۲۳					۹						
					۱۵												۱۰						
																	۱۱						
																	۱۴						
																	۱۵						

برای ارزیابی وجود روند بارش، ابتدا تحلیل رگرسیون خطی بر روی ماتریس داده‌های بارش ماهانه‌ی زیرحوضه‌های خزر اعمال شد و مشخص گردید که در ماههای ژانویه، می و دسامبر در هیچ یک از زیرحوضه‌ها روند معناداری وجود ندارد. روند مثبت تنها در ۲ ماه فوریه و ژوئیه وجود داشته بطوری‌که زیرحوضه‌ی ۳ و ۲۳ در فوریه و زیرحوضه‌های ۱۶، ۱۷، ۲۲ و ۲۳ در ماه ژوئیه دارای روند مثبت بوده‌اند. روند منفی در ۸ ماه مارس، آوریل، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر، اکتبر و نوامبر وجود داشته که در این بین زیرحوضه‌های ۴ و ۱۵ هر یک در پنج ماه و زیرحوضه‌ی ۵، در چهار ماه دارای روند منفی بوده‌اند. بیشترین روند منفی بارش مربوط به ماههای سپتامبر، مارس و ژوئیه می‌باشد. زیرحوضه‌های ۱، ۲، ۷، ۸، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ روند معناداری نداشته‌اند (جدول ۴).

جدول ۵: زیرحوضه‌هایی که شاخص SPI آنها به روش مان-کندال روند داشته است.

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
۲	۲	۴	۱		۴	۴	۳	۴	۵	۱۰	۳
۶	۳	۱۱	۴		۵	۵	۴	۵	۱۵	۱۵	۱۵
۷	۱۲	۱۲	۵			۱۳	۵	۱۰			
۱۸		۱۵	۸			۱۴	۱	۱۵			
۱۹			۱۲			۲۲	۱۱				
						۲۳	۲۳				

جهت ارزیابی روند خشکسالی، آزمون ناپارامتری مان-کندال بر روی ماتریس شاخص بارش استاندارد ماهانه زیرحوضه‌های خزر اعمال شد. بر اساس این تحلیل، مشخص گردید که هیچ یک از زیرحوضه‌های خزر در ماه می روند معناداری نداشته‌اند و بالاترین روند در ماههای ژوئیه

و اوت مشاهده گردید، بطوری که در هر یک از این دو ماه شش زیرحوضه دارای روند بوده است. زیرحوضه‌های شماره‌ی ۴ و ۵ که هر دو در جنوب شرق دریای خزر واقع‌اند در نیمی از سال دارای روند بوده‌اند که عمدتاً دوره‌ی گرم سال را در بر می‌گیرد و روند هر دو در پنج ماه آوریل، ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر همزمان بوده است. زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۵ که در جنوب غرب حوضه‌ی خزر واقع است، در پنج ماه روند داشته که حداقل چهار ماه آن به صورت متوالی از سپتامبر تا دسامبر بوده است در زیرحوضه‌های شماره‌ی ۹، ۱۶، ۱۷، ۲۰ و ۲۱ روندی مشاهده نگردید (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

با اعمال تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بر روی ماتریس شاخص بارش استاندارد، مشخص شد که ۲۳ زیرحوضه‌ی خزر در ۴ گروه با هم خوشه می‌شوند که نشان‌دهنده ناهمگنی درونی این حوضه است. عواملی که باعث تفکیک مکانی این حوضه گردیده عبارتند از: توپوگرافی اعم از میزان ارتفاع از سطح دریا، نوع و جهت ناهمواری‌ها، نوع پوشش گیاهی (جنگلی، مرتعی)، دوری یا نزدیکی به دریا، چگونگی برخورداری از تأثیر دریای خزر، منشأ بارش، نوع بارش، مقدار بارش، رژیم بارش، وجود مکانیسم‌های متنوع بارش اعم از همرفتی (معمولی، وزشی، دامنه‌ای)، چرخندی، موج کوتاه و... که همگی در زمان و مکان بروز خشکسالی مؤثر افتاده و جلوه‌گاه و محل بروز تمامی این تفاوت‌ها در شاخص خشکسالی آشکار گردیده است. به لحاظ زمانی نیز رخداد خشکسالی در تمامی پهنه‌ی حوضه‌ی خزر همزمان به‌وقوع نپیوسته است به‌طوری که قلمرو ساحلی جنوب غربی و قلمرو شمال غرب در دهه‌ی ۷۰ دوره‌ی خشکسالی نسبتاً مداومی را تجربه کرده‌اند در حالی که زیرحوضه‌های قلمرو ساحلی جنوب شرقی و زیرحوضه‌های قلمرو حاشیه‌ای در دهه‌ی ۶۰ دوره‌ی خشکسالی نسبتاً مستمری را سپری نموده‌اند که نشان‌دهنده‌ی این است که در حوضه‌ی خزر مکانیسم‌های متعددی در ایجاد بارش مؤثر هستند که تضعیف هر یک از این مکانیسم‌ها، بروز خشکسالی را در منطقه تحت تأثیر آن، پدیدار می‌سازد.

از نظر شدت و تداوم خشکسالی نیز قلمرو حاشیه‌ای با متوسط ۳۵۴ ماه شاخص منفی، بیشترین و قلمرو ساحلی جنوب غربی با متوسط ۳۳۶ ماه شاخص منفی، کمترین مقدار خشکسالی را تجربه کرده‌اند.

ماه می از کمترین خطر وقوع خشکسالی برخوردار بوده است زیرا انجام آزمون ناپارامتری مان - کندال، نشان داد که هیچ زیرحوضه‌ای در این ماه روند معناداری نداشته است. بالاترین روند در ماههای گرم تابستانی ژوئیه و اوت در ۶ زیرحوضه حادث شده است. از سوی دیگر زیرحوضه‌های شماره ۴ و ۵ در شش ماه و زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۱۵ در پنج ماه بیشترین روند یا به عبارت دیگر بیشترین خطر خشکسالی را در بین سایر زیرحوضه‌ها داشته‌اند. شاخص بارش استاندارد زیرحوضه‌های شماره ۹، ۱۶، ۱۷، ۲۰ و ۲۱ بدون روند بوده است که نشان‌دهنده‌ی پایین بودن خطر وقوع خشکسالی نسبت به سایر زیرحوضه‌ها است.

بالاترین اطمینان به حدوث بارش مربوط به ماههای ژانویه، می و دسامبر است، زیرا بر اساس آزمون رگرسیون خطی، در سطح اطمینان ۰/۹۵، روند معناداری نداشته‌اند. روند افزایشی بارش بیشتر در ماههای فوریه و ژوئیه وجود داشته در حالی که روند کاهش‌ی عمدتاً در ماههای مارس و سپتامبر بوده است. از آنجا که زیرحوضه‌های ۷، ۲، ۱، ۸، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ روند معناداری نداشتند بنابراین از نوسان کمتری نیز در بارش ماهانه برخوردار بوده‌اند.

بیشترین روند بارش و شاخص خشکسالی مربوط به زیرحوضه‌های شماره ۴، ۵ و ۱۵ بوده است که به نظر می‌رسد در بین سایر زیرحوضه از حساسیت بیشتری برخوردار هستند.

منابع و مآخذ

- ۱- ثنائی‌نژاد، سیدحسین؛ انصاری، حسین؛ داوری، کامران و مرید، سعید (۱۳۸۲). پایش و ارزیابی شدت دوره‌های خشک مشهد در مقیاس‌های زمانی متفاوت، با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش، مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۷. شماره ۲.
- ۲- خلیلی، علی و بذرافشان، جواد (۱۳۸۳). تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، مجله بیابان. جلد ۹. شماره ۱.
- ۳- رحیمی‌بندرآبادی، سیما و مهدیان، محمدحسین، (۱۳۸۴). بررسی روش‌های توزیع مکانی بارندگی روزانه و ماهانه در حوضه‌ی خزر، پژوهش و سازندگی. شماره ۶۹.
- ۴- رضیئی، طیب؛ دانش‌کارآراسته، پیمان و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۶). بررسی الگوی زمانی و مکانی خشکسالی‌های هواشناسی در استان سیستان و بلوچستان، مجله علمی کشاورزی. جلد ۳۰. شماره ۱.
- ۵- زاهدی، مجید؛ ساری‌صراف، بهروز و جامعی، جاوید (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی و مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰.
- ۶- شیرغلامی، هادی و قهرمان، بیژن (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره ۱ اول.
- ۷- صداقت، محمود (۱۳۷۶). منابع و مسایل آب ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۸- علیجانی، بهلول و قویدل‌رحیمی، یوسف (۱۳۸۴). مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی، جغرافیا و توسعه. شماره ۶.
- ۹- فاتحی‌مرج، احمد؛ برهانی‌داریان، علیرضا و مهدیان، محمدحسین (۱۳۸۵). پیش‌بینی بارش فصلی با استفاده از پیوند دور: مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی ارومیه، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم. شماره ۱ سوم (الف).
- ۱۰- کاویانی، محمدرضا و عساکره حسین (۱۳۸۴). بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد هجدهم. شماره ۱.
- ۱۱- لشنی‌زند، مهران (۱۳۸۳). بررسی شدت و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب کشور، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی). جلد شانزدهم. شماره ۱.
- ۱۲- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۳). روند بارش در نیم سده‌ی گذشته، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه فردوسی مشهد. ویژه نامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای.
- ۱۳- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته، جغرافیا و توسعه. شماره ۳.

- ۱۴- مقدسی، مهنوش؛ پایمرد، شهلا و مرید، سعید (۱۳۸۴). پایش مکانی خشکسالی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰-۱۳۷۹ استان تهران. فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۹. شماره ۱.
- ۱۵- موحدی، سعید؛ کاویانی، محمدرضا و مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۴). تغییرات زمانی و مکانی دمای مارون. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. علوم انسانی. شماره ۱۸.
- 16- Agnew, C. T, (2000), Using SPI to identify drought Network News, 12, 6-11.
- 17- Brunetti, M. and L. Buffoni, M. Maugeri, T. Nanni (2000), Trends of minimum and maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996, *Theor. Appl. Climatol*
- 18- Chung, Y.S. and M.B. Yoon (2000), Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea, *Theor. Appl. Climatol*.
- 19- Huth, R. and L. Pokorna, (2004), Parametric versus non-parametric estimates of climatic trends, *Theor. Appl. Climatol*.
- 20- Kutiel. H. and P. Maheras, (1998), Variations in the temperature regime across the Mediterranean during the last century and their relationship with circulation indices, *Theor. Appl. Climatol*.
- 21- Maugeri, M. and T. Nanni (1998), Surface Air Temperature variations in Italy: Recent Trends and an update to 1993, *Theor. Appl. Climatol*.
- 22- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993), Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc.
- 23- Razi, T., Daneshkar Arasteh, D., and Saghfian, B., (2005). Annual Rainfall Trend in Arid and semi-arid Regions of Iran. ICID 21st European Regional conference 2005-15-19 May 2005-Frankfurt (order) and Slubice-Germany and Poland.
- 24- Stafford, J. M. and G. Wendler, J. Curtis (2000), Temperature and Precipitation of Alaska: 50 Year trend analysis, *Theor Appl. Climatol*.
- 25- Turkes, M. and U.M. Sumer (2004), Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of turkey, *Theor. Appl. Climatol*.
- 26- Yue, S. and M. Hashino, (2003), Temperature trends in Japan: 1900-1996, *Theor. Appl. Climatol*.