

## بررسی خشکسالی در نیمه جنوبی استان گلستان با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها و GIS

ام البنی محمدرضاپور<sup>۱</sup>، میثم امیری<sup>۲</sup>، محبوبه ابراهیمی<sup>۳</sup>، امین امینی راکان<sup>۴</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۷

### چکیده:

بی‌تردید شناخت و درک هر چه بیشتر پدیده خشکسالی و الگوی توزیع جغرافیایی آن منجر به مدیریت بهتر و مناسب‌تر تغییرات به وجود آمده و در نهایت کاهش اثرات ناشی از آن خواهد گشت. در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی (منطقه بندی) خشکسالی نیمه جنوبی استان گلستان از شاخص خشکسالی بارش استاندارد (SPI<sup>۵</sup>) و روش تجزیه به عامل‌ها (PC) استفاده شده است. برای این منظور از داده‌های بارندگی ماهانه ۱۶ ایستگاه هواشناسی با پراکنش مناسب در منطقه طی یک دوره ۴۳ ساله از سال ۱۳۵۰-۹۳ استفاده شد. شاخص بارش استاندارد، برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب در دو مقیاس ۳ و ۱۲ ماهه محاسبه گردید. تجزیه به عامل‌های مربوط به داده‌های SPI برای پهنه‌بندی منطقه از نظر خشکسالی با استفاده از آنالیز اجزای اصلی صورت گرفت. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این شاخص در مقیاس سه‌ماهه و دوازده‌ماهه نشان داد که تعداد ۶ عامل ویژه بزرگ‌تر از یک برای مقیاس سه‌ماهه و ۷ عامل ویژه برای مقیاس دوازده‌ماهه وجود دارد که بیش از ۷۲ و ۵۸ درصد از واریانس کل را در مجموع برای شاخص ۳ و ۱۲ ماهه توجیه می‌کند. جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو روش KMO و روش کرویت-بارتلت استفاده شد، که نتایج این آزمون‌ها نشان داد، تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مدل در منطقه مورد مطالعه مناسب است. در نهایت بررسی‌ها نشان داد پس از چرخش SPI در مقیاس سه‌ماهه و دوازده‌ماهه با روش واریامکس نرمالیزه با توجه به ضرایب عامل‌ها، استان گلستان به ۶ ناحیه متمایز از نظر شاخص ۳ ماهه و ۷ ناحیه از نظر شاخص ۱۲ ماهه تفکیک شده است که می‌توان در اتخاذ تصمیمات مدیریتی مشترک و بهنگام از لحاظ موضوع خشکسالی و کاهش عواقب ناشی از آن با شناخت بیشتر در مورد نحوی پراکنش این پدیده در سطح استان مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مؤلفه اصلی، خشکسالی، شاخص بارش استاندارد

<sup>۱</sup> - دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۰۹۳۸۱۱۴۵۴۳۸ . nmohammadrezapour@yahoo.com (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> - عضو هیئت علمی دانشگاه زابل - پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، گروه پژوهشی مدیریت منابع آب Meysam.Amiri@uoz.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران.

<sup>۴</sup> داز شجوی سابق کار شنا سی ار شد مهند سی منابع آب، داز شکده آب و خاک - گروه مهند سی آب، داز شگاه زابل

amin.amini.rakan@gmail.com

Standardized Percipitation Index<sup>۵</sup>

## مقدمه

طراحی شده است. این شاخص به دلیل کم بودن داده‌های مورد نیاز، سادگی در محاسبه و تفسیر آسان نتایج مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. از جمله می‌توان به تحقیقات (Seiler et al., 2002; Lana et al., 2002; Min et al., 2003; Domonkos et al., 2003; Wu et al., 2001; Lloyd-Hughes et al., 2002; Mathieu et al., 2003; Pandey et al., 2008; Razieiet al., 2009; Fischer et al., 2013) که از شاخص SPI برای تجزیه و تحلیل خشکسالی هواشناسی در مطالعات خود استفاده نمودند اشاره کرد. همچنین بررسی تحقیقات داخل کشور نیز نشان از کارایی مناسب شاخص SPI در تشخیص دوره‌های خشکسالی در مناطق مختلف بوده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به مرادی و همکاران (۱۳۸۸)، بذرافشان و همکاران (۱۳۹۰)، سلیمانی مهرابی (۱۳۹۱)، تبورزاده و همکاران (۱۳۹۲)، ساردو و همکاران (۱۳۹۳)، بذرافشان و همکاران (۱۳۹۴)، بذرافشان و همکاران (۱۳۹۵)، نادری و همکاران (۱۳۹۴) الف و ب) و قبادی و همکاران (۱۳۹۶) اشاره کرد. استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور ایران محسوب می‌گردد. وقوع خشکسالی‌های دهه اخیر در استان گلستان و همچنین وجود مناطق خشک در آن (امتداد بیابان‌های ترکمن صحرا) ضرورت پایش خشکسالی در این استان را نشان می‌دهد؛ بنابراین، برای بررسی و تحلیل مکانی خشکسالی و شناخت استعداد نواحی مختلف از نظر خشکسالی امری ضروری می‌باشد. لذا هدف از انجام این تحقیق، پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی نیمه جنوبی استان گلستان با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها می‌باشد. برای این منظور ارزیابی خشکسالی‌های هواشناسی به وقوع پیوسته در استان گلستان با استفاده از شاخص خشکسالی SPI در مقیاس‌های سه و دوازده‌ماهه برای یک دوره ۴۳ ساله ۱۶ ایستگاه هواشناسی از سال ۹۳-۱۳۵۰ انجام گرفت

یکی از بلاهای طبیعی و جدایی‌ناپذیر هر سرزمین خشکسالی می‌باشد (Wilhite et al., 2005). زمانی فاجعه بودن خشکسالی بیشتر نمایان می‌شود که تقاضای آب از سوی جوامع بشری و زیست‌محیطی در امتداد خشکسالی افزایش یابد (Lloyd-Hughes et al., 2007 and Tsakiris et al., 2002). سرزمین ایران بر روی کمربند خشک جهان واقع است و علی‌رغم کم‌آبی، پیوسته در معرض نوسانات و بی‌نظمی‌های رژیم بارش نیز قرار گرفته است و این موضوع مشکلات و معضلات متعددی را برای مدیریت منابع آبی کشور فراهم آورده است. این بی‌نظمی و ناهماهنگی در مقدار و رژیم بارش باعث تبلور خشکسالی می‌شود. خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی است که با دیگر بلاهای طبیعی مانند سیل، زلزله، طوفان و غیره متفاوت است، چرا که اولین تفاوت این است که خشکسالی به‌کندی شروع می‌شود و تأثیرات آن به‌تدریج در زمان و مکان گسترش می‌یابد و دیگر اینکه اثرات نامطلوب این پدیده در بخش‌های مختلف مانند منابع آب، کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و غیره ظاهر می‌شود و علاوه بر خود منطقه، سایر نواحی اطراف را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و سوم، از آنجا که خشکسالی پدیده‌ای خزنده است در نتیجه زمان شروع و پایان آن دقیق قابل پیش‌بینی نیست. از مشخصات مهم خشکسالی می‌توان به کمبود بارندگی، میانگین بالای دما، کاهش رطوبت خاک و کمبود آب‌های سطحی و زیرسطحی اشاره کرد. (Tsakiris et al., 2007). خشکسالی را می‌توان از چهار دیدگاه متفاوت بررسی کرد. خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اجتماعی-اقتصادی. خشکسالی هواشناسی زمانی رخ می‌دهد که مقدار بارندگی در یک دوره معین از میانگین درازمدت آن کمتر باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی باعث به وجود آمدن خشکسالی هیدرولوژیکی و کشاورزی می‌شود. (Yildiz, 2009). برای شناخت، پیشگیری و یا کاهش خسارات ناشی از پدیده خشکسالی، از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. شاخص SPI برای تشخیص کمبود میزان بارندگی در مقیاس‌های زمانی مختلف

## مواد و روش‌ها

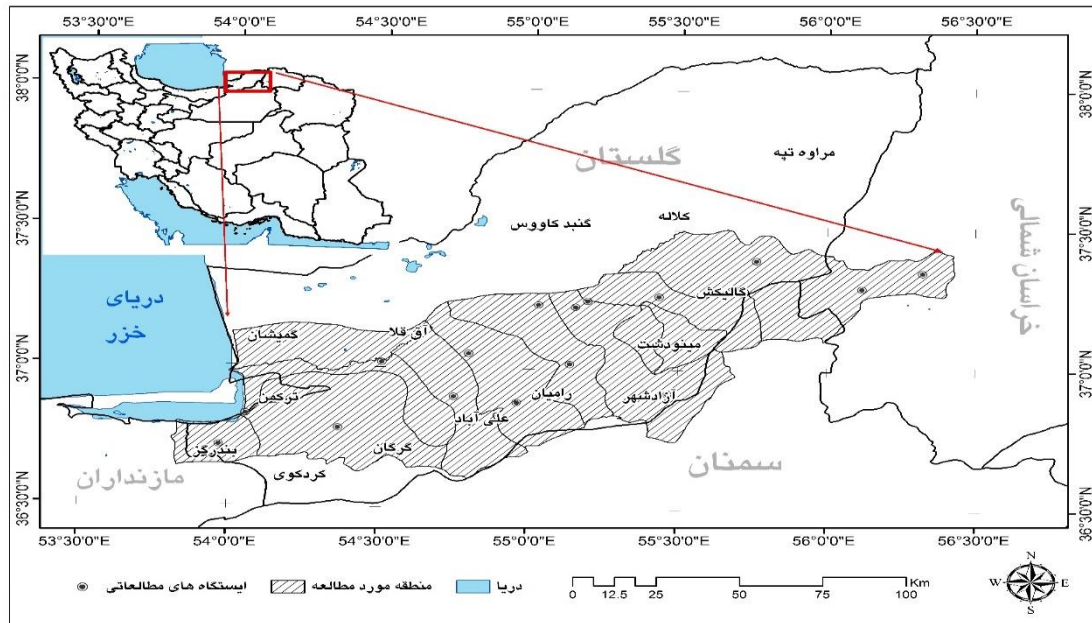
### منطقه مورد مطالعه

استان گلستان در بخشی از حوضه آبریز دریای خزر واقع شده است. در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶,۳۰ تا ۳۸,۱۵ عرض شمالی قرار دارد. این استان با وسعت ۲۰۴۶۰/۷ کیلومترمربع، ۱/۳۳ درصد از کل کشور را به خود اختصاص داده است. آب‌وهوای استان تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاعات، امتداد رشته‌کوه‌های البرز، فاصله از دریا و بیابان ترکمنستان، توده‌های هوایی (توده‌های شمالی، توده‌های غربی) و پوشش جنگلی از تنوع زیادی برخوردار بوده و شامل آب‌وهوای کوهستانی، معتدل، خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. این استان به دلیل جایگاه جغرافیایی ویژه خود از آب‌وهوای گوناگونی برخوردار است. بخشی از رشته کوه البرز شرقی از غرب به سوی شرق استان کشیده شده که گرایش زیادی به سوی شمال شرقی دارد و رفته‌رفته از بلندی کوه‌های آن کاسته می‌شود. بخش زیادی از پهنه استان گلستان به صورت جلگه است. در بخش جلگه‌ای دو گونه آب‌وهوا دیده می‌شود. بیش از ۷۵ درصد این جلگه آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک دارد که هر چه به سوی شمال و مرز ترکمنستان نزدیک می‌شویم بر خشکی آن افزوده می‌شود. ۲۵ درصد دیگر، که مانند نواری سبز بین بخش

کوهستانی در جنوب و بخش خشک و نیمه‌خشک در شمال جای گرفته‌است، آب‌وهوای معتدلی دارد و از نظر کشاورزی بسیار پربازده است. دو توده‌ها در تعیین آب‌وهوای استان نقش مهمی دارند. توده شمالی از سبیری به استان وارد می‌شود و طی پاییز و زمستان با ریزش برف در بلندی‌های جنوبی و باران در کوه‌پایه‌ها و نوار معتدل میانی همراه می‌شود. توده دیگر، توده غربی از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه سرچشمه می‌گیرد و در زمستان به بارندگی و در تابستان به افزایش رطوبت و شرجی شدن هوای استان می‌انجامد؛ بنابراین، بیش‌ترین بارندگی در ماه‌های زمستان و کم‌ترین آن در ماه‌های تابستان دیده می‌شود. با این‌همه، نیمه شمالی استان، بخش نیمه‌خشک و خشک، از کم‌ترین بارندگی بهره‌مند است و به دلیل تبخیر زیاد آب، زمین‌های شور و کم‌بازده نیز بسیار دارد.

### داده‌ها

داده‌های روزانه بارندگی ۱۶ ایستگاه در محدوده مورد مطالعه (۱۴ ایستگاه از استان گلستان و ۲ ایستگاه از استان خراسان شمالی) برای یک دوره ۴۳ ساله از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۳ جمع‌آوری شده است. مشخصات منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

متغیر تصادفی نرمال استاندارد هم احتمال با احتمال مذکور که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است، محاسبه می‌گردد.

شاخص بارش استاندارد بر اساس بارش تجمعی ( $R_{ik}$ ) برای دوره مبنای ( $k$ ) مربوط به ( $i$ ) سال هیدرولوژیکی به صورت رابطه زیر بدست می‌آید. رابطه

$$SPI_{ik} = \frac{R_{ik} - \bar{R}_k}{S_k} \quad (1)$$

$S_k$  و  $\bar{R}_k$

به ترتیب میانگین ارتفاع بارش تجمعی و انحراف معیار ارتفاع بارش برای دوره مبنای ( $k$ ) می‌باشد.

#### تحلیل عاملی و آنالیز اجزای اصلی:

تحلیل عاملی به‌عنوان یک تکنیک کاهش‌دهنده داده‌ها می‌باشد زیرا تعداد زیادی از متغیرهای دارای همپوشانی را به مجموعه کوچک‌تری از عوامل کاهش می‌دهد. مراحل زیر را برای انجام تجزیه عاملی می‌بایست منظور کرد:

۱. استاندارد کردن داده‌ها: در استاندارد کردن داده‌ها، اعداد هر کمیت چنان تغییر می‌کند که دارای میانگین صفر و واریانس یک باشد.

#### شاخص بارش استاندارد (Standardized ) SPI (Precipitation Index)

این شاخص توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) طراحی گردید تا کمبود بارش را برای چندین مقیاس زمانی به صورت کمی و عددی در آورد. این شاخص به دو صورت کوتاه مدت (۳، ۶ و ۹ ماهه) و بلندمدت (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) محاسبه شده است. شاخص SPI کوتاه‌مدت شرایط رطوبت کوتاه‌مدت را منعکس و برآورد فصلی از بارندگی را مشخص می‌نماید. SPI دوره‌های طولانی‌مدت، خشکسالی را بهتر منعکس کرده و مقادیر آن در این مقیاس زمانی با سیل‌ها، سطح آب در سدها و منابع آب زیرزمینی مرتبط می‌شوند (Mckee *et al.*, 1993).

اساس این شاخص بر محاسبه‌ی احتمال وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است. شاخص SPI از داده‌های بارش ماهانه برای تشخیص کمبود میزان بارندگی در مقیاس زمانی چندگانه (۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) استفاده می‌کند. اولین گام در محاسبه SPI برآزش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک ایستگاه مشخص است (Mckee *et al.*, 1993). پس از محاسبه‌ی احتمال تجمعی کل، مقدار

نامناسب نشان می‌دهد. (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹).

در تحقیق حاضر جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو روش KMO و روش بارتلت استفاده شده است. مقدار KMO همواره بین صفر و ۱ در نوسان است در صورتی که KMO کمتر از ۰/۵ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد داده‌ها متوسط بوده و اگر مقدار این شاخص، بزرگ‌تر از ۰/۷ باشد، همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. در آزمون بارتلت، این فرضیه را که ماتریس همبستگی مشاهده شده متعلق به جامعه‌ای با متغیرهای ناهمبسته است (فرض H1) می‌آزماید.

همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد هدف تحلیل عاملی خلاصه کردن متغیرها در تعدادی عامل است. در نتیجه باید روش استخراج عامل‌ها و معیار تعیین آن‌ها مشخص شود. در اینجا از روش استخراج عاملی مؤلفه‌های اصلی ( $PC^2$ ) استفاده شده است.

### نتایج و بحث

#### شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه‌ماهه (SPI)

(3)

شکل (۲) نمودار صخره‌ای حاصل از تجزیه عاملی مقادیر شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه‌ماهه (SPI) (3) ایستگاه‌های استان گلستان را نشان می‌دهد، به طوری که از این نمودار می‌توان استنباط کرد ۶ عامل اول بخش مهمی از واریانس کل داده‌های ۱۶ ایستگاه را توجیه کرده است.

به این صورت وزن اعداد با هر واحدی ثابت می‌شود و تأثیر اصلی و اساسی خود را در محاسبات خواهد داشت. (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷)

۲. تعیین ماتریس وزنی عاملی: روش‌های مختلفی برای برآورد ماتریس وزنی عاملی و واریانس‌های عاملی وجود دارد. دو روش عمده آن برآورد درستمایی ماکزیمم و تحلیل عامل اصلی می‌باشد.

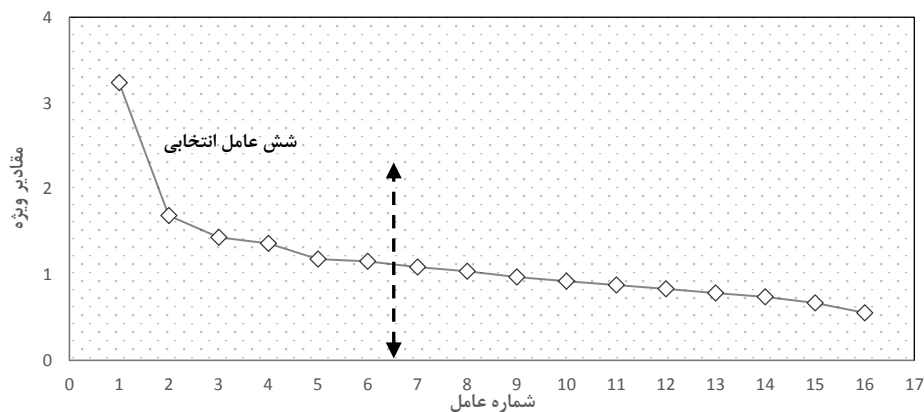
۳. انتخاب تعداد عامل‌ها: تعیین تعداد عامل‌ها به فرد محقق و ماهیت داده‌ها بستگی دارد. روش تقریبی عبارتست از اینکه تعداد عامل‌ها برابر تعداد مقادیر ویژه و بزرگ‌تر از یک در نظر گرفته شود (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹).

۴. دوران عامل‌ها: روش‌های مختلفی برای دوران عامل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به واریامکس، کوارتیمکس و اکواماکس اشاره نمود. عمومی‌ترین روش دوران عامل‌ها روش واریامکس می‌باشد که تغییرات مربعات عناصر ستونی برآورد ماتریس وزن‌های عاملی را ماکزیمم سازد (Zaidman, 2003).

۵. امتیازات عاملی: بعد از یافتن الگوی مناسب تجزیه عاملی، می‌توان امتیازات عاملی هر موضوع را برآورد کرد. برای بررسی نتایج تجزیه به عامل‌ها، از آماره<sup>۱</sup> KMO استفاده می‌شود، که مقادیر بزرگ آن، نشان‌دهنده صحت مدل می‌باشد. مقادیر حدود ۰/۸ این ضریب نتیجه تجزیه به عامل بسیار مناسب، مقدار ۰/۷ مناسب، ۰/۶ متعادل، ۰/۵ متوسط و کوچک‌تر از ۰/۵ نتیجه تجزیه به عامل را

<sup>2</sup> Principle Component

<sup>1</sup>Kaiser- Meyer- Oklin



شکل ۲: نمودار صخره‌ای حاصل از تجزیه به عامل‌های مقادیر SPI سه‌ماهه در استان گلستان

جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو روش KMO و روش کرویت - بارتلت استفاده شد که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است.

با توجه به نمودار موجود در شکل (۲) مشاهده می‌شود. عامل اول دارای مقادیر بزرگ‌تر از یک هستند. به عبارت دیگر ۶ عامل اول بر اساس معیار دارا بودن مقدار ویژه بزرگ‌تر از واحد به عنوان عامل‌های مهم تشخیص داده شده‌اند؛ و سایر عوامل به دلیل پایین بودن مقادیر ویژه، واریانس ناچیزی از داده‌ها را توجیه می‌کند و بنابراین از عامل ۷ به بعد در این مطالعه حذف شده‌اند.

جدول ۱: آماره KMO و آزمون کرویت - بارتلت

	KMO
۰/۷۵۴	
۱۱۱۸	کای اسکور
۱۲۰	درجه آزادی
۰/۰۰۰	سطح معنی‌داری

آزمون کرویت - بارتلت

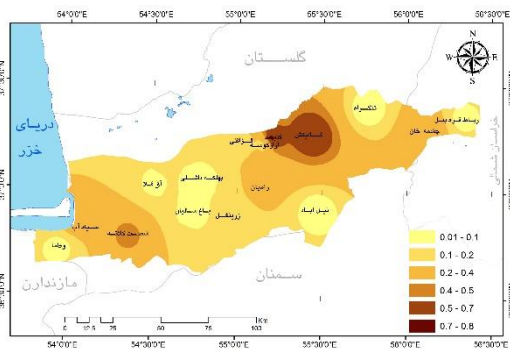
همان‌طور که از جدول (۱) مشخص است، نتایج آزمون کرویت - بارتلت معنی‌دار است و بین متغیرها همبستگی مناسبی وجود دارد و این به این معنی می‌باشد که تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مدل مناسب است. در ادامه در جدول (۲) نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌های مقادیر شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه‌ماهه (SPI3) ایستگاه‌های مورد مطالعه استان گلستان نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌های مقادیر SPI سه‌ماهه ایستگاه‌های مورد مطالعه استان گلستان (۱۳۹۳-۱۳۶۳)

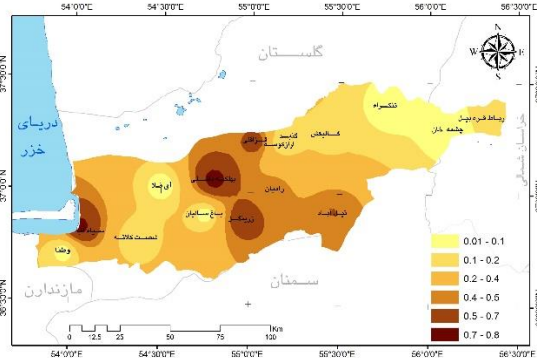
شماره عامل	قبل از چرخش			بعد از چرخش		
	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۲۰۳	۲۰/۰۱۶	۲۰/۰۱۶	۲/۵۲۷	۱۵/۷۹۱	۱۵/۷۹۱
۲	۱/۵۶۱	۹/۷۵۸	۲۹/۷۷۵	۱/۶۸۸	۱۰/۵۵۲	۲۶/۳۴۴
۳	۱/۲۸۷	۸/۰۴۵	۳۷/۸۲	۱/۳۹۴	۸/۷۱۵	۳۵/۰۵۹
۴	۱/۲۰۸	۷/۵۴۹	۴۵/۳۶۹	۱/۳۰۹	۸/۱۷۹	۴۳/۲۳۸
۵	۱/۰۲۹	۶/۴۳۲	۵۱/۸۰۱	۱/۱۹۱	۷/۴۴۲	۵۰/۶۸
۶	۱/۰۰۶	۶/۲۸۹	۵۸/۰۹	۱/۱۸۶	۷/۴۱	۵۸/۰۹

پس از تعیین عامل‌های مهم چرخش ضرایب عامل‌ها با روش واریامکس نرمالیزه گردید. هدف از چرخش محورها تغییر مکان محورهاست طوری که پس از چرخش محورها تا حد امکان از مرکز ابر داده‌ها بگذرد. همان‌طور که از جدول (۲) دیده می‌شود، پس از چرخش عامل‌ها با روش واریامکس نرمالیزه مقادیر ویژه و واریانس توجیه شده توسط عامل‌های منتخب تغییر کرده است. به‌عنوان مثال مقادیر ویژه مربوط به عامل‌های اول و دوم قبل از چرخش ۳/۲ و ۱/۵۶ و بعد از چرخش ۲/۵۲ و ۱/۶۸ بوده است. همچنین واریانس توجیه شده برای عامل‌های اول و دوم قبل از چرخش به ترتیب ۲۰ و ۹/۷۵ که بعد از چرخش ۱۵/۷۹، ۱۰/۵۵ تغییر یافتند. ولی مجموع واریانس توجیه شده توسط عامل‌های منتخب بدون تغییر باقی می‌ماند. شکل (۳) محدوده توجیه شده توسط عامل‌های منتخب در روش آنالیز اجزای اصلی بعد از چرخش با روش واریامکس را نشان می‌دهد.

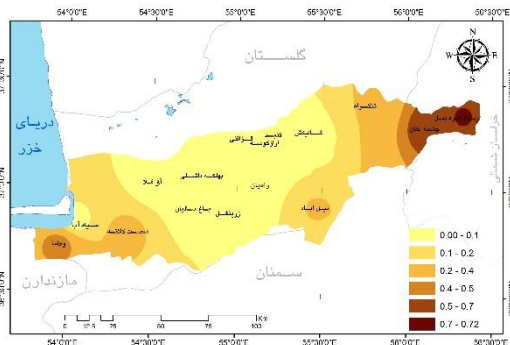
همان‌طور که در جدول (۲) دیده می‌شود مطابق با نمودار شکل (۱)، ۶ عامل اول بخش مهمی از واریانس کل داده‌های ۱۶ ایستگاه را توجیه می‌کند. به عبارت دیگر ۶ عامل اول در مجموع نزدیک به ۵۸ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کند. اولین مؤلفه اساسی استخراج‌شده بیشترین مقدار پراکندگی داده‌ها را در کل مجموعه داده‌ها در نظر می‌گیرد. عامل اول به‌تنهایی نزدیک به بیش از ۲۰ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کند. این امر بدین معنی است که این مؤلفه حداقل با تعدادی از متغیرها (ایستگاه‌ها) همبسته است. دومین مؤلفه استخراج‌شده دارای دو ویژگی مهم است: اول اینکه این مؤلفه بیشترین واریانس مجموعه داده‌ها که توسط مؤلفه اول محاسبه نشده است را در نظر می‌گیرد، یعنی دومین مؤلفه با تعدادی از متغیرهای مشاهده‌شده که همبستگی بالایی با جزء اول ندارند، همبسته است. ویژگی دوم این است که این مؤلفه با مؤلفه اول همبستگی نداد، یعنی همبستگی بین این دو مؤلفه صفر است. سایر مؤلفه‌های استخراج‌شده در این روش نیز دو ویژگی مذکور را دارا می‌باشند.



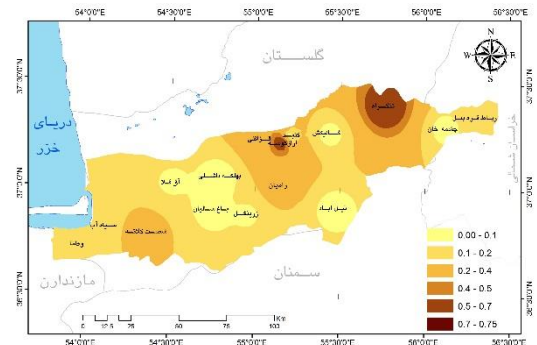
الف- عامل اول



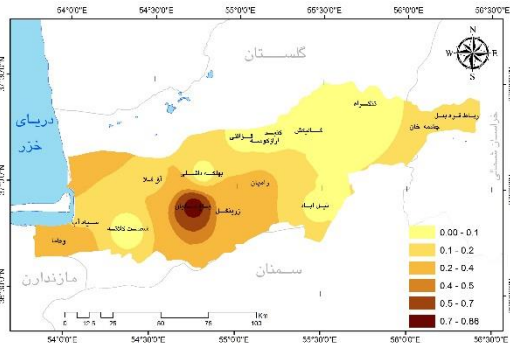
ب- عامل دوم



ج- عامل سوم



د- عامل چهارم



ه- عامل پنجم

ر- عامل ششم

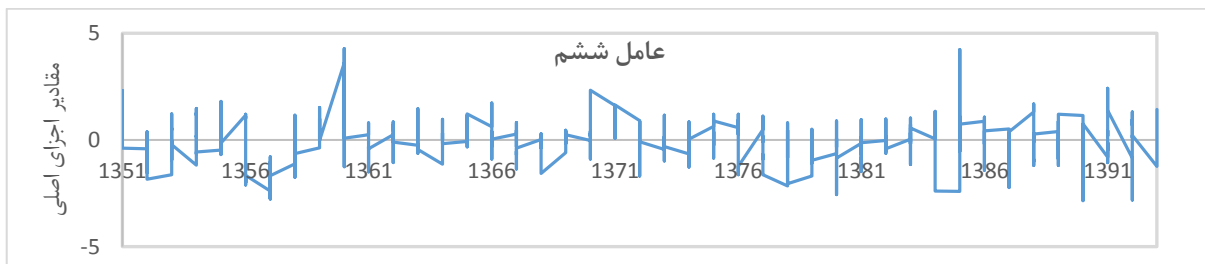
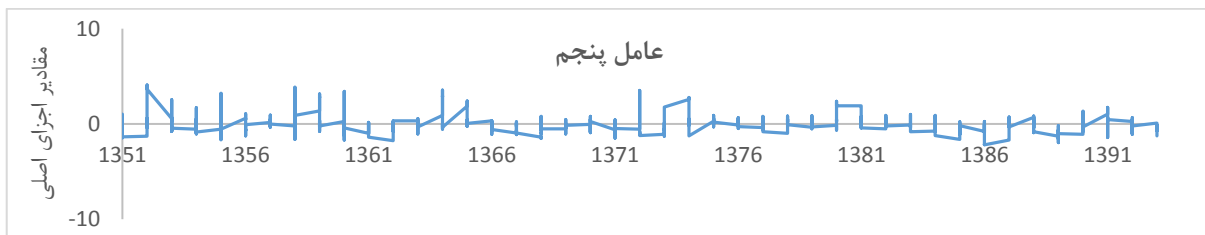
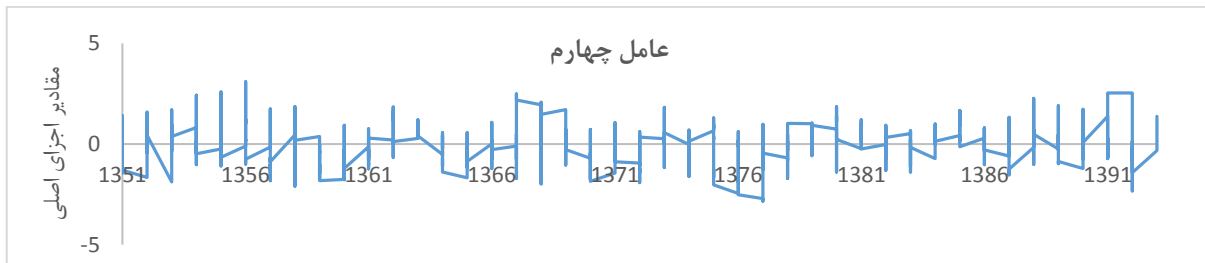
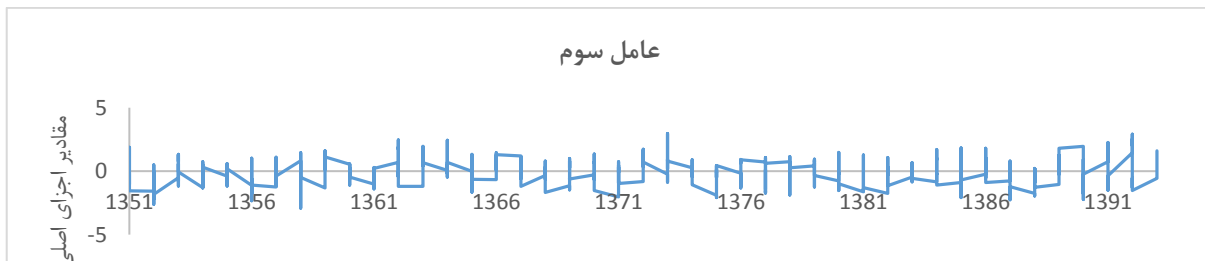
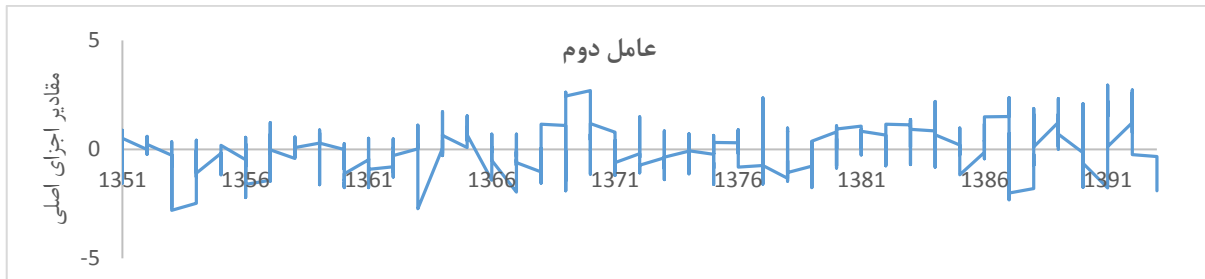
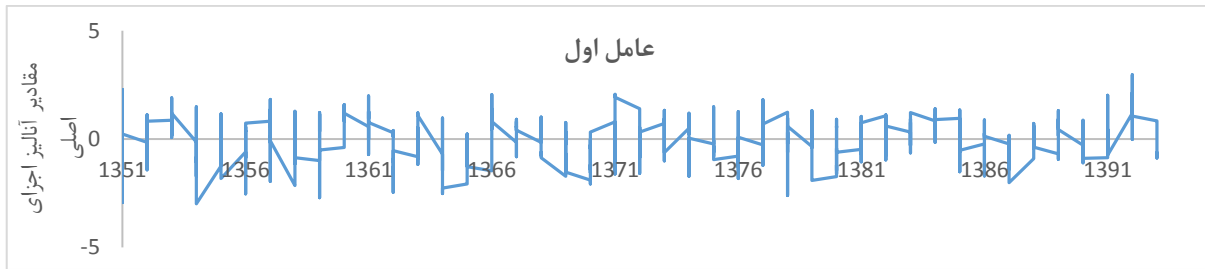
شکل ۳: محدوده توجیه شده توسط عامل‌های منتخب در روش آنالیز اجزای اصلی بعد از چرخش با روش واریامکس برای شاخص خشکسالی SPI سه‌ماهه

توجیه ایستگاه‌ها توسط عامل‌ها، مناطق میانی استان از نظر پراکندگی داده‌های شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه‌ماهه (SPI3) از عامل اول تبعیت می‌کنند. همچنین مناطق شرق استان (شهرهای گنبد و گالیکش) نیز از نظر دوره‌های خشکسالی شبیه هم هستند. همچنین مناطق شمال شرقی استان (مناطق چشمه خان و رباط قره بیل) که هم‌مرز استان خراسان شمالی هستند نیز از نظر دوره‌های خشکسالی مشابه می‌باشند. مناطق تیل‌آباد و آق‌قلا هرچند از نظر جغرافیایی از

از آنجا که در این مطالعه مناطقی که ضریب عامل‌های آن‌ها بیشتر از ۰/۵ است مورد توجه هستند، با توجه به شکل ۲ می‌توان استنباط نمود، بعد از چرخش داده‌ها، عامل اول ایستگاه‌های بهلکه داشلی، قزاقلی، رامیان، سیاه‌آب و زرینگل، عامل دوم ایستگاه‌های گنبد، گالیکش، عامل سوم ایستگاه‌های تنگراه و آرازکوسه، عامل چهارم ایستگاه رباط قره بیل و چشمه خان، عامل پنجم ایستگاه باغ سالیان و عامل ششم ایستگاه‌های آق قلا و تیل‌آباد را توجیه می‌کند. همچنین ایستگاه شصت-کلا توسط هیچ عاملی توجیه نمی‌شود. با تحلیل وضعیت



یکدیگر فاصله دارند ولی از نظر دوره‌های خشکسالی سه‌ماهه در یک طبقه قرار گرفته و شبیه به یکدیگر می‌باشند. همچنین منطقه باغ سالیان نیز متفاوت از همه مناطق دیگر استان می‌باشد. برای نشان دادن هر چه بهتر دوره‌های ترسالی و خشکسالی استان گلستان مقادیر آنالیز اجزای اصلی شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه‌ماهه (SPI3) به صورت دوره‌های زمانی در شکل (۴) نشان داده شده است.

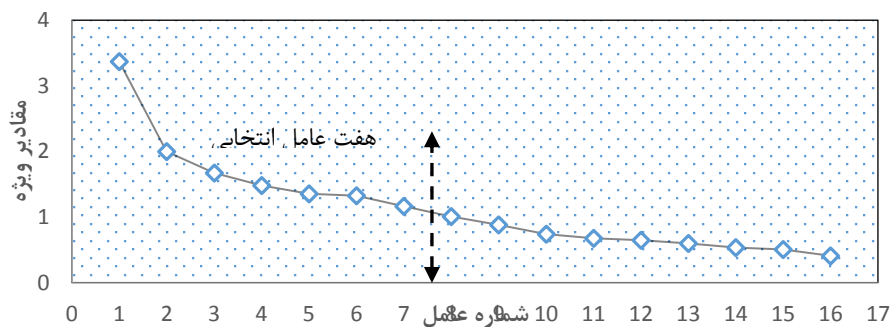


شکل ۴: مقادیر اجزای اصلی SPI سه ماهه استان گلستان

### شاخص بارش استاندارد در مقیاس دوازده‌ماهه (SPI12)

در بررسی شاخص بارش استاندارد در مقیاس دوازده‌ماهه (SPI12) نمودار شکل (۵) که حاصل تجزیه به عامل‌های مقادیر شاخص بارش استاندارد در مقیاس دوازده‌ماهه (SPI12) ایستگاه‌های استان گلستان را نشان داده است. همانند بررسی شاخص بارش استاندارد در مقیاس سه ماه (SPI3)، از نمودار شکل (۵) می‌توان استنباط کرد ۷ عامل اول بخش مهمی از واریانس کل داده‌های ۱۶ ایستگاه برای مقادیر شاخص بارش استاندارد در مقیاس دوازده‌ماهه (SPI12) کرده است.

همان‌طور که از نمودارهای شکل (۴) مشخص است، همه عامل‌ها از دوره‌های خشکسالی برخوردارند ولی شدت دوره‌های خشکسالی در عامل‌های مختلف، متفاوت است. به‌طور مثال عامل پنجم از شدت خشکسالی کمتری نسبت به بقیه عامل‌ها برخوردار بوده در حالیکه عامل اول از شدت خشکسالی بالاتری نسبت به بقیه عامل‌ها برخوردار می‌باشد.



شکل ۵: نمودار صخره‌ای حاصل از تجزیه به عامل‌های مقادیر SPI دوازده‌ماهه در استان گلستان

دو روش KMO و روش کرویت - بارتلت استفاده شد که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است.

با بررسی نمودار شکل (۵) مشاهده می‌شود ۷ عامل اول دارای مقادیر بزرگ‌تر از واحد هستند؛ به عبارت دیگر ۷ عامل اول بر اساس معیار دارا بودن مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک به‌عنوان عامل‌های مهم تشخیص داده شده‌اند؛ و سایر عوامل به دلیل پایین بودن مقادیر ویژه، واریانس ناچیزی از داده‌ها را توجیه می‌کند و بنابراین از عامل ۸ به بعد در این مطالعه حذف شده است.

جهت تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها SPI دوازده‌ماهه برای تحلیل عاملی همانند SPI سه‌ماهه از

جدول ۳: آماره KMO و آزمون کرویت - بارتلت

	۰/۶۱۵	KMO
۱۹۹۸	کای اسکور	آزمون کرویت - بارتلت
۱۲۰	درجه آزادی	
۰/۰۰۰	سطح معنی داری	

در جدول (۴) نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌های مقادیر شاخص بارش استاندارد در مقیاس دوازده‌ماهه (SPI12) ایستگاه‌های مورد مطالعه استان گلستان نشان داده شده است.

با بررسی جدول (۳) مشخص است، نتایج آزمون کرویت - بارتلت معنی‌دار است و بین متغیرها همبستگی مناسبی وجود دارد و این به این معنی می‌باشد که تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مدل مناسب است.

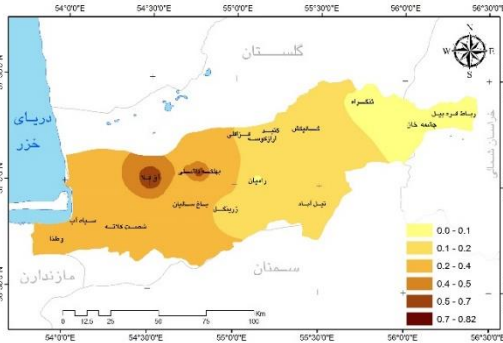
جدول ۴: نتایج حاصل از تجزیه عامل‌های مقادیر SPI دوازده‌ماهه ایستگاه‌های مورد مطالعه استان گلستان (۱۳۹۳-۱۳۶۳)

شماره عامل	قبل از چرخش			بعد از چرخش		
	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۳/۳۳	۲۰/۸۳۴	۲۰/۸۳۴	۲/۵۵۷	۱۵/۹۸۱	۱۵/۹۸۱
۲	۱/۹	۱۱/۸۷۴	۳۲/۷۰۹	۱/۷۲۳	۱۰/۷۷۲	۲۶/۷۵۳
۳	۱/۵۶	۹/۷۵	۴۲/۴۵۹	۱/۵۷۸	۹/۸۶۲	۳۶/۶۱۵
۴	۱/۳۵۷	۸/۴۸۴	۵۰/۹۴۳	۱/۵۵۵	۹/۷۱۸	۴۶/۳۳۳
۵	۱/۲۲۵	۷/۶۵۴	۵۸/۵۹۷	۱/۴۸۱	۹/۲۵۷	۵۵/۵۹
۶	۱/۱۹۲	۷/۴۵	۶۶/۰۴۷	۱/۳۶۲	۸/۵۱۲	۶۴/۱۰۲
۷	۱/۰۳۲	۶/۴۵	۷۲/۴۹۷	۱/۳۴۳	۸/۳۹۶	۷۲/۴۹۷

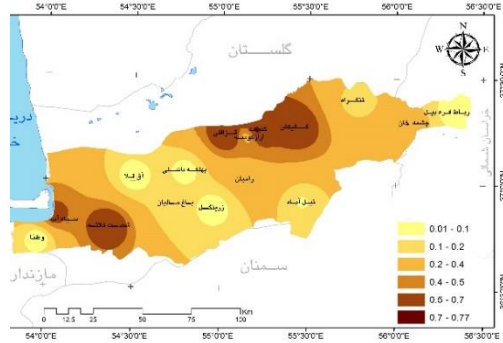
کرده است. به‌عنوان مثال مقدار ویژه مربوط به عامل‌های اول و دوم قبل از چرخش ۳/۳ و ۱/۹ و بعد از چرخش ۲/۵۵ و ۱/۷۲ بوده است. همچنین واریانس توجیه شده برای عامل‌های اول و دوم قبل از چرخش به ترتیب ۲۰/۸۳۴ و ۱۱/۸۷ که بعد از چرخش ۱۵/۹۸، ۱۰/۷۷ تغییر یافتند. ولی مجموع واریانس توجیه شده توسط عامل‌های منتخب بدون تغییر باقی می‌ماند. شکل (۶) محدوده توجیه شده توسط عامل‌های منتخب در روش آنالیز اجزای اصلی بعد از چرخش با روش واریامکس را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از جدول (۴) دیده می‌شود ۷ عامل اول بخش مهمی از واریانس کل داده‌های ۱۶ ایستگاه را توجیه می‌کند؛ به عبارت دیگر ۷ عامل اول در مجموع بیش از ۷۲ درصد واریانس داده‌ها را توجیه می‌کند. اولین مؤلفه اساسی استخراج شده به‌تنهایی نزدیک به بیش از ۲۰ درصد، بیشترین مقدار پراکندگی داده‌ها را در کل مجموعه داده‌ها در نظر می‌گیرد.

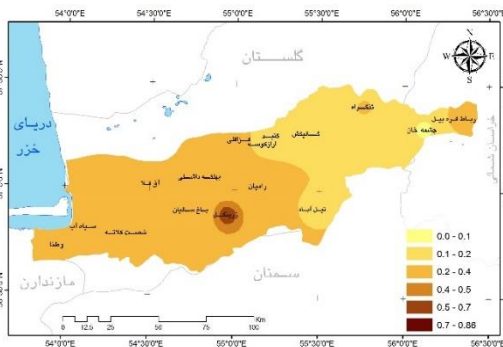
به‌طوری که از جدول (۴) می‌توان استنباط نمود، نتایج چرخش محورها به‌صورت متعامد با روش واریامکس نرمالیز نشان داد که پس از چرخش عامل‌ها مقدار ویژه و واریانس توجیه شده توسط عامل‌های منتخب تغییر



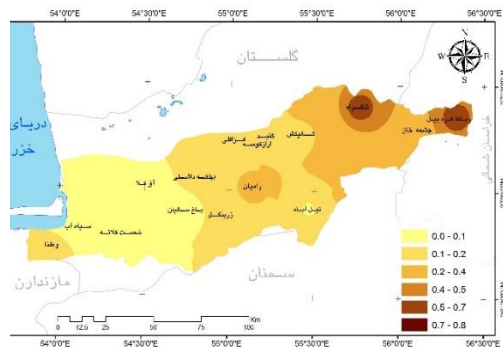
ب- عامل دوم



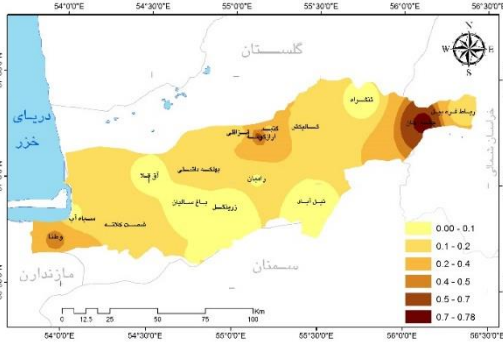
الف- عامل اول



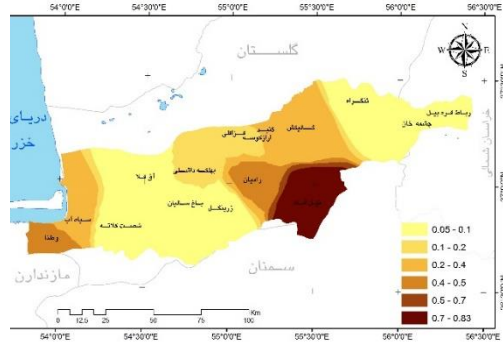
د- عامل چهارم



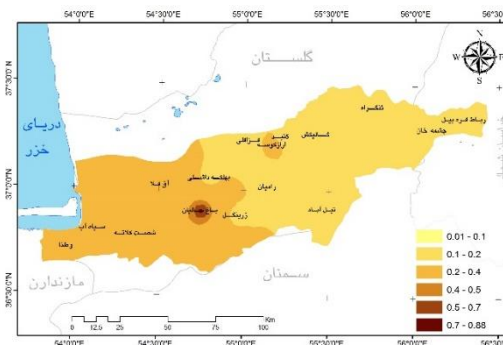
ج- عامل سوم



ر- عامل هشتم



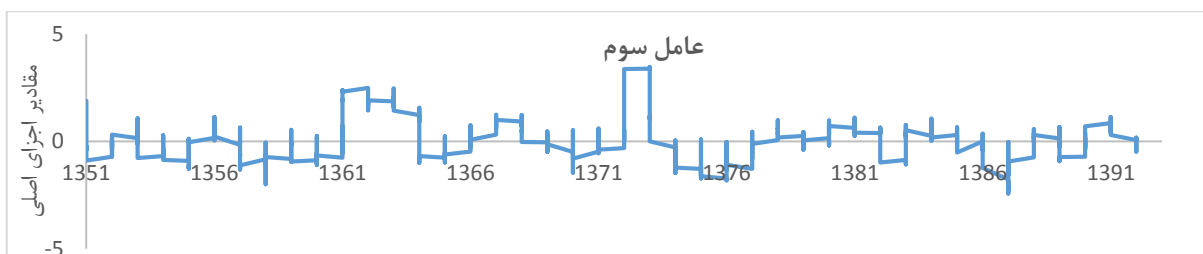
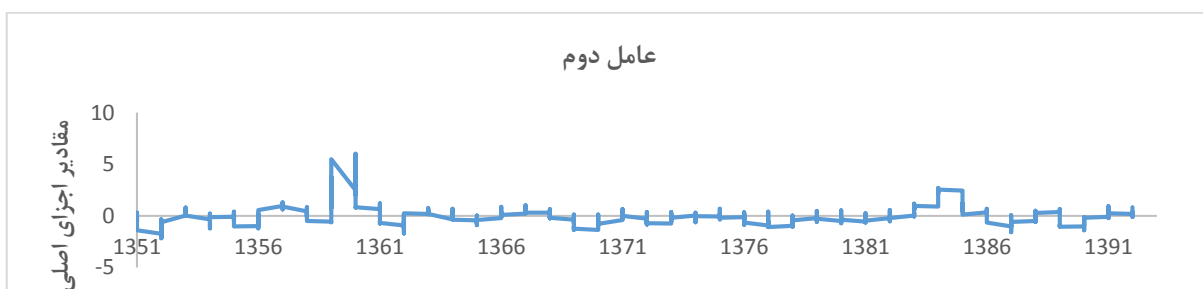
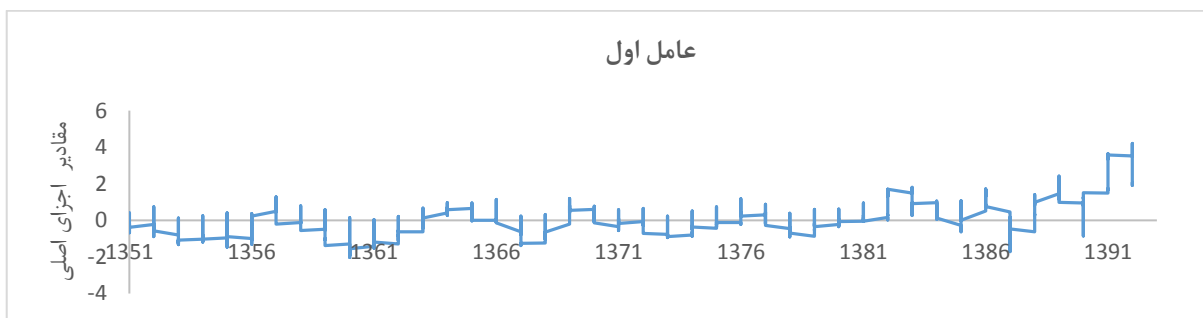
ه- عامل پنجم

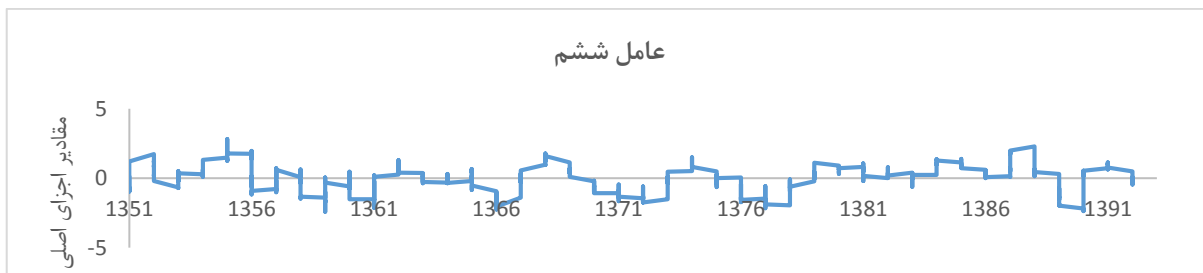
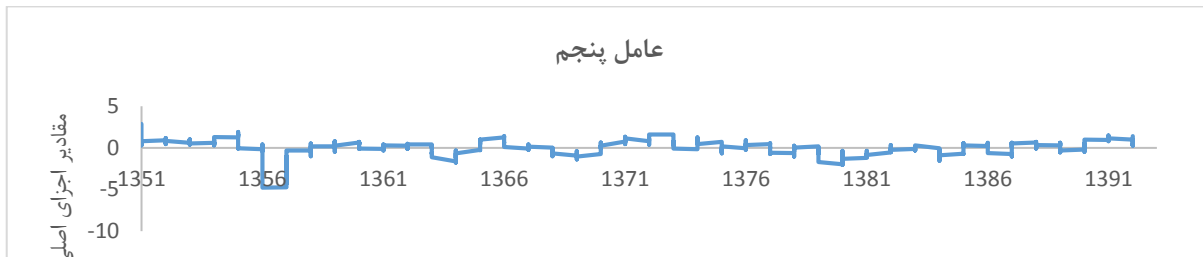
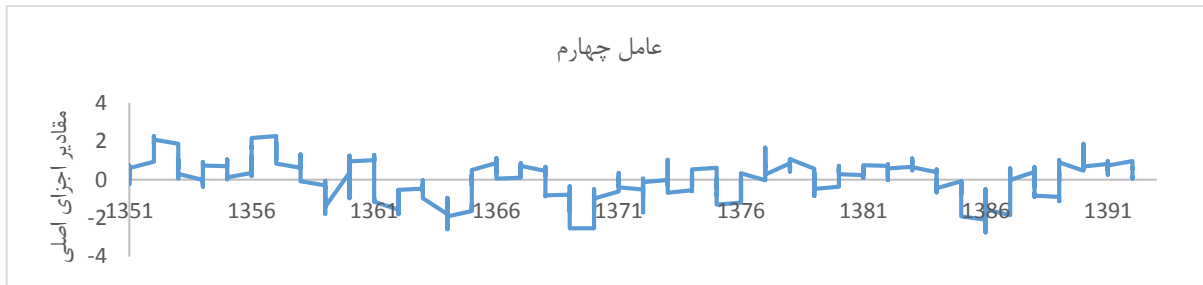


ز- عامل هفتم

شکل ۶: محدوده توجیه شده توسط عامل‌های منتخب در روش آنالیز اجزای اصلی بعد از چرخش با روش واریامکس برای شاخص خشکسالی SPI دوازده‌ماهه

همان‌طور که از شکل (۶) مشخص است، بعد از چرخش داده‌ها عامل اول ایستگاه‌های قزاقلی، سیاه‌آب، شصت کلا، گالیکش و گنبد را توجیه می‌کند. همچنین عامل دوم نیز ایستگاه‌های بهلکه داشلی و آق‌قلا را توجیه می‌کند. عامل سوم نیز ایستگاه‌های رباط قره بیل و تنگراه را توجیه می‌کند. عامل چهارم ایستگاه زرینگل و عامل پنجم ایستگاه تیل‌آباد را توجیه می‌کند. عامل ششم نیز ایستگاه اراز کوسه و چشمه خان و عامل هفتم ایستگاه باغ سالیان را توجیه می‌کنند. ایستگاه‌های رامیان و وطن‌ا توسط هیچ عاملی توجیه نمی‌شوند. نمودار مقادیر اجزای اصلی SPI12 در استان گلستان در نمودارهای شکل (۷) نشان داده شده است.





شکل ۷: مقادیر اجزای اصلی SPI در مقیاس دوازده ماهه استان گلستان

شاخص SPI، بررسی‌هایی با مقیاس‌های سه ماه و دوازده ماه در این استان انجام گردید که در هر یک از این مقیاس‌ها استان گلستان به نواحی مختلف متمایز گردید. در انجام این کار از روش تجزیه به عامل‌ها و روش واریامکس که یک روش چرخش متعامد برای تفکیک بهتر محور عامل‌ها بوده، استفاده شد. نتایج نشان داد، در مقیاس سه‌ماهه تعداد ۶ عامل دارای مقدار ویژه بیش از واحد بودند، بنابراین کل استان به ۶ عامل منتخب به نواحی مشابه از نظر مشخصه‌های خشکسالی تفکیک شد، برای این مقیاس عامل اول ایستگاه‌های بهلکه داشلی، قزاقلی، رامیان، سیاه‌آب و زرینگل، عامل دوم

با توجه به نمودارهای شکل (۷) همه عامل‌ها SPI در مقیاس دوازده‌ماهه، همچون عامل‌های SPI در مقیاس سه‌ماهه از دوره‌های خشکسالی با شدت‌های مختلف برخوردار هستند. به‌طور مثال عامل اول و دوم از دوره‌های خشکسالی طولانی‌تر ولی از شدت کمتری نسبت به عامل‌های پنجم و ششم برخوردارند.

### نتیجه‌گیری

به‌منظور مطالعات خشکسالی، نحوی گسترده‌تری مکانی و درک بهتر آن در استان گلستان به کمک داده‌های بارندگی ۱۶ ایستگاه در خلال سال‌های ۹۳-۱۳۵۰ و

چشمه خان و عامل هفتم ایستگاه باغ سالیان را توجیه می‌کند. ایستگاه‌های رامیان و وطن‌توسط هیچ عاملی در این مقیاس توجیه نمی‌شوند. نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج مطالعات ناظم السادات در سال ۱۳۸۲ که بر روی داده‌های بارندگی ناحیه جنوب مرکزی ایران (استان‌های فارس، بوشهر و کهگیلویه و بویراحمد)، سلطانی در سال ۱۳۸۶ بر روی خشکسالی اصفهان و قربانی اقدام در سال ۱۳۹۱ بر روی حوضه دریاچه ارومیه داشته‌اند از لحاظ تحلیل مؤلفه اصلی مطابقت دارد. در نهایت از جمله کاربردهایی را که می‌توان برای این‌گونه تحقیق‌ها متصور شد این است که تحلیل عاملی شاخص خشکسالی SPI می‌تواند قابلیت بالایی در پیش‌بینی خطر وقوع خشکسالی در مناطق مشابه جهت اتخاذ تصمیمات مدیریتی هماهنگ و مشابه برای کاهش هرچه بیشتر خطرات ناشی از این پدیده را داشته باشد.

ایستگاه‌های گنبد و گالیکش، عامل سوم ایستگاه‌های تنگراه و آرازکوسه، عامل چهارم ایستگاه رباط قره بیل و چشمه خان، عامل پنجم ایستگاه باغ سالیان و عامل ششم ایستگاه‌های آق‌قلا و تیل‌آباد را توجیه می‌کند. همچنین ایستگاه شصت کلا توسط هیچ عاملی در این مقیاس توجیه نمی‌شود؛ اما نتایج بررسی SPI در مقیاس دوازده‌ماهه نشان داد که تعداد ۷ عامل دارای مقدار ویژه بیش از واحد بودند، که منطقه مورد مطالعه به ۷ ناحیه مشابه از نظر خشکسالی در این مقیاس تقسیم شده است. نتایج بعد از چرخش به روش واریامکس نشان دادند که عامل اول ایستگاه‌های قزاقلی، سیاه‌آب، شصت کلا، گالیکش و گنبد، عامل دوم ایستگاه‌های بهلکه داشلی و آق‌قلا، عامل سوم ایستگاه‌های رباط قره بیل و تنگراه، عامل چهارم ایستگاه زرینگل، عامل پنجم ایستگاه تیل‌آباد، عامل ششم نیز ایستگاه آراز کوسه و

## منابع:

- بذرافشان، ا. ا.، محسنی ساروی، م.، ملکیان، آ. و معینی، ا. ۱۳۹۰. بررسی خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، صفحات ۳۹۵-۴۰۷.
- بذرافشان، ج.، حجابی، س.، هاشمی نصب، آ. ۱۳۹۵. تاثیر تغییر اقلیم آینده بر احتمالات انتقال طبقات خشکسالی در اقلیم‌های حدی ایران (مطالعه موردی: ایستگاه‌های بندر انزلی و بوشهر). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۱). ۱۵۰-۱۳۱.
- بذرافشان، ج.، شهبازی، س.، ایران نژاد پ.، سهرابی، ت. ۱۳۹۴. واسنجی شاخص شدت خشکسالی پالمر تحت شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک مناطق غرب و جنوب غرب ایران. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۵). ۴۴-۲۳.
- تبورزاده، ش.، زارعی، ج.، بذرافشان، ا. ا. و شکری کوچک، س. ۱۳۹۲. مطالعه تطبیقی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه آبریز بختگان. سی و دومین گردهمایی و نخستین کنفرانس بین‌المللی تخصصی علوم زمین، صفحه ۷.
- سلطانی، س. و محرابی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی خشکسالی با استفاده از شاخص جریان‌ات رودخانه‌ای SDI و شاخص بارش استاندارد SPI (مطالعه‌ای موردی حوضه سد درودزن در استان فارس). اولین همایش ملی بیابان تهران، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران، ۱۱ صفحه.
- قبادی، س.، عبقری، ه.، عرفانیان، م. ۱۳۹۶. پایش توزیع مکانی و زمانی شدت خشکسالی با استفاده از isoSDI و isoSPI در غرب دریاچه ارومیه. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴(۵). ۱۱۱-۱۲۷.
- مرادی، ا. ۱۳۸۸. بررسی الگوهای مکانی توزیع خشکسالی، با استفاده از مدل توزیع منطقه‌ای خشکسالی هواشناسی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب. ایران. دانشگاه زابل ۱۱۶-۱۰۵.
- آذر، ع. مؤمنی، م. ۱۳۷۷. آمار و کاربرد آن در مدیریت. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها. ۴۶۷ صفحه.
- بی‌همتا، م.، زارع چاهوکی، م. ۱۳۸۹. اصول منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ صفحه.
- نادی، م.، بذرافشان، ج.، پورطهماسبی، ک.، نجفی هرسینی، ف. ۱۳۹۴(الف). رابطه بین پهنای حلقه‌های سالانه درختان بلوط و شاخص‌های اقلیمی (منطقه‌ای و جهانی) در منطقه جواترود کرمانشاه. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۳). ۵۷-۷۱.



نادی، م.، پورطهماسبی، ک.، بذرافشان، ج.، براونینگ، آ. ۱۳۹۴ (ب). دو قرن بازسازی حلقه-درختی خشکسالی با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده چندمتغیره (MSPI) در منطقه جوارنود کرمانشاه. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۶). ۹۹-۱۱۶.

ناظم السادات، س. م. ج. بیگی، ب.، سیف‌الله، ا. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی بارندگی زمستانه استان‌های بوشهر، فارس و کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۷، شماره اول، صفحات ۶۱-۷۱.

قربانی اقدم، م.، دین‌پژوه، ی.، فاخری فرد، ا.، دربندی. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی حوضه دریاچه ارومیه از نظر خشکسالی با روش تجزیه به عامل‌ها. نشریه آب‌و خاک (علوم صنایع کشاورزی) جلد ۲۶، شماره ۵، صفحات ۱۲۷۶-۱۲۶۸.

سلطانی، س. و سعادت، س. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی خشکسالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه استاندارد بارش. مجله علمی و پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری در ایران. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۶۷-۶۴.

Domonkos, P., 2003. Recent precipitation trends in Hungary in the context of larger scale climatic changes, *Natural Hazards*, 29: 255-271.

Lana, X., Serra C., & Burgueno, A., 2002. Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain), *International Journal of Climatology*, 21: 1669-1691.

Lloyd-Hughes, B., & Saunders, M.A., 2002. A drought climatology for Europe, *International Journal of Climatology*, 22: 1571-1592.

McKee, T.B., N.J. Doesken, and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California, pp. 179-184.

Min, S. K., Kwon, W. T., Park, E. H., & Choi, Y., 2003. Spatial & temporal comparisons of droughts over Korea with East Asia, *International Journal of Climatology*, 23: 223-233.

Mathieu, R., & Richard, Y., 2003. Intensity and spatial extension of drought in South Africa at different time scales, *Water SA*, 29: 489-500.

Pandey, R. P, Mishra, S. K, Singh, R., & Ramasastri, K. S., 2008. Streamflow drought severity analysis of Betwa river system (India), *Water Resources Management*, 22: 1127-1141.

Raziei, T., Sagfahian, B., Paulo, A. A., Pereira, L. S., & Bordi, I., 2009. Spatial patterns and temporal variability of draught in Iran, *Water Resources Management*, 23: 439-455.

Seiler, R., Hayes M., & Bressan, L., 2002. Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring, *International Journal of Climatology*, 22: 1365-1376.

Zaidman, M. D. 2003. Flow-duration-frequency Behavior of British rivers based on annual Minimum data. *Journal of Hydrology* .277, (3-4)195-213.

Wilhite, D. A., & Buchanan-Smith, M., 2005. Drought as hazard: understanding the natural and social context. In: *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*, Wilhite DA (Ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL.

Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., & Hu, Q., 2001. An evaluation of the standardized precipitation index, the China-Z Index and the statistical Z-Score, *International Journal of Climatology*, 21: 745-758.

Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis H., 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resource Management*, 21: 821-833.

Yildiz, O., 2009. Assessing temporal and spatial characteristics of droughts in the Hirfanli dam basin, Turkey, *Scientific Research and Essay*, 4: 249-255.

T. Fischer, M. Gemmer, B. Su, and T. Scholten. Hydrological long-term dry and wet periods in the Xijiang River basin, South China. *Hydrology and Earth System Sciences*.

## Regional Drought Assessment based on Principle Component Analysis and GIS in Golestan Province

Omolbani Mohammadrezapour<sup>\*1</sup>, Meysam Amiri<sup>2</sup>, Mahboube Ebrahimi<sup>3</sup>, Amin Amini Racan<sup>4</sup>

### Abstract

Undoubtedly, thorough understanding and realization of the phenomenon of drought and its geographical distribution pattern leads to better and more suitable management of the changes, and ultimately, reduces its adverse effects. Principle components analysis is an optimal mathematical method for reducing data volume and converts the initial variables into several constraints. In the present study, in order for drought zoning (dredging) in Golestan province, SPI<sup>1</sup> is greatly used in research and enforcement affairs around the world to monitor droughts, mainly due to the availability of information required for the index and its calculation simplicity, and taking advantage of factor analysis. Hence, monthly rainfall data of 16 meteorological stations with appropriate distribution in the region was used during a 43- year period ranging from 1971 to 2014. The standard rainfall index was calculated for each of the selected stations in two scales (3 and 12 months, respectively). Analysis of the factors related to the SPI data for zoning the area in terms of drought was done using principal components analysis. The results of the analysis of the main components of this quarterly index (12 months) indicated that there are 6 (7) special factors larger than one, which in turn, justifies more than 58 (72)% of the total variance in general. In order to determine and evaluate the suitability of the data for factor analysis, the KMO and the Kerry-Bartlett methods were used. The results of these tests showed that factor analysis is suitable for identifying the model structure in the study area. Finally, the results indicated that after SPI rotation on a quarterly scale (12 months) with normalized Vario Max method and regarding the factor coefficients, Golestan province was divided into 6 (7) distinct regions. This can be used to make joint and timely management decisions in terms of drought and reduce its consequences through acquiring further knowledge about the distribution syntax of this phenomenon at the provincial level.

**Key words: Principle components, drought, Standardized Precipitation Index**

- 
- 1- Associated Professor, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resource. (corresponding author)
  - 2- MSc in Water Resources Engineering, Department of Water Resources, International Hamoun Wetland Research, Institute, University of Zabol, Iran.
  - 3- Assistant Professor, Department of Agricultural, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran
  - 4- Former Student of MSc in Water Resources Engineering, Department of Water Resources, faculty of Soil & Water, University of Zabol.

\* Corresponding Email: [mohammadrezapour@uoz.ac.ir](mailto:mohammadrezapour@uoz.ac.ir), [nmohammadrezapour@yahoo.com](mailto:nmohammadrezapour@yahoo.com)

<sup>1</sup> Standardized Precipitation Index