مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال هفتم/ شماره مسلسل بیست و چهارم/ تابستان ۱۳۹۶

کاربرد تجزیه مؤلفه‌های اصلی در تعیین عوامل مؤثر بر تولید رواناب

کاظم نصرتی*[۱]، محمدمهدی حسین‌زاده[۱]، سپیده ایمنی[۲]
[۱]دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران
[۲]دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۲

چکیده

تولید رواناب و سیل تابعِ عوامل پیچیده‌ای می‌باشند. بنابراین مشخص کردن این عوامل و شناخت اثر آنها بر تولید رواناب یک حوضه، به برنامه‌ریزی‌های بهتر برای کاهش خسارات ناشی از رواناب و سیلاب در یک حوضه کمک می‌کند. عوامل مختلفی چون بهره‌برداری غیراصولی انسان از طبیعت، ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه بر مؤلفه‌هایی نظیر روند تولید و تجمیع رواناب تأثیرگذار می‌باشند. هدف از این مطالعه، شناخت عوامل مؤثر بر تولید رواناب حوضهٔ حصارک می‌باشد. به این منظور میزان رواناب حوضهٔ آبخیز با استفاده از روش SCS و مدل HEC- HMS برآورد و با استفاده از روشِ تجزیه مؤلفه‌های اصلی، عوامل مؤثر بر تولید رواناب تعیین گردید. نتایج نشان داد که از بین عوامل مؤثر بر تولید رواناب حوضهٔ آبخیز حصارک، دو عامل زمین‌شناسی و نوع کاربری اراضی در میزان تولید رواناب مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تولید رواناب، زمین‌شناسی، کاربری‌اراضی، حوضهٔ آبخیز حصارک

مقدمه

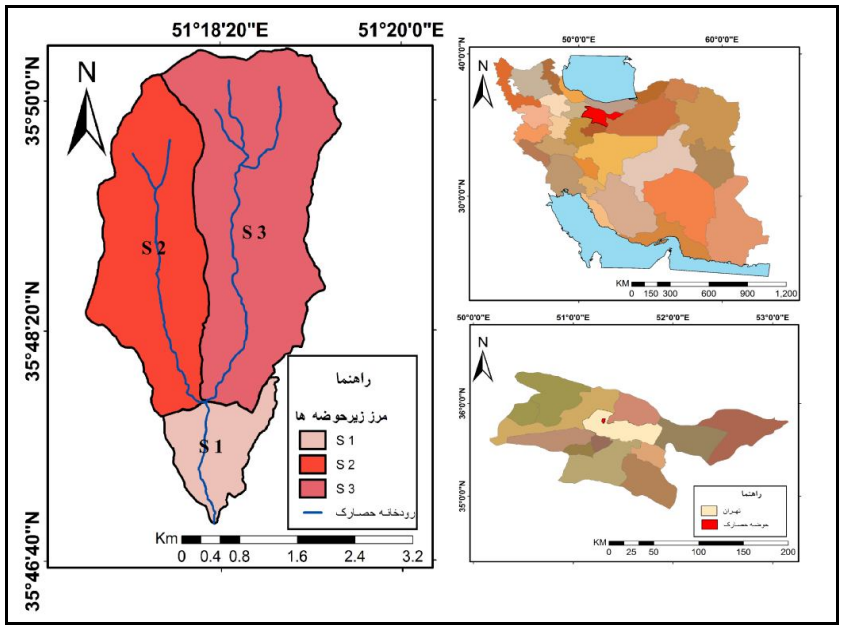
روند فزایندهٔ رواناب نشانهٔ رخداد ناهنجاری‌هایی در مدیریت حوضهٔ آبخیز است. ادامه این روند سبب کاهش توان تولیدی سرزمین و مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. در نتیجه اهمیت مطالعه رواناب و عوامل محیطی تأثیرگذار روی آن همواره مورد توجه محققان و کارشناسان بوده است (میرداوودی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۰۱). همچنین برآورد رواناب‌سطحی در حوضه‌های فاقد ایستگاه و یا فاقد آمار با استفاده از روش‌های مطمئن اهمیت ویژه‌ای دارد. بدین منظور یافتن روش‌هایی برای برآورد علمی و دقیق تولید رواناب در حوضه‌های کشور به‌منظور کنترل این فرایند امری ضروری است. بنابراین باید با کاربرد روش‌هایی، تعداد فاکتورهای مؤثر در تولید رواناب را به تعدادی کاهش داد که بیش‌ترین تأثیر را در تولید رواناب دارند (نوری و همکاران، ۲۰۱۱؛ لین و وانگ[۲]، ۲۰۰۶؛ کاراتی[۳]، ۲۰۰۴). یکی از روش‌های مهمی که در تحلیل عوامل مؤثر در تولید رواناب بکار می‌رود استفاده از روش‌های آماری مانند تحلیل عاملی[۴] و تجزیه مولفه‌های اصلی[۵] است. با این تحلیل، پارامترهای مؤثر بر تولید رواناب را به‌طور جداگانه طبقه‌بندی نموده و میزان تشابه آنها با یکدیگر، نشان داده می‌شود. روش‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل عاملی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای در مطالعات مختلف هیدرولوژی مانند جریان کمینه (نصرتی و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۳۶-۱۲۱) و فرسایش و رسوب (کلته، ۱۳۸۱: ۹۲-۱۰) انجام شده است. در حقیقت هدف از تجزیه و تحلیل چندمتغیره به‌ویژه تحلیل عاملی متغیرها، ساده و متراکم نمودن مجموعه‌ای از اطلاعات است که در تولید رواناب حائز اهمیت هستند (میر داوودی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۰۱) که تعیین عوامل مؤثر در این فرآیند، راهگشای دستیابی به مدل‌ها و روش‌های بهینه برآورد رواناب و

*مسئول مکاتبه: k_nosrati@ sbu.ac.ir
2. Lin & Wang
3. Caratti
4. Factor Analysis (FA)
5. Principal Component Analysis (PCA)

رخداد سیل و در نتیجه مدیریت مناسب خواهد بود. مزبانی (۱۳۹۱)، برای شناخت عوامل مؤثر بر دبی حداکثر در زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیکی حوضهٔ آبخیز دره شهر از تحلیل عاملی استفاده کرد. نتایج نشان داد که در زیرحوضه‌ها متغیرهای مساحت و تراکم زهکشی و در مناطق همگن مساحت، طول آبراهه، جمع آبراهه‌ها، زمان تمرکز، تراکم‌زهکشی و نسبت انشعاب به عنوان عامل فیزیوگرافی، بر سیلخیزی حوضه مؤثر می‌باشند. امیدوار و همکاران (۱۳۸۹)، با به دست آوردن ۲۸ پارامتر ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی در ۲۹ زیرحوضه حوضهٔ آبخیز کنجانچم استان ایلام به پهنه‌بندی سیلخیزی اقدام کرده‌اند. میرلطیفی و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان توسعه مدل ترکیبی رگرسیون چندگانه- تحلیل مؤلفه‌ها و عامل‌های اصلی (PCA)، عوامل مؤثر در تبخیر و تعرق استان کرمان را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که متغیرهای شدت تابش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، دمای حداقل و دمای حداکثر بر ای برآورد تبخیر- تعرق از اهمیت بیشتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار هستند. اسلامی (۱۳۸۴)، با بررسی تحقیقات گذشته و با استفاده از تحلیل عاملی از میان عوامل مؤثر بر جریان‌های حداکثر سیلابی در حوضه‌های آبخیز شمال کشور، عامل مساحت را مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار تشخیص داد. تلوری (۱۳۸۲)، طی تحقیقی بر روی حوضه‌های آبخیز شمالی کشور (ناحیه خزر) با استفاده از تحلیل عاملی، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر دبی حداکثر لحظه‌ای را تعیین نمود. نتایج نشان داد که پارامترهای فیزیوگرافی و اقلیمی مربوط به ۳۱ حوضه آبخیز خزر شرقی و ۲۳ حوضه آبخیز خزر غربی مهم‌ترین عوامل هستند. سپس براساس عوامل اصلی به همگن‌بندی حوضه‌های آبخیز پرداخت. داوودی راد (۱۹۹۹) رابطه عوامل مؤثر بر جریان (به ویژه عوامل مورفومتری) با دبی حداکثر سیلابی برای حوضه‌های آبخیز کویر مرکزی (دریاچه نمک) را بررسی کردند. سپس با انجام تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای عواملِ مؤثر بر دبی حداکثر را مشخص و مناطق همگن را تعیین نمود؛ بنابراین شناخت عوامل مؤثر بر تولید رواناب به ویژه در حوضه‌های فاقد آمار می‌تواند در بهینه‌سازی مدل‌های تجربی برآورد رواناب و برنامه‌ریزی در جهت بهبود شرایط در جلوگیری از رخداد سیل مفید باشد. بدین ترتیب هدف از این مطالعه شناخت عوامل مؤثر بر تولید رواناب با استفاده از تکنیک آماری چندمتغیره تجزیه مولفه‌های اصلی در حوضهٔ آبخیز حصارک، تهران می‌باشد.

روش پژوهش

موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه: حوضهٔ آبخیز حصارک، حوضه‌ای کوهستانی در شمال غرب استان تهران است که در ´´۳۰ ´۱۹ °۵۱ تا´۱۷ °۵۱ طول شرقی و ´۵۱ °۳۵ تا ´۴۶ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از غرب به حوضه آبخیز کن و از شرق به حوضه آبخیز فرحزاد محدود می‌شود و مساحت آن ۱۳/۸۷ کیلومترمربع است. رودخانهٔ حصارک مسیل اصلی این منطقه است که از کوه بندعیش به ارتفاع ۲۷۶۶ متر سرچشمه گرفته است و پس از عبور روستای حصارک و بزرگراه آیت الله کاشانی در امتداد جنوب از اراضی شهران و جنت آباد گذشته و در محل اتوبان تهران- کرج به مسیل برگردان غرب می‌ریزد و در نهایت به رودخانهٔ کن می‌پیوندد. از نظر هیدرولوژیکی رودخانهٔ حصارک دارای دو شاخه اصلی به نام‌های چپ دره و دوچناران است که یک یال اصلی به ارتفاع حداکثر ۲۴۰۵ متر در وسط آن قرار می‌گیرد (شکل ۱).



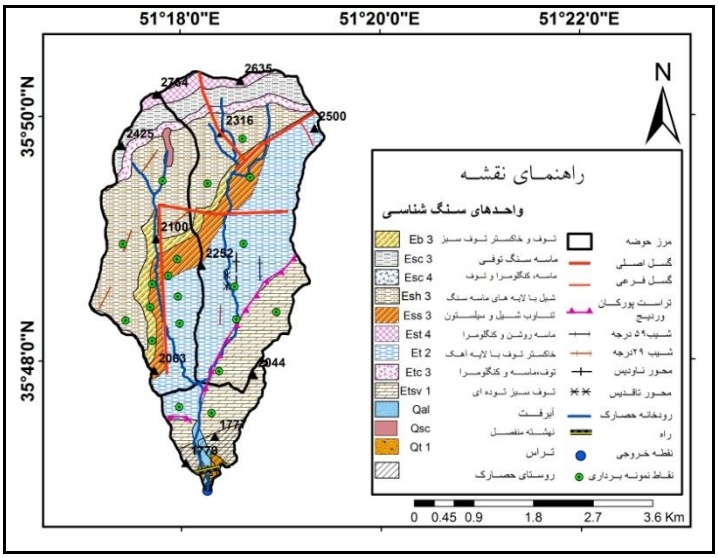
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

داده‌ها و اطلاعات پژوهش

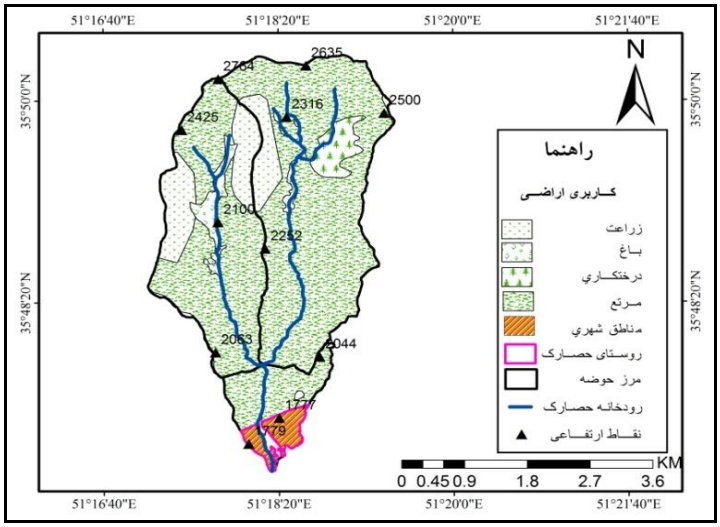
حدود حوضهٔ آبخیز حصارک با استفاده از نقشهٔ توپوگرافی کن با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۵) استخراج گردید. به‌منظور تعیین نفوذپذیری هر یک از سازندهای موجود در حوضه از نقشه زمین‌شناسی تهران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، استفاده گردید و حوضهٔ آبخیز حصارک از آن استخراج و رقومی شد (شکل ۲) سپس مساحت هر یک از سازندها مشخص شد. همچنین با استفاده از داده‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران و بهره‌گیری از نرم‌افزار Google Earth محدوده اولیه کاربری‌های موجود در حوضه مشخص گردید و با بازدید میدانی نوع کاربری محدوده‌های مشخص شده، کنترل شد (شکل ۳). برای تعیین حداکثر بارندگی۲۴ ساعته زیرحوضه‌ها از داده‌های بارش روزانه ۲۰ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی واقع در مجاور حوضهٔ آبخیز حصارک استفاده شده است (جدول ۱) و حداکثر بارندگی۲۴ ساعته طی دوره آماری (۱۳۷۹-۱۳۹۲) برای هر ایستگاه مشخص و سپس مقادیر آنها از طریق روش IDW [1] به کل حوضه تعمیم داده شد و متوسط بارش وزنی برای هر زیرحوضه محاسبه گردید (شکل ۴). به منظور شناخت عوامل محیطی موثر بر ارتفاع رواناب، ابتدا ارتفاع رواناب با استفاده از روش SCS و مدل HEC- HMS محاسبه شد. سپس به منظور صحت‌سنجی مقادیر برآورد شده، با توجه به عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در منطقه مطالعاتی، براساس مطالعات میدانی و پیمایش صحرایی، آثار و شواهد دبی لبالبی حاشیه کانال و داغاب سیلاب‌های بیشینه ثبت و براساس سطح مقطع آبراهه، دبی حداکثر محاسبه و با رواناب برآوردی مدل‌ها مقایسه شدند. علاوه بر این مقادیر دبی برآورد شده در این مطالعه با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران انطباق دارد (شرکت جهاد و تحقیقات آب و انرژی، ۱۳۹۰: ۸۳- ۸۰).

سپس عوامل محیطی نظیر درصد نفوذپذیری واحدهای سنگ‌شناسی (براساس مطالعات کتابخانه‌ای، نفوذپذیری هر سازند تعیین شد)، اقلیم و بارندگی منطقه، درصد مساحت کاربری‌اراضی، خصوصیات فیزیکی، درصد سیلت، شن و رس (از طریق نمونه‌برداری از خاک حوضه و انجام آزمایش هیدرومتری برای تعیین بافت خاک ۲۰ نمونه برداشته شده از حوضه) هر زیرحوضه تعیین شد (شکل ۲).

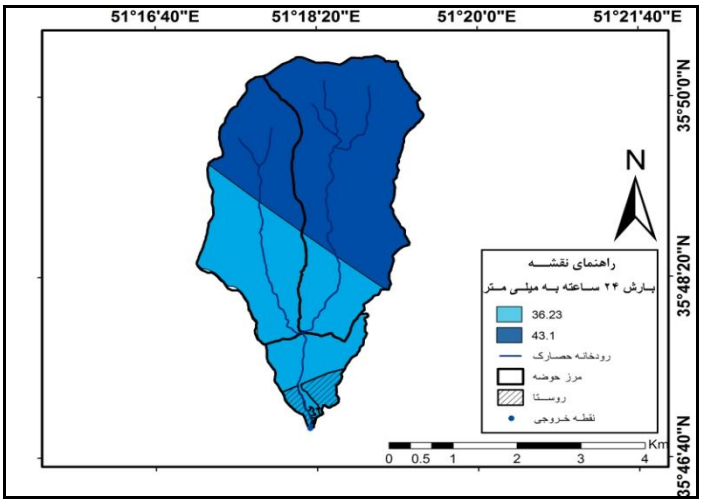
1- Inverse Distance Weighting



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه (مأخذ: سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران)



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته حوضهٔ آبخیز حصارک
با استفاده از روش IDW (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۱- حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (میلی‌متر) در ایستگاه‌های منتخب اطراف حوضه (دوره آماری ۱۳۷۹- ۱۳۹۲)

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (M)	بارش ۲۴ ساعته (Mm)
سنگان	۵۱/۲۳	۳۵/۸۶	۲۱۰۰	۳۸/۵۹
درکه	۵۱/۳۸	۳۵/۸	۱۷۰۰	۳۸/۳۷
سد کرج	۵۱/۰۸	۳۵/۹۵	۱۶۱۳	۳۷
کندسفلی	۵۱/۶	۳۵/۸	۱۹۵۰	۳۷/۳۳
شمشک	۵۱/۴۹	۳۶	۲۷۰۰	۵۴/۰۴
آهار	۵۱/۴۶	۳۵/۹۳	۲۱۰۰	۴۹/۰۸
راحت آباد	۵۱/۶	۳۵/۸	۲۳۸۴	۴۹
فشم	۵۱/۵۳	۳۵/۹۳	۱۹۴۰	۴۸/۱۲
شهرستانک	۵۱/۳۳	۳۵/۹۵	۲۱۹۳	۴۵/۹۱
کیگا	۵۱/۳۲	۳۵/۸۶	۲۰۴۲	۴۸/۵
بیلقان	۵۱	۳۵/۸	۱۳۸۲	۲۷/۶۱
رندان	۵۱/۲۸	۳۵/۸۸	۲۰۲۶	۳۷/۳
کشار	۵۱/۲۳	۳۵/۸۱	۱۷۳۳	۳۵/۲۷
امامه	۵۱/۵۸	۳۵/۹۱	۲۲۴۸	۵۵/۱۶
افجه	۵۱/۷	۳۵/۸۵	۱۷۹۰	۵۲/۲۹
آب سطحی	۵۱/۱۸	۳۵/۶۸	۱۲۴۰	۲۸/۷۴
عباسپور	۵۱/۳۸	۳۵/۷	۱۴۸۲	۳۶/۳۱
رودک	۵۱/۵	۳۵/۸	۱۷۱۴	۵۱/۲۹
سعیدآباد	۵۱/۱۸	۳۵/۶۸	۱۱۲۵	۲۴/۴۴
رودبار قصران	۵۱/۵	۳۵/۸	۱۹۰۰	۶۱

تعیین عوامل مؤثر بر تولید رواناب

تجزیه مؤلفه‌های اصلی می‌تواند به عنوان روشی در کاهش داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد تا مجموعه داده‌هایی که شامل تعداد زیادی متغیر است به تعداد مناسب و معقول کاهش یابد (نصرتی، ۱۳۹۲: ۶۳). همچنین تجزیه مؤلفه‌های اصلی یک شیوه چندمتغیره است که برای توصیف روابط درونی برخی از متغیرهای هم بسته از نظر برخی فاکتورهای مهم استفاده می‌شود (ویچرمن و جانسون، ۱۹۹۲). در این پژوهش ۲۲ متغیر مرتبط با ویژگی‌های اقلیم، کاربری اراضی، زمین شناسی، خاک و فیزیوگرافی به همراه ارتفاع رواناب حاصل از روش SCS و مدل HEC- HMS (جدول ۲) استفاده شد. به طوری‌که فرض شد ارتفاع رواناب تحت کنترل ویژگی‌های محیطی بوده و تحلیل آزمون آماری تجزیه مؤلفه‌های اصلی می‌تواند عوامل کنترل کننده رواناب را مشخص نماید. با توجه به اینکه در این تحقیق از تکنیک آماری چندمتغیره تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید؛ لذا پیش از انجام هر یک از آن‌ها ابتدا فرض‌های مرتبط با نوع آزمون برای تمام داده‌های مورد استفاده، انجام شد. به منظور بررسی تناسب و کیفیت داده‌ها برای PCA از آماره‌های KMO و بارتلت استفاده شد. KMO معیاری از کفایت نمونه‌برداری است که صلاحیت کاهش داده‌ها به گروههای کوچکتر را تعیین می‌کند. آماره کرویت بارتلت نشان می‌دهد که آیا ماتریس همبستگی، یک ماتریس همسان و واحد است؛ که غیر وابستگی متغیرها را نشان می‌دهد. مقادیر بسیار کوچک (کمتر از ۰/۰۵) بیانگر این است که روابط معنی‌داری بین متغیرها وجود دارد. به منظور اجتناب از اثر مقیاس‌های گوناگون متغیرها، داده‌ها استاندارد شدند در این صورت میانگین برابر با صفر و انحراف معیار برابر با یک خواهد شد (میر داوودی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۰۳).

به‌طورکلی در سه مرحله روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، خصوصیاتی که بیشترین نقش را در عوامل محیطی موثر بر تولید رواناب داشته‌اند تعیین گردید.

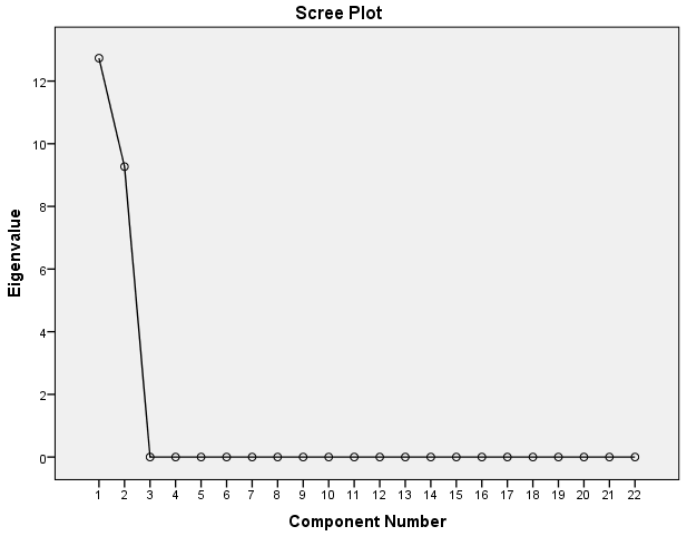
در مرحله اول مقدار بار یا وزن ویژه برای هر مولفه با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی تعیین شد. در مرحله دوم فاکتورهایی که دارای مقدار ویژه بیش از یک بودند انتخاب شدند. پس از انتخاب اولیه وزن مؤلفه‌ها، قدم بعدی دوران آن‌ها برای بدست آوردن مولفه‌هایی است که به آسانی تفسیر شوند. روش واریماکس عمومی‌ترین روش دوران متعامد است که مربعات عناصر ستونی برآورد ماتریس وزن مولفه‌ها را ماکزیمم می‌سازد. در داخل هر مؤلفهٔ انتخاب شده که مقدار ویژه بیش از یک داشتند، وزن فاکتورهای محیطی در آن مؤلفه‌ها بررسی و خصوصیاتی که دارای وزن بیشتری برای آن مؤلفه‌ها بودند به‌عنوان شاخص آن مؤلفه انتخاب گردیدند (کیاشمشکی، ۱۳۹۳: ۷۸) و مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در تولید رواناب حوضه تعیین شدند.

نتایج و یافته

از آنجایی که تعداد ۲۲ متغیر در ۳ زیرحوضه جهت بررسی انتخاب شدند (جدول ۲) برای تعیین میزان کفایت داده از آماره KMO استفاده شد. با در نظر گرفتن KMO=۰/۹۲ و ضریب بارتلت کمتر از ۰/۰۱ برای هر دو روش بکار برده شده برای تعیین رواناب (SCS و HEC- HMS)، میزان کفایت داده تأیید شد. در طی تحلیل ۲۲ متغیر در ۳ زیرحوضه مورد بررسی، مشخص شد که داده‌ها حول ۲ مؤلفه با مقادیر ویژه بیش از یک خلاصه شدند.

جدول ۲- مشخصات زیرحوضه‌های حوضه آبخیز حصارک

پارامترهای استاندارد شده	زیرحوضه ۱	زیرحوضه ۲	زیرحوضه ۳
رواناب با روش SCS (Mm)	۶/۳۶	۵/۱۳	۵/۶۲
رواناب با مدلHEC- HMS (Mm)	۳/۵۹	۲/۳	۲/۸۴
درصد شیب حوضه	۳۹/۳۴	۴۵/۷۷	۳۸
درصد شیب آبراهه	۸/۲	۲۲/۵۶	۱۴/۴
طول کل آبراهه (Km)	۱/۷	۴/۵۶	۷/۱
مساحت (Km^2)	۱/۵	۵/۰۹	۷/۳
درصد سیلت	۴۴/۱۶	۵۲/۱۳	۴۰/۷۲
درصد شن	۵۰/۹۶	۷۲/۹۲	۱۳/۱۲
درصد رس	۱۳/۱۶	۲۸/۵۲	۳۲/۱۶
متوسط شماره منحنی (CN)	۸۰	۷۸	۷۵
درصد مساحت باغ	۴/۶۶	۷/۰۷	۱/۵
درصد مساحت مراتع	۶۷/۳۳	۷۰/۹۲	۸۵/۴۷
درصد مساحت جنگل	۰/۶۶	۰	۵/۸۹
درصد مساحت شهر	۲۶/۶۶	۰	۰
درصد مساحت زمین زراعی	۰	۲۱/۰۲	۶/۷۱
درصد مساحت رخنمون سنگی	۰	۰	۰/۱۳
درصد مساحت صخره	۰	۰/۱۱	۰
حداقل ارتفاع (متر)	۱۵۸۰	۱۷۲۰	۱۷۲۰
حداکثر ارتفاع (متر)	۲۰۶۰	۲۷۵۰	۲۷۵۰
تراکم زهکشی	۹/۴۹	۳۷/۳۹	۴۹/۵۴
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری کم	۶۷/۲۶	۸۶/۸۳	۲۳/۵۶
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری متوسط	۱۸	۱۰/۲۱	۷۶/۱۶
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری زیاد	۱۳/۳۳	۱/۱۷	۰
بارش (Mm)	۳۶/۲۳	۳۸/۱۶	۴۱/۷۵



شکل ۵- نمودار Scree منتج از تحلیل عاملی زیر حوضه ها بر اساس روش SCS

با توجه به شکل ۵ و ۶ مقدار ویژه بعد از مولفه دوم به سرعت افت می‌کند. در هر دو روش فوق مقادیر ویژه مولفه‌های اول و دوم بیشتر از یک می‌باشد (شکل های ۵ و ۶).

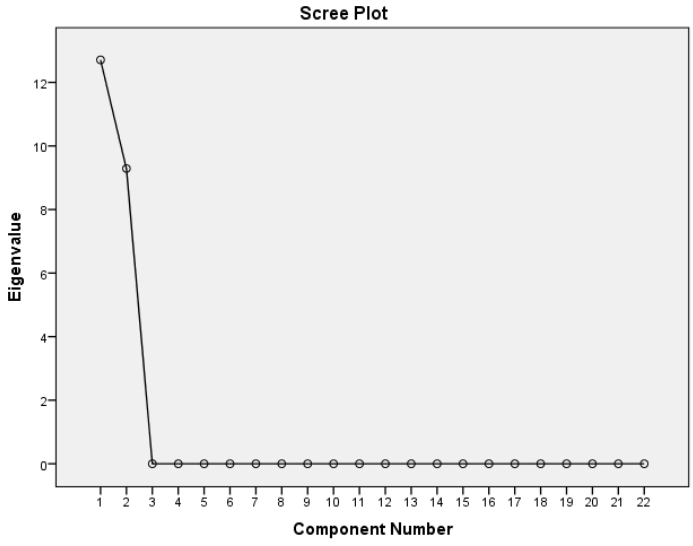
جدول ۳- مقادیر ویژه و واریانس توجیه شده پارامترهای منتخب شده حوضهٔ حصارک بر اساس روش SCS

عامل	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه مولفه‌های اصلی		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۱۲/۷۳	۵۷/۸۶	۵۷/۸۶	۱۲/۷۳	۶۲/۳	۶۲/۳
۲	۹/۲۶	۴۲/۱۳	۱۰۰	۹/۲۶	۳۷/۷	۱۰۰

بر اساس نتایج جدول ۳، درصد توجیه واریانس هریک از مؤلفه‌ها به‌ترتیب عبارتند از ۵۷/۸۶ و ۴۲/۱۳ می‌باشند. بار مؤلفه‌ها را می‌توان به‌صورت قوی، متوسط و ضعیف به‌ترتیب براساس مقادیر عددی بیش از ۰/۷۵، ۰/۷۵- ۰/۵ و ۰/۵- ۰/۳ طبقه‌بندی نمود. براساس نتایج بر اساس داده‌های ارتفاع رواناب حاصل از روش SCS و سایر متغیرها، عامل دوم ۴۲/۱۳ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند (جدول ۳). بار عامل شیب حوضه، شیب رود، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد مساحت کاربری باغ، درصد مساحت کاربری کشاورزی، درصد مساحت کاربری صخره، درصد مساحت کاربری شهری و درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری کم در عامل دوم، بار مثبت قوی دارند و پارامترهای درصد مساحت کاربری پوشش درختی و درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط دارای بار عاملی منفی متوسط و بیش از ۰/۵ می‌باشند (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، متغیرهای شیب حوضه، شیب رود، درصد سیلت، درصد ماسه، درصد مساحت کاربری باغ، درصد مساحت کاربری کشاورزی، درصد مساحت کاربری صخره، درصد مساحت کاربری شهری و درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری کم با بار وزنی به‌ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۲، ۰/۹۳، ۰/۷۶، ۰/۷۹، ۰/۹۶، ۰/۹۹، ۰/۸۳ و ۰/۷۹ با ارتفاع رواناب حاصل از روش SCS که بار وزنی آن ۰/۸۳ می‌باشد، بار عاملی بالای ۰/۷۵ داشته و در تولید رواناب حوضهٔ آبخیز حصارک تأثیرگذار می‌باشند و این متغیرها مربوط به مؤلفه دوم است. با توجه به این‌که تعداد عوامل مربوط به کاربری‌اراضی بیشتر است؛ لذا مؤلفه دوم به عنوان عامل پوشش‌گیاهی یا کاربری‌اراضی نامیده می شود. در عامل اول ۵۷/۸۶ درصد از واریانس کل توجیه می‌شود، اما بار عاملی رواناب در این مؤلفه دارای مقدار کم بوده و با سایر متغیرها در یک مؤلفه قرار نمی‌گیرند.

جدول ۴- ماتریس دورانی واریماکس پارامترهای منتخب حوضه آبخیز حصارک بر اساس روش SCS

پارامترهای استاندارد شده	بار عامل ها	
	۱	۲
ارتفاع رواناب با روش SCS	-۰/۵۵	**۰/۸۳**
شیب حوضه	-۰/۲۱	**۰/۹۷**
شیب آبراهه	۰/۳۸	**۰/۹۲**
طول رود	۰/۹۹	۰/۱
مساحت	۰/۹۸	۰/۱۸
درصد شن	-۰/۶۶	**۰/۷۶**
درصد رس	۰/۹۲	۰/۳۸
درصد سیلت	-۰/۳۴	**۰/۹۳**
درصد مساحت کاربری باغ	-۰/۶	**۰/۷۹**
درصد مساحت کاربری کشاورزی	۰/۲۶	**۰/۹۶**
درصد مساحت کاربری برون زدگی سنگی	۰/۸۹	-۰/۴۵
درصد مساحت کاربری صخره	-۰/۵۳	**۰/۹۹**
درصد مساحت کاربری مرتع	۰/۹۶	-۰/۲۷
درصد مساحت کاربری پوشش درختی	۰/۸۴	-۰/۵۶
درصد مساحت کاربری شهر	-۰/۵۴	**۰/۸۳**
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری کم	-۰/۷۱	**۰/۷۹**
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری متوسط	۰/۸۳	-۰/۵۴
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری زیاد	-۰/۸۷	-۰/۴۷
حداقل ارتفاع	۰/۸۳	۰/۵۴
حداکثر ارتفاع	۰/۸۳	۰/۵۴
تراکم زهکشی	۰/۹۶	۰/۲۷
بارش	۰/۹۹	-۰/۱۱



شکل ۶- نمودار Scree منتج از تحلیل عاملی زیر حوضه ها بر اساس مدل HEC- HM

جدول ۵- مقادیر ویژه و واریانس توجیه شده پارامترهای منتخب شده حوضهٔ حصارک بر اساس مدل HEC- HMS

عامل	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه مولفه های اصلی		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۱۱/۸۶	۴۹/۳۴	۴۹/۳۴	۱۱/۸۶	۴۹/۳۴	۴۹/۳۴
۲	۹/۲۹	۶۰/۶۶	۱۰۰	۹/۲۹	۶۰/۶۶	۱۰۰

جدول ۶- ماتریس دورانی، واریماکس پارامترهای منتخب حوضهٔ آبخیز حصارک بر اساس مدل HEC- HMS

پارامترهای استاندارد شده	بار عامل ها	
	۱	۲
ارتفاع رواناب با روش HEC- HMS	**۰/۸۴**	-۰/۵۳
شیب حوضه	**۰/۹۵**	۰/۲۱
شیب آبراهه	**۰/۹۴**	۰/۳۷
طول رود	۰/۱	۰/۹۹
مساحت	۰/۱۹	۰/۹۸
درصد شن	**۰/۸۳**	-۰/۶۶
درصد رس	۰/۳۸	۰/۹۲
درصد سیلت	**۰/۹۲**	-۰/۳۴
درصد مساحت کاربری باغ	۰/۷۱	-۰/۶۱
درصد مساحت کاربری کشاورزی	۰/۲۷	۰/۹۶
درصد مساحت کاربری برون زدگی سنگی	-۰/۴۵	۰/۸۹
درصد مساحت کاربری صخره	-۰/۵۶	۰/۹۹
درصد مساحت کاربری مرتع	**۰/۹۶**	۰/۲۷
درصد مساحت کاربری پوشش درختی	۰/۵۳	۰/۸۴
درصد مساحت کاربری شهر	-۰/۵۴	-۰/۵۳
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری کم	-۰/۷۱	۰/۶۱
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری متوسط	**۰/۷۶**	۰/۸۳
درصد مساحت سازندهای زمین شناسی با نفوذپذیری زیاد	**۰/۹۸**	-۰/۸۷
حداقل ارتفاع	**۰/۸۳**	۰/۵۴
حداکثر ارتفاع	**۰/۸۳**	۰/۵۴
تراکم زهکشی	۰/۲۷	۰/۶۹
بارش	-۰/۱۱	۰/۹۹

براساس جدول ۵، درصد توجیه واریانس هر یک از مؤلفه‌ها به‌ترتیب ۴۹/۳۴ و ۶۰/۶۶ می‌باشند. با توجه به جدول ۶، متغیرهای شیب حوضه، شیب رود، درصد شن، درصد سیلت، درصد مساحت کاربری مرتع، درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط، درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری زیاد، حداکثر ارتفاع و حداقل ارتفاع با بار وزنی به‌ترتیب ۰/۹۵، ۰/۹۴، ۰/۸۳، ۰/۹۲، ۰/۹۶، ۰/۷۶، ۰/۹۸، ۰/۸۳و ۰/۸۳ با ارتفاع رواناب حاصل از مدل HEC-HMS که بار وزنی آن ۰/۸۴ می‌باشد، در یک مؤلفه قرار می‌گیرند و بدین ترتیب بر رواناب حاصل از مدل HEC- HMS تأثیرگذار می باشند. با توجه به اینکه تعداد عوامل مربوط به جنس زمین نسبت به سایر متغیرها بیشتر است در نتیجه عامل اول، عامل زمین‌شناسی نامیده می‌شود. بار عاملی سایر پارامترها به دلیل اینکه بین ۰/۵- ۰/۳ و حتی کمتر از آن می‌باشد جزء پارامترهای بدون اثر محسوب می‌شود. در عامل دوم نیز بار عاملی رواناب در مقایسه با عامل اول کمتر می‌باشد؛ لذا

پارامترهایی که دارای بار عاملی قوی هستند با رواناب در یک عامل قرار نمی‌گیرند. در پژوهشی که توسط نصرتی و همکاران در حوضهٔ آبخیز دره شهر انجام شد، نشان داد که در زیرحوضه‌ها ۲ پارامتر فیزیوگرافی (مساحت و تراکم زهکشی) و در مناطق همگن هیدرولوژیک ۶ پارامتر فیزیوگرافی (مساحت، طول آبراهه اصلی، جمع کل آبراهه ها، تراکم شبکه زهکشی، نسبت انشعاب و زمان تمرکز) در پتانسیل سیلخیزی حوضه مؤثر می‌باشند (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱۹). همچنین مونتانو و همکارانش در مطالعه‌ای با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی در پاترامیکا، ویژگی‌های شیب، جهت شیب، بارش، تابش‌خورشید، پوشش‌گیاهی و تا حدودی فعالیت‌های انسانی را از جمله دلایل وقوع بهمن می‌دانند (موتئاتو و همکاران، ۲۰۱۱: ۷۰۰- ۶۹۱).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تجزیه مؤلفه‌های اصلی برای ۲۰ متغیر محیطی و ارتفاع رواناب با روش SCS، و ارتفاع رواناب با مدل HEC- HMS، انجام شد. براساس نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی ارتفاع رواناب حاصل از روش SCS با عامل دوم به عنوان عامل پوشش‌گیاهی یا کاربری اراضی دارای بار عاملی قوی می‌باشد. همچنین ارتفاع رواناب حاصل از مدل HEC- HMS با عامل اول یعنی زمین‌شناسی در یک عامل قرار می‌گیرند؛ بنابراین می‌توان گفت که تعیین زیرحوضه‌ها با ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مشابه و دسته‌بندی آنها برای اجرای هماهنگ عملیات کنترل سیلاب، به‌عنوان روشی برای مدیریت سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار پیشنهاد می‌شود. همچنین نظر به تأثیر فراوان شناخت صحیح عوامل دخیل در تولید رواناب در حوضه های آبخیز کشور از جهت تأثیرگذاری بر شیوه های مدیریتی حوضه، اختصاص منابع مالی در امر مبارزه با تولید رواناب و سیلاب، دستیابی مدل‌های مطلوب در این بخش و افزایش بازدهی طرح‌های حفاظت آب و خاک، پیشنهاد می‌شود مطالعات جامعی در مناطق مختلف کشور با هدف شناسایی علمی و دقیق عوامل مؤثر بر تولید رواناب حوضه‌های آبخیز انجام شود.

منابع

۱- اسلامی، علیرضا. ۱۳۸۴. تأثیر همگنی حوضه‌های آبخیز در روابط منطقه‌ای سیلاب. مجله حفاظت آب و خاک، جلد ۱، شماره ۳، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان.

۲- امیدوار، کمال. آمنه کیانفر و شمس‌اله. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی سیلخیزی حوضهٔ آبخیز کنجانچم. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۲، دانشگاه تهران.

۳- تلوری، عبدالرسول. ۱۳۸۲. واسنجی و مقایسه کاربرد برخی‌ای تجربی برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای در حوضه آبخیز کرخه، مجله حفاظت خاک و آبخیزداری، شماره ۳، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۴- سازمان جنگل‌ها و مراتع استان تهران. ۱۳۹۰. نقشه کاربری اراضی، شمال تهران، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰.

۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۷۵. نقشه‌های توپوگرافی ۱: ۲۵۰۰۰ تهران، کن.

۶- شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی. ۱۳۹۰. طرح جامع احیاء منابع طبیعی اراضی مشرف به منطقه ۵ شهرداری تهران، گزارش هیدرولوژی.

۷- کلته، امان محمد. ۱۳۸۱. بررسی عوامل مؤثر بر رسوبدهی حوضه‌های آبخیز البرز شمالی و جنوبی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: سادات فیض نیا، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه آبخیزداری.

۸- کیاشمشکی، سارا. ۱۳۹۳. نقش عوامل مؤثر بر رخداد بهمن و پهنه‌بندی آن در محور میگون - شمشک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: کاظم نصرتی، دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیای طبیعی.

۹- داوودی راد، علی اکبر. ۱۳۷۸. بررسی روابط بین عوامل مورفومتری حوضه و دبی سیلابی در حوضه‌های آبخیز مرکزی ایران، پایان‌نامه‌کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: محمد مهدوی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیای طبیعی.

۱۰-مزبانی، مهدی. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل سیلخیزی

در حوضه آبخیز سراب دره شهر، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: محمدرضا ثروتی و محمود احمدی، دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیای طبیعی.

۱۱-میرداوودی، حمیدرضا. حجت‌اله زاهدی و مسعود شکوبی و جواد ترکان. ۱۳۸۵. شناخت عوامل اکولوژیکی مؤثر بر پوشش‌گیاهی مراتع با استفاده از تجزیه تحلیل‌های چندمتغیره (مطالعه موردی: جنوب استان مرکزی)، فصلنامه علمی- پژوهشی مرتع و بیابان ایران، دوره ۱۳، شماره ۳، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور.

۱۲- میرلطیفی، سیدمجید. اکرم سیفی و حسین ریاحی. ۱۳۸۹. توسعه مدل ترکیبی رگرسیون چندگانه-تحلیل مولفه‌ها و عامل‌های اصلی (MLR-PCA) در پیش بینی تبخیر- تعرق مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه کرمان)، نشریه آب و خاک، دوره ۲۴، شماره ۶، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۳- نصرتی کاظم. محمود احمدی و محمدرضا ثروتی و مهدی مزبانی. ۱۳۹۲. تعیین عوامل مؤثر بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز دره شهر براساس مناطق همگن هیدرولوژیک، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۳، شماره ۸، دانشگاه گلستان.

۱۴- نصرتی، کاظم. ۱۳۹۲. روش‌های کاربردی در پژوهش علمی، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی. دانشگاه شهید بهشتی.

15. Caratti, J.F., Nesser, J.A. and Maynard, C.L. 2004. Watershed classification using canonical correspondence analysis and clustering techniques: A cautionary note. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 40(5): 1257-1268.

16. Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 1992. Applied multivariate statistical analysis Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, p: 184-188.

17. Lin, G.F. and Wang, Ch.M. 2006. Performing cluster analysis and discrimination analysis of hydrological factors in one step. Advances in Water Resources, 29: 1573-1585.

18. Munteanu, A., Nedelea, A., and Comanescu, L. 2011. The dynamics of the snow avalanche affected areas in Piatra Mica mountains (Romania). Comptes Rendus Geoscience, 343(10): 691-700.

19. Noori, R., Karbassi, A.R., Moghaddamnia, A., Han, D., Zokaei-Ashtiani, M.H., Farokhnia, A. and Ghafari, G.M. 2011. Assessment of input variables determination on the SVM model performance using PCA, Gamma test, and forward selection techniques for monthly stream flow prediction. Journal of Hydrology, 401: 177-189.

20. Nosrati, K., Laaha, G., Sharifnia, S.A., and Rahimi, M. 2015. Regional low flow analysis in Sefidrood Drainage Basin, Iran using principal component regression, Hydrology Research, 46 (1): 121-136.