

تحلیل منطقه‌ای بار رسوب معلق با استفاده از روش رگرسیون مؤلفه‌های اصلی در حوضه آبخیز سفیدرود

- ❖ کاظم نصرتی*؛ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران
- ❖ سپیده ایمنی؛ دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران
- ❖ آرش طالاری؛ دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران

چکیده

رسوب ناشی از فرسایش خاک به عنوان مهم‌ترین نمایه تخریب اراضی، چالشی مهم در بحث توسعه پایدار و تهدیدی بر زیست بوم‌ها تلقی می‌شود. لذا برآورد معتبر رسوب خروجی از آبخیزها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. گستردگی آبخیزها و کمبود ایستگاه‌های سنجش رسوب باعث شده است تا از روش‌های تحلیل منطقه‌ای جهت برآورد بار رسوب معلق در آبخیز فاقد و یا کمبود آمار استفاده شود. هدف از این تحقیق تحلیل منطقه‌ای بار رسوب معلق با استفاده از روش رگرسیون مؤلفه‌های اصلی در مناطق همگن حوضه آبخیز سفیدرود با مساحت ۵۹۲۷۳ کیلومترمربع است. در این پژوهش، ۲۳ ایستگاه رسوب‌سنجی با دوره‌های آماری ۳۰ سال انتخاب گردید و میانگین سالانه رسوب زیرحوضه‌ها به عنوان متغیر وابسته و ۱۸ متغیر فیزیوگرافی و هیدرولوژیک مربوط به زیرحوضه‌ها به عنوان متغیر مستقل تعیین شدند. پس از تعیین مناطق همگن، در هر منطقه همگن براساس روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) مؤلفه‌های مؤثر در رسوب شناسایی شدند. در نهایت ارتباط بین بار رسوب معلق در دوره بازگشت‌های مختلف و مؤلفه‌های مؤثر در مناطق همگن تعیین شدند. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه با بکارگیری تحلیل خوشه‌ای در دو گروه همگن قرار گرفتند. براساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی، در منطقه همگن یک، ۱۸ متغیر به ۵ مؤلفه با توجه بیش از ۸۷ درصد واریانس و در منطقه همگن دوم داده‌ها به ۳ مؤلفه با توجه بیش از ۹۲ درصد واریانس خلاصه شدند. همچنین با استفاده از رگرسیون مؤلفه‌های اصلی در منطقه همگن ۱ فاکتور اول با مقدار ضریب‌تبیین دبی رسوب ۲۵ ساله ۰/۶۷ و در منطقه همگن ۲، نیز فاکتور اول و دوم با ضریب‌تبیین ۰/۳۲ وارد مدل شدند.

کلید واژگان: مناطق همگن، تخمین رسوب، مشخصات فیزیوگرافی، رگرسیون مؤلفه‌های اصلی، حوضه آبخیز سفیدرود

۱. مقدمه

تحلیل عاملی^۱ و تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۲ است. با این تحلیل پارامترهای مؤثر بر تولید رسوب را به طور جداگانه طبقه‌بندی نموده و میزان تشابه آن‌ها با یکدیگر نشان داده می‌شود. در حقیقت هدف از تجزیه و تحلیل چند متغیره، ساده و مترکم نمودن مجموعه‌ای از اطلاعات است که در رسوبدهی حائز اهمیت هستند [۲۶] که تعیین عوامل مؤثر در این فرآیند، راهگشای دستیابی به مدل‌ها و روش‌های بهینه برآورد رسوب و در نتیجه مدیریت مناسب خواهد بود. روش‌های تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، یکی از روش‌هایی می‌باشد که به واسطه امکان تهیه مدل‌های مناسب برآورد رسوب و شناسایی عوامل دخیل در رسوب‌زائی زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه اندازه‌گیری می‌توانند در این زمینه مؤثر باشند [۱۲]. هدف از تحلیل منطقه‌ای تعمیم اطلاعات نقاط اندازه‌گیری در قالب روابط ریاضی بین خصوصیات فیزیکی و اقلیمی حوضه و میزان رسوب به مناطق همگن هیدرولوژیکی است. در این راستا در تحقیقی در حوضه آبخیز البرز شمالی [۳] به مقایسه سه روش تجزیه و تحلیل عاملی، مدل رگرسیون خطی چندمتغیره و مدل اسکالوگرام پرداخته شد. از بین ۹۲ مؤلفه مؤثر در فرایند فرسایش و تولید رسوب، ۶۶ مؤلفه ضریب رواناب، درصد خاک بدون پوشش، میزان حساسیت‌پذیری سنگ به فرسایش، درصد سنگ و سنگریزه، بارش متوسط سالانه، شدت بارش، طول آبراهه‌ها، درصد رطوبت خاک، درصد متوسط شیب حوضه، نوع کاربری و بافت خاک، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تولید فرسایش و رسوب حوضه آبخیز البرز شمالی تعیین شدند. در مطالعه‌ای [۳۹] از خصوصیات حوضه آبخیز، برای استخراج مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره رسوب معلق سالانه در شرق آمریکا استفاده گردید. نتایج نشان داد که متوسط رسوب سالانه با متغیرهای مساحت حوضه آبخیز، الگوی کاربری اراضی، بارش فصلی، خصوصیات خاک و اصلاح هیدرولوژیکی

روند تخریب اراضی و به تبع آن پیامدهایی از قبیل سیل و رسوب‌زایی در سطح جهان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، رو به افزایش می‌باشد [۴۲]. تخریب خاک توسط فعالیت‌های انسان امروزه به عنوان یک معضل اجتماعی مطرح می‌باشد و نقش عامل انسانی در تسریع روند تخریب خاک در بسیاری از مناطق روشن گردیده است [۳۰]. با ادامه تخریب خاک و اراضی، فرسایش خاک به عنوان یک معضل خودنمایی کرده و باعث کاهش حاصلخیزی خاک شده است [۳۶]. لذا آگاهی از چگونگی وضعیت فرسایش خاک و میزان رسوبدهی حوضه مورد نظر از اهمیت بسزائی برخوردار است. در واقع رسوب خروجی از آبخیز به وسیله فرآیندهای فیزیکی برداشت، انتقال و ته نشست صورت می‌گیرد و غلظت رسوب متأثر از عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، خصوصیات مورفومتری، فعالیت‌های مدیریتی، قابلیت جدایش و بافت خاک می‌باشد [۲۵ و ۴۱]. در مناطقی که رودخانه‌ها دارای آمار رسوب می‌باشند می‌توان وضعیت رسوبدهی حوضه بالادست آن را بررسی کرد. مسلم است که تجهیز کلیه حوضه‌ها به وسایل اندازه‌گیری و برداشت نمونه‌های مکرر و مرتب نه تنها از نظر عملی ممکن نیست بلکه مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار زیاد می‌باشد. بدین منظور یافتن روش‌هایی برای برآورد علمی و دقیق تولید رسوب در حوضه‌های کشور به منظور کنترل این فرایند امری ضروری است. بنابراین باید با کاربرد روش‌هایی، تعداد فاکتورهای مؤثر در تولید رسوب را به تعدادی کاهش داد که بیش‌ترین تأثیر را در تولید رسوب دارند [۲۳ و ۳۵]. روش‌های آماری چندمتغیره مانند تحلیل عاملی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای در مطالعات مختلف هیدرولوژی مانند جریان کمینه [۳۴] و فرسایش و رسوب [۱۷] انجام شده است. یکی از روش‌های مهمی که در تحلیل عوامل مؤثر در تولید رسوب بکار می‌رود استفاده از روش‌های آماری مانند

¹ Factor Analysis (FA)

² Principal Component Analysis (PCA)

پوشش گیاهی، میزان تولید رسوب کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر [۳۱] میزان برگشت‌پذیری آب با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) و روش MGMDH بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی، قابلیت اطمینان توابع PTFS را افزایش می‌دهد و همچنین قابلیت نفوذ خاک به عنوان مهم‌ترین ورودی برای افزایش PTFS بوده است. در مطالعه‌ای [۳۷] میزان نفوذپذیری و تخلخل چاه‌ها با استفاده از روش‌های رگرسیون غیرپارامتری (ACE)، تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) و مدل شبکه عصبی مصنوعی در منطقه هسی رمیل در الجزایر بررسی شد. نتایج نشان داد که پیش‌بینی نفوذپذیری با استفاده از رگرسیون غیر پارامتری امکان‌پذیر است در حالی که روش رگرسیون درختی قادر به این پیش‌بینی نمی‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر [۱۵] به منظور ارائه الگویی از روش PCA برای کارکرد پاسخ‌های عملکردی رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج نشان داد که با توجه به شرایط یکسان بر میزان مربعات خطا، این خطا تحت تأثیر میزان کوواریانس می‌باشد. همچنین در تحقیقی [۱۸] نسبت رسوب و موادغذایی حوضه آبی Big Sunflower با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره برآورد شد. نتایج نشان داد که رابطه رگرسیون بین آلاینده‌ها ۰/۸ و برای نیتروژن و فسفر ۰/۹۶ بوده است. در گزارشی [۱۳] به مقایسه روش نمونه‌برداری از رسوب رودخانه و روش‌های آنالیز آزمایشگاهی پرداخته شد. در این پژوهش از روش‌های نمونه‌برداری از کل رسوبات جامد معلق (TSS) و نمونه‌برداری از غلظت رسوبات معلق (SSC) استفاده شد. نتایج نشان داد که براساس اختلافات، روش‌های آزمایشگاهی بهتر از روش نمونه‌برداری میدانی می‌باشند. در پژوهشی دیگر [۴۷] پیش‌بینی میزان تخلیه رسوبات روزانه معلق با استفاده از روش رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی صورت گرفت. نتایج نشان داد که روش رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی تخلیه رسوب معلق (کیلوگرم در روز) در حوضه آبخیز

ارتباط دارد. در تحقیقی دیگر [۴۵] با استفاده از تحلیل رگرسیون چندمتغیره به محاسبه رسوبات معلق رواناب پرداخته شد. مدل‌های نظری گسترده و همچنین روش‌ها و الگوریتم‌های ارزیابی ضرایب رگرسیون مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییر پیش‌بینی‌کننده در معادلات SRC در صورت لزوم، نیازمند ارزیابی آماری است، همچنین تخلیه آب بهترین پیش‌بینی‌کننده بار رسوب بارندگی است. همچنین در پژوهشی دیگر [۱۴] خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز برای انتقال منحنی سنجه رسوب از چهار شاخص متفاوت همگن‌سازی در ۱۶ زیرحوضه آبخیز واقع در حوضه آبخیز مکونگ در جنوب شرقی آسیا استفاده شد. نتایج نشان داد که روش استفاده از فاصله اقلیدسی که توسط مقیاس چندوجهی، خصوصیات حوضه آبخیز (توپوگرافی، مورفولوژی، هیدرولوژی، پوشش زمین، خاک) را نرمال‌سازی می‌کند، جواب مناسب‌تری نسبت به روش‌های دیگر ارائه می‌نماید. در پژوهشی [۴۸] در حوضه‌ای در شمال تایلند با استفاده از روش رگرسیون و تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) میزان رسوب معلق تخمین زده شد. میزان خطای این تخمین از ۵۵- تا ۳۱۵+٪ و ۵۹-٪ تا ۲۵۹+٪ می‌باشد. در تحقیقی دیگر [۳۶] مؤلفه‌ها و پارامترهای مؤثر در تولید بار رسوب معلق و بار بستر با استفاده از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تحلیل رگرسیون چندمتغیره و مدل شبکه عصبی مصنوعی تعیین شد و در نهایت نتایج با هم مقایسه شدند که نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی گویای بهترین نتیجه می‌باشد. برای تعیین عوامل مؤثر در تولید رسوب جاده‌های جنگلی شمال با استفاده از نقشه واحدهای همگن (بارش، شیب دامنه، جهت دامنه، سطح دامنه بالادست و زمین شناسی) که در تحقیقی بررسی شد [۷]، نتایج نشان‌دهنده این است که ارتفاع دیواره خاک‌برداری در جاده بیش‌ترین همبستگی را با تولید رسوب دارد. همچنین آزمون تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش شیب جاده جنگلی میزان تولید رسوب آن به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد و با افزایش سن و

طول آبراهه، جمع آبراهه‌ها، زمان تمرکز، تراکم زهکشی و نسبت انشعاب به عنوان مؤلفه فیزیوگرافی، بر سیل خیزی حوضه مؤثر می‌باشند. در مقاله‌ای [۲۰] به منظور تحلیل منطقه‌ای رسوب معلق، روش‌های مختلف آزمون گاما، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل تابع تشخیص و منحنی‌های آندرو در آبخیزهای همگن در جنوب و جنوب شرق دریای خزر انجام شد. نتایج نشان داد که روش تحلیل خوشه‌ای و تحلیل تابع تشخیص عملکرد بهتری در همگن‌سازی حوضه آبخیز براساس تولید رسوب داشته است. در مطالعه‌ای [۴۹] که در ۵ ایستگاه رسوب‌سنجی در اقلیم‌های مختلف با استفاده از روش رگرسیون انجام شد. نتایج نشان‌دهنده این است که شاخص صحت این روش در ایستگاه‌های منتخب شده در حدود ۵۳۶٪ بوده است که در مقایسه با منحنی سنجه رسوب و داده‌های برآوردی کارایی پایینی را نشان می‌دهد. در تحقیقی [۶] به مقایسه برآورد بار رسوب معلق رودخانه با استفاده از روش‌های رگرسیون گیری و الگوریتم ژنتیک در استان آذربایجان غربی پرداخته شد. نتایج نشان داد که با توجه به اینکه روش الگوریتم ژنتیک برخلاف روش رگرسیون گیری معمولی نیازی به فرضیات محدودکننده در مورد داده‌های اولیه ندارد، نتایج بهتری را در اعتبارسنجی نشان می‌دهد. این بهبود در ضرائب معادله منحنی سنجه رسوب باعث شد ریشه دوم میانگین مربع خطاها تا ۲۵٪ کاهش یابد، در نهایت استفاده از الگوریتم ژنتیک به عنوان روشی مناسب برای برآورد منحنی سنجه رسوب در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، پیشنهاد شد. در مطالعه‌ای [۱۰] به منظور بررسی ارتباط بین داده‌های هیدرولوژیکی و هندسی خروجی مدل HEC- RAS از روابط رگرسیون خطی و نرم افزار SPSS استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده این است که از بین روابط تعیین شده بین دو متغیر (مستقل و وابسته) رابطه‌ای که بیشترین ضریب تعیین، کمترین خطا و کمترین سطح معنی داری را داشت به منزله رابطه مناسب انتخاب شد. در پژوهشی [۳۸] از دو روش داده‌کاوی شامل

جندران مناسب‌تر می‌باشد. در ایران نیز در تحقیقی [۹] به بررسی مدل منطقه‌ای رسوب با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با روش رگرسیون‌های چندمتغیره پرداخته شد. نتایج مقایسه، نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در محاسبه و تخمین رسوب و کارایی روش شبکه‌های عصبی نسبت به روش رگرسیون‌های چندمتغیره می‌باشد. در مقاله‌ای [۲۷] تحت عنوان توسعه مدل ترکیبی رگرسیون چندگانه تحلیل مؤلفه‌ها و عامل‌های اصلی (PCA)، عوامل مؤثر در تبخیر و تعرق استان کرمان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که متغیرهای شدت تابش، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، دمای حداقل و دمای حداکثر برای برآورد تبخیر- تعرق از اهمیت بیشتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار هستند. در تحقیقی [۱۲] تحت عنوان تعیین نواحی همگن توزیع مکانی بار معلق در حوضه آبخیز رودخانه آجی‌چای، پس از تعیین مناطق همگن با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای، مقدار رسوب معلق در هر منطقه همگن براساس پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی تعیین شد. نتایج نشان داد که خوشه‌بندی از نظر آماری درست می‌باشد و با در نظر گرفتن ایستگاه‌های سهزاب، نهند، ليقوان و بستان آباد به صورت یک خوشه همگن، می‌توان مقادیر رسوب حوضه را برآورد کرد. در تحقیقی [۴۴] تحت عنوان تخمین غلظت رسوبات معلق رودخانه‌ای با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و روش رگرسیون در ایستگاه هیدرومتری ملاثانی، میزان همبستگی بازتاب طیفی باندهای سنجنده مودیس با غلظت رسوب معلق رودخانه بررسی شد. نتایج حاکی از همبستگی بالای بازتاب طیفی باند قرمز و غلظت بار رسوب معلق با ضریب همبستگی ۰.۸۸ می‌باشد. در پژوهش دیگری [۳۲] برای شناخت عوامل مؤثر بر دبی حداکثر در زیرحوضه‌ها و مناطق همگن هیدرولوژیکی حوضه آبخیز دره‌شهر از تحلیل عاملی استفاده شد. نتایج نشان داد که در زیرحوضه‌ها متغیرهای مساحت و تراکم زهکشی و در مناطق همگن مساحت،

شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژن در تخمین برخی خصوصیات خاک استان خوزستان پرداخت شد. تخمین خصوصیات خاک از طریق سه مدل عددی ارزیابی گردید. بهترین نتایج به دست آمده برای مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون به دست آمد. نتایج اعتبارسنجی مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که مقدار MBE مدل برای متغیرها نزدیک به صفر بوده و این امر بیانگر این مطلب است که برآزش، توسط مدل ایجاد شده نا اریب بوده است. همچنین مقدار RMSE پایین مدل نیز نشان‌دهنده دقت مناسب و قابل قبول برآورد برای متغیرهای خاک می‌باشد. بدین ترتیب مرور پیشینه پژوهش نشان داد که برآورد منطقه‌ای رسوب معلق با استفاده از ترکیب روش‌های استخراج مؤلفه‌های مؤثر مانند تجزیه مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون چندمتغیره کم‌تر مورد توجه محققان بوده است. بنابراین هدف از این پژوهش شناخت عوامل مؤثر بر تولید رسوب با استفاده از تکنیک آماری چندمتغیره رگرسیون تجزیه مؤلفه‌های اصلی در مناطق همگن حوضه آبخیز سفیدرود می‌باشد.

۲. روش شناسی

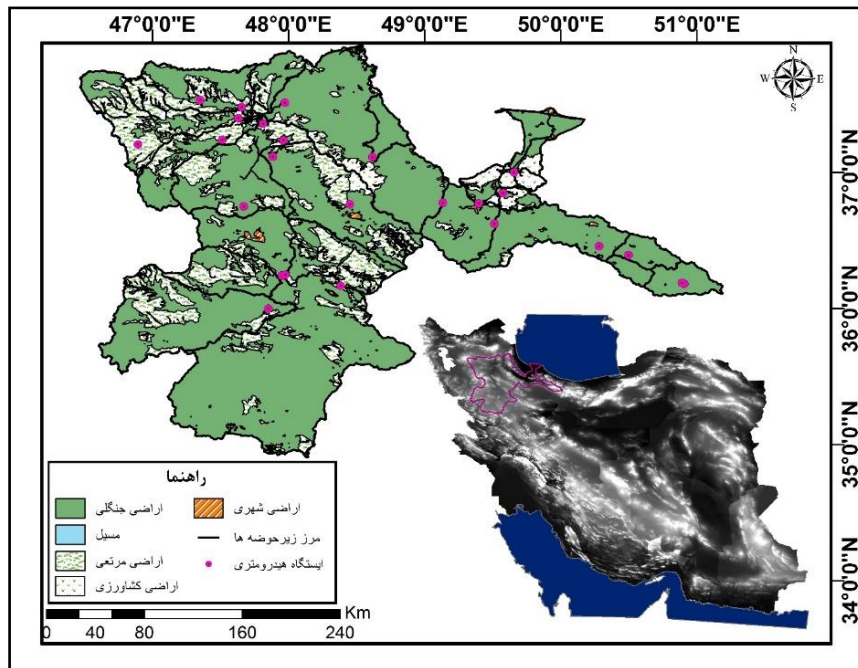
۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، در شمال غرب ایران در 11° تا 51° طول شرقی و 37° تا 58° عرض شمالی واقع شده است. این منطقه با مساحت 59273 کیلومتر مربع، در داخل استان‌های همدان، کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، قزوین و گیلان قرار دارد. رودخانه سفیدرود مسیل اصلی این منطقه است که از کوه‌های البرز و زاگرس سرچشمه گرفته است و پس از اتصال شاخه‌های فرعی، در سد سفیدرود جاری می‌شود و در نهایت وارد رودخانه سفیدرود و دریای خزر می‌شود. از نظر کاربری اراضی، زمین‌های کشاورزی 23000 کیلومتر مربع ($38/8\%$)، اراضی شهری 180 کیلومتر مربع ($0/3\%$)، مراتع 34193 کیلومتر مربع ($57/7\%$) و اراضی

مدل درختی M5 و رگرسیون به منظور برآورد بار رسوب معلق رودخانه اهرچای در شهرستان تبریز در مقایسه با روش کلاسیک منحنی سنجه رسوب استفاده شد. جهت ارزیابی روش‌های مورد استفاده از سه آماره ضریب همبستگی، جذر میانگین مربع خطا و میانگین خطای مطلق استفاده گردید. اگر چه هر دو روش دقت بیشتری نسبت به روش کلاسیک منحنی سنجه داشت، روش M5 کاربرد بیشتری را نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر [28] در 16 ایستگاه آب‌سنجی در حوضه اصفهان-سیرجان و دشت اردکان-یزد، کارایی چهار روش تحلیل منطقه‌ای، گشتاور خطی، رگرسیون چندمتغیره و روش CCA در برآورد دبی پیک بررسی شد. نتایج نشان داد که روش CCA به نسبت سایر روش‌ها از مقادیر خطای کم‌تری برخوردار بوده و مناسب‌تر است و روش رگرسیون چندمتغیره در رتبه بعدی قرار دارد. در پژوهشی [4] در حوضه سیدآباد به تعیین عوامل مؤثر بر رسوبدهی حوضه آبخیز، با استفاده از روش‌ها آماری همچون روش‌های تجزیه و تحلیل عاملی، مدل رگرسیون چندمتغیره، لجستیک و مدل اسکالوگرام، پرداخته شد. در نهایت با توجه به ضرایب رگرسیونی به دست آمده، به ترتیب متغیرهای حجم رواناب ($0/02$)، حساسیت سنگ به فرسایش ($0/001$)، درصد ضریب رواناب ($0/005$) و درصد شن ($0/0002$) از عوامل مؤثر بر فرسایش رسوب در حوضه تشخیص داده شدند. با توجه به نتایج به دست آمده، به منظور کاهش حجم رواناب و افزایش پوشش گیاهی در اولویت، اقدامات کنترل میزان فرسایش و رسوب اتخاذ گردید. همچنین در تحقیقی دیگر [3] به بررسی منحنی سنجه رسوب و روش‌های رگرسیونی پرداخت شد. در نتیجه گیری نهایی روش الگوریتم ژنتیک به عنوان یک روش مناسب جهت مدل‌سازی رسوبات معلق رودخانه‌ها معرفی شد. نتایج پژوهش نشان داد که روش رگرسیون چندمتغیره خطی دارای کارایی بیشتری نسبت به روش رگرسیون لجستیک می‌باشد. در مقاله‌ای [24] به ارزیابی عملکرد رگرسیون چندمتغیره،

می‌باشد. حداقل ارتفاع حوضه مورد مطالعه، ۱۶۹۰ متر و حداکثر ارتفاع موجود در این حوضه ۴۴۰۷ متر می‌باشد (شکل ۱).

جنگلی ۱۹۰۰ کیلومترمربع (۳/۲٪) از مساحت منطقه را شامل می‌شوند. همچنین از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه شامل سازندهای پره کامبرین تا کواترنر



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران

Arc Hydro محدوده مورد مطالعه به ۲۳ زیرحوضه تقسیم‌بندی شد. سپس در هر زیرحوضه متغیرهای مساحت حوضه، محیط حوضه، ضریب گراویلیوس، طول مستطیل معادل، عرض مستطیل معادل، حداکثر ارتفاع، حداقل ارتفاع، ارتفاع متوسط، شیب متوسط، طول آبراهه، تراکم زهکشی، زمان تأخیر، مساحت شهر، مساحت جنگل، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری زیاد، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری کم و مساحت سازندهایی با نفوذپذیری خیلی کم به دست آمد (جدول ۳). به منظور تعیین میانگین سالانه دبی رسوب زیرحوضه‌ها از داده‌های رسوب روزانه ۲۳ ایستگاه رسوب‌سنجی واقع در محدوده مورد مطالعه استفاده شده است (جدول ۱) و در سال‌هایی که آمار ناقص بوده با استفاده از روش‌های مرسوم (نسبت نرمال)،

۲.۲. داده‌ها و اطلاعات پژوهش

محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه توپوگرافی گیلان، آذربایجان شرقی، همدان، کردستان، زنجان و قزوین با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح) استخراج گردید [۵]. به منظور تعیین نفوذپذیری هر یک از سازندهای موجود در حوضه از نقشه زمین‌شناسی گیلان، آذربایجان شرقی، همدان، کردستان، زنجان و قزوین با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، استفاده گردید و منطقه مورد مطالعه از آن استخراج و رقومی شد [۱۱]. سپس مساحت هر یک از سازندها تعیین شد. همچنین با استفاده از نقشه کاربری اراضی ایران با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و بهره‌گیری از نرم افزار Google Earth محدوده اولیه کاربری‌های موجود در حوضه مشخص گردید (شکل ۱). به منظور تعیین زیرحوضه‌ها، با استفاده از برنامه الحاقیه

اطلاعات بازسازی و تکمیل گردید. سپس میانگین رسوب سالانه طی دوره آماری (۱۳۹۱-۱۳۶۱) برای هر زیرحوضه محاسبه شد [۵۰].

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های رسوب‌سنجی منطقه مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ردیف	ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	هشتادجفت	۱۵۰۰	۴۸/۳۸	۳۶/۱۶	۱۳	شهربیجار	۴	۴۹/۶۵	۳۷
۲	قره گونی	۱۴۵۰	۴۷/۹۵	۳۶/۲۴	۱۴	درو	۱۶۵۱	۴۸/۶۱	۳۷/۱۱
۳	یئگی کند	۱۴۷۰	۴۷/۹۷	۳۶/۲۴	۱۵	سرچم	۱۱۵۰	۴۷/۸۸	۳۷/۱۱
۴	باغ کلایه	۱۲۷۳	۵۰/۴۹	۳۶/۳۹	۱۶	پلدختر	۱۱۰۰	۴۷/۸۱	۳۷/۳۵
۵	سیاه دشت	۹۷۸	۵۰/۳۸	۳۶/۴۵	۱۸	قازلو	۱۳۰۰	۴۷/۹۶	۳۷/۲۳
۶	لوشان	۳۳۴	۴۹/۵۱	۳۶/۶۲	۱۸	قرنقو	۱۲۰۰	۴۷/۶۳	۳۷/۴
۷	پالتی	۱۷۰۰	۴۸/۴۵	۳۶/۷۶	۱۹	استور	۹۳۰	۴۷/۹۷	۳۷/۵۱
۸	رودبار	۲۰۴	۴۹/۳۹	۳۶/۷۷	۲۰	کوهسالار	۱۵۰۰	۴۷/۳۵	۳۷/۵۳
۹	گیلوان	۳۱۱	۴۹/۱۳	۳۶/۷۷	۲۱	بیانلو	۱۵۷۱	۴۷/۸۵	۳۶
۱۰	جوستان	۱۹۷۹	۵۰/۹	۳۶/۱۸	۲۲	توتکابن	۲۵۱	۴۹/۵۷	۳۶/۸۴
۱۱	جوستان علیزان	۱۹۵۳	۵۰/۸۹	۳۶/۱۸	۲۳	آیدوغموش	۱۳۸۰	۴۷/۵۱	۳۷/۲۴
۱۲	شاری چای	۱۱۰۰	۴۷/۶۵	۳۷/۴۸					

شده است که به دو گروه روش‌های سلسله مراتبی و تفکیک‌کننده تکراری تقسیم می‌شوند. بیش‌تر پژوهشگران روش سلسله‌مراتبی را مناسب‌تر می‌دانند [۴۰]. در روش سلسله‌مراتبی با دو روش تجمعی و تقسیم، گروه‌ها تشکیل می‌شوند. در روش تجمعی ابتدا هر فرد یک گروه مجزا را تشکیل می‌دهد و سپس گروه‌های نزدیک به هم به تدریج ترکیب می‌شوند تا در نهایت کلیه افراد در یک گروه واقع می‌شوند. در روش تقسیم نیز عکس روش تجمعی گروه‌بندی انجام می‌گیرد. خروجی روش سلسله‌مراتبی به صورت دندوگرامی بوده و روابط طبقاتی چند فرد بر اساس شباهت آن‌ها نشان داده می‌شود [۴۶]. در این مطالعه براساس ۱۸ متغیر فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی، تحلیل خوشه‌ای انجام شد و محدوده مورد مطالعه به دو منطقه همگن تبدیل گردید (شکل ۲).

۴.۲. روش انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع در

مناطق همگن

پس از تهیه و تکمیل داده‌های رسوب متوسط سالانه

۳.۲. تعیین مناطق همگن براساس روش تحلیل

خوشه‌ای

یکی از کاربردهای مناطق همگن در تحلیل منطقه‌ای رسوب می‌باشد. با افزایش تعداد ایستگاه‌ها و صحت و کفایت آمار آن‌ها، دقت مدل‌های برآورد در رسوب افزایش می‌یابد. علاوه بر این، روش مناسب دیگر برای افزایش دقت این مدل‌ها، ارائه آن‌ها در مناطق همگن هیدرولوژیک می‌باشد [۸]. روش‌های متعددی برای آزمون همگنی حوضه‌های آبخیز و مناطق مختلف وجود دارد که در این پژوهش از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شد.

تحلیل خوشه‌ای به عنوان روشی در کاهش داده‌ها است، یعنی از بین بردن مشاهدات تعدادی گروه همگن حاصل می‌گردد که هدف اصلی آن به حداقل رساندن تغییرات درون‌گروهی و به حداکثر رساندن تغییرات بین‌گروهی است [۳۳]. در واقع این روش به منظور دسته‌بندی داده‌ها انجام می‌شود. به طوری که گروه‌های موجود در هر دسته بیش‌ترین شباهت را به هم داشته باشند. الگوریتم‌های زیادی برای تحلیل خوشه‌ای پیشنهاد

آزمون آماری تجزیه مؤلفه‌های اصلی می‌تواند عوامل کنترل‌کننده رسوب را مشخص نماید. با توجه به اینکه در این تحقیق از تکنیک آماری چند متغیره 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 [۲۶].

به طور کلی در سه مرحله روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی، خصوصیات که بیش‌ترین نقش را در عوامل محیطی مؤثر بر تولید رسوب داشته‌اند تعیین گردید. در مرحله اول مقدار بار یا وزن ویژه برای هر مؤلفه 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 مؤلفه‌هایی است که به آسانی تفسیر شوند. روش واریماکس عمومی‌ترین روش دوران متعامد است که مربعات عناصر ستونی برآورد ماتریس وزن مؤلفه‌ها را ماکزیمم می‌سازد. در داخل هر مؤلفه انتخاب شده که مقدار ویژه بیش از یک داشتند، وزن فاکتورهای محیطی در آن مؤلفه‌ها بررسی و خصوصیات که دارای وزن بیش‌تری برای آن مؤلفه‌ها بودند به عنوان شاخص آن مؤلفه انتخاب گردید [۲۲] و مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار در تولید رسوب مناطق همگن تعیین شدند.

ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، با به‌کارگیری نرم‌افزار Smada و توزیع‌های متداول در هیدرولوژی (نرمال، دو پارامتر لوگ نرمال، سه پارامتر لوگ نرمال، پیرسون تیپ‌سه، لوگ پیرسون تیپ‌سه، گمبل) داده‌ها، برازش شدند. براساس کم‌ترین خطا (RMSE)، توزیع‌های مختلف مرتب^۱ شدند و به آن‌ها امتیاز داده شد. در نهایت براساس بیش‌ترین امتیاز، توزیع آماری مناسب انتخاب گردید.

۵.۲. تعیین عوامل مؤثر در تولید رسوب براساس

تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)

تجزیه مؤلفه‌های اصلی می‌تواند به عنوان روشی در کاهش داده‌های مورد استفاده قرار گیرد تا مجموعه داده‌هایی که شامل تعداد زیادی متغیر است به تعداد مناسب و معقول کاهش یابد [۵۱]. همچنین تجزیه مؤلفه‌های اصلی یک شیوه چند متغیره است که برای توصیف روابط درونی برخی از متغیرهای هم‌بسته از نظر برخی فاکتورهای مهم استفاده می‌شود [۲۹]. در این پژوهش تجزیه مؤلفه‌های اصلی روی ۱۸ متغیر فیزیوگرافی و هیدرولوژیک (مساحت حوضه، محیط حوضه، ضریب گراویلیوس، طول مستطیل معادل، عرض مستطیل معادل، حداکثر ارتفاع، حداقل ارتفاع، ارتفاع متوسط، شیب متوسط، طول آبراهه، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، مساحت شهر، مساحت جنگل، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری زیاد، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط، مساحت سازندهایی با نفوذپذیری کم و مساحت سازندهایی با نفوذپذیری خیلی کم به دست آمد) در هر دو منطقه همگن محدوده مورد مطالعه انجام شد (جدول ۳). با توجه به اینکه تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۱۸ متغیر را در منطقه همگن یک به ۵ مؤلفه و در منطقه همگن دو به ۳ مؤلفه کاهش داد، به طوری که فرض شد میزان رسوب تحت کنترل متغیرهای محیطی بوده و تحلیل

^۱ Ranking

۶.۲. رگرسیون مؤلفه‌های اصلی

پس از شناخت عوامل مؤثر در تولید رسوب معلق با استفاده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، برای تعیین ارتباط آن‌ها با میزان رسوب معلق از تحلیل رگرسیون چندمتغیره با روش گام‌به‌گام استفاده شد [۱]. این روش، امکان تحلیل هم‌زمان اثر تعدادی متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته را فراهم می‌نماید. از آنجایی که تولید رسوب یک منطقه ناشی از عملکرد هم‌زمان و با اثر متفاوت چندمتغیره هستند، استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره مناسب است. در این روش یک متغیر وابسته و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل به طور هم‌زمان تجزیه و تحلیل می‌شوند. متغیر وابسته، مقدار دبی در دوره بازگشت‌های مختلف است و متغیرهای مستقل، خصوصیات فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای بررسی نوع رابطه بین متغیرها و ارائه مدل پیش‌بینی از رگرسیون استفاده می‌شود. معادله رگرسیون خطی چند متغیره در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots \dots + \beta_n X_n + \epsilon \quad (1)$$

که در آن Y : متغیر وابسته، B_0 : ضریب ثابت، X_1, X_2, \dots, X_n : متغیرهای مستقل، B_1, B_2, \dots, B_n : ضرایب متغیرهای مستقل و ϵ خطای رابطه رگرسیونی است [۱۹].

در این پژوهش بعد از انجام تحلیل عاملی و تعیین فاکتورهای اصلی، مقادیر امتیاز یا Score هر یک از مؤلفه‌ها برای هر دو منطقه همگن محاسبه شد سپس بین امتیازهای مؤلفه‌های تعیین شده و مقادیر دبی رسوب حاصل از مناسب‌ترین تابع توزیع احتمال (۲ پارامتر لوگ نرمال) با دوره بازگشت ۲۵ ساله (به دلیل ضریب خطای کم‌تر، کاربرد بیش‌تر این دوره بازگشت و با توجه به بازه آماری موجود) رگرسیون چندمتغیره انجام شد و معادله مربوط به برآورد منطقه‌ای دبی رسوب ارائه گردید. در نهایت مقادیر دبی برآوردی از طریق این معادله با مقادیر دبی مربوط به مناسب‌ترین تابع توزیع منطقه‌ای در هر دو منطقه همگن (بر مبنای داده‌های ایستگاه‌ها) مقایسه شدند و میزان

خطا (RMSE) تعیین شد (جدول ۶).

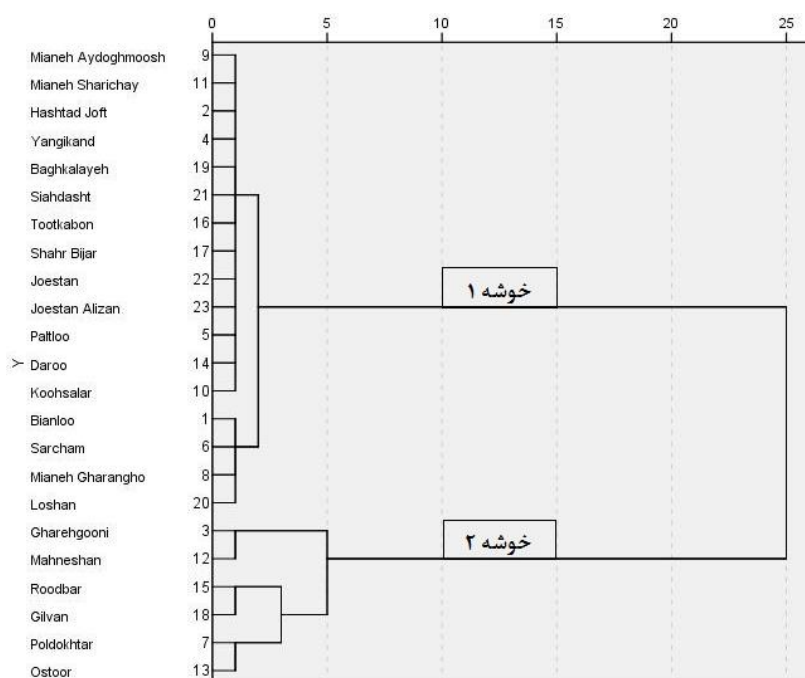
۳. نتایج

۳.۱. نتایج انتخاب مناطق همگن

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای ۱۸ پارامتر مختلف برای هر کدام از زیرحوضه‌ها در محیط SPSS، منطقه مورد مطالعه را به ۲ منطقه همگن هیدرولوژیکی تقسیم نمود (شکل ۲). بدین صورت که به ترتیب زیرحوضه‌های هشتادجفت، میانه‌شاری‌چای، میانه‌قرنقو، میانه‌آیدوغموش، یانگی‌کند، پالتلو، سرچم، کوهسالار، توتکابن، جویستان، جویستان‌علیزان، سیاه‌دشت، شهربیجار، بیانلو، درو، لوشان، باغ‌کلایه در منطقه همگن اول و زیرحوضه‌های استور، رودبار، گیلوان، قره‌گونی، پل دختر، ماهنشان در منطقه همگن دوم قرار گرفته‌اند (شکل ۲). همان‌طور که مشاهده می‌شود زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه در فاصله همبستگی پیرسون کمتر از ۵ به دو خوشه تقسیم شده‌اند. هر خوشه، گروهی از زیرحوضه‌ها را شامل می‌شود که بیش‌ترین همانندی را با یکدیگر دارند. در این پژوهش تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک، به منظور مقایسه عوامل مؤثر در تولید رسوب در هر کدام از مناطق همگن صورت گرفته است.

۳.۲. مناسب‌ترین تابع توزیع در مناطق همگن

پس از امتیازدهی به توابع توزیع براساس کم‌ترین خطا به نحوی که توزیعی که کم‌ترین خطا را داشت بیش‌ترین امتیاز را کسب کرد مجموع امتیازها محاسبه شد و تابع توزیعی که بیش‌ترین امتیاز را کسب کرد به عنوان مناسب‌ترین تابع انتخاب شد. نتایج نشان داد تابع توزیع لوگ نرمال دو پارامتری مناسب‌ترین تابع توزیع در مناطق همگن می‌باشد. بنابراین در هر دو منطقه همگن با استفاده از توزیع لوگ نرمال دو پارامتری (به دلیل کسب بیش‌ترین امتیاز)، داده‌ها برازش شدند و مقدار رسوب متوسط سالانه با دوره بازگشت‌های مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله) پیش‌بینی گردید (جدول ۲).



شکل ۲. نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. نتایج انتخاب مناسب‌ترین توزیع

مناطق همگن	نرمال	لوگ نرمال دو پارامتری	لوگ نرمال سه پارامتری	پیرسون تیپ ۳	لوگ پیرسون تیپ ۳	گمبل
منطقه ۱	۳۲	۸۹	۵۸	۵۹	۶۹	۵۰
منطقه ۲	۱۳	۳۳	۲۰	۲۳	۱۵	۲۲
کل منطقه	۴۵	۱۲۲	۷۸	۸۲	۸۴	۷۲

شیب، توپوگرافی، نفوذپذیری و هیدرولوژی) با بیش‌ترین مقادیر ویژه و در منطقه همگن دوم داده‌ها حول ۳ مؤلفه (اندازه حوضه، نفوذپذیری و هیدرولوژی) با بیش‌ترین مقادیر ویژه خلاصه شدند (جدول ۳).

براساس نتایج جدول ۳، در منطقه همگن یک، درصد توجیه واریانس هریک از مؤلفه‌ها به ترتیب عبارتند از ۷/۶۲، ۸/۶، ۱۳/۹۹، ۱۸/۳۸ و ۳۸/۹۲. بار مؤلفه‌ها را می‌توان به صورت قوی، متوسط و ضعیف به ترتیب براساس مقادیر عددی بیش از ۰/۷۵، ۰/۷۵- و ۰/۵- و ۰/۵- طبقه‌بندی کرد.

۳،۳. مؤلفه‌های مؤثر در تولید رسوب معلق در

مناطق همگن

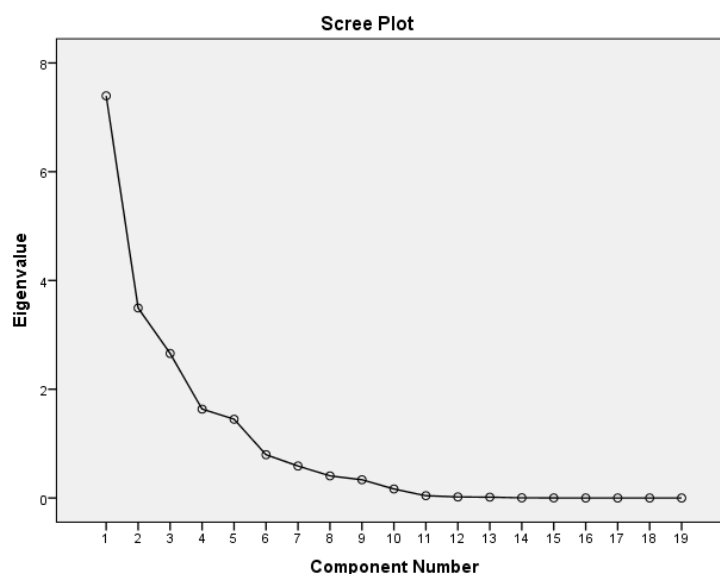
از آنجایی که تعداد ۱۸ متغیر در دو منطقه همگن جهت بررسی انتخاب شدند، برای تعیین میزان کفایت داده از آماره KMO استفاده شد. با در نظر گرفتن $KMO = 0.76$ و ضریب بارلت کم تر از ۰/۰۱ برای هر دو منطقه همگن به کار برده شده برای تعیین رسوب، میزان کفایت داده مورد تأیید قرار گرفت. در طی تحلیل ۱۸ متغیر در دو منطقه همگن مورد بررسی مشخص شد، در منطقه همگن اول داده‌ها حول ۵ مؤلفه (اندازه حوضه،

جدول ۳. ماتریس دورانی واریانس پارامترهای منتخب مناطق همگن هیدرولوژیک

متغیرها	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵
خوشه ۱ (پنج مؤلفه اصلی)					
مساحت حوضه (Km ²)	۰/۹۷۰	-۰/۰۷۱	۰/۰۳۱	-۰/۰۱۱	۰/۰۴۸
محیط حوضه (Km)	۰/۹۸۹	-۰/۰۶۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۸۹
ضریب گراویلیوس	۰/۸۴۶	-۰/۰۵۲	-۰/۱۲۵	۰/۱۲۱	۰/۱۶۷
طول مستطیل معادل (Km)	۰/۹۸۲	-۰/۰۵۱	۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۰/۱۰۶
عرض مستطیل معادل (Km)	۰/۸۱۹	-۰/۱۳۷	-۰/۰۸۱	-۰/۱۲۷	-۰/۰۸۸
حداکثر ارتفاع (m)	۰/۱۹۷	۰/۲۹۳	۰/۸۸۴	۰/۰۳۳	-۰/۰۲۲
حداقل ارتفاع (m)	۰/۳۱۲	-۰/۵۶۴	۰/۴۲۴	۰/۱۴۵	۰/۰۴۴
میانگین ارتفاع (m)	-۰/۰۵۶	-۰/۲۶۵	۰/۹۳۹	۰/۱۱۷	۰/۰۱۳
میانگین شیب (%)	۰/۰۰۶	۰/۹۴۷	۰/۰۰۸	-۰/۰۴۷	۰/۱۷۳
طول آبراهه ها (Km)	۰/۹۸۶	۰/۰۳۷	۰/۱۲۱	-۰/۰۶۹	۰/۰۱۲
تراکم زهکشی (Km Km ⁻²)	-۰/۰۲۵	۰/۰۰۳	-۰/۴۳۶	-۰/۱۸۸	۰/۷۲۵
زمان تمرکز (ساعت)	۰/۹۸۰	-۰/۱۱۵	۰/۰۲۸	-۰/۰۳۱	۰/۰۴۴
کاربری شهری (%)	۰/۵۰۴	-۰/۱۳۱	-۰/۲۱۱	۰/۴۹۱	۰/۴۳۳
اراضی جنگل (%)	-۰/۳۱۱	۰/۷۵۸	-۰/۴۷۶	-۰/۰۴۶	۰/۱۲۱
نفوذپذیری خیلی کم (%)	-۰/۱۹۷	-۰/۰۹۵	-۰/۴۳۷	-۰/۰۳۶	-۰/۴۷۸
نفوذپذیری کم (%)	۰/۱۲۰	۰/۰۹۵	۰/۰۴۱	-۰/۸۶۰	۰/۴۰۴
نفوذپذیری متوسط (%)	۰/۱۳۵	-۰/۵۳۸	-۰/۲۲۵	-۰/۱۳۳	۰/۱۷۲
نفوذپذیری زیاد (%)	-۰/۰۰۶	۰/۰۷۲	۰/۳۷۵	۰/۸۶۰	۰/۱۶۵
میانگین بارش سالانه (mm)	-۰/۴۵۲	۰/۷۷۷	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۲۸
مقدار ویژه	۷/۳۹	۳/۴۹	۲/۶۵	۱/۶۳	۱/۴۴
واریانس کل (%)	۳۸/۹۲	۱۸/۳۸	۱۳/۹۹	۸/۶	۷/۶۲
واریانس تجمعی (%)	۳۸/۹۲	۵۷/۳	۷۱/۳۹	۷۹/۹	۸۷/۵۲
خوشه ۲ (سه مؤلفه اصلی)					
مساحت حوضه (Km ²)	۰/۹۵۲	۰/۲۷۷	-۰/۱۳۱		
محیط حوضه (Km)	۰/۹۷۸	۰/۱۲۱	-۰/۰۶۰		
ضریب گراویلیوس	۰/۸۳۵	-۰/۴۵۵	۰/۱۴۶		
طول مستطیل معادل (Km)	۰/۹۶۵	-۰/۱۶۳	۰/۱۵۲		
عرض مستطیل معادل (Km)	۰/۰۱۴	۰/۹۶۲	۰/۱۵۱		
حداکثر ارتفاع (m)	۰/۹۴۱	-۰/۰۲۴	-۰/۰۸۶		
حداقل ارتفاع (m)	-۸۶۰	-۰/۴۹۳	۰/۰۲۸		
میانگین ارتفاع (m)	۰/۲۹۹	-۰/۹۳۶	۰/۰۱۸		
میانگین شیب (%)	۰/۸۵۹	۰/۲۸۶	۰/۲۰۴		
طول آبراهه ها (Km)	۰/۸۷۷	۰/۴۶۴	۰/۰۸۶		
تراکم زهکشی (Km Km ⁻²)	-۰/۰۳۵	-۰/۰۱۰	۰/۹۳۷		
زمان تمرکز (ساعت)	۰/۸۵۴	۰/۳۰۶	-۰/۳۰۶		
کاربری شهری (%)	۰/۲۲۶	۰/۱۴۸	۰/۸۹۱		
نفوذپذیری خیلی کم (%)	۰/۴۲۱	۰/۸۶۶	-۰/۱۳۱		
نفوذپذیری کم (%)	۰/۲۹۷	۰/۸۵۱	۰/۴۱۵		
نفوذپذیری متوسط (%)	۰/۲۱۲	۰/۹۰۶	-۰/۱۰۹		
نفوذپذیری زیاد (%)	-۰/۴۱۸	۰/۰۱۶	۰/۴۸۱		
میانگین بارش سالانه (mm)	۰/۸۴۶	-۰/۱۵۸	-۰/۳۱۴		
مقدار ویژه	۱۰/۰۵	۴/۲۵	۲/۴۲		
واریانس کل (%)	۸۷/۵۵	۲۳/۶۲	۱۳/۴۷		
واریانس تجمعی (%)	۸۷/۵۵	۷۹/۵	۹۲/۹۷		

حداقل ارتفاع و درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط (با بار وزنی ۰/۵۶- و ۰/۵۳-) بار متوسط و منفی دارند. فاکتور سوم ۱۳/۹۹ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کند و حداکثر ارتفاع و میانگین ارتفاع حوضه (با بار وزنی ۰/۸۸ و ۰/۹۳) دارای بار وزنی مثبت و قوی می‌باشد و این مؤلفه به عنوان مؤلفه توپوگرافی نامیده می‌شود. مؤلفه چهارم ۸/۶ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند و متغیر نفوذپذیری زیاد سازندها با بار وزنی ۰/۸۶ دارای بار وزنی قوی و مثبت می‌باشد و متغیر نفوذپذیری کم سازندها با بار وزنی ۰/۸۶- دارای بار قوی و منفی می‌باشد، در نتیجه مؤلفه چهارم، مؤلفه زمین‌شناسی نامیده می‌شود. مؤلفه پنجم ۷/۶۲ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه می‌کند. تراکم‌زهکشی با بار وزنی ۰/۷۲ دارای بار وزنی متوسط و مثبت می‌باشد (جدول ۳).

براساس نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی بین متغیرهای فیزیوگرافی حوضه، مؤلفه اول ۳۸/۹۲ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند (جدول ۳). در مؤلفه اول، مساحت حوضه، محیط حوضه، ضریب‌گراویلیوس، طول مستطیل معادل، عرض مستطیل معادل، طول آبراهه و زمان تمرکز (بار وزنی به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۸، ۰/۸۴، ۰/۹۸، ۰/۸۱، ۰/۹۸ و ۰/۹۸) بار مثبت قوی، درصد مساحت کاربری شهری (با بار وزنی ۰/۵۰) بار متوسط دارند و در تولید رسوب منطقه مورد مطالعه تأثیرگذار می‌باشند. به دلیل اینکه تعداد عوامل مربوط به اندازه حوضه بیش‌تر است، این مؤلفه، مؤلفه اندازه حوضه نامیده می‌شود. مؤلفه دوم میزان معنی‌داری از واریانس کل یعنی ۱۸/۳۸ درصد را توجیه می‌نماید. در این مؤلفه میانگین شیب، درصد مساحت اراضی جنگلی و میانگین بارش سالانه (با بار وزنی به ترتیب ۰/۹۴، ۰/۷۵ و ۰/۷۷) بار مثبت قوی،



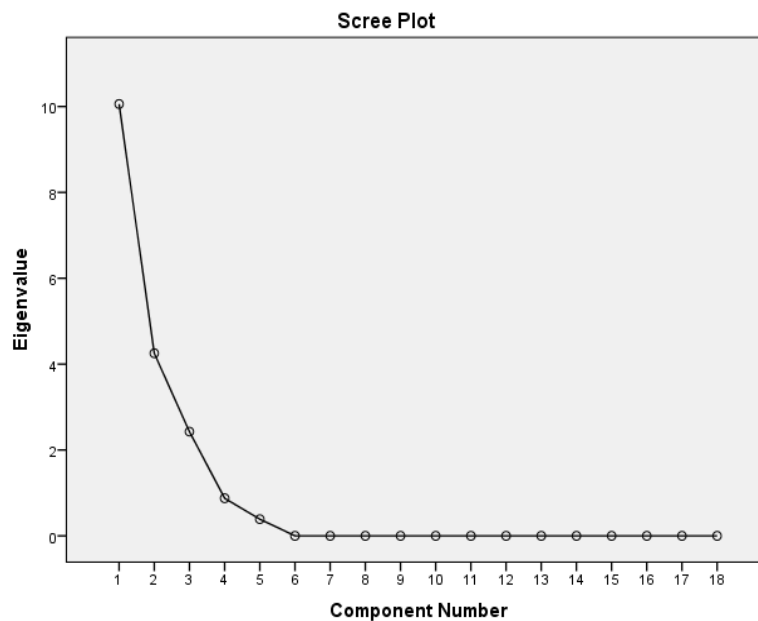
شکل ۳. نمودار Scree منتج از تحلیل مؤلفه‌های اصلی منطقه همگن ۱

ضریب‌گراویلیوس، طول مستطیل معادل، طول آبراهه، حداکثر ارتفاع، شیب، بارش و زمان تمرکز (بار وزنی به ترتیب ۰/۹۵، ۰/۹۷، ۰/۸۳، ۰/۹۶، ۰/۸۷، ۰/۹۴، ۰/۸۵،

در منطقه همگن دو، درصد توجیه واریانس هریک از مؤلفه‌ها به ترتیب عبارتند از ۸۷/۵۵، ۲۳/۶۲ و ۱۳/۴۷ می‌باشند. در مؤلفه اول، مساحت حوضه، محیط حوضه،

نفوذپذیری کم و درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری متوسط با بار وزنی ۰/۸۵، ۰/۸۶، ۰/۹۶ و ۰/۹۷ دارای بار وزنی مثبت و قوی می‌باشد و متغیر میانگین ارتفاع حوضه با بار وزنی ۰/۹۳-، دارای بار قوی و منفی می‌باشد. این مؤلفه به عنوان زمین‌شناسی نامیده می‌شود. فاکتور سوم ۱۳/۴۷ درصد از واریانس کل را توجیه می‌کند و تراکم‌زهکشی و درصد مساحت کاربری شهری (با بار وزنی ۰/۹۳ و ۰/۸۹) دارای بار وزنی مثبت و قوی می‌باشد (جدول ۳).

۰/۸۴ و ۰/۸۵) بار مثبت قوی دارند و متغیر حداقل ارتفاع با بار وزنی ۰/۸۶- با بار قوی و منفی در تولید رسوب منطقه مورد مطالعه تأثیرگذار می‌باشند. به دلیل اینکه تعداد عوامل مربوط به متغیرهای حوضه بیش‌تر است، این مؤلفه، مؤلفه اندازه حوضه نامیده می‌شود. مؤلفه دوم میزان معنی‌داری از واریانس کل یعنی ۲۳/۶۲ درصد را توجیه می‌نماید. در این مؤلفه، عرض‌مستطیل معادل، میانگین ارتفاع، درصد مساحت سازندهایی با نفوذپذیری خیلی کم، درصد مساحت سازندهایی با



شکل ۴. نمودار Scree منتج از تحلیل مؤلفه‌های اصلی منطقه همگن ۲

معادله مربوط به برآورد منطقه‌ای دبی‌رسوب ارائه گردید (جدول ۶).

در نهایت براساس رابطه رگرسیون دبی‌رسوب ۲۵ ساله، مقادیر دبی‌رسوب در زیرحوضه‌هایی که فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند برآورد شد و مقادیر دبی‌برآورد شده و دبی‌مشاهداتی مقایسه شدند و میزان خطای آن تعیین گردید.

۴.۳. برآورد دبی‌رسوب معلق در مناطق همگن

همانطور که ذکر شد، براساس انجام تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) مقادیر امتیاز برای هر مؤلفه در هر ایستگاه هیدرومتری مناطق همگن هیدرولوژیک محاسبه گردید (جدول ۴ و ۵).

سپس تحلیل رگرسیون چندمتغیره بین مقادیر Score مؤلفه‌های اصلی و دبی‌رسوب‌مشاهداتی ایستگاه‌های هیدرومتری مناطق همگن انجام شد و

جدول ۴. مقادیر امتیاز فاکتورهای تعیین شده در منطقه همگن ۱

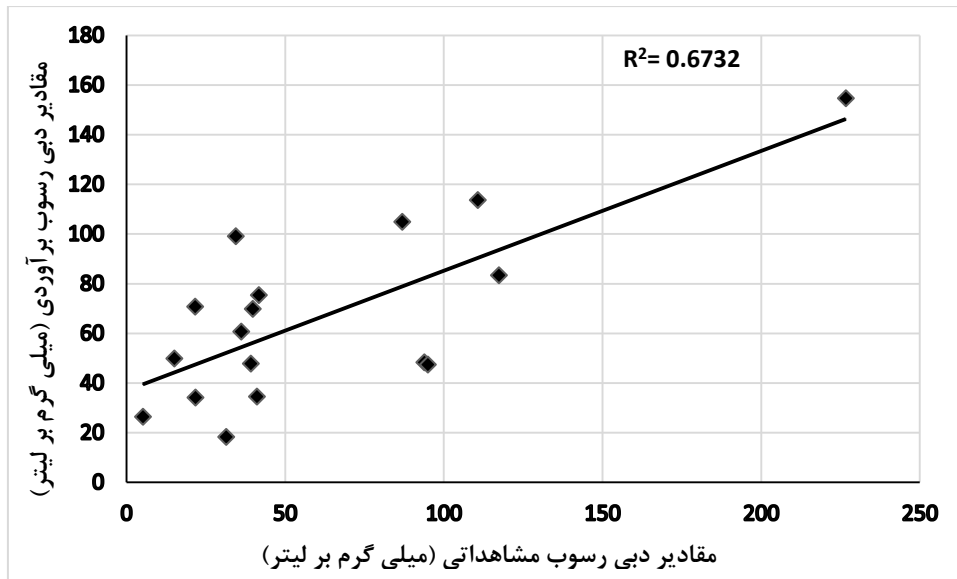
مؤلفه ۵	مؤلفه ۴	مؤلفه ۳	مؤلفه ۲	مؤلفه ۱	زیرحوضه ها
-۰/۲۸	-۱/۱۴	۰/۱۷	-۰/۵۲	۱/۲۷	بیانلو
۰/۰۴	-۰/۶۲	-۰/۳۶	-۱/۱۴	-۰/۰۷	هشتاد جفت
۱/۳۵	-۰/۳۴	-۰/۸۴	-۱/۳۶	۰/۲۷	ینگی کند
۱/۵۳	-۱/۳۶	۰/۰۵	-۰/۹۲	-۱/۲۴	پالتو
۱/۳۹	۲/۱۵	-۰/۹۳	-۰/۵۳	۱/۵۴	سرچم
-۱/۲۴	۰/۶۸	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۹	قرنقو
۰/۰۸	۱/۰۷	-۰/۰۲	-۰/۱۷	۰/۳۷	آیدوغموش
-۱/۶۳	۰/۰۲	-۰/۸۸	-۰/۹۱	-۰/۴۰	کوهسالار
-۰/۵۱	-۰/۴۹	-۰/۰۹	-۰/۴۸	۰/۰۳	شاری چای
-۱/۱۸	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۵۴	-۱/۰۳	درو
-۱/۲۷	۰/۰۸	-۱/۹۴	۱/۰۶	-۰/۶۳	توتکابن
۱/۲۳	-۰/۲۴	-۱/۴۰	۲/۴۶	-۰/۹۹	شهر بیجار
۰/۲۸	۱/۲۵	۱/۱۹	۰/۴۶	-۰/۰۶	باغ کلایه
-۰/۳۰	-۱/۱۹	۰/۷۸	۱/۳۱	۱/۹۷	لوشان
۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۳۸	سیاه دشت
۰/۵۲	۱	۱/۳۶	۰/۱۰	-۱/۰۸	جوستان
-۰/۳۶	۱/۲۲	۱/۶۸	۰/۰۷	-۱/۲۳	جوستان علیزان

جدول ۵. مقادیر امتیاز فاکتورهای تعیین شده در منطقه همگن ۲

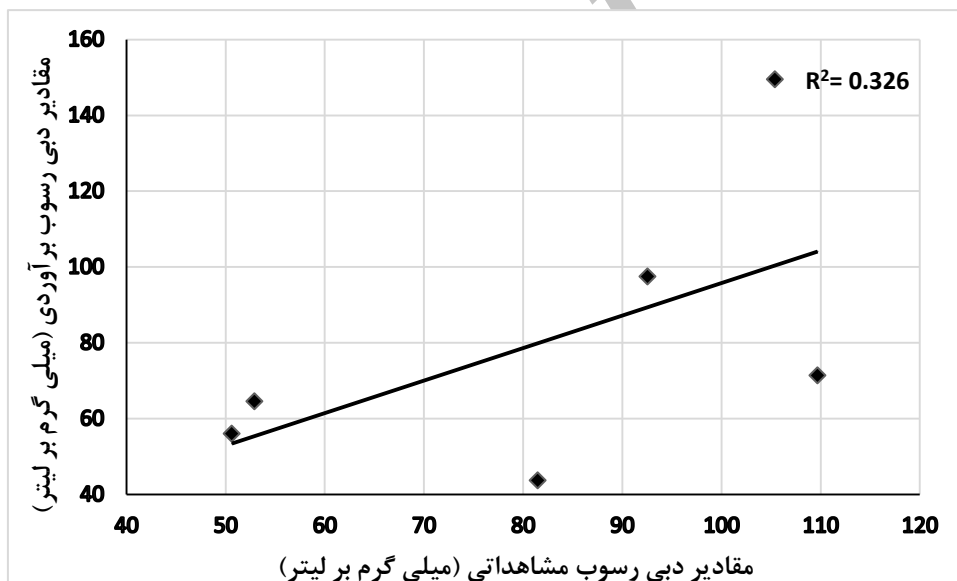
مؤلفه ۳	مؤلفه ۲	مؤلفه ۱	زیرحوضه ها
-۱/۳۱	-۰/۴۸	-۰/۹۶	قره گونی
۱/۶۳	۰/۴۲	-۰/۶۶	پلدختر
۰/۵۶	-۱/۲۱	۰/۶۲	استور
-۰/۳۱	۰/۲۴	۱/۴۹	رودبار
-۰/۱۳	۰/۲۱	-۰/۹۰	ماهانشان
-۰/۴۳	۱/۷۳	-۰/۴۲	گیلوان

جدول ۶. روابط منطقه‌ای دبی رسوب به روش رگرسیون مؤلفه‌های اصلی

ضریب تبیین R^2	رابطه رگرسیون دبی رسوب ۲۵ ساله	تعداد ایستگاه	منطقه همگن
۰/۶۷	$Q = -35.7 \times F_2 + 67$	۱۷	۱
۰/۳۲	$Q = -22.9 \times F_1 - 11.25 \times F_2 + 82.1$	۶	۲



شکل ۵. نمودار پراکنش مقادیر دبی رسوب برآورد شده و دبی رسوب مشاهداتی منطقه همگن ۱



شکل ۶. نمودار پراکنش مقادیر دبی رسوب برآورد شده و دبی رسوب مشاهداتی منطقه همگن ۲

هیدرولوژی) با بیش‌ترین مقادیر ویژه و در منطقه همگن ۲ داده‌ها حول سه مؤلفه (اندازه حوضه، نفوذپذیری و هیدرولوژی) خلاصه شدند. همچنین با استفاده از رگرسیون مؤلفه‌های اصلی در منطقه همگن ۱ فاکتور اول با مقدار ضریب همبستگی ۰/۶۷ و در منطقه همگن ۲، نیز فاکتور اول و دوم با ضریب همبستگی ۰/۳۲ وارد مدل

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تجزیه مؤلفه‌های اصلی برای ۱۸ متغیر محیطی انجام شد. براساس نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی پارامترهای مؤثر در تولید رسوب با مقادیر رسوب در دوره بازگشت‌های مختلف در منطقه همگن ۱ به پنج مؤلفه (اندازه حوضه، شیب، توپوگرافی، نفوذپذیری و

شدند.

گردید. نتایج نشان داد که روش تحلیل خوشه‌ای با ضریب همبستگی $0.49/0.24$ بهترین نتیجه را دارد [۲۱]. در تحقیقی که توسط نصرتی و همکاران در حوضه آبخیز سفیدرود انجام شد نتایج حاکی از آن است که براساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی پارامترهای مساحت حوضه و نفوذپذیری سازندهای زمین‌شناسی مهم‌ترین عوامل در افزایش دبی سیلاب در منطقه می‌باشند. همچنین معادلات رگرسیون دبی رواناب با دوره بازگشت ۱۰ ساله، ضریب تعیین 0.69 و 0.89 را نشان می‌دهد [۳۴]. همچنین صمدزاده و همکاران همبستگی رسوب و دبی را در حوضه دره‌رود در استان اردبیل مورد مطالعه قرار دادند و میزان رسوب معلق را برای حوضه‌های فاقد آمار براساس معادلات منطقه‌ای حاصل از رگرسیون چند متغیره برآورد کردند. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین مورفومتری زیرحوضه‌ها و میزان رسوب وجود دارد [۴۳].

بنابراین می‌توان گفت که تعیین مناطق همگن با متغیرهای ژئومورفولوژیک مشابه و دسته‌بندی آن‌ها برای اجرای هماهنگ عملیات کنترل فرسایش، به عنوان روشی برای مدیریت فرسایش در حوضه‌های فاقد آمار پیشنهاد می‌شود. همچنین نظر به تأثیر فراوان شناخت صحیح عوامل دخیل در تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز کشور از جهت تأثیرگذاری بر شیوه‌های مدیریتی حوضه، اختصاص منابع مالی در امر مبارزه با فرسایش، 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 رسوب حوضه‌های آبخیز انجام شود.

در پژوهشی که توسط خیرفام و وفاخواه انجام شد از روش تحلیل خوشه‌ای و تحلیل منطقه‌ای، رگرسیون و گاما رسوبات جنوب و جنوب شرق دریای خزر استفاده

References

- [1] Abbaspour Fard, M.H., Vandechali, M. and Rouhani, Abbas. (2018). Linear Regression Analysis Some of the important performance parameters of a conventional diesel engine in different working conditions. *Journal of Mechanical Engineering*, 5, 363- 373. (In Persian)
- [2] Arab Ameri, A.R., Shirani, K. and Tazeh, M. (2017). Numerical Analysis of Factors Affecting Landslide Incidence and its Sensitivity Zoning Using Logistic Regression and Linear Multivariate Regression (A Case Study: Marbur Basin). *Journal of range and watershed management*, 1, 121- 161. (In Persian)
- [3] Arman, N. (2012). Regional modeling of soil erosion and sediment yield in Northern Alborz. PHD Thesis, Tehran University, Faculty of Natural Resources, 286 pp. (in Persian)
- [4] Arman, N., Faghouri, Z., Faraji, M. and Khorsandi, Z. (2017). Determination of Effective Factors on Sediment Using Statistical Methods (A Case Study: Seyyed Abad Basin). *Journal of Watershed Engineering*, 2, 190- 204. (In Persian)
- [5] Armed Forces Organization, Topographic Maps of Guilan, Azarbayejan sharghi, Hamedan, Kordestan, Zanjan & Ghazvin Provinces, Scale 1:50000. (In Persian)
- [6] Behmanesh, J., Mohammadpour, M. and bateni, M.M. (2017). Comparison of River Suspended Sediment Load Estimation, using Regression and GA Methods. *Journal of Watershed Management Research*, Vol. 8, No.16, 132- 141. (In Persian)
- [7] Dalir, P., R. Cash. and V. Gholami. (2015). The most important factors related Nvlyd forest roads in the forests of Northern Iran deposition. *Journal of Environmental Degradation*, 2, 12- 23.

- [8] Esmaeeli, A., samiee, M., Bayat, R. and Lotfi, Z. (2011). Evaluation of hydrological homogenization methods in Basin Tehran Province. *the Fourth Iranian Conference of Water Resources Management*, Amir kabir University, 1-9. (In Persian)
- [9] Emami, E. (2008). Investigating the regional model of sediment using artificial neural networks and comparing it with multivariate regression. *Second National Conference on Hydroelectric Power Plants*, 1- 7. (In Persian)
- [10] Eldarmi, A. and Shekhipour, A. (2016). Investigation changes of river morphology and its role on erosion and sedimentation with using HEC-RAS (Case study: Khorram Abad River, Duab Visian). *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 5(3), 146- 163. (In Persian)
- [11] Geological Survey of the country, geological maps of Guilan, Azarbayejan sharghi, Hamedan, Kordestan, Zanjan & Ghazvin provinces, Scale 1:100000. (In Persian)
- [12] Ghorbani. M. A., Fakherifar, A., Nemati, S. and Tolouee, S. (2011). Determining Homogeneous Regions of Spatial Distribution of Suspended Load in Aji-Chai River Basin. *Journal of Water and Soil Science*, 21 (2), 15- 24. (In Persian)
- [13] Groten, J. T. and Johnson, G. (2018). Report Comparability of River Suspended- Sediment Sampling and Laboratory Analysis Methods. *U.S. Geological Survey*, Reston, Virginia, 1- 34
- [14] Heng, S. and Suetsugi, T. (2014). *Development of a regional model for catchment-scale suspended sediment yield estimation in ungauged rivers of the Lower Mekong Basin*. *Geoderma*, Vol. 235- 236, 334- 346.
- [15] Imaizumi, M. and Kato, K. (2017). *PCA-based estimation for functional linear regression with functional responses*. *Journal of Multivariate Analysis*, Vol. 163, 15- 36.
- [16] Johnson, R.A. and Wichern, D.W. (1992). *Applied multivariate statistical analysis* Prentice-Hall: Englewood Cliffs, Pearson Education, 6ed edition, 184- 188.
- [17] Kalteh, A. M. (2002). Investigating the Factors Affecting the Sedimentation of North and South Alborz Basin, Master's thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University, 10- 92. (In Persian)
- [18] Kannan, N., Osei, E., Cao. Y. and Saleh, A. (2017) . Estimating sediment and nutrient delivery ratios in the Big Sunflower Watershed using a multiple linear regression model. *Journal of Soil and Water Conservation*, 72 (6), 68- 83.
- [19] Khalaji, S. (2014). Investigation of the factors affecting on erosion of gully in Robat-Tork-Delijan, Master's Thesis, Faculty of Geography, shahid beheshti University, 127 pp. (In Persian)
- [20] Kheirfam, H. and Vafakhak, M. (2014). Evaluation of gamma test, cluster analysis, discriminant function analysis and andrews curves methods to separate homogeneous watersheds for regional analysis of suspended sediment. *Journal of Water and Soil Conservation*, 4(2), 65- 84. (In Persian)
- [21] Kheirfam, H. and Vafakhah, M. (2015). Assessment of some homogeneous methods for the regional analysis of suspended sediment yield in the south and southeast of the Caspian Sea. *Journal of Earth System Science*. Vol. 124, Issue 6, 1243- 1267.
- [22] Kiyasheshaki, S. (2014). The role of factors affecting the avalanche occurrence and its zoning in the Meigoon - Shemshak axis, Master's thesis, Faculty of Geography, Shahid beheshti University, 158 pp. (In Persian)
- [23] 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.
- [24] Mahmoud Abadi, E., Karimi, A. R., Hagh Niya, GH.H. and Sepehr, A. (2017). Multivariate Regression Function, Artificial Neural Network and Gene Expression Planning in Determining Some Properties of Soil. *Journal of Water and Soil Cnservation*, 2, 23- 44. (In Persian)
- [25] Melesse, A.M., Ahmad, S., McClaina, M.E., Wang, X. and Limd, Y.H. (2011). Suspended sediment load prediction of river systems: An artificial neural network approach. *Agricultural WaterManagement*, 98, 855- 866.
- [26] Mirdavoudi, H. R., Zahedi, H., shokoubi, M. and Torkan, J. (2006). Relationships between the most important ecological factors and rangeland vegetative using multivariate data analysis methods. (case study: South of Markazi province). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 13 (3), 201- 211. (In Persian)

- [27] Mirlatifi, M., Seifi, A. and Riyahii, H. (2010). Combined multiple regression modeling-component analysis and principal factors analysis (MLR-PCA) in prediction of reference evapotranspiration (case study: Kerman station). *Journal of Water and Soil*, 24 (6), 1186- 1196. (In Persian)
- [28] Mohammadi Khoshouee, M., Maleki Nejad, H. and Dastourani, M. T. (2017). Comparison of Regional Analysis Methods for Peak Flood Assessment (Case Study: Isfahan-Sirjan and Yazd-Ardakan Plains). *Journal of Range and Watershed Management*, 70 (2), 515- 529. (In Persian)
- [29] Mohtadi, A., Hejazi, R., Hosseini, S.A. and Moemeni, M. (2018). Applying the "main component analysis" technique to the data of the variables affecting stock returns. *Journal of Financial Accounting and Audit Research*, 37, 25- 52. (In Persian)
- [30] Nasri, M and Najafi, A. (2015). Determining Mathematical relationship between Sediment delivery ratio and Watershed Factors. *journal of Natural ecosystems of Iran*, 6 (2), 1- 12. (In Persian)
- [31] Neishabouri, M. R., Bayat, H. Rastgou, M. Mohammadi, K. Gregory, A. and Nariman zadeh, N. (2016). Parametric Estimation of Water Retention Using MGMDH Method and Principal Component Analysis. *Journal of soil science*, Vol. 50, 1- 29.
- [32] Nosrati, K., Ahmadi, M., Sarvati, M. R. and Mezban, M. (2013). Determination of the Effective Factors in Flooding Potential of Darrehshahr Drainage Basin Based on Hydrological Homogeneous Area. *Journal of Geographical Planning of Space Quarterly*, 3(8), 119- 136. (In Persian)
- [33] Nosrati, K. (2013). *Applied Methods in Scientific Research*, First edition, Shahid Beheshti University Jahad Publishing, 204 pp. (In Persian)
- [34] Nosrati, K., Laaha, G., Sharifnia, S.A. and Rahimi, M. (2015). Regional low flow analysis in Sefidrood Drainage Basin, Iran using principal component regression. *Journal of Hydrology Research*, 46 (1), 121- 136.
- [35] Noori, R., Karbassi, A.R., Moghaddammia, 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. (In Persian)
- [36] Pektaş, A. O. (2015). *Determining the essential parameters of bed load and suspended sediment load*. *Global Warming*, Vol. 8 (3), 359-335.
- [37] Rafik, B. and Kamel, B. (2016). Prediction of permeability and porosity from well log data using the nonparametric regression with multivariate analysis and neural network, Hassi R'Mel Field, Algeria. *Egyptian Petroleum research institute*, 26 (3), 778-763.
- [38] Rezazadeh Joodi, A., Sattari, M. T., Safdari, F. and Ghahremanzadeh, F. (2016). Evaluation of the performance of M5 tree modeling and regression models in suspended sediment modeling of the river. *Journal of Water and Soil Conservation*, 6(2), 109- 124. (In Persian)
- [39] Roman, D. C., Vogel, R. M. and Schwarz, G. E. (2012). Regional regression models of watershed suspended-sediment discharge for the eastern United States. *Journal of Hydrology*, Vol. 472, 53- 62.
- [40] Ramos, M.C. (2001). Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. *Journal of Hydrology*, 57(2), 132- 138.
- [41] Sadeghi, S.H.R. and Singh, J.K. (2005). Development of a synthetic sediment graph using hydrological data. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2 (1-2), 69- 77. (In Persian)
- [42] Sadeghi, S.H.R., Mizuyama, T., Miyata, S., Gomi, T., Kosugi, K., Fukushima, T., Mizugaki, S. and Onda, Y. (2008). Determinant factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. *Journal of Hydrology*, 356 (3- 4), 271- 282. (In Persian)
- [43] Samadzadeh, R., Khayam, M and Fazeli, A. (2013). Modeling Regional Estimation of Suspended Sediment in Darreh Rood Basin in Ardebil. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 51(3), 153- 179. (In Persian)
- [44] Tabatabaee, M. R. and Soleimani, K. (2013). Estimation of Fluvial Suspended Sediment Concentration Using MODIS Sensor (Case Study: Hydrometry Station of Mollasani), *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 36(2), 83- 95. (In Persian)
- [45] Tananaev, N. I. (2017). Applying Regression Analysis to Calculating Suspended Sediment Runoff: Specific Features of the Metho. *journal of Water Resources*, Vol. 40, No. 6, 585- 592.

- [46] Tryon, R.C. (1939). *Cluster analysis*. New York: McGraw-Hill.
- [47] Uca., Toriman, E., Jaafar, Othman., Maru, Rosmini, Amal, Arfan. and Ansari, Saleh Ahmar. (2018). Daily Suspended Sediment Discharge Prediction Using Multiple Linear Regression and Artificial Neural Network. *Journal of Physics Conference Series*, Ser. 95401203, 1- 20.
- [48] Wuttichaikitcharoen, P. and Babel, M. S. (2014). Principal Component and Multiple Regression Analyses for the Estimation of Suspended Sediment Yield in Ungauged Basins of Northern Thailand. *Journal of Water*, 6(8), 2847-2848.
- [49] Varvani, J., Ebrahimi, N. Gh., Yousefi, M., Shadmani, A. and Nikche Farahani. Sh. (2015). Investigation of the efficiency of nero fuzzy and tree regression methods in estimating suspended sediment load of the river. *Journal of Watershed management Research*, 4(109), 105- 115. (In Persian)
- [50] Water Resources Organization (TAMAB), Sediment and Rain Data, (1961- 2011). (In Persian)
- [51] Zhong, X. and Enke, D. (2017). Forecasting Daily Stock Market Return Using Dimensionality Reduction. *Expert Systems with Applications*, 67, 139 -126.

Archive of SID

Archive of SID