عوامل موثر بر رسوب‌دهی معلق حوزه‌های آبخیز جنوب غربی ایران

بهرام ثقفیان[1]، دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
باقر قرمزچشمه، کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مسعود سمیعی، کارشناس ارشد پژوهشکده تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
رضا عاشقی، مربی گروه عمران، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۲/۱۶ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۸/۰۴/۱۸

چکیده

طی دهه‌های گذشته، بررسی عوامل موثر بر رسوب‌دهی حوزه آبخیز رودخانه‌ها، در مطالعات آبخیزداری مورد توجه قرار گرفته است. داده‌های بار رسوبی رودخانه‌ها، علی‌رغم کم‌بود تعداد و طول دوره آماری، می‌تواند در تحلیل رسوب‌دهی استفاده شود. در این تحقیق، ۲۰ زیرحوضه واقع در منطقه جنوب غرب کشور، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیائی (GIS) و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، ۴۸ متغیر فیزیوگرافی، اقلیمی، زمین‌شناسی و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) استخراج شد. بررسی عواملی چون انحنای دامنه و شاخص پوشش گیاهی تصاویر ماهواره‌ای برای اولین بار در تعیین عوامل موثر بر رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز مورد توجه قرار گرفته است. با انجام تجزیه و تحلیل عاملی، چهار عامل مساحت حوضه، درصد مساحت تحدب حوضه، درصد مساحت اراضی شمال‌غربی و درصد مساحت مجموع اراضی جنگلی، کشاورزی با مراتع خوب (NDVI بیش‌تر از ۰/۴) به‌عنوان عوامل موثر شناسائی شد. در تعیین مناطق هم‌گن، از روش تجزیه خوشه‌ای به همراه تجزیه و تحلیل متمایزکننده استفاده شد که منجر به شناسائی دو گروه هم‌گن شد. نتایج نشان داد که عوامل مساحت حوضه، درصد مساحت تحدب حوضه و درصد اراضی شمال غربی، به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل متمایزکننده گروه‌ها و موثرترین عوامل بر رسوب‌دهی در منطقه مورد نظر هستند.

واژه‌های کلیدی: انحنای دامنه، بار رسوب، شاخص پوشش‌گیاهی، عاملی، متمایزکننده

مقدمه

حوزهٔ آبخیز مانند یک سامانه باز عمل کرده، متغیرهای بسیاری بر روی واکنش‌های هیدرولوژیک آن مؤثرند؛ اما در بررسی‌های هیدرولوژیک، نمی‌توان کلیه متغیرها را در محاسبات و مدل‌ها وارد نمود، بلکه می‌توان متغیرهایی را انتخاب کرد که اولاً با توجه به موضوع تحقیق با اهمیت بوده و ثانیاً توضیح‌دهندهٔ دیگر عوامل نیز باشند. برای انتخاب و محدود کردن عوامل موثر، روش‌های متفاوتی وجود دارد. تجزیه عاملی از جمله روش‌هایی است که با آن می‌توان تعداد زیادی از متغیرها را به چند عامل کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه کرد.

مطالعات اخیر درخصوص تحلیل عوامل مختلف مؤثر بر رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز، طبیعت چندگانه این عوامل را آشکار کرده است. در این مطالعات، عدم امکان شناسایی تعداد معینی از متغیرهای کلیدی برای استفاده در برآورد تولید رسوب، مشکلات دستیابی به یک رابطه جعبه خاکستری ساده بین تولید رسوب و متغیرهای فیزیوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی را ثابت می‌کند (حکیم‌خانی، ۱۳۷۶). بر اساس مطالعات موجود، عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی به چهار گروه فیزیوگرافی و مورفولوژی حوزه آبخیز، زمین‌شناسی و خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی و عوامل اقلیمی تقسیم می‌شود. در تحقیقی Takahashi و Nakagava (۱۹۸۹) عوامل مساحت، شیب، اختلاف ارتفاع دورترین نقطه حوضه نسبت به خروجی و ضریب فرسایندگی باران را از عوامل موثر بر رسوب شناسایی کردند.

[1] b.saghafian@gmail.com

Ferraresi (۱۹۹۰) عوامل میانگین عمق بارش سالانه، مساحت حوضه و درصد مساحت سازندهای حساس به فرسایش را برای ۲۰ زیر حوضه در منطقه Emilia Romagna در شمال ایتالیا، به‌عنوان عوامل موثر بر رسوب شناسایی کرد. Chakraborti (۱۹۹۲) مساحت، تراکم زهکشی، میانگین بارش سالانه، شیب متوسط و دبی حوضه و عامل پوشش گیاهی را از مهم‌ترین عوامل موثر بر رسوب‌دهی می‌داند. Dedkov و Moszherin (۱۹۹۲) در بررسی عوامل رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز در سطح جهان، اقلیم و روان‌آب، ویژگی منطقه و میزان توسعه اقتصادی، پستی و بلندی، تکتونیک معاصر و زمین‌شناسی را عمده‌ترین عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی و فرسایش ذکر کردند.

حکیم‌خانی (۱۳۷۶) در ۱۷ زیرحوضه در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، متغیرهای درصد اراضی رو به غرب، درصد سنگ‌های حساس به فرسایش، میانگین بارش سالانه و دبی متوسط سالیانه را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر رسوب شناسایی کرد. قدیمی‌عروس‌محله و سبحانی (۱۳۷۸) عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی را بر اساس اطلاعات ۲۱ حوزه آبخیز در حوزه آبخیز دریاچه نمک بررسی کردند که در نتیجه عوامل درصد مساحت سازند حساس به فرسایش، تراکم گسل، درصد مساحت آبرفت، تراکم آبراهه‌های درجه دوم و درجه حرارت متوسط سالیانه به‌عنوان عوامل موثر بر رسوب‌دهی شناخته شدند. وروانی (۱۳۸۰)، در زیرحوضه‌های گرگان‌رود عوامل دبی متوسط سالیانه، درصد مساحت اراضی جنگل نیمه‌متراکم و کم‌تراکم و مجموع درصد مساحت سازندهای زمین‌شناسی ما قبل کواترنر مقاوم و نسبتاً مقاوم به فرسایش را به‌عنوان عوامل موثر بر رسوب‌دهی شناسائی کرد.

تلوری (۱۳۸۱)، رسوب معلق حوضه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه آبخیز کرخه واقع در استان لرستان را بررسی نمود. وی در تحقیق خود از عوامل فیزیوگرافی، مانند ضرایب شکل تراکم زهکشی، شیب حوضه و آبراهه در زمان تمرکز و از عوامل اقلیمی، بارش سالانه و ماهانه را برای آنالیز منطقه‌ای رسوب استفاده کرد. درتحقیق فوق، برای انتخاب عوامل مهم از روش تعیین عاملی استفاده و عامل سطح حوضه، ضریب شکل، سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی انتخاب شد و دو عامل بارش و ارتفاع نیز با نظر کارشناسی به‌دلیل اهمیت آن‌ها در رسوب اضافه و با شش عامل رابطه رگرسیونی بر قرار شد. لازم به ذکر است که از عوامل نه‌گانه (MPSIAC) نیز به‌عنوان عوامل مستقل در تحلیل عاملی استفاده شد که عامل سنگ‌شناسی و پوشش گیاهی از این مدل گرفته شده است. ۱۵ حوضه مورد بررسی با روش آنالیز خوشه‌ای به دو منطقه هم‌گن تقسیم و در هر منطقه و برای ایستگاه یک رابطه استخراج شد. ضریب همبستگی به‌ترتیب برای معادله رگرسیونی لگاریتمی، خطی کل منطقه و منطقه هم‌گن۲، ۰/۸۶، ۰/۹۷ و ۰/۹۷ به‌دست آمد.

گروه‌بندی مناطق در هیدرولوژی، اغلب به‌منظور انتقال اطلاعات از مناطق دارای آمار جریان به مناطق فاقد آمار صورت می‌گیرد؛ با تقسیم منطقه به بخش‌های هم‌گن، انتقال اطلاعات با دقت بیش‌تری انجام می‌شود. هم‌گنی از جنبه‌های مختلفی به‌دست می‌آید. در بررسی‌های مختلف در دنیا، اهمیت مناطق هم‌گن هیدرولوژیک در افزایش دقت انتقال اطلاعات از مناطق دارای آمار، به مناطق فاقد آمار، همچنین افزایش دقت و کارآیی مدل‌های تحلیل منطقه‌ای بیان و اثبات شده است (داوودی راد، ۱۳۷۸; Murphey و همکاران، ۱۹۷۷; Brison، ۱۹۹۸).

در تحقیق حاضر، با بررسی چهار گروه از خصوصیات فیزیوگرافی، اقلیمی، پوشش گیاهی و زمین‌شناسی در حوزه‌های آبخیز منطقه جنوب غربی ایران، مهم‌ترین عوامل موثر بر رسوب‌دهی شناسایی و حوضه‌های هم‌گن از نظر رسوب‌دهی تفکیک شد؛ مخصوصاً نقش شکل دامنه و شاخص پوشش گیاهی تصاویر ماهواره‌ای مورد توجه قرار گرفته است.

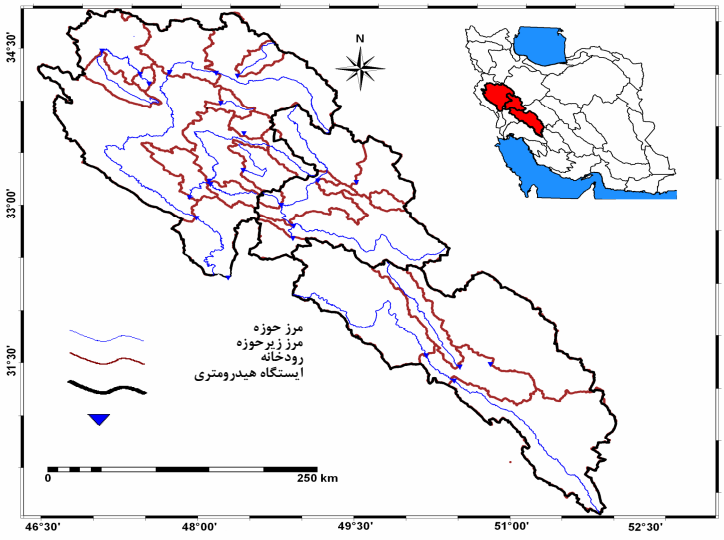
مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق: منطقه تحقیق در جنوب غربی ایران و شامل سه حوضه بزرگ کرخه، دز و کارون است. حوزهٔ آبخیز کرخه در محدوده جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه عرض شمالی و ۴۶ درجه تا ۴۹ درجه طول شرقی واقع شده است. سرشاخه‌های این رودخانه از سلسله جبال زاگرس در غرب و شمال‌غرب کشور سرچشمه می‌گیرد و شاخه اصلی آن در جهت کلی شمال به جنوب به طرف باتلاق‌های هورالعظیم، در مرز ایران و عراق، امتداد می‌یابد.

رودخانه کرخه در محلی به نام پای‌پل وارد دشت خوزستان می‌شود. طول شاخه اصلی تا پای‌پل، حدود ۴۳۰ کیلومتر، گذر حجمی متوسط رودخانه در این محل حدود ۱۸۰ مترمکعب در ثانیه و مساحت حوضه بالادست حدود ۴۲۶۴۴ کیلومتر مربع است. حوزه‌های آبخیز رودخانه‌های دز و کارون (کارون بزرگ) در داخل ارتفاعات زاگرس میانی قرار دارند و محدود به مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی هستند. در این تحقیق، محل خروجی حوضه دز، ایستگاه تله‌زنگ با مساحت زهکشی ۱۶۱۴۶ کیلومترمربع و حوزه آبخیز کارون، ایستگاه پل‌شالو با مساحت زهکشی ۲۴۱۳۷ کیلومتر مربع است. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد تحقیق را نشان می‌دهد.

انتخاب ایستگاه‌ها در منطقه: حدود ۲۰۰ ایستگاه رسوب‌سنجی در منطقه وجود دارد که از بین آن‌ها تنها ۲۰ ایستگاه براساس پراکنش جغرافیائی، طول دوره آماری، کیفیت آمار و تنوع مساحت حوزه‌های آبخیز انتخاب شدند. جدول ۱، فهرست ایستگاه‌های منتخب در منطقه تحقیق را نشان می‌دهد.

استخراج عوامل موثر بر رسوب‌دهی: به‌منظور بررسی عوامل موثر بر رسوب‌دهی، با استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیائی LWIS ، عوامل فیزیوگرافی، نظیر مساحت، ارتفاع متوسط وزنی، ارتفاع بیشینه، ارتفاع کمینه، شیب متوسط حوضه، انحراف معیار شیب حوضه، شیب آبراهه اصلی، طول آبراهه اصلی، محیط حوضه، طول حوضه، تراکم زهکشی، درصد مساحت حوضه در جهات مختلف شیب (شمال، شمال شرقی، شمال غربی، جنوب، جنوب غربی، جنوب شرقی، شرق، غرب و مسطح)، ضریب گراولیوس، ضریب شیوم، ضریب میلر، ضریب شکل، درصد مساحت شکل دامنه (محدب، مقعر، یک‌نواخت)، میانگین وزنی انحنای دامنه، انحراف معیار انحنای دامنه حوضه، و عوامل اقلیمی، شامل بارندگی میانگین سالیانه، میانگین ۱۲ماه و میانگین مجموع بارندگی ماه‌های پر باران از آذر تا اردیبهشت (شش ماه) و نیز میانگین مجموع بارندگی آذر تا فروردین (پنج ماه)، میانگین ماهانه کلیه ماه‌های سال و انحراف معیار بارش میانگین ماهیانه در نظر گرفته شدند. همچنین عوامل دیگری، مانند دبی حداکثر لحظه‌ای، درصد مساحت‌های مربوط به سازندهای زمین‌شناسی برحسب میزان مقاومت آن‌ها به فرسایش (مقاوم، متوسط، حساس و خیلی حساس)، و درصد مساحت انواع کاربری اراضی (مجموع مساحت جنگلی با مرتع خوب و زمین‌های کشاورزی، مراتع متوسط، مراتع ضعیف و خاک لخت بدون پوشش) انتخاب شدند. کاربری اراضی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDVI تعیین شد که در بخش‌های بعدی به‌طور مشروح به آن‌ها اشاره می‌شود. جدول ۲، محدوده متغیرهای انتخابی را نشان می‌دهد؛ با استفاده از نرم‌افزار SPSS، طبیعی بودن متغیرهای مذکور تایید شد. در ادامه، استخراج دو عامل، که در این مقاله به‌طور اختصاصی برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، تشریح می‌شود.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها و رودخانه‌های اصلی منطقه مورد تحقیق در کشور

جدول ۱- ایستگاه‌های سنجش رسوب انتخاب شده در منطقه مورد تحقیق

ردیف	کدتماب	حوضه	رودخانه	ایستگاه	مساحت (km^2)	عرض جغرافیائی		طول جغرافیائی	
						دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
۱	۲۸۱	دز	آب‌سبزه	چم‌چیت	۳۲۹	۲۳	۳۳	۵۹	۴۸
۲	۲۹۳	دز	بختیاری	تنگ‌پنج (بختیاری)	۶۴۰۶	۵۶	۳۲	۴۶	۴۸
۳	۲۷۷	دز	ماربره	دره‌تخت (ماربره)	۲۵۷۸	۲۳	۳۳	۲۲	۴۹
۴	۲۹۵	دز	دز	تله‌زنگ	۱۶۱۴۶	۴۹	۳۲	۴۶	۴۸
۵	۲۲۵	کارون	خرسان	بارز	۸۹۹۷	۳۱	۳۱	۲۵	۵۰
۶	۲۳۱	کارون	کارون	ارمند	۹۹۵۹	۴۱	۳۱	۴۶	۵۰
۷	۲۳۷	کارون	کارون	پل‌شالو	۲۴۱۳۷	۴۵	۳۱	۸	۵۰
۸	۱۰۹	کرخه	تویسرکان	فیروزآباد	۸۵۸	۲۱	۳۴	۷	۴۸
۹	۱۱۵	کرخه	گاماسیاب	دوآب	۷۷۲۹	۲۲	۳۴	۵۴	۴۷
۱۰	۱۲۷	کرخه	گاماسیاب	پل‌چهر	۱۰۸۵۹	۲۱	۳۴	۲۶	۴۷
۱۱	۱۴۱	کرخه	قره‌سو	پل‌کهنه	۴۸۶۰	۱۹	۳۴	۸	۴۷
۱۲	۱۴۳	کرخه	قره‌سو	قورباغستان	۵۳۵۴	۱۴	۳۴	۱۵	۴۷
۱۳	۱۴۵	کرخه	بادآور	نورآباد	۶۱۸	۵	۳۴	۵۸	۴۷
۱۴	۱۷۱	کرخه	دوآب	الشترسراب سیدعلی	۷۸۹	۴۸	۳۳	۱۳	۴۸
۱۵	۱۷۵	کرخه	خرم‌آباد	چم‌انجیر	۱۶۳۷	۲۷	۳۳	۱۴	۴۸
۱۶	۱۷۷	کرخه	کشکان	پل‌کشکان	۶۸۹۰	۲۰	۳۳	۵۴	۴۷
۱۷	۱۷۹	کرخه	چلهول	آفرینه (کشکان)	۸۱۰	۱۸	۳۳	۵۵	۴۷
۱۸	۱۸۳	کرخه	کشکان	پل‌دختر (کشکان)	۹۳۲۴	۱۰	۳۳	۴۳	۴۷
۱۹	۱۸۵	کرخه	کرخه	جلوگیر (کرخه)	۳۹۶۹۵	۵۸	۳۲	۴۸	۴۷
۲۰	۱۹۱	کرخه	کرخه	پای‌پل	۴۲۸۷۱	۲۵	۳۲	۹	۴۸

شاخص پوشش‌گیاهی (NDVI)[1]: NDVI، یکی از شاخص‌های مهم پوشش گیاهی است که از نرمال نمودن نسبت نوار مادون قرمز نزدیک به نوار قرمز به‌دست می‌آید و معادله کلی محاسبه آن به‌شرح ذیل است.

$$NDVI = \frac{B_{NIP} - B_{\mathrm{Re}d}}{B_{NIP} + B_{\mathrm{Re}d}} \qquad (۱)$$

که در آن، B_{NIR}، نوار مادون قرمز نزدیک و B_{red}، نوار قرمز است.

عدد رقومی نوارها بر اساس طول موج‌هایی که سنجنده‌ها دریافت می‌کنند، متفاوت است. عدد رقومی ثبت شده بستگی به‌قدرت تفکیک مکانی سنجنده و قدرت تفکیک نواری دارد؛ به‌طوری‌که هر چه قدرت تفکیک نوار در محدوده طیف قرمز و مادون قرمز نزدیک بیش‌تر باشد، دقت NDVI افزایش می‌یابد. در سنجنده MODIS، با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، نوار ۲ (B_2) همان نوار مادون قرمز نزدیک و نوار ۱ (B_1) معادل نوار قرمز است. نوار ۱ (B_1) دارای طول موج ۶۲۰-۶۷۰ نانومتر و نوار ۲ (B_2) دارای طول موج ۸۷۶-۸۴۱ نانومتر است. Tokunaga (۲۰۰۱) کاربری اراضی را به‌طور تقریبی بر اساس (NDVI) طبق جدول ۳ طبقه‌بندی نمودند.

[1] Normalized Difference Vegetation Index

انحنای دامنه[1]: انحنا و یا شکل دامنه، بیان‌گر چگونگی تغییرات شیب دامنه و از جمله عوامل مهم در فرسایش حوضه است. معمولاً پروفیل یک دامنه، از سه قسمت مقعر، یک‌نواخت و محدب تشکیل می‌شود. در طول یک پروفیل مقعر، شیب دامنه کاهش و در حالت تحدب، شیب افزایش می‌یابد. در حالتی که شیب دامنه در راستای پروفیل تغییر محسوسی نکند، دامنه را یک‌نواخت[2] گویند. روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای محاسبه ضریب انحنای دامنه وجود دارد (Shary، ۲۰۰۳) برای محاسبه ضریب انحنای دامنه، از مشتق دوم ارتفاع استفاده می‌شود، بدین منظور ابتدا انحناء را در جهت پروفیل طولی و جهت مماسی محاسبه کرده، بر اساس آن، انحنای کل دامنه را حساب می‌کنند. انحنای پروفیل عبارت است از انحنای دامنه در مقطع عمود بر خطوط تراز و در امتداد جهت جریان و منظور از انحنای مماسی انحنای دامنه در جهت مماس بر خطوط تراز است (شکل۲).

از الگوریتم لاپلاس برای تعیین انحنای دامنه در جهت قطری استفاده می‌شود. نرم‌افزار ILWIS بر اساس مشتق دوم ارتفاع مبادرت به محاسبه ضریب انحناء در جهت قطری می‌کند (جدول ۴). نرم‌افزار ILWIS با اعمال فیلتر D2fDxDy بر روی نقشه DEM، نقشه ضریب انحنای قطری دامنه را محاسبه می‌نماید. اعداد انحناء، بین کمینه ۲۰۰۰۰- تا بیشینه ۲۰۰۰۰ متغیر است. اعداد منفی بیان‌گر دامنه‌های مقعر، اعداد مثبت نشان‌دهنده تحدب دامنه و اعداد نزدیک صفر بیان‌گر دامنه یک‌نواخت هستند.

تجزیه و تحلیل عاملی[3]: تجزیه عاملی از جمله روش‌های چند متغیره[4] است که با آن می‌توان تعداد زیادی از متغیرها را به چند عامل کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه نمود. هر چه مقدار همبستگی داخلی بین متغیرها بیش‌تر باشد، تعداد عامل‌های پدیدآمده کم‌تر خواهد بود. یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل عاملی، ماتریس وزنی عاملی[5] است. دلایل زیادی برای اهمیت تجزیه عاملی وجود دارد: اول این‌که این روش خصوصیاتی را که با دیگر خصوصیات وابسته هستند جدا می‌کند؛ ثانیاً با افزایش تعداد متغیرها معادله رگرسیون چندمتغیره به‌طور فزاینده‌ای غیر قابل کنترل می‌شود که با استفاده از تجزیه عاملی، می‌توان داده‌ها را کاهش داد (خراسانی‌زاده، ۱۳۷۵). برای انجام تجزیه عاملی، مراحل زیر انجام می‌شود.

استاندارد کردن داده‌ها: استاندارد کردن داده‌ها، که در آنالیزهای چندمتغیره از آن استفاده می‌شود، بدین صورت است که اعداد هر کمیت چنان تغییر می‌کند که دارای میانگین صفر و واریانس یک باشد. در این صورت وزن اعداد با هر واحدی یکسان شده و تأثیر اصلی و اساسی خود را در محاسبات خواهد داشت.

تعیین ماتریس وزنی عاملی: روش‌های مختلفی برای برآورد ماتریس وزنی عاملی و واریانس‌های عاملی وجود دارد که دو روش عمده آن برآورد حداکثر درشت‌نمایی و تحلیل عامل اصلی[6] است. روش حداکثر درشت‌نمایی هنگامی به‌کار می‌رود که تعداد افراد از تعداد کمیت‌های فردی بیش‌تر باشد؛ در غیر این صورت از تحلیل عاملی استفاده می‌شود.

انتخاب تعداد عامل‌ها: یک قاعده سرانگشتی دیگر در اغلب بسته‌های نرم‌افزاری آماری به‌کار برده می‌شود که در آن تعداد عامل‌ها برابر تعداد مقادیر ویژه[7]، که از یک بزرگ‌ترند، اختیار می‌شود. این انتخاب را می‌توان به‌عنوان اولین پیش‌بینی تعداد عامل‌ها به‌کار برد. سپس نتایج با استفاده از میزان درصد واریانس آزمون می‌شود.

دوران عامل‌ها: پس از انتخاب اولیه وزن‌های عاملی، قدم بعدی "دوران" عامل‌ها برای به‌دست آوردن عامل‌هایی است که به آسانی تعبیر شوند. دوران عامل‌ها حاصل از ضرب راست وزن‌های عاملی در یک ماتریس متعامد است. درصورتی‌که شرط استقلال عامل‌ها رها شود، می‌توان عامل‌ها را از چپ در یک ماتریس دل‌خواه ضرب نمود که این تبدیل عامل‌ها را تبدیل مایل گویند (خراسانی‌زاده، ۱۳۷۵). روش‌های مختلفی برای دوران عامل‌ها وجود دارد که از آن

[1] Curvature
[2] Steady
[3] Factor Analysis
[4] Multivariate
[5] Factor Loading Matrix
[6] Principle component
[7] Eigen Value

جمله می‌توان به واریماکس[1]، کوارتیماکس[2] و اکواماکس[3] اشاره کرد. پس از انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یافتن متغیرهای مستقل اصلی، اقدام به منطقه‌بندی و تعیین مناطق هم‌گن می‌شود.

جدول۲- فهرست مقادیر پارامترهای استخراج شده در منطقه مورد تحقیق

ضرایب شکل				ارتفاع			عوامل فیزیوگرافی								محدوده
میلر	عامل شکل	شیبوم	گراویلیوس	حداکثر	متوسط	حداقل	تراکم زهکشی	طول آبراهه اصلی	شیب آبراهه اصلی	مجموع طول آبراهه	طول حوضه	شیب	محیط	مساحت	
۰/۶	۰/۸	۱/۸	۲/۲	۴۴۰۹/۰	۲۴۷۱/۰	۱۸۰۰/۰	۰/۵	۷۰۲/۵	۴۱/۲	۱۴۷۸۸/۳	۳۰۳/۳	۴۹/۲	۱۴۳۰/۸	۴۲۸۷/۰	حداکثر
۰/۲	۰/۱	۰/۷	۱/۳	۲۷۰۰/۰	۱۳۴۸/۰	۱۴۹/۰	۰/۲	۱۴/۸	۴/۸	۱۰۹/۳	۲۳/۵	۱۹/۲	۸۵/۲	۳۲۹/۰	حداقل
۰/۳	۰/۵	۱/۴	۱/۷	۳۵۹۸/۰	۱۹۲۶/۸	۱۰۴۶/۹	۰/۳	۲۰۳/۵	۱۷/۹	۲۸۹۲/۵	۱۱۷/۳	۳۵/۵	۵۱۶/۱	۹۲۴۳/۲	متوسط
۰/۴	۰/۷	۱/۱	۰/۹	۱۷۰۹/۰	۱۱۲۳/۰	۱۶۵۱/۰	۰/۳	۶۸۷/۸	۳۶/۴	۱۴۶۷۹/۰	۲۷۹/۸	۳۰/۰	۱۳۴۵/۶	۴۲۵۴/۰	دامنه

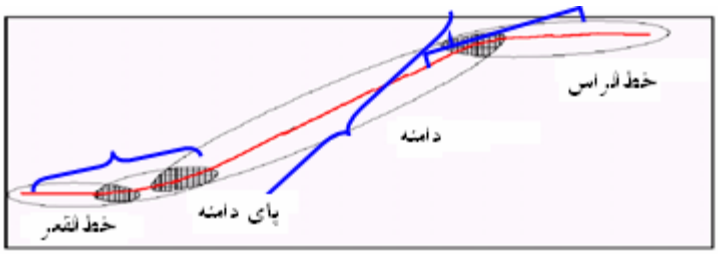
درصد مساحت انحنای حوزه				درصد مساحت زمین‌شناسی				درصد مساحت جهات جغرافیایی								محدوده
یک‌نواخت	مقعر	محدب	میانگین	خیلی حساس	حساس	متوسط	مقاوم	شمال غرب	جنوب غرب	جنوب	جنوب شرق	شمال شرق	مسطح	شرق	جنوب	غرب	شمال	
۶۲/۰	۴۳/۰	۴۵/۰	۲/۱	۷۳/۵	۷۴/۷	۴۹/۰	۴۲/۲	۱۴/۶	۳۰/۶	۱۳/۲	۹/۸	۲۶/۹	۱۰/۰	۱۱/۵	۲۸/۱	۱۹/۴	۱۱/۴	حداکثر
۱۳/۰	۱۹/۰	۱۹/۰	-۵/۲	۰/۰	۰/۰	۸/۸	۰/۰	۲/۴	۱۳/۲	۰/۹	۶/۳	۲/۷	۰/۰	۲/۷	۱۰/۷	۳/۷	۱/۱	حداقل
۳۷/۶	۳۰/۸	۳۱/۶	-۲/۲	۳۵/۰	۳۵/۰	۲۴/۲	۱۶/۳	۷/۱	۲۲/۰	۴/۸	۲۰/۱	۴/۲	۸/۰	۱۷/۲	۱۰/۵	۶/۱	متوسط	
۴۹/۰	۲۴/۰	۲۶/۰	۷/۳	۷۳/۵	۷۳/۵	۴۰/۲	۴۲/۲	۱۲/۲	۱۷/۴	۸/۸	۲۰/۵	۱/۰	۸/۸	۱۷/۴	۱۵/۷	۱۰/۳	دامنه	

دبی ($m^3 s^{-1}$)	شاخص پوشش گیاهی (درصد مساحت)				انحراف معیار			میانگین بارندگی (mm)				محدوده
دبی حداکثر لحظه‌ای	جنگل	مرتع خوب	مرتع ضعیف	خاک لخت	بارش	شیب	انحنای حوضه	۶ ماه	۵ ماه	ماهانه	سالانه	
۴۲۸۷۱/۰	۶۰/۲	۸۰/۲	۶۱/۷	۲۳/۰	۱۸۰/۷	۳۷/۷	۱۰۲/۹	۱۰۸/۵	۱۲۹/۰	۶۱/۳	۷۳۶/۲	حداکثر
۳۲۹/۰	۰/۰	۵/۳	۱/۴	۰/۱	۱۸/۸	۳/۴	۴۴/۷	۴۶/۳	۵۳/۹	۳۱/۱	۳۷۳/۰	حداقل
۸۹۰۲/۰	۳۷/۳	۳۰/۲	۲۵/۹	۴/۳	۷۵/۶	۲۶/۸	۷۳/۶	۷۳/۴	۸۶/۱	۴۲/۳	۵۰۸/۱	متوسط
۴۲۵۴۲/۰	۶۰/۲	۷۴/۹	۶۰/۳	۲۲/۹	۱۶۱/۹	۳۴/۳	۵۸/۲	۶۲/۲	۷۵/۱	۳۰/۳	۳۶۳/۲	دامنه

واحدها: مساحت (کیلومتر مربع)، محیط (کیلومتر)، شیب (درصد)، طول حوضه (کیلومتر)، مجموع طول آبراهه‌ها (کیلومتر)، طول آبراهه اصلی (کیلومتر)، تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)

جدول ۳- تقسیم بندی کاربری‌ها بر اساس مقادیر NDVI

نوع کاربری	$NDVI$
خاک لخت، بستر رودخانه و سطوح آب	<۰/۲
گراس و شالیزارها	۰/۲-۰/۴
جنگل و درختان نارگیل	>۰/۴



شکل ۲- اجزای نیم‌رخ دامنه در جهت جریان

[1] Varimax
[2] Quartima
[3] Aquamax

جدول ۴- ضرایب ماتریس ۵×۵ در فیلتر D2fDxDy

۱	-۸	۰	۸	-۱
-۸	۶۴	۰	-۶۴	۱
۰	۰	۰	۰	۰
۸	-۶۴	۰	۶۴	-۸
-۱	۸	۰	-۸	۱

تعیین مناطق هم‌گن هیدرولوژیکی: هم‌گنی مکانی آمار هواشناسی (بارندگی یا اقلیم) یا هم‌گنی آمار هیدرولوژیکی، بدین معنی است که طبیعت یک پدیده هواشناسی یا هیدرولوژیکی در تمام نقاط یک منطقه هم‌گن، در حد اختلاف قابل تحمل آماری، یکسان است. به طورکلی، مناطقی که از نظر آب و هوائی و خصوصیات فیزیکی حوضه شامل پستی و بلندی‌ها، شبکه زهکشی، خاک و پوشش، همانند باشند و شرایط یکسان برای وقوع دبی جریان ایجاد کنند، مناطق هم‌گن دبی نامیده می‌شوند (Hall و Minns، ۱۹۹۹). روش‌های تفکیک مناطق هم‌گن عبارتند از: روش تست هم‌گنی آمار سری وقایع هیدرولوژیکی (مهدوی، ۱۳۷۱) و روش استفاده از خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی هم‌گن (Hall و Minns، ۱۹۹۹). روش تحلیل باقی‌مانده، روش مبتنی بر عکس‌العمل هیدرولوژی حوضه (لانگبین)، روش‌های تصویری (ستاره‌ای، آندرو و چرنوف)، آزمون دالریمپل، آزمون بر اساس ضریب تغییرات، آزمون بر اساس توزیع و روش تحلیل خوشه‌ای، ازجمله روش‌های تعیین مناطق هم‌گن هستند. در این تحقیق، از روش تحلیل خوشه‌ای به‌علت کاربرد وسیع و دقت بالا استفاده شده است. در سال‌های اخیر، هیدرولوژیست‌ها درباره استفاده از خصوص این روش تأکید بیش‌تری داشته‌اند. در این روش، براساس تشابه خصوصیات فیزیکی، مناطق هم‌گن تعیین می‌شود و هرگونه طبقه‌بندی، به معیاری برای سنجش تشابهات بین افراد نیازمند است. در این روش حوضه‌ها دو به دو در نظر گرفته شده، از نظر خصوصیات با هم مقایسه می‌شوند؛ حوضه‌هائی که کم‌ترین فاصله را از هم دارند، در یک دسته هم‌گن قرار می‌گیرند؛ این عمل هنگامی که تشابه بین دو خوشه بیش از مقدار معین باشد، متوقف شده و با خوشه‌های دیگر ادامه می‌یابد.

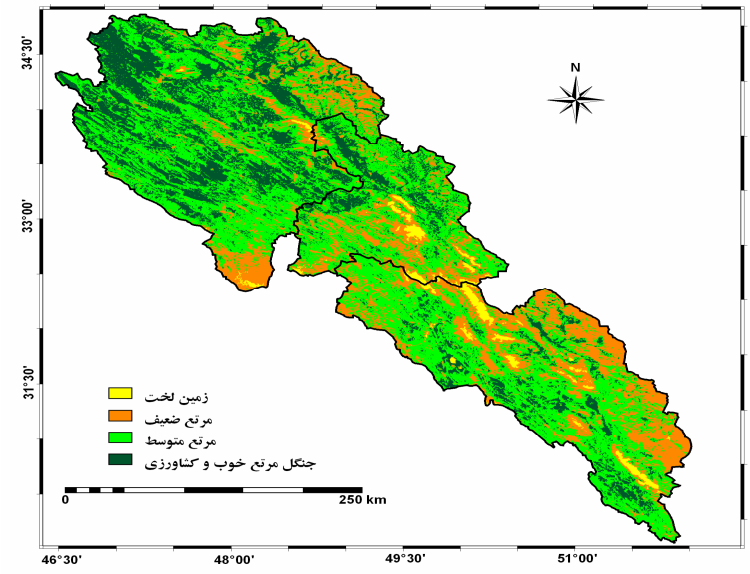
نتایج و بحث

شاخص NDVI: در این تحقیق، بر اساس توصیه Tokunaga و همکاران (۲۰۰۱) NDVI در چهار طبقه، طبقه‌بندی و بنابراین چهار کاربری کلی برای منطقه تعیین شد (جدول ۵). شکل ۳، نقشه توزیع پوشش سطح زمین در حوزه‌های آبخیز دز، کارون و کرخه را نشان می‌دهد.

جدول ۵- نوع کاربری و شاخص در منطقه مورد تحقیق

نوع کاربری	NDVI
زمین لخت	۰<۰/۱
مراتع ضعیف	۰/۱-۰/۲۵
مراتع متوسط	۰/۲۵-۰/۴
جنگل، مرتع خوب و کشاورزی	۰>۰/۴

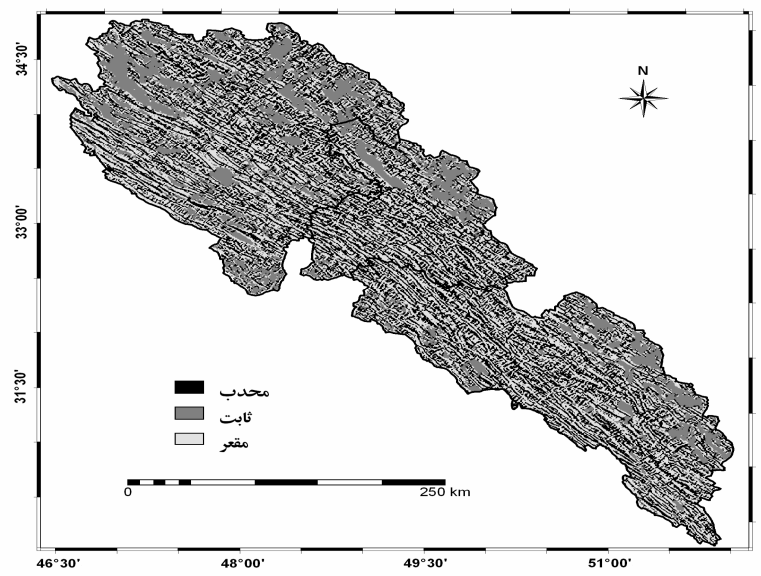
شاخص انحنای دامنه: در این تحقیق، برای محاسبه درصد اراضی مقعر، یک‌نواخت و محدب از نرم‌افزار ILWIS و از فیلتر D_2fDxDy استفاده شد؛ ضمناً نقشه‌های ضریب انحناء برای هر حوضه محاسبه و بر اساس جدول ۶ طبقه‌بندی شد و مقدار میانگین وزنی ضریب انحنا، انحراف از معیار و درصد مساحت دامنه‌های مقعر، محدب و یک‌نواخت محاسبه و به‌عنوان متغیرهای مستقل اثرگذار بر رسوب‌دهی حوضه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل ۴ نقشه انحنای دامنه در حوزه‌های آبخیز کرخه، کارون و دز را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه نوع پوشش سطح زمین در حوزه‌های آبخیز کرخه، دز و کارون

جدول ۶- طبقه‌بندی تحدب و تقعر حوضه بر اساس ضریب انحنای لاپلاس

نوع انحنا	محدوده ضریب انحنا
محدب	۵ <
یک‌نواخت	- ۵ < ۵
مقعر	< -۵



شکل ۴- نقشه انحنای دامنه در حوزه‌های آبخیز کرخه، دز و کارون

آنالیز عاملی: برای تجزیه و تحلیل عاملی ۴۸ متغیر در ۲۰ حوضه منتخب در منطقه، از نرم افزار SPSS استفاده شد. به‌طورکلی برای تعیین متغیرهای مستقل، آنالیز عاملی در دو مرحله استخراج عاملی و چرخش عامل اجرا می‌شود. جدول ۷، نتایج محاسبات استخراج عامل‌های اولیه را نشان می‌دهد که در آن فهرست ارزش ویژه برای متغیرهای ۱ تا ۱۷، که دارای اهمیت بیش‌تری هستند، آمده است. جمع کل واریانس متغیرها در یک تحلیل با تعداد متغیرها برابر است. یک ارزش ویژه، میزان واریانس متغیرها بر مبنای یک عامل و برای یک عامل، برابر یا بزرگ‌تر از صفر است و نمی‌تواند از کل واریانس‌ها بزرگ‌تر باشد. درصد واریانس متغیرها بر مبنای عامل، همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده

می‌شود، برابر است با ارزش ویژه تقسیم بر تعداد کل واریانس متغیرهای مزبور ضرب‌در ۱۰۰؛ برای مثال، ارزش ویژه در ارتباط با اولین عامل ۶/۱ است و درصد کل واریانس‌ها برای اولین عامل، از حاصل۶/۱ تقسیم بر ۱۷ ضربدر ۱۰۰، یعنی ۳۶/۳۲ به‌دست می‌آید.

ارزش ویژه در تصمیم‌گیری تعداد عامل‌هایی که باید در تحلیل‌ها بعدی استفاده شوند، نقش مهمی دارد. برای تعیین تعداد عامل‌ها، تمام عامل‌هایی که دارای ارزش ویژه بزرگ‌تر از یک هستند، حفظ می‌شود. همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، از عامل‌های اول تا چهارم، به‌ترتیب ۳۶/۳٪، ۲۶/۲٪، ۱۸/۴٪ و ۵/۹٪ واریانس ۱۷ متغیر منظور شده‌اند. در کل، چهار عامل برای ۸۶/۹ درصد واریانس متغیر در نظر گرفته شده است. با توجه به جدول ۷ نتیجه گیری می‌شود که چهار عامل باید چرخش شوند.

جدول ۷- استخراج عامل اولیه در تحلیل عاملی

عوامل	ریشه پنهان اولیه		درصد تجمعی
	درصد واریانس	کل	
۱	۳۶/۳۲	۶/۱۷	۳۶/۳۲
۲	۲۶/۲۴	۴/۴۶	۶۲/۵۵
۳	۱۸/۴۵	۳/۱۴	۸۱/۰۰
۴	۵/۹۱	۱/۰۰	۸۶/۹۱
۵	۳/۴۱	۰/۵۸	۹۰/۳۲
۶	۲/۵۸	۰/۴۴	۹۲/۸۹
۷	۲/۳۵	۰/۴۰	۹۵/۲۴
۸	۲/۱۶	۰/۳۷	۹۷/۴۰
۹	۱/۹۰	۰/۱۸	۹۸/۴۹
۱۰	۰/۶۲	۰/۱۰	۹۹/۱۱
۱۱	۰/۴۵	۰/۰۸	۹۹/۵۵
۱۲	۰/۲۰	۰/۰۳	۹۹/۷۵
۱۳	۰/۰۹	۰/۰۲	۹۹/۸۴
۱۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۹۹/۹۱
۱۵	۰/۰۴	۰/۰۱	۹۹/۹۶
۱۶	۰/۰۳	۰/۰۱	۹۹/۹۹
۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

ماتریس عامل چرخش شده در جدول ۸ مشاهده می‌شود؛ این ماتریس، بارگذاری‌های عامل را نشان می‌دهد که همبستگی‌های بین هر یک از متغیرها و عامل‌ها برای یک چرخش وریماکس هستند. نسبت واریانس منظور شده برای هر عامل چرخش‌شده در اغلب مقالات، مبنای اهمیت نسبی هر عامل محسوب می‌شود. عوامل در هر ستون جدول ۸ بیان‌گر همبستگی داخلی با یک‌دیگر هستند و تنها متغیرهایی که دارای بیش‌ترین همبستگی با عامل اول تا چهارم انتخاب شد.

عامل اول بر اساس جدول ۷، ۳۶/۳ درصد از واریانس را نشان می‌دهد؛ یعنی متغیرها بار وزنی بیش‌تری بر روی این عامل دارد؛ در واقع، محور عامل چنان چرخیده که بیش‌ترین تاثیر را متناسب با ۴ متغیر پدید آورده است. با توجه به جدول واریماکس ۸، عامل مساحت با ۰/۹۷ بیش‌ترین تاثیر را بر روی عامل اول دارد. عامل دوم انتخابی با ۰/۹۵ بخش‌های محدب حوضه را داراست. عامل سوم با۰/۹۰ عامل درصد مجموع مساحت اراضی جنگلی، کشاورزی و مراتع خوب است. درصد اراضی رو به شمال غربی به‌عنوان عامل چهارم با ۰/۸۴ انتخاب شد. همچنین با بررسی‌هایی که بر

روی مقادیر ریشه پنهان ماتریسی، درصد واریانس و متغیرهایی که در هر عامل اصلی بیش‌ترین بار وزنی را دارند صورت گرفت، انتخاب این چهار عامل تایید شد.

تعیین نواحی هم‌گن هیدرولوژیک: پس از انتخاب عوامل موثر، روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به‌طریق طبقاتی تجمعی برای تعیین مناطق هم‌گن هیدرولوژیک در منطقه بر اساس خصوصیات ۲۰ حوضه انجام شد. معیارهای گروه‌بندی، بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل عاملی، شامل چهار عامل مساحت حوضه، درصد مساحت تحدب حوضه، درصد مجموع مساحت اراضی جنگلی، کشاورزی با مراتع خوب و درصد مساحت اراضی رو به شمال غربی به‌عنوان خصوصیات متمایزکننده مناطق هم‌گن انتخاب شد. برای تعیین گروه‌ها، از چهار روش نزدیک‌ترین همسایه، دورترین همسایه، متوسط گروه و روش Ward استفاده شد که روش Ward نتیجه بهتری ارائه داد (شکل ۵). با بررسی دندوگرام حاصل و در نظر گرفتن حداکثر فاصله اقلیدسی ۱۸، دو گروه هم‌گن به‌دست آمد. شکل ۶ نقشه گروه‌های هم‌گن را نشان می‌دهد. گروه هم‌گن ۱ شامل ایستگاه‌های ۱۷۷، ۱۸۳، ۱۷۵، ۱۷۹، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۷۱، ۱۰۹، ۱۱۵، ۱۲۷، ۲۷۷ و ۱۴۵ و گروه هم‌گن ۲ شامل ایستگاه‌های ۱۸۵، ۱۹۱، ۲۹۳، ۲۲۵، ۲۹۵، ۲۳۱، ۲۳۷ و ۲۸۱ هستند.

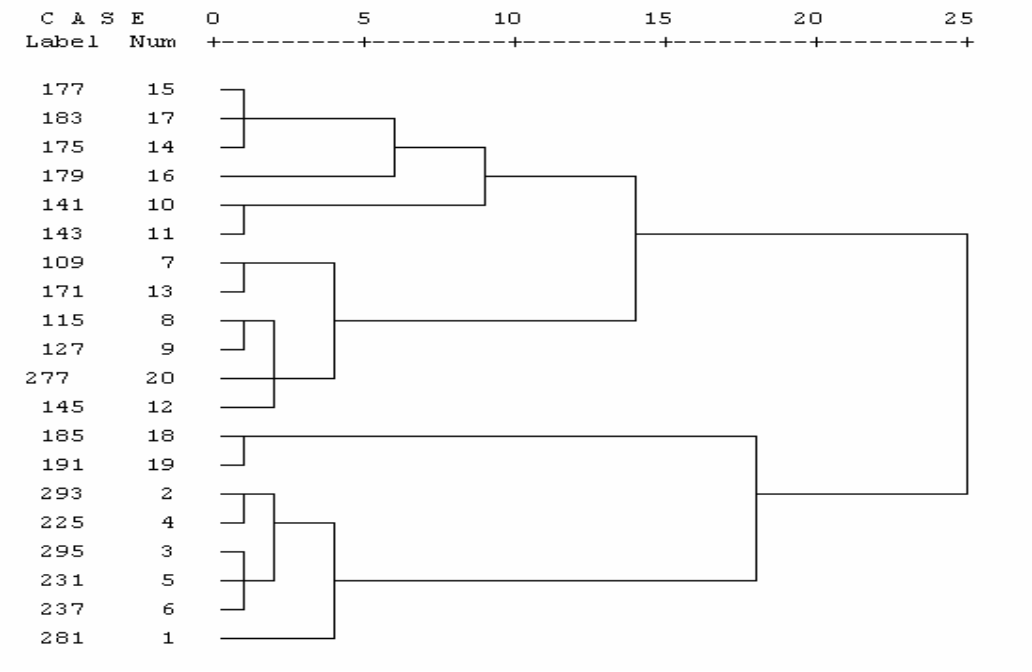
جدول ۸- ماتریس عامل چرخش شده

عامل	عوامل اولیه			
	۱	۲	۳	۴
دبی حداکثر لحظه‌ای	۰/۷۸	۰/۲۹	۰/۱۹	۰/۱۹
مساحت	۰/۹۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۳
شیب متوسط حوضه	۰/۷۳	۰/۴۱	۰/۳۳	۰/۲۹
طول حوضه	۰/۹۴	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۲۰
مجموع طول آبراهه‌ها	۰/۰۹۶	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۰۴
ارتفاع متوسط	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۸۸	۰/۱۵
طول آبراهه اصلی	۰/۹۵	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۸
ضریب گراولیوس	۰/۶۴	۰/۱۳	۰/۴۰	۰/۴۲
درصد اراضی غربی	-۰/۱۱	-۰/۱۴	۰/۷۱	-۰/۴۱
درصد اراضی شرقی	/۰۶	۰/۴۷	۰/۷۵	۰/۳۳
درصد اراضی شمال غربی	-۰/۳۳	-۰/۲۳	۰/۰۳	-۰/۸۴
متوسط بارش پنج ماه	۰/۱۶	۰/۸۰	۰/۲۱	۰/۲۷
درصد تحدب حوضه	۰/۰۳	۰/۹۵	۰/۰۳	۰/۰۲
درصد تقعر حوضه	۰/۱۰	۰/۹۷	۰/۶۰	۰/۰۱
درصد اراضی جنگلی، کشاورزی و مرتع خوب	-۰/۲۳	-۰/۱۱	-۰/۹۰	۰/۰۵
درصد خاک لخت	-۰/۳۴	۰/۷۷	۰/۰۲	۰/۱۷
درصد زمین‌شناسی حساس	-۰/۱۲	-۰/۳۵	-۰/۸۵	۰/۰۶

تجزیه و تحلیل تابع متمایزکننده: در مرحله بعد، به‌منظور بررسی صحت تحلیل خوشه‌ای در تعیین مناطق هم‌گن از تحلیل ممیزی استفاده شد. نتایج ضریب تابع متمایز کننده در حالت استاندارد نشان می‌دهد که در تابع ایجاد شده مساحت با ضریب۱/۲۲، و درصد مساحت تحدب حوضه با ضریب ۱/۰۳ مهم‌ترین متغیرهای متمایزکنندهٔ گروه‌ها از یکدیگر هستند. با توجه به تحلیل صورت گرفته برای دو منطقه هم‌گن بر اساس عوامل چهارگانه، یک تابع متمایزکننده ایجاد شد (g-1 تابع که g تعداد گروه‌های هم‌گن است). کمینه درصد تجمعی واریانس توابع ممیزی به صورت پیش فرض ۱۰۰ درصد است. حداکثر سطح معنی‌داری آمارهٔ ویلکس لامبدا نیز یک فرض شده است. حال با

توجه به جدول ۹ مقادیر همبستگی کانونیک، کای اسکوئر و آمارهٔ ویلکس لامبدا گواه این مدعا هستند که دو گروه از هم مجزا هستند. جدول ۱۰ مجزا بودن کامل گروه‌ها را نشان می‌دهد.

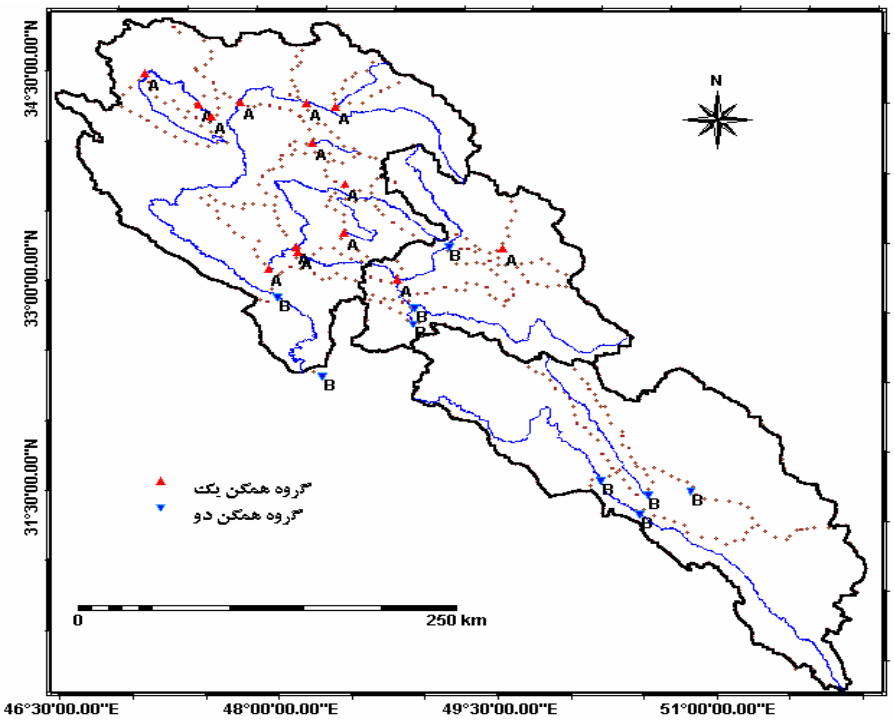
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عاملی برای تشخیص عوامل و متغیرهای مستقل از میان ۴۸ متغیر مورد بررسی در ۲۰ ایستگاه رسوب‌سنجی به کمک نرم افزار SPSS، حاکی از این بود که عوامل مساحت حوضه و درصد مساحت تحدب حوضه، درصد مجموع مساحت اراضی جنگلی، کشاورزی با مراتع خوب و درصد مساحت اراضی رو به شمال غربی، ۸۶/۹ درصد تغییرات اصلی را توضیح می‌دهد و مهم‌ترین عوامل موثر بر رسوب‌دهی حوضه‌ها هستند.



شکل ۵- خوشه‌های ایجاد شده براساس چهار عامل

مقایسه عوامل موثر بر رسوب‌دهی در تحقیق حاضر، با برخی مطالعات دیگر، نشان‌دهنده تشابهات و تفاوت‌هایی است. برخی تحقیقات نیز مانند Feraresi (۱۹۹۰) مساحت، حکیم خانی (۱۳۷۶) درصد اراضی رو به غرب و وروانی (۱۳۸۰)، درصد مساحت اراضی جنگلی نیمه متراکم و کم تراکم را به‌عنوان عوامل موثر رسوب‌دهی شناسائی کرده‌اند. نتایج این تحقیق با تحقیق صورت گرفته به‌وسیله تلوری (۱۳۸۱) از دقت بهتری برخوردار است؛ چرا که میزان خطای نسبی برآورد شده کم‌تر است. در تحقیق تلوری (۱۳۸۱)؛ ۱۱ عامل، ولی در این تحقیق ۵۱ عامل بررسی و شش عامل مهم استخراج شده است. لازم به‌ذکر است. در این مقاله، از عواملی مانند NDVI و شکل دامنه استفاده شده که در تحقیقات به آن‌ها اشاره نشده است؛ علاوه برآن، معادله استخراج شده با چند ایستگاه شاهد ارزیابی شده است که در تحقیقات پیشین گذشته، به‌خصوص تحقیق تلوری (۱۳۸۱) این ارزیابی صورت نگرفته است.

هم‌گن‌بندی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عاملی صورت گرفت و دو منطقه هم‌گن به‌دست آمد؛ سپس تجزیه و تحلیل متمایزکننده به‌منظور بررسی صحت تحلیل خوشه‌ای انجام شد. ضرایب توابع، ضرایب همبستگی کانونیک کای اسکور و نسبت Wilks Lambada گواه این مدعا است که دو گروه کاملا از هم مجزا هستند. بر این اساس مشخص شد که عوامل مساحت و درصد مساحت تحدب حوضه به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل موثر بر تعیین مناطق هم‌گن رسوب‌دهی هستند. از یافته‌های جدید این تحقیق، می‌توان به درصد مساحت تحدب حوضه و استفاده از شاخص NDVI اشاره کرد که به‌ترتیب، ۲۶/۲۴ درصد و ۱۸/۴ درصد واریانس داده‌ها را در منطقه مورد نظر پوشش می‌دهند.



شکل ۶- موقعیت ایستگاه‌های هم‌گن

جدول ۹- تحلیل توابع متمایزکننده برای حوضه‌های منتخب

ویلکس لامبدا	کای اسکوئر	همبستگی کانونیک	ریشه پنهان ماتریس همبستگی	درجه آزادی	تابع متمایز کننده
۰/۱۸	۲۷/۸	۰/۹۳	۴/۴	۳	۱

جدول ۱۰- نتایج گروه‌بندی برای حوضه‌های منتخب

گروه‌های واقعی		گروه‌های پیش بینی‌شده		جمع
		۱	۲	
تعداد	۱	۱۲	۰	۱۲
	۲	۰	۸	۸
درصد	۱	۱۰۰	۰	۱۰۰
	۲	۰	۱۰۰	۱۰۰

منابع مورد استفاده

۱. تلوری، ع. ۱۳۸۱. رابطه رسوب‌دهی معلق با برخی از ویژگی‌های آبخیز در سرشاخه‌های کرخه و دز در استان لرستان. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۵۶ و ۵۷، صفحه ۵۶- ۶۱.

۲. حکیم‌خانی، ش. ۱۳۷۶. ارائه مدل رگرسیونی جهت تعیین عوامل مؤثر بر رسوب‌دهی، مطالعه موردی حوزه آبخیز دریاچهٔ ارومیه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۲۱۱ صفحه.

۳. خراسانی‌زاده، ع. ۱۳۷۵. مقدمه‌ای بر کاربرد نرم‌افزار SPSS در پژوهش‌های آماری. انتشارات قائم، ۴۰۸ صفحه.

۴. داوودی‌راد، ع.ا. ۱۳۷۸. بررسی روابط بین عوامل مورفومتری حوزه و دبی‌های سیلابی در حوزه آبخیز مرکزی ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران.

۵. رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.

۶. قدیمی‌عروس محله، ا. و ا. سبحانی. ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل و رسوب معلق و مواد محلول در حوزه آبخیز دریاچه نمک. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴، صفحه ۹۹-۹۴.

۷. مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه.

۸. وروانی، ج. ۱۳۸۰. آنالیز ناحیه‌ای رسوب معلق در حوزهٔ آبخیز گرگان‌رود و بررسی وضعیت رسوب‌دهی سرشاخه‌های اصلی سد وشمگیر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران.

9. Brison, B.C, A. Rahman, R.G. Mein and P.E. Weinmann. 1998. Climatic and physical factors that influence the homogeneity of regional floods in Southeastern Australia. Water Resources Research, 34(12):3369-3380.
10. Chakraborti, A.K. 1992. Strategy for watershed management using remote sensing techniques. Proc of National Symposium on Remote Sensing for Sustainable Development, Luchnow.
11. Dedkov, A.P. and V.I. Moszherin.1992. Erosion and sediment yield in mountain regions of the world, In: Erosion, debris flow and enviroment in mountain regions. Pro. of the Chengdu Symposium, IAHS, 209:29-36.
12. Dunjo, G., G. Pardini and M. Gispert. 2003. The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a micro plot scale, in a small Mediterranean catchment. Journal of Arid Environments, 57:239-256.
13. Ferraresi, M. 1990. The regionalization of fluvial sediment yield in Emilia-Romagna (northern Italy). In: Regionalization in Hydrology. Proc. of the Ljubljana Symposium, April 1990, IAHS Public, 191:253-260.
14. Hall, M.J. and W.A. Minns. 1999. The classification of hydrologically homogeneous regions. Hydraulic and Environment Engineering, Hydrological Sciences Journal, 44(5):693-704.
15. Murphey, D.E., E. Wallance and L.J. Lane. 1977. Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the Southwest. Water Resources Bulletin, 13(1):217-238.
16. Shary, P.A. 2003. Quantitative methods of land surface analysis and their application. www.members.fortunecity.com/eco4/research_shary.
17. Takahashi, T. and H. Nakagava. 1989. A formula prediction sediment yield from the mountain basins. Proceeding of Fourth International Symposium on River Sedimentation, June 5-6, TR TRT cs, China ocean Press, pp: 208-216.
18. Tokunaga, M. and V.U.T. Thug. 2001. Finding the relationship between vegetation index and coherence signature to utilize the product of radar interferometry in land cover application. Kanazawa Institute of Technology 7-1, Orgigaoka,Ishikawa.

Effective factors on suspended sediment load in southwestern basins of Iran

Bahram Saghafian[1], Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Bagher Ghermezcheshmeh, MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Masoud Samiei, MSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Reza Asheghi, Scientific Board, Department of Civil Engineering, Roud Hen Unit, Azad Islamic University, Iran

Received: 06 March 2009 **Accepted**: 08 July 2009

Abstract

Study of effective factors on sediment load of river basins has attracted more attention in watershed management. In spite of the short record length, sediment load measured in stations can be used in such studies. In this study, 20 sub-basins with measured sediment data was identified and some 48 physiographic, climatic, geologic, and vegetation index factors were extracted for the sub-basins using GIS. Surface curvature and satellite image-based vegetation indices were considered for the first time. Based on factor analysis, four factors namely total area, percent of convex area, percent area with northwest aspect and percent area with NDVI>0.4 were the main factors. Cluster analysis was applied to delineate homogeneous regions, which led to two regions. The results indicated that the factors mentioned above are the most influential factors on sediment load.

Key words: Discriminate, Factor, NDVI, Sediment load, Surface curvature

[1] b.saghafian@gmail.com