مقاله‌ی پژوهشی

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۹، سال هشتم، زمستان ۱۴۰۰، صص ۱۲۶-۱۰۹
Hydrogeomorphology, Vol. 8, No. 29, Winter 2022, pp (109-126)
CC BY-NC

بررسی ارتباط متغیرهای هیدروژئومورفیکی با رسوب در حوضه‌های گاوی و کنجانچم استان ایلام

شمس‌اله عسگری [*۱]، صمد شادفر [۲]، محمدرضا جعفری [۳]، کوروش شیرانی [۴]

۱- استادیار تحقیقات حفاظت خاک و آبریزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- دانشیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبریزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳-استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبریزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۴- استادیار تحقیقات حفاظت خاک و آبریزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

وصول مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷ تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰

چکیده

رسوب یکی از مسائل مهم در حوضه‌ی آبریز محسوب می‌شود. با توجه به مشکلات ناشی از رسوب، بررسی ارتباط متغیرهای هیدروژئومورفیکی تأثیرگذار در تولید رسوب و بار رسوب معلق در حوضه‌ی آبریز ضرورت دارد. هدف این تحقیق مدل‌سازی رابطه‌ی بین میزان بار رسوب معلق با متغیرهای هیدروژئومورفیکی در حوضه‌ی آبریز است. دو حوضه گاوی و حوضه‌ی کنجانچم در استان ایلام که شامل ۸ زیرحوضه مشخص و مجهز به ایستگاه هیدرومتری می‌باشند انتخاب شدند. مواد این تحقیق داده‌های دبی رسوب مشاهده‌ای بعنوان متغیر وابسته ایستگاه‌های هیدرومتری که با استفاده از منحنی‌سنجه‌رسوب تحلیل شد. در مرحله‌ی بعد همگنی حوضه‌های آبریز با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ارزیابی شد. در تحلیل خوشه‌ای پس از استاندارد کردن داده‌ها به روش Z-SCORE، گروه‌بندی با روش طبقاتی تجمعی و محاسبه فاصله‌ی اقلیدسی به روش ward انجام شد. به‌تدریج زیرحوضه‌های چاویز، سرجوی، اماملکشاهی و آسان درگروه یک و زیرحوضه‌های کنجانچم، رستم‌آباد، تنگ باجک و گنبد در گروه دوم تحلیل شده‌اند. جهت تحلیل ارتباط بین متغیرهای ژئومورفیک با رسوب هر زیرحوضه از روش رگرسیون چندمتغیره آماری استفاده شد. نتایج بررسی ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب زیرحوضه‌ها نشان داد که مقدار رسوب با شاخص شیب، ضریب گردی، بافت زهکشی، بارندگی، ناهمواری و مساحت حوضه همبستگی مثبت داشته و در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بوده است. جهت تأثیرگذاری متغیرها بر میزان رسوب زیرحوضه‌ها از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید. نتایج نشان داد که سه عامل ضریب گردی، ضریب شیب و ضریب بافت زهکشی حوضه به‌ترتیب ۴۴/۶۲، ۲۵/۲۲ و ۱۶/۷۴ درصد از واریانس تمامی متغیرهای تحقیق را تبیین می‌کند. در مجموع سه عامل استخراج شده نهایی توانسته‌اند ۸۷٪ از واریانس تمامی متغیرهای تحقیق را تبیین نمایند.

کلمات کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، رگرسیون چندمتغیره، منحنی‌سنجه‌رسوب، هیدروژئومورفیک، حوضه‌های گاوی و کنجانچم، استان ایلام.

* نویسنده‌ی مسئول

E-mail:shamsasgari@yahoo.com

۱- مقدمه

رسوبات معلق رودخانه‌ها نتیجه فرسایش خاک و انتقال این مواد به آبراهه‌ها می‌باشند. رسوب انتقال یافته توسط رودخانه‌ها به مخازن سدها، حجم مفید آن‌ها را کاهش می‌دهد و بر میزان آب قابل استفاده برای نیروگاه‌های برق، آبیاری، کاربردهای صنعتی و خانگی، شرب، کشاورزی و پرورش آبزیان تأثیرگذار است. داشتن اطلاعات کافی از خصوصیات هیدروژئومورفیک حوضه‌ی آبریز در تولید رسوب و میزان رسوب در ایستگاه هیدرومتری در جهت مدیریت حوضه‌ی آبریز می‌تواند بستری برای توسعه‌ی پایدار فراهم نماید. برآوردها نشان می‌دهد که سالانه حدود ۰/۵ تا ۱ درصد از ظرفیت ذخیره‌ی سدهای جهان به واسطه ته نشست رسوب در حال کاهش است (کانچول و همکاران[1]، ۲۰۱۰: ۲۴۶). ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌های آبریز، به مجموعه عوامل فیزیکی گفته می‌شود که مقادیرآنها برای هر حوضه به نسبت ثابت است و وضع ظاهری حوضه‌ی آبریز را نشان می‌دهد (آبدیده و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۳). رسوب یک حوضه و درک پدیده‌ی فرسایش و عواقب آن می‌تواند در اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک حوضه‌ی آبریز استفاده شود (شایان و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۷). کاهش تولید رسوب نیازمند اجرای روش‌های مناسب کنترل رسوب و حفاظت خاک در مناطق بحرانی منبع تولید رسوب در حوضه‌ی آبریز است(پاتریک و همکاران[2]، ۲۰۱۵:۲۱۱۷). رسوب محصول نهایی فرسایش در یک حوضه‌ی آبریز است که ناشی از فرسایش خاک اراضی بالادست، فرسایش کناری و بستر رودخانه است (پهلرت[3]، ۹۷:۲۰۱۵). فرسایش و رسوب‌گذاری به عنوان یک رفتار طبیعی رودخانه، باعث هدررفت خاک حاصلخیز کشاورزی و وارد نمود خسارت جبران‌ناپذیر به سازه‌های آبی می‌شود (کرمی و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۱۵). رسوب رودخانه‌ای به عنوان یک محرک تنش‌زا، مهم‌ترین تهدید برای اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود که برای جلوگیری و یا به حداقل رساندن خسارات وارده باید سه مرحله فرایند فرسایش را مورد مطالعه قرار داد (ناصری، ۸۲:۲۰۱۹). تعیین مقدار رسوب انتقال یافته توسط رودخانه‌ها از جنبه‌های مختلف دارای اهمیت است. رسوب حمل‌شده توسط جریان آب، عامل مهمی در شکل‌گیری ساختار هندسی و خصوصیات ژئومورفیک رودخانه‌ها تلقی می‌شود (حیدری تاشه کبود و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۸۲). بین میزان بار معلق رسوب و خصوصیات ژئومورفیک حوضه با استفاده از مدل‌سازی به روش رگر سیونی نتایج نشان داد که پارمترهای بارندگی و شکل حوضه تأثیر زیادی در میزان بار معلق حوضه دارند (لامپ و همکاران[4]، ۲۰۱۶: ۲). برآورد میزان رسوب در حوضه دز از ۱۵ پارامتر با روش تجزیه‌ی مولفه‌های اصلی نشان داد که این مدل بهترین کارآیی و کمترین درصد خطای برآورد را داشته است. و دبی سالانه تأثیرگذارترین پارامتر در مدل‌های برآورد رسوبات معلق بوده است (هنربخش و همکاران، ۱۰۶:۲۰۱۹). برآورد فرسایش خاک در زیرحوضه‌های خراسان رضوی با استفاده از رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام نشان داد که

1- Khanchoul
2- Patrick
3- Pohlert
4- Lamp

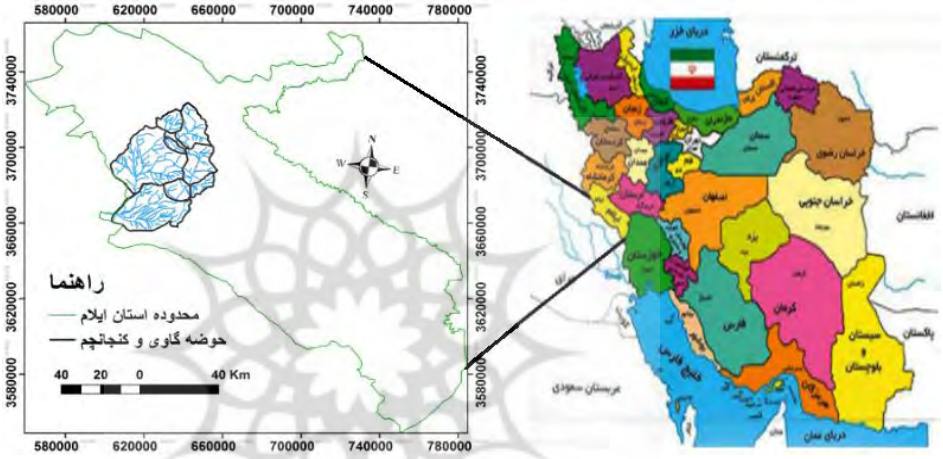
مقدار رسوب تولیدی با ضریب فرم حوضه و متوسط بارندگی سالانه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است (معتمدی و همکاران، ۲۰۱۶: ۸۲). شناسایی عوامل تأثیرگذار بر میزان رسوب حوضه از بین متغیرهای موجود از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و برآورد میزان تولید رسوب در حوضه‌ی قرنقو با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام نشان داد که مقدار رسوب تولیدی با حجم جریان و ضریب فرم حوضه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۴۶).

با توجه به اهمیت حوضه کنجانچم و گاوی در استان ایلام که حیات سه شهرستان ایلام، ارکواز ملکشاهی و مهران و صدها روستا تقریباً به این دو حوضه و زیرحوضه‌های آنها و سدهایی که بر شریان این زیرحوضه‌ها احداث شده است وابسته است بر این اساس بررسی متغیرهای تأثیرگذار در تولید رسوب و بار رسوب در حوضه‌ی کنجانچم و گاوی از اهمیت زیادی برخورداراست. با توجه به آمار و اطلاعات در منطقه بنظر می‌رسد برخی پارامترهای ژئومورفیکی در تولید و بار رسوب زیر حوضه‌ها نقش بسزایی دارند که در این تحقیق با هدف برآورد میزان تولید رسوب با لحاظ کردن ویژگی‌های ژئومورفیک زیرحوضه‌های کنجانچم، رستم‌آباد، تنگ باجک، آسان و سرجوی که پتانسیل بالایی در ایجاد رسوب دارند معرفی شدند. استفاده توأم از روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام از دقت آماری و علمی و محاسباتی برخوردار است بنابراین نسبت به مدل‌های برآورد رسوب به صورت امتیاز کارشناسی از دقت کمی بالایی برخوردار است و این روش با ترکیب تأثیر متغیرها و عوامل در برآورد رسوب می‌تواند نوآور باشد که استفاده از این روش در تحقیقات دیگر حوضه‌های آبریز می‌تواند کاربرد داشته باشد از دیگر موارد کاربردی این تحقیق معرفی زیرحوضه‌هایی که پتانسیل زیادی در تولید رسوب دارند که دستگاه‌های اجرایی ذیربط در مدیریت و برنامه‌ریزی آتی می‌توانند تمهیدات لازم را اجرا نمایند.

۲-مواد و روش

حوضه آبریز گاوی و کنجانچم با مساحت ۲۳۳۷ کیلومترمربع در ارتفاعات جنوبی کبیرکوه استان ایلام بین طول شرقی ۴۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه قرار گرفته است و از جنوب به شهر مهران و مرز کشور عراق منتهی می‌گردد. عامل ارتفاع حوضه با تأثیر روی مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و وضعیت پوشش گیاهی حوضه بر ضریب رواناب و در نتیجه میزان رسوبدهی تأثیرگذار می‌باشد. ارتفاع زیرحوضه‌ها از ۱۰۰ متر تا ۲۵۰۰ متر متغیر است. تشکیلات زمین شناسی از نوع رسوبی و سازندهای گورپی، پابده، سروک، ایلام، آسماری، گچساران و آغاجاری است که اغلب سازندهای فرسایش‌پذیر می‌باشند. سه نوع کاربری مشخص جنگل، مرتع و زراعی حوضه‌ها را پوشش می‌دهد.

موقعیت حوضه‌ها از لحاظ سیاسی و جغرافیایی نشان داده شده است (شکل ۱) که با استفاده از نقشه‌ی تقسیمات سیاسی کشور ایران وزارت کشور و نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه از سازمان نقشه‌برداری کشور محدوده‌ی حوضه‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه شده است.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig (1): Geographical location of the study area

آمار دبی و رسوب ۸ ایستگاه هیدرومتری و ۱۷ ایستگاه سینوپتیکی و باران‌سنجی منطقه‌ی مورد تحقیق جمع آوری و تحلیل شده است و رسوب با استفاده از منحنی سنجه دبی آب و دبی رسوب طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ تحلیل شده است. (شکل ۲). با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ اطلاعات فیزیوگرافی حوضه‌ها محاسبه شد. به منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، تست نرمال بودن داده‌ها با آزمون‌های شاپیرو –ویلک و کولموگروف اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS انجام شد. جهت استخراج ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه‌ها از مدل رقومی ارتفاعی استفاده گردید. با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، حوضه‌های آبریز به مناطق همگن تقسیم شدند. در نهایت بر اساس مطالعات انجام شده (زیگلر و همکاران[1]، ۲۰۱۴، ۷۸) با استفاده از رگرسیون چندمتغیره در مناطق همگن مدل‌سازی رسوب صورت پذیرفت.

تحلیل عاملی از جمله روش‌های چندمتغیره است که در آن متغیرهای مستقل و وابسته مطرح نیست، زیرا این روش جزء تکنیک‌های هم وابسته محسوب می‌گردد و کلیه متغیرها نسبت به هم وابسته‌اند. تحلیل عاملی نقش بسیار مهمی در نارسایی متغیرهای مکنون یا همان عامل‌ها از طریق متغیرهای مشاهده شده دارد. عامل (factor) متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی مقادیر اصلی متغیرهای مشاهده شده برآورد می‌شود. روش

1- Ziglear

تحلیل عاملی برای ساخت آزمون‌ها اولین بـار توسط چارلز اسپیرمن به کار برده شده است در تحلیل عاملی[۱] نمره‌ی فرد i در متغیر j را می‌توان به عنوان مجموع ضرایب نمره‌ها در تعداد کمتری از متغیرهای حاصل که عوامل نامیده می‌شوند، تعریف کرد. هر عامل، ترکیب خطی متغیرهاست و بر پایه‌ی رابطه‌ی زیر برآورد می‌شود:

$$Zji = a\,j1F1i + ... + a\,jmFmi + d\,jU\,ji \qquad (۱)$$

که در آن Zji: نمره‌ی معیار فرد iام در متغیر jام است. F1i: نمرهٔ معیار فرد i در اولین عامل مشترک و Fmi: نمره‌ی معیار وی در mامین عامل مشترک است. عبارت Uji: نمرهٔ معیار فرد i در چیزی است که عامل اختصاصی نامیده می‌شود؛ یعنی عاملی که تنها در یک متغیر واحد موجود است که در این مورد متغیر j است. ضرایب ajm: بارهای عاملی[۲] هستند. اینها ضرایبی هستند که به نمره‌های تحلیل عامل مشترک[۳] نسبت داده می‌شوند. ضریب dj: وزنی است که به نمره‌های عامل اختصاصی اختصاص می‌یابد.

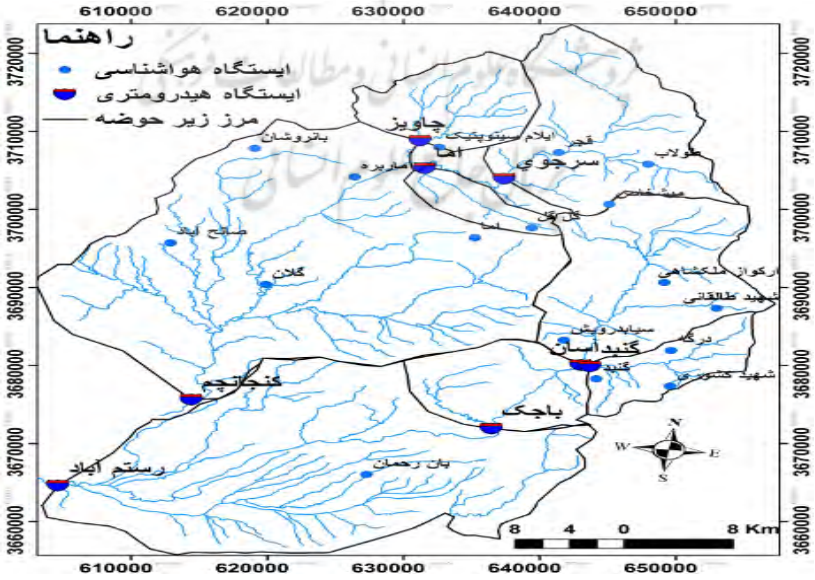
معادله‌ی بالا به شکل نمره‌ی معیار است، بنابراین نمره‌های Zji و نمره‌های عاملی Fi میانگین صفر و واریانس واحد دارند. با مجذور کردن هر دو طرف معادله‌ی و سپس جمع آنها برای N مورد و تقسیم آن بر N و این فرض که نمره‌های عاملی ناهم‌بسته هستند، می‌توان نوشت:

$S2j = 1 = a2j1 + a2j2 + ... + a2jm + d2j$ این معادله نشان می‌دهد که واریانس کل را می‌توان به دو بخش جمع‌پذیر واریانس مشترک[۴] و واریانس منفرد[۵] تقسیم کرد.

میزان اشتراک یک متغیر که اغلب با علامت h^2_j نشان داده می‌شود، برابر است با مجموع مجذورات بارهای عاملی مشترک. $h2j = 1 = a2j1 + a2j2 + ... + a2jm$ میزان اشتراک بخشی از واریانس است که می‌توان آن را به عوامل مشترک نسبت داد. بخشی از واریانس که باقی می‌ماند و نمی‌توان آن را به عوامل مشترک نسبت داد، واریانس منفرد[۶] نامیده می‌شود که با علامت d^2_j نشان داده می‌شود. واریانس منفرد را گاهی به دو مؤلفه اختصاصی[۷] (b^2_j) و واریانس خطا (e^2_j) تقسیم می‌کنند. واریانس اختصاصی بخشی از واریانس کل[۸] است که به عواملی که به متغیر معینی اختصاص دارد و به خطای اندازه‌گیری[۹] و چرخش عامل[۱۰] ربطی ندارد، مربوط می‌شود. از آنجا که تمام اندازه‌گیری‌ها تا اندازه‌ای شامل خطا هستند، در تحلیل عاملی، بخشی از واریانس منفرد ناشی از خطای اندازه‌گیری خواهد بود.

1- Factor matrix
2- Factor loading
3- Common factor analysis
4- Common variance
5- Uniqueness variance
6- Single variance
7- Exclusive component
8- Total variance
9- Measurement error
10- Agent rotation

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 درون گروهی و به حداکثر رساندن تغییرات بین گروهی است. در مرحله‌ی بعد همگنی حوضه‌های آبریز با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ارزیابی شد. در تحلیل خوشه‌ای پس از استاندارد کردن داده‌ها به روش Z-SCORE، گروه‌بندی با روش طبقاتی تجمعی و محاسبه‌ی فاصله‌ی اقلیدسی به روش ward انجام شد. به تدریج زیرحوضه‌های مشابه طی فرآیند جمع‌آوری در یک گروه با هم ادغام شدند. روش کار در نرم‌افزار SPSS از مسیر Analyze بعد گزینه Classify و بعدگزینه Hierarchical Cluster انتخاب می شود و متغیرها را برای تحلیل انتخاب و آنها را به جعبه‌ی Variables منتقل شد و روی گزینه Plots کلیک و dendrogram انتخاب شد و در مرحله‌ی بعدی روی Method کلیک و روش Ward انتخاب شده و در انتهای لیست روش خوشه‌ای، سپس در قسمت Interval روش Squared Euclidean Distance انتخاب شده و گزینه Continue را انتخاب و در نهایت داده‌ها استخراج شد. برای مدل‌سازی میزان رسوب متغیرهای مستقل اعم از فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی موثر در تولید رسوب در زیرحوضه‌های مورد مطالعه شناسایی و داده‌های آنها استخراج گردید. سپس تصحیحات و پیش‌پرازش‌های سطح زمین از قبیل حذف چاله‌های هیدرولوژیکی انجام گردید و الگوی زهکشی زمین تعیین شد. پارامترهای ژئومورفیک مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل (۲): ایستگاه‌های هیدرومتری و هواشناسی در حوضه‌ی گاوی و کنجانچم

Fig. (2): Hydrometric and meteorological stations in Gavi and Kanjancham basins

جدول (۱): پارامترهای ژئومورفیک مورد استفاده در پژوهش

Table (1): Geomorphic parameters used in the research

ویژگی ژئومورفیک	علامت اختصار	رابطه	منابع
رتبه آبراهه‌های حوضه	μ	-	Strahler (1957)
تعداد آبراهه	Nμ	-	Strahler (1958)
میانگین نسبت انشعاب	ARb	$BR=(\frac{N1}{N2}+\frac{N2}{N3}+\dots\frac{Nn-1}{Nn})\ (\frac{1}{n-1})$	Schumm (1956)
مجموع طول آبراهه	Σ^X	X: طول آبراهه	Horton (1945)
تراکم زهکشی	D_d	$D_d=\frac{\Sigma X}{A}$	Horton (1945)
فراوانی آبراهه	F_s	$Fs=\frac{N\mu}{A}$	Horton (1945)
بافت زهکشی	Dt	$R_t= D_d.\ F_s$	Smith (1950)
ضریب فرم حوضه	Ff	$F_f=\frac{Area}{L2}$	Sharma and Tiwari(2009)
ضریب گردی	Rc	$Rc=\frac{4\pi A}{P2}$	Miller (1953)
ضریب کشیدگی	Er	$E=\frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$	Schumm (1956)
شاخص شکل حوضه	SW	$S_w=\frac{1}{Ff}$	Horton (1932)
نسبت لمنیسکیت	Lr	$L_r=\frac{L2}{4Area}$	Chorely et al (1957)
پستی و بلندی حوضه	Bf	$B_f= E_{max}-E_{min}$	Schumm (1956)
نسبت پستی و بلندی	Rr	$Rr=\frac{BF}{Lsmax}$	Schumm (1956)
عدد ناهمواری	Rn	$Rn= B_F.Dd$	Strahler (1958)
شاخص انشعاب	DI	$DI=\frac{BF}{Emax}$	Singh and Dubey(1994)

A: مساحت حوضه‌ی آبریز، L: طول حوضه آبریز، P: محیط حوضه، E_{max}: حداکثر ارتفاع حوضه، Emin: حداقل ارتفاع حوضه، Lsmax: بلندترین طول آبراهه

روش رگرسیونی گام به گام بدلیل سادگی در اجرا و تفسیر در مدل‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی بخصوص برآورد میزان رسوب با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. جهت کاهش تعداد متغیرهای مستقل و تعیین عوامل مؤثر در رسوب حوضه، از رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام استفاده شد. این روش، اثر چندین متغیر مستقل را بر یک متغیر وابسته بررسی می‌کند (زارع، ۲۰۱۰: ۵۸) در رگرسیون چند متغیره گام به گام، متغیر مستقلی که تأثیر محسوس‌تری در زمینه‌ی متغیر وابسته ندارد، از تحلیل حذف و از معادله خارج می‌شود. شکل کلی رابطه‌ی رگرسیون گام به گام، به صورت رابطه زیر است:

$$Y= a + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots\dots + B_nX_n + e \qquad (۲)$$

Y متغیر وابسته (رسوب معلق سالانه)، a: ثابت مدل، $X_1, X_2,\dots..,X_n$، متغیرهای مستقل هستند که خصوصیات و پارامترهای ژئومورفیک حوضه به شمار می‌روند. همچنین $B_1,B_2,\dots,B_n$ ضرایب مربوط به هر یک از متغیرهای

مستقل و e نشان‌دهنده‌ی خطای مدل رگرسیون است. یکی از شرایط استفاده از رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام در تجزیه و تحلیل داده‌ها، فقدان هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل است که در این پژوهش با استفاده از عامل تورم واریانس بررسی شد. در رگرسیون چندمتغیره برای آزمون معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب معادله‌ی رگرسیون، از آزمون t استفاده می‌شود. برای بررسی چگونگی برازش مدل بر داده‌ها از دو معیار R^2 (ضریب تعیین) و SE (خطای استاندارد) استفاده می‌شود. R^2 یا ضریب تعیین چندگانه، نسبتی از تغییرات کل در متغیر وابسته است که توسط معادله‌ی رگرسیونی بیان می‌شود. اشتباه استاندارد، معیار دیگری برای انتخاب مدل نهایی است. مدلی که کمترین اشتباه استاندارد را داشته باشد، باریک‌ترین فاصله‌ی اطمینان را خواهد داشت و مناسب‌تر است. در این تحقیق، ۲۰ ویژگی ژئومورفیک در ۸ زیرحوضه‌ی مورد مطالعه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و ضمن شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های ژئومورفیک مؤثر در میزان رسوب زیرحوضه‌ها، رابطه‌ی پیش‌بینی مقدار رسوب سالانه توسط مؤثرترین پارامترها تعیین شد.

۳-یافته‌ها و بحث

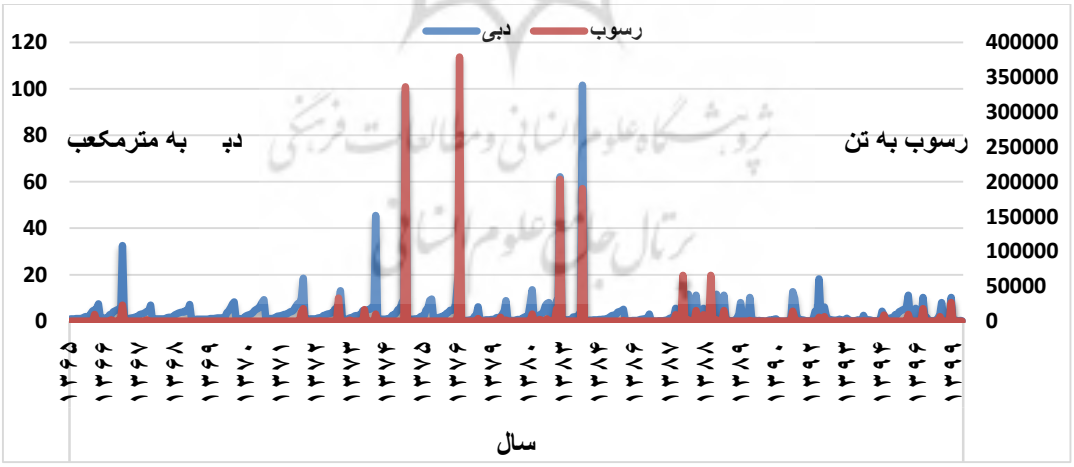
با توجه به (جدول ۲) مقدار رسوب ویژه سالانه از ۱۹/۳۶ تن در هکتار در سال در زیرحوضه‌ی کنجانچم تا ۶/۴۲ تن در هکتار در سال در زیرحوضه‌ی چاویز متغیر است. مساحت حوضه‌ی آبریز یکی از پارامترهای مهم در رسوب‌دهی حوضه محسوب می‌شود که در این پژوهش دامنه‌ی مساحت از۴۴ کیلومترمربع برای زیرحوضه اما ملکشاهی تا ۸۲۹ کیلومترمربع برای زیرحوضه‌ی کنجانچم متغیر است. شیب حوضه در زیرحوضه‌های مختلف از ۹۴/۲۲ تا ۸/۳۴ درصد متفاوت است و کمترین آن در دو زیرحوضه‌ی رستم‌آباد و کنجانچم و بیشترین مقدار شیب در زیرحوضه‌ی ملکشاهی مشاهده می‌شود. در ارتباط با نحوه‌ی محاسبه‌ی متوسط بارش زیرحوضه‌ها از روش میانیابی استفاده شد. به منظور بررسی نقش عوامل اقلیمی در کنار عوامل ژئومورفیک، متوسط بارندگی سالانه با استفاده از گرادیان بارندگی و ارتفاع برای زیرحوضه‌های مورد مطالعه محاسبه شد که در (جدول۲) ارائه شده است. نتایج حاصل از اجرای هر سه مدل درونیابی نشان می‌دهد که با توجه به مقادیر ME و RMSE روش کریجینگ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است که از بین حالت‌های مختلف روش کریجینگ نیز مدل گوسی دارای بیشترین دقت است. بر این اساس بیشترین بارندگی در زیرحوضه‌ی چاویز ۵۹۲ میلی‌متر و کمترین بارش در زیرحوضه‌ی رستم‌آباد ۲۱۰ میلی متر می‌باشد. عامل ارتفاع حوضه با تأثیر روی مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و وضعیت پوشش گیاهی حوضه بر ضریب رواناب و در نتیجه میزان رسوبدهی تأثیرگذار می‌باشد. ارتفاع زیرحوضه‌ها از ۴۲۰ متر تا ۲۵۰۲ متر متغیر است. طول حوضه عبارت از طول خطی که نقطه‌ی خروجی حوضه را با یک خط مستقیم به دورترین نقطه مرز حوضه وصل می‌کند (مهدوی، ۲۰۱۱:

۲۵). برای بیان شکل حوضه و مقایسه‌ی حوضه‌های مختلف با یکدیگر از پارامترهای مختلفی نظیر ضریب فرم حوضه، شاخص شکل، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، نسبت لمنیسکیت استفاده شده است.

جدول (۲): مقدار رسوب معلق طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۹ و برخی از مشخصات زیرحوضه‌های منتخب

Table (2): The amount of suspended sediment during the statistical period 1985 to 2020and some characteristics of selected sub-basins

نام زیرحوضه	مساحت (km2)	محیط (km)	شیب متوسط(%)	میانگین بارندگی سالانه (mm)	رسوب ویژه (ton/h/year)
رستم آباد	۶۳۳	۱۱۵	۸/۳۴	۲۱۰	۱۸/۳۴
تنگ باجک	۱۲۳	۴۴	۵۰/۹۱	۳۲۰	۱۶/۲۱
گنبد	۲۵۷	۷۱	۵۶/۸۷	۴۱۵	۱۲/۶۵
آسان	۸۰	۴۳	۷۴/۶۵	۴۲۵	۱۵/۲۴
سرجوی	۲۵۴	۷۵	۸۳/۱۲	۵۸۵	۱۴/۵
چاویز	۱۱۷	۴۳	۹۱/۴۶	۵۹۲	۱۱/۷۲
اما ملکشاهی	۴۴	۳۱	۹۴/۲۲	۵۶۷	۶/۴۲
کنجانچم	۸۲۹	۱۲۶	۱۵/۳۱	۲۸۰	۱۹/۳۶



شکل (۳): نمودار دبی- رسوب زیرحوضه‌ی سرجوی به عنوان نمونه

Fig. (3): Discharge-sediment diagram of Sarjoui basin as an example

بر اساس (جدول۳) ضریب فرم حوضه‌ی آبریز از ۰/۸۸ تا ۰/۱۲ متغیر است زیرحوضه‌های سرجوی، آسان و ملکشاهی بیشترین کشیدگی را دارند. بیشترین ضریب فشردگی برای زیرحوضه‌های تنگ باجک و چاویز می‌باشد. شاخص شکل حوضه نیز نتیجه مشابه را نشان می‌دهد. بالاترین میزان شاخص شکل با توجه به جدول ۳ در

زیرحوضه‌ی چاویز مشاهده می‌شود. نسبت لمنیسکیت به عنوان معیاری برای توصیف میزان تشابه شکل حوضه به دایره تعریف شده است که برای توصیف شکل حوضه بکار می‌رود (چورلی و همکاران[1]، ۲۱۴:۱۹۷۵). بیشترین مقدار نسبت لمنیسکیت با توجه به شکل و طول جریان برای حوضه‌های کنجانچم و آسان بدست آمده است. شاخص انشعاب نسبت بین تخریب واقعی توسط رودخانه و پتانسیل آن از سطح پایه را نشان می‌دهد (پال و همکاران[2]، ۱۲۴:۲۰۱۱). ضریب فشردگی عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط دایره‌ی فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوضه باشد. این دایره را دایره‌ی معادل می‌گویند. این ضریب بدون بعد است و برای حوضه‌های تقریباً گرد نزدیک به عدد یک است و برای حوضه‌های کشیده حدود ۱/۵ تا ۲/۵ است (فتاحی و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۵۲). کمترین ضریب فشردگی مربوط به زیرحوضه‌ی تنگ باجک ۱/۱۲ و بیشترین مربوط به زیرحوضه‌ی کنجانچم ۱/۴۰ می‌باشد، همچنین ضریب کشیدگی از ۰/۵۲ تا ۰/۲۰ متغیر است این ضریب توسط (اسچیوم[2]، ۲۱۰:۱۹۵۶) مطرح شده است. در روش ضریب گردی هر چقدر RC به عدد یک نزدیک باشد شکل آبریز به دایره نزدیک‌تر خواهد بود. یکی از روش‌های توصیف شکل منحنی هیپسومتریک یک حوضه، محاسبه انتگرال هیپسومتریک آن حوضه است (جدول۴). مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (>۰/۵) بر وجود پستی و بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه دلالت دارد و مقادیر کم تا متوسط انتگرال هیپسومتریک (<۰/۴) حاکی از شبکه زهکشی در یک سطح هموارتر است. ارتباط بین انتگرال هیپسومتریک باعث شده تا این انتگرال به عنوان معیاری برای تشخیص چرخه فرسایش چشم‌انداز استفاده شود. بالاترین میزان انتگرال هیپسومتری در زیرحوضه‌های سرجوی، چاویز و ملکشاهی و کمترین میزان حوضه‌ی رستم‌آباد می‌باشد. میزان ناهمواری ارتباط مستقیمی با درجه شیب آبراهه‌ها و سطح زمین دارد. همچنین به طور محسوسی بر فرایندهای هیدرولوژیکی و فرسایش حوضه‌ی آبریز اثر می‌گذارد (اهر و همکاران[3]، ۲۰۱۴: ۲۶). در این تحقیق، کمترین ناهمواری در زیرحوضه‌ی رستم‌آباد و بیشترین ناهمواری در زیرحوضه‌ی سرجوی و چاویز دیده می‌شود. پستی و بلندی نشان‌دهنده‌ی موقعیت اقلیمی است. در حوضه‌های مناطق مرتفع نه تنها بارندگی بیش از حوضه‌های پست است بلکه در ارتفاعات نزولات جوی به صورت برف می‌باشد. بیشترین میزان پستی و بلندی در زیرحوضه‌ی چاویز و کمترین میزان زیرحوضه‌ی رستم‌آباد می‌باشد. بافت زهکش بستگی دارد به برخی فاکتورهای طبیعی نظیر اقلیم، بارش، پوشش، نوع سنگ و خاک، ظرفیت نفوذپذیری، مرحله‌ی تکامل ناهمواری‌ها و سنگ‌های سست و ضعیفی که توسط پوشش گیاهی محافظت نشده‌اند بافت ریزی ایجاد می‌کنند در حالی که سنگ‌های توده‌ای و مقاوم، بافت درشتی ایجاد می‌کنند. پوشش پراکنده گیاهی در اقالیم خشک سبب ایجاد بافت ریزتری

1- Chorely
2- Schumm
3- Aher

نسبت به سنگ مشابه در اقالیم مرطوب می‌گردد. بافت سنگ‌ها به طور کلی بستگی دارد به نوع پوشش و اقلیم. کمترین بافت زهکشی در زیرحوضه‌ی رستم‌آباد و بیشترین تراکم در زیرحوضه‌ی چاویز مشاهده می‌شود. نسبت تعداد قطعات یک مرتبه بویژه، به تعداد قطعات مرتبه بالاتر، نسبت انشعاب نامیده می‌شود این نسبت به علت تغییرات تصادفی در هندسه حوضه‌ی آبریز دقیقاً از مرتبه‌ای به مرتبه‌ی دیگر یکسان نخواهد بود. بیشترین میانگین نسبت انشعاب در حوضه‌ی گنبد و کمترین مقدار آن در زیرحوضه‌ی رستم‌آباد مشاهده می‌شود.

جدول (۳): پارامترهای ژئومورفیک پستی و بلندی زیرحوضه‌های مورد مطالعه

Table (3): Geomorphic parameters of elevation and height of the studied sub-basins

زیرحوضه	متوسط پستی و بلندی	نسبت پستی و بلندی	بافت زهکشی	شاخص انشعاب	پستی و بلندی نسبی	انتگرال هیپسومتریک	ناهمواری حوضه
رستم‌آباد	۲۵۵	۱۱/۶۶	۱/۱۲	۰/۶۰	۸/۳۳	۰/۱۶	۲۸۵
تنگ‌باجک	۶۸۵	۶۷/۱۵	۲/۱۴	۰/۷۴	۲۰/۴۲	۰/۳۴	۳۶۰
گنبد	۱۰۲۰	۷۰/۵۸	۳/۲۱	۰/۸۵	۲۲/۵۲	۰/۴۲	۵۲۰
آسان	۱۴۲۵	۷۸/۲۱	۲/۷۴	۰/۷۳	۲۵/۴۱	۰/۴۸	۶۵۴
سرجوی	۱۷۹۵	۸۷/۴۸	۲/۶۶	۰/۶۹	۲۸/۲۱	۰/۵۴	۹۲۶
چاویز	۱۵۹۶	۹۶/۳۳	۳/۵۵	۰/۷۶	۳۵/۳۲	۰/۶۳	۷۶۶
اماملکشاهی	۱۳۱۲	۹۴/۳۲	۱/۷۳	۰/۸۰	۳۳/۴۵	۰/۵۷	۷۴۱
کنجانچم	۵۳۵	۲۳/۱۷	۱/۴۲	۰/۵۸	۱۲/۵۴	۰/۲۱	۳۱۰

جدول(۴): پارامترهای ارتفاعی و شکل زیرحوضه‌های مورد مطالعه

Table (4): Elevation parameters and shape of the studied basins

زیرحوضه	ارتفاع حداقل(m)	ارتفاع متوسط(m)	ارتفاع حداکثر(m)	طول آبراهه اصلی (Km)	ضریب فرم	شاخص شکل	ضریب فشردگی	ضریب کشیدگی	ضریب گردی	نسبت لمنیسکیت
رستم‌آباد	۹۰	۲۱۰	۴۲۰	۳۶/۲۵	۰/۴۸	۲/۱۲	۱/۳۰	۰/۴۰	۰/۱۹	۲/۵۲
تنگ باجک	۴۵۰	۵۶۰	۹۲۰	۱۳/۷	۰/۶۵	۱/۵۴	۱/۱۲	۰/۴۶	۰/۴۲	۱/۶۲
گنبد	۸۴۰	۹۱۰	۱۲۰۰	۱۷/۳	۰/۸۸	۱/۱۴	۱/۲۵	۰/۵۲	۰/۴۳	۲/۲۵
آسان	۹۰۰	۱۲۹۶	۱۹۵۰	۲۵/۴	۰/۱۲	۸/۳۳	۱/۳۷	۰/۲۰	۰/۱۵	۳/۱۴
سرجوی	۱۰۸۸	۱۵۳۶	۲۵۰۲	۲۸/۶	۰/۳۲	۳/۲۵	۱/۳۱	۰/۳۲	۰/۱۷	۲/۱۵
چاویز	۱۰۹۲	۱۲۹۰	۲۱۰۰	۱۳/۱	۰/۶۹	۱/۴۵	۱/۱۳	۰/۴۷	۰/۴۵	۱/۳۱
ملکشاهی	۹۷۴	۱۲۲۰	۱۶۵۰	۱۳/۶	۰/۲۳	۴/۳۶	۱/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۲	۱/۱۶
کنجانچم	۱۴۹	۴۳۵	۹۲۰	۳۹/۷	۰/۵۲	۱/۹۲	۱/۴۰	۰/۴۱	۰/۱۶	۳/۳۲

برای به دست آوردن روابط بین پارامترهای هیدرولوژیکی (رسوب) و خصوصیات حوضه‌ها از روش رگرسیون گام به گام استفاده شده است. برای انجام رگرسیون گام به گام از سه روش پیشرو، پسرو و ترکیب دو روش در

دو حالت با داده‌های معمولی و لگاریتمی و برای آزمون مدل‌ها از روش تجزیه واریانس استفاده شده است. در این تحقیق وزن رسوب حوضه به عنوان متغیر وابسته و سایر پارامترها به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. با توجه به ماتریس همبستگی متغیرها (جدول۵) مشاهده می‌شود که متغیرهای شیب، ضریب گردی، بارندگی، بافت زهکشی، مساحت، محیط، شکل حوضه، و ناهمواری حوضه نسبت به سایر متغیرها همبستگی بالاتری با میزان تولید رسوب حوضه دارند.

جدول (۵): همبستگی بین متغیرهای ژئومورفیک موثر بر رسوب معلق در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

Table (5): Correlation between geomorphic variables affecting suspended sediment in the studied sub-basins

	متغیرهای مستقل	همبستگی پیرسون	سطح معنی‌داری
X1	مساحت	۰/۷۲۳	۰/۰۰۳
X2	محیط	۰/۷۴۲	۰/۰۰۳
X3	شیب	۰/۸۱۵	۰/۰۰۱
X4	بارندگی	۰/۷۷۹	۰/۰۰۱
X5	ارتفاع حداقل	۰/۷۴۰	۰/۰۰۳
X6	ارتفاع متوسط	۰/۶۴۲	۰/۰۰۴
X7	ارتفاع حداکثر	۰/۴۹۸	۰/۰۰۵
X8	طول حوضه	۰/۷۱۵	۰/۰۰۳
X9	ضریب فرم حوضه	۰/۶۲۴	۰/۰۰۴
X10	شاخص شکل حوضه	۰/۷۱۴	۰/۰۰۳
X11	ضریب فشردگی	۰/۶۵۹	۰/۰۰۴
X12	ضریب کشیدگی	۰/۷۱۲	۰/۰۰۳
X13	ضریب گردی	۰/۸۲۰	۰/۰۰۱
X14	نسبت لمنیسکیت	۰/۵۱۶	۰/۰۰۵
X15	متوسط پستی و بلندی	۰/۶۰۰	۰/۰۰۵
X16	نسبت پستی و بلندی	۰/۳۴۵	۰/۰۰۵
X17	بافت زهکشی	۰/۷۸۵	۰/۰۰۱
X18	شاخص انشعاب	۰/۵۲۲	۰/۰۰۵
X19	پستی و بلندی نسبی	۰/۷۸۹	۰/۰۰۱
X20	ناهمواری حوضه	۰/۶۶۴	۰/۰۰۴

برای آزمون معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب رابطه رگرسیون، از آزمون t استفاده شده است. معنی‌دار بودن ضریب در معادله رگرسیونی، بر این دلالت دارد که متغیر مستقل مربوطه می‌تواند قسمتی از تغییرات در متغیر وابسته را بیان کند. با توجه به سطح معنا داری آزمون t با اطمینان ۹۵ درصد این ضرایب مخالف صفر و برابر با

مقادیر برآورد شده است. مقایر VIF کمتر از ۱۰ فقدان هم خطی بین متغیرهای ژئومورفیک را نشان می دهد. از این رو، متغیرها برای تعیین ضریب رگرسیونی مناسب هستند. براساس مدل‌های حاصل از تحلیل همبستگی رسوب، مقدار رسوب تولیدی با شیب حوضه، متوسط بارندگی، ضریب گردی، بافت زهکش و پستی و بلندی نسبی همبستگی داشته و در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۶). به منظور ارزیابی مدل‌های رگرسیون، معنی‌داری آماری آنها بررسی شد. مفهوم معنی‌دار بودن یک ضریب در معادله رگرسیونی این است که متغیر مستقل مربوطه می‌تواند به طور معنی‌داری قسمتی از تغییرات در متغیر وابسته را بیان کند. به منظور اطمینان از کارایی مدل‌ها، فرضیات آنالیز رگرسیونی شامل خطی بودن، یکنواختی واریانس و مستقل بودن باقی نیز بررسی شد. رابطه‌ی بین متغیرهای مستقل و رسوب حوضه در مدل نهایی ارائه شده است که نتایج بیانگر رابطه‌ی خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل است. مدل توسعه‌یافته در منطقه ۲ مقدار ضریب R2 بیشتری نسبت به مدل توسعه‌یافته در منطقه ۱ دارند. با توجه به اینکه در مدل توسعه‌یافته در منطقه ۲ تعداد پارامترهای بیشتری معنی‌دار و به مدل وارد شده‌اند لذا مقدار ضریب تبیین در مدل ۲ بیشتر می‌شود زیرا با افزایش تعداد پارامترهای ورودی مدل مقدار ضریب تبیین افزایش می‌یابد اگرچه ممکن است مقدار خطای مدل نیز تا حدی افزایش یابد. چنانچه در (جدول۶) مشخص است مدل توسعه‌یافته بر اساس عامل دبی سالانه در منطقه ۲ در مقایسه با مدل ۱ با تعداد بیشتر پارامتر ورودی مقدار ضریب تعیین بالاتری (R2=۰ /۹۹) دارد که اهمیت عامل ضریب گردی حوضه در برآورد میزان رسوب معلق را نشان می‌دهد. بهترین مدل رگرسیونی، مدلی است که ضریب تعیین R^2 بیشتر و اشتباه استاندارد SE کمتر داشته باشد. از این رو مدل دوم، مدل نهایی برای زیرحوضه‌های مورد مطالعه است.

جدول(۶): آزمون معنی‌داری ضرایب روابط رگرسیونی

Table (6): Significance test of regression coefficients

مدل	متغیر مستقل	T	سطح معنی داری	مقدار ثابت	معادله رگرسیون خطی	عامل تورم
مدل ۱	مقدار ثابت	۱۱/۹۱۲	۰/۰۰۱	۸۱۵۱۵۰/۴۵۳	Y=۱۱/۹۱۲ - ۲۴/۷۵۹	۱/۰۰۰
	ضریب شیب حوضه	۲۴/۷۵۹	۰/۰۰۱	۷۸۹۲۴۵/۲۶۳	(x3)	
مدل ۲	مقدار ثابت	۱۵/۲۳۵	۰/۰۰۱	۷۸۳۶۵/۳۲۴	Y=۱۹/۹۴۸ – ۱۵/۲۳۵	۱/۴۵۱
	ضریب گردی حوضه	۱۹/۹۴۸	۰/۰۰۱	۲۴۱۵۴/۳۲۱	(x3) -(X12) -۰/۰۲۳	

جدول (۷): ضرایب همبستگی روابط رگرسیونی

Table (7): Correlation coefficients of regression relations

مدل	ضریب همبستگی چندگانه (R)	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعیین تعدیل شده	اشتباه معیار(SE)	سطح معنی‌داری	سطح معنی-داری sig
۱	۰/۸۱۵	۰/۹۸	۰/۷۶۹	۲/۲۴۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
۲	۰/۹۴۲	۰/۹۹	۰/۷۷۶	۱/۲۱۴۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱

با توجه به جدول ۸ داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاملاً مناسب خواهند بود. با توجه به جدول مقدار KMO =۰/۹ بوده در نتیجه داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. مقدار آماره KMO برابر با ۰/۹ نشان می‌دهد که داده‌های استخراج شده برای انجام تحلیل عاملی تجزیه به مولفه‌های اصلی مناسب‌اند. همچنین معنی‌دار بودن آزمون کرویت بارتلت در سطح ۰/۰۰۱ و کای اسکوار ۲۷۹/۶۴ بیانگر تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مناسب است.

جدول (۸): آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

Table (8): KMO statistics and Bartlett sphericity test results

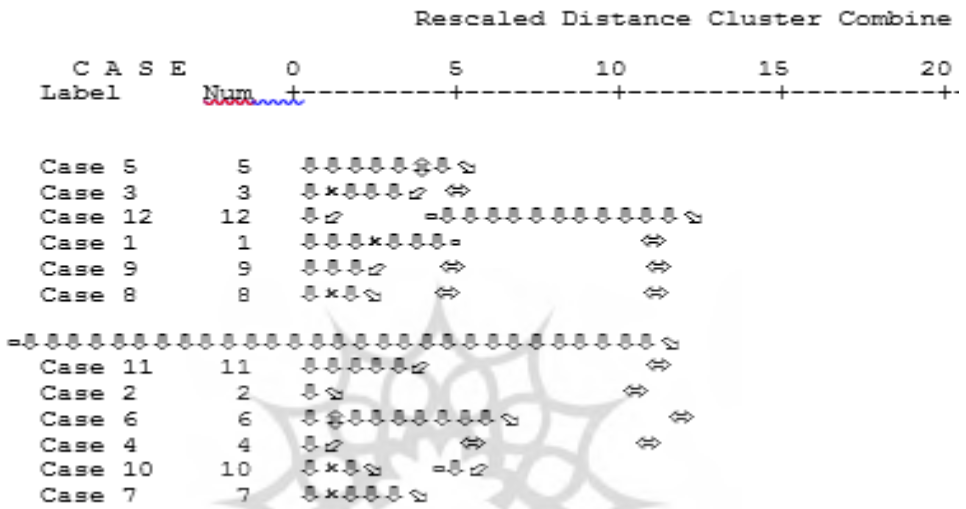
آزمون کرویت بارتلت و KMO		
۰/۹	سنجش کفایت داده‌ها با استفاده از Kaiser-Meyer-Olki	
۲۷۹/۶۴	Approx. Chi-Square	آزمون کرویت بارتلت
۴۹	df	آزمون کرویت بارتلت
۰/۰۰۱	Sig	آزمون کرویت بارتلت

جهت تعیین تعداد عامل‌ها از مقدار ویژه استفاده می‌شود. حداقل مقدار ویژه برای انتخاب عامل‌های نهایی مقدار یک است و عامل‌هایی که مقدار ویژه بیشتر از یک داشته باشند جزء عامل‌های نهایی محسوب می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که سه عامل ضریب گردی، ضریب شیب و ضریب بافت زهکشی حوضه مقدار ویژه بیشتر از یک دارند. درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول (۹): درصد واریانس تجمعی و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

Table (9): Cumulative variance percentage and eigenvalues of different factors

مقادیر ویژه اولیه	
مؤلفه‌ها	**درصد واریانس**
ضریب گردی	۴۴/۶۲
ضریب شیب	۲۵/۲۲
ضریب بافت زهکشی حوضه	۱۶/۷۴



شکل (۴): دندروگرام تحلیل خوشه‌ای زیرحوضه‌ها

Fig. (4): Cluster analysis dendrogram of sub-basins

۴-نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی ارتباط بین پارامترهای ژئومورفیک و رسوب در زیرحوضه‌های کنجانچم و گاوی انجام شده است. اطلاعات کمی از مقدار رسوب به عنوان متغیر وابسته و پارامترهای ژئومورفیک به عنوان متغیرهای مستقل زمانی قابل استناد می‌باشد که در یک مدل آماری نتایج معنی‌دار، قانونمند و علمی ارائه نماید. با توجه به فرایند مدل‌سازی رگرسیونی، حضور یا عدم حضور یک متغیر در مدل می‌بایست از نظر آماری قابل قبول باشد، بنابراین مدل نهایی ارائه شده به دلیل مستند و معتبر بودن از نظر آماری و طی نمودن صحیح فرایند مدل‌سازی با توجه به نتایج ارائه شده قابل استناد و پذیرش می‌باشد. متغیرهای پیش‌بینی در مدل رگرسیونی به دست آمده مشخص می‌گردد که عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی حضور معنی‌داری در مدل دارند. همچنین نتایج تحقیق نشان‌دهنده‌ی آن است که پارامترهای ژئومورفیکی همبستگی بالایی با میزان رسوب دارند. عامل شیب، ضریب گردی، بافت زهکشی، پستی و بلندی، بارندگی، مساحت حوضه و ضریب کشیدگی حوضه مهم‌ترین عوامل در برآورد میزان رسوبات معلق براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بودند و همبستگی بالایی را نشان دادند. میانگین رسوب ویژه از ۱۹/۳۶ تن درهکتار در سال در حوضه‌ی کنجانچم تا ۶/۴۲ تن در هکتار در سال در حوضه اما ملکشاهی متغیر است. ارزیابی مقدار آزمون کرویت بارتلت و KMO مقدار ۰/۹ بوده و در نتیجه داده‌ها برای تحلیل خوشه‌ای مناسب خواهد بود. درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل نشان می‌دهد

ضریب گردی با ۴۴/۶۲٪ از واریانس تمامی متغیرهای تحقیق را تبیین نموده و در مجموع سه عامل ضریب گردی، ضریب شیب و ضریب بافت زهکشی حوضه توانسته‌اند ۸۷٪ از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند. عوامل شیب و ضریب گردی در تولید رسوب زیرحوضه‌ی تنگ باجک با مقدار تولید رسوب ۱۶/۲۱ تن نقش زیادی داشتند. بافت زهکشی که در تولید رسوب بعد از شیب و ضریب گردی از ضریب تبیین بالایی برخوردار است نشانگر ساختار زمین‌شناسی منطقه است که سازندهای مارنی فرسایش‌پذیر به مانند سازند گورپی، پابده، گچساران و آغاجاری بیشتر منطقه را پوشش می‌دهند. زیرحوضه‌های کنجانچم، رستم‌آباد، تنگ باجک، آسان و سرجوی پتانسیل بالایی در ایجاد رسوب دارند. معمولاً در برآوردهای بار رسوبی، از معادلات رگرسیونی منحنی‌های سنجه رسوب استفاده می‌شود که مهم‌ترین دلیل آن سهولت کاربرد این معادلات است. با توجه به نتایج قابل قبول این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده توام از روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام کارآیی مناسب و قابل قبولی در برآورد رسوبات معلق دارد. آزمون مدل رگرسیونی در رابطه با رژیم‌های متفاوت اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کشور جهت رسیدن به الگوی کارآمد استفاده از این معادلات در برآورد بار رسوبی مناطق گوناگون می‌تواند ثمربخش واقع شود..

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵-منابع

Abdideh, M.; Qarashi, M.; Rangzan, K.; & Arian, M. (2011). Relative Assessment of Active Infrastructure Using Morphometric Analysis, A Case Study of the Dez River Basin, Southwestern Iran, *Quarterly Journal of Earth Sciences*, 20(80), 33-46.

Asghari Saraskanrood, S.; & Qala, E. (2019). Investigating the Relationship between Hydro geomorphic Properties and Sediment Production (Case Study: Qarnaqo Basin in East Azerbaijan Province), *Quantitative Geomorphological Research*, 8(1), 164-146.

Heidari Tashe Kaboud, S., & Rezaian, Hassan. (2019). Estimation of suspended sediment load values of the river using colonial competition algorithm, *Journal of Science and Engineering Elites*, 2, 288-282.

Shayan, S., Zare, G., Yamani, M., & Sharifi Kia, M. (2013). Analysis of the trend of statistical changes in discharge and sediment of the catchment area and its application in environmental planning, *Iranian Journal of Applied Geomorphology*, 2, 37-50.

Gholami, L.; Sadeghi, H.; Khaledi Darvishan, A.W.; & Tellvri, A.R. (2008). Modeling of sediment caused by showers using rain and runoff variables, *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 2, 271-236.

Fattahi, M.H., & Talebzadeh, Z. (2017). Relationship between catchment compression coefficient and its fractal properties, *Iran Water Resources Research*, 13(1), 203-191.

Karami, F., & BayatiKhatibi, M. (2019). Modeling soil erosion and prioritizing sediment production in the Sattar Khan Ahar dam basin using MUSLE and SWAT models, *Hydrogeomorphology*, 5(18), 137-115.

Motamedi, R., & Azari, M. (2017). The relationship between geomorphic features and watershed sediment (Case study: Selected sub-basins of Khorasan Razavi), *Environmental Erosion Research*, 28, 82-101.

Naseri, F., Azari, M., & Dastarani, MT. (2019). Optimization of Sediment Level Equation Coefficients Using Genetic Algorithm (Case Study: Ghazaghli and Bagh Abbasi Stations), *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 9(35), 97-82.

Honarbakhsh, A., Niazi, A., Soltani Koopai, S., & Tahmasebi, P. (2019). Modeling the relationship between sediment content and hydrological and environmental characteristics of the basin (Case study: Dez dam basin), *Quantitative Geomorphological Research*, 8(1), 117-105.

Aher, P.; Adinarayana, J., & Gorantiwar, S.D. (2014). Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach, *Journal of Hydrology*, 511, 850-860.

Ares, M.G., Varni, M., & Chagas, C. (2016). Suspended sediment concentration controlling factors: an analysis for the Argentine Pampas region, *Hydrological Science Journal*, 61(12), 2237-2248.

Khanchoul, K., Boukhrissa, Z.E.A., Acidi, A., & Altschul, R. (2010). Estimation of suspended sediment transport in the Kebir drainage basin, Algeria, *Quaternary International*, 262, 25-31.

Lamb, E., & Toniolo, H. (2016). Initial Quantification of Suspended Sediment Loads for Three Alaska North Slope Rivers, *Water,* 419(8), 2-11.

Pal, B., Samanta, S., & Pal, D.K. (2012). Morphometric and hydrological analysis and mapping for Watut watershed using remote sensing and GIS techniques, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 2(1), 337- 357.

Patrick Laceby, J., McMahon, J., Evrard, O., & Olley, J. (2015). A comparison of geological and statistical approaches to element selection for sediment fingerprinting, *Journal of Soils Sediments*, 15, 2117-2131.

Pohlert, T. (2015). Projected climate change impact on soil erosion and sediment yield in the River Elbe catchment, *Springer International Publishing Switzerland*, 4, 97-108.

Salim, A. H. A. (2014). Geomorphological analysis of the morphometric characteristics that determine the volume of sediment yield of Wadi Al-Arja, South Jordan, *Journal of Geographical Sciences*, 24(3), 457-474.

Schumm, S.A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.

Sharma, S.K., & Tiwari, K.N. (2009). Bootstrap based artificial neural network (BANN) analysis for hierarchical prediction of monthly runoff in Upper Damodar Valley Catchment, *Journal of hydrology*, 374(3), 209-222.

Strahler, A.N. (1958). Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms, *Geological Society of America Bulletin*, 69(3), 279-300.

Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology, Eos, *Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.

Tamene, L; Park, S.J; Dikau, R. & Vlek, P.L.G. (2006). Analysis of factors determining sediment yield variability in the highlands of northern Ethiopia, *Geomorphology*, 76, 76–91.

Zare chahuki, M.A. (2010). Data analysis in natural resources research using SPSS software, first edition, Jahad University press, 309.

Zhang, H.Y., Shi, Z.H., Fang, N.F., & Guo, M.H. (2015). Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield: Evidence from the Loess Plateau of China, *Geomorphology*, 234, 19-27.

Ziegler, AD., Benner, G., & Tantasirin, C. (2014). Turbidity-based sediment monitoring innorthern Thailand: hysteresis, variability, and uncertainty, *Journal of Hydrology,* 519, 2020–2039.