نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
صفحات ۱۱۱ – ۱۲۸

ارتباط بین ویژگی های هیدروژئومورفیک و بار رسوبی معلق زیر حوضه های کشف رود

محمد علی زنگنه اسدی[1]؛ دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

مهناز ناعمی تبار؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۹/۰۲/۱۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۹/۰۷/۰۲

چکیده

تولید رسوب یکی از مهم ترین مشکلات در مدیریت حوضه های آبخیز است. تجزیه و تحلیل منطقه ای بار رسوب رودخانه ها بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک و ارتباط آن با خصوصیات حوضه های آبخیز در برآورد میزان فرسایش و رسوب از اهمیت بسزایی برخوردار است. ویژگی های ژئومورفیک حوضه ها در هیدرولوژی، فرسایش خاک و تولید رسوب نقش مهمی دارد و می تواند شاخصی از وضعیت فرسایش و رسوب گذاری باشد. تخریب، انتقال، رسوب گذاری و کیفیت آب از مسائل بسیار مهم در مدیریت حوضه های آبخیز می باشند. هدف از پژوهش حاضر مدل سازی رابطه بین میزان بار رسوب معلق با ویژگی های ژئومورفیکی حوضه و استخراج خصوصیات ژئومورفیک و ارتباط آن با رسوب دهی در زیر حوضه ها است. به منظور تعیین ارتباط خصوصیات ژئومورفیک بار رسوب هر زیر حوضه از روش تحلیل رگرسیون چند متغیره گام به گام استفاده شد. نتیجه بررسی ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب زیرحوضه ها نشان داد که مقدار رسوب تولیدی با شاخص بارندگی، شیب، ضرایب فشردگی، کشیدگی، گردی و فرم، ناهمواری و طول حوضه همبستگی مثبت داشته و در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار بوده است. عوامل تأثیر گذار بر میزان رسوب حوضه ها از بین متغیر های موجود، از روش تحلیل مؤلفه های اصلی(PCA) و تحلیل خوشه ای استفاده گردید. نتایج نشان می دهد که سه عامل ضریب گردی، ضریب فشردگی و ضریب فرم حوضه به ترتیب ۵۰/۷۱، ۲۰/۶۶ و ۱۱/۲۷ درصد از واریانس تمامی متغیر های پژوهش را تبیین می‌کند. در مجموع سه عامل استخراج شده نهایی توانسته اند ۸۲/۶۴٪ از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند.

واژه های کلیدی: هیدروژئومورفیک، فرسایش رسوب، حوضه کشف رود، رگرسیون چند متغیره گام به گام.

۱ . نویسنده مسئول: Email: Ma.zanganehasadi@hsu.ac.i

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

مقدمه

رسوب رودخانه ای به عنوان یک محرک تنش زا، مهم ترین تهدید برای اکوسیستم های آبی محسوب می‌شود که برای جلوگیری و یا به حداقل رساندن خسارات وارده باید سه مرحله فرایند فرسایش را مورد مطالعه قرار داد(Naseri et al., ۲۰۱۹). رسوب محصول نهایی فرسایش در یک حوضه آبخیز است که ناشی از فرسایش خاک اراضی بالادست، فرسایش کناری و بستر رودخانه است(Pohlert., ۲۰۱۵). فرسایش و رسوب گذاری به عنوان یک رفتار طبیعی رودخانه، باعث هدر رفت خاک حاصلخیز کشاورزی و وارد نمودن خسارت جبران ناپذیر به سازه های آبی می شود(Karami etal., ۲۰۱۹). کاهش تولید رسوب نیازمند اجرای روش های مناسب کنترل رسوب و حفاظت خاک در مناطق بحرانی منبع تولید رسوب در حوضه آبخیز است(Patrick etal., ۲۰۱۵). تعیین مقدار رسوب انتقال یافته توسط رودخانه ها از جنبه های مختلف دارای اهمیت است. رسوب حمل‌شده توسط جریان آب، عامل مهمی در شکل‌گیری ساختار هندسی و خصوصیات ژئومورفیک رودخانه ها تلقی می شود(Tasheh kabod etal., ۲۰۱۹). رسوب یک حوضه و درک پدیده فرسایش و عواقب آن می تواند در اولویت‌بندی زیرحوزه های آبخیز استفاده شود(Shayan et al., ۲۰۱۳). ویژگی های ژئومورفیک حوزه های آبخیز، به مجموعه عوامل فیزیکی گفته می شود که مقادیر آن ها برای هر حوضه به نسبت ثابت است و وضع ظاهری حوزه آبخیز را نشان می‌دهد(Abdideh et al.,۲۰۱۱). در اکثر رودخانه های طبیعی، رسوبات عمدتا به صورت بار معلق حمل می شوند و از طرفی برآورد میانگین بار معلق نیاز به ادغام داده های اندازه گیری شده پیوسته جریان و داده های مقطعی و ناپیوسته غلظت رسوب دارد. این عمل معمولا از طریق درونیابی(روش های متوسط زمانی و وزنی جریان) صورت می گیرد(Yang., ۱۹۹٦). برآورد ها نشان می دهد که سالانه حدود ۰/۵ تا ۱ درصد از ظرفیت ذخیره سد های جهان به واسطه ته نشست رسوب در حال کاهش است(Khanchoul etal., ۲۰۱۰).

اندازه گیری مستقیم میزان رسوب بسیار وقت گیر و پرهزینه است از این رو، یافتن رابطه بین ویژگی های ژئومورفولوژیکی حوضه با میزان رسوب تولید شده و در نهایت ارائه یک مدل کمی می تواند در ارزیابی میزان رسوب تولید شده و زیان های ناشی از آن در آینده پژوهی محیطی بسیار حائز اهمیت باشد. هدف اصلی بکار گیری شاخص های ژئومورفیک و اندازه گیری پارامتر های مورفومتریک، مطالعه اشکال و ناهمواری های سطح زمین به صورت کمی و عددی است. ویژگی های ژئومورفیک حوزه های آبخیز در سه گروه خطی، پستی و بلندی و سطحی طبقه بندی می شود(Moges et al., ۲۰۱۵). روش های رگرسیون چند متغیره، تجزیه تحلیل خوشه ای، تجزیه تحلیل عاملی از جمله روش های رایج در مدل سازی رابطه میزان رسوب و ویژگی های حوضه هستند(Honar Bakhsh., ۲۰۱۹: ۱۰٦). پژوهش‌های گسترده ای در زمینه مطالعه و مدل سازی رابطه بین ویژگی های حوضه و میزان رسوب معلق در حوضه های آبخیز مختلف انجام شده است از جمله (Gholami etal(۲۰۰۸ در مدل سازی رسوب ناشی از رگبارها با استفاده از متغیّرهای باران و رواناب در حوضه آبخیز چهل‌گزی استان کردستان مشاهده کردند که مدل های رگرسیون دو متغیره در مقایسه با چند متغیره از کارایی بالاتری برخوردار است. (Ares et al(۲۰۱٦ فاکتورهای کنترل غلظت رسوب را برای منطقه پامپاس آرژانتین مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه ۲۵ رخداد بارندگی طی ۴ سال در منطقه ای به وسعت ۵۶۰ هکتار بررسی شد. در این پژوهش روش رگرسیون چندگانه برای مدل سازی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل توسعه یافته خطی قادر به تو ضیح ۸۵٪ از تغییرات غلظت رسوب است. (Lamp etal(۲۰۱٦ به کمی سازی بار معلق ۳ رودخانه در منطقه شمالی آلاسکا پرداختند. پایش منطقه مورد مطالعه برای ۳ سال به طول انجامید و نمونه برداری بار معلق در اعماق مختلف رودخانه انجام شد و بین میزان بار معلق و پارامترهای حوضه مدل سازی به روش رگرسیونی صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که در هر سه رودخانه پارمترهای بارندگی و شکل حوضه تاثیر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

زیادی در میزان بار معلق حوضه داشتند. (Hu etal(۲۰۱۱ در تحقیق خود با عنوان تغییرات زمانی و مکانی منحنی سنجه رسوب در حوزه چانگ چیان رودخانه یانگ تسه، غلظت رسوب معلق را در سه بازه از رودخانه شامل بالادست، میانه و پایین دست در دوره های متفاوت زمانی از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ محاسبه کردند و تغییرات زمانی و مکانی منحنی سنجه رسوب را نسبت به تأثیر فعالیت های انسانی و ویژگی های حوزه آبخیز تحلیل کردند. نتایج نشان داد که تعرضات و فعالیت های انسانی به طبیعت تأثیر اصلی را بر روی پارامتر های منحنی سنجه رسوب دارد. (Joann(۲۰۱٦ تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه اتچافالاوا[۲] در جنوب لاویزیانا[۲] آمریکا را با بررسی حجم رسوبات معلق در جریان های سیلابی و استفاده از عکس های ماهواره ای با وضوح بالا مورد مطالعه قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که مسیر رودخانه تحت تأثیر نوسان در شرایط جریان، رسوبگذاری و فعالیت های انسانی تغییر کرده است. (Ganavati etal(۲۰۱٦ ارزیابی آثار انتقال آب بین حوضه ای بر مورفولوژی بستر رودخانه در حوضه مبدا، با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای در حوضه رودخانه زاب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که حمل رسوبات در پی انتقال آب بین حوضه ای و تشکیل پشته های رسوبی در مسیر جریان و رسوبگذاری در کناره ها، باعث کاهش عمق و بستر رودخانه مورد مطالعه در درازمدت خواهد شد. Gharchorlo Morteza et al(۲۰۱۸) در پژوهشی با استفاده از تصویر ماهواره ای لندست و مدل رقومی ارتفاع، اثرگذاری ۲۷ پارامتر ژئومورفومتری به عنوان متغیر های مستقل را بر میزان پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار دادند. نتایج اولیه تحلیل های رگرسیونی نشان داد که با وجود همبستگی های پایین، بسیاری از پارامتر های ژئومورفولوژی از روابط رگرسیونی معنی داری با پوشش گیاهی برخوردار بودند. (Honar bakhsh etal (۲۰۱۹ در براورد میزان رسوب در حوضه دز از ۱۵ پرامتر در براورد رسوبات معلق با روش تجزیه مولفه های اصلی به این نتایج دست یافتند که این مدل بهترین کارآیی و کمترین درصد خطای برآورد را داشته است. همچنین نتایج نشان داد که دبی سالانه تاثیرگذارترین پارامتر در مدل های برآورد رسوبات معلق بوده است. (Motamedi etal(۲۰۱٦ در براورد فرسایش خاک در زیر حوضه های خراسان رضوی با استفاده از رگرسیون چند متغیره گام به گام به این نتایج دست یافتند که مقدار رسوب تولیدی با ضریب فرم حوضه و متوسط بارندگی سالانه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. (Saraskandrod etal(۲۰۱۹ در براورد میزان تولید رسوب در حوضه قرنقو با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره گام به گام به این نتایج دست یافتند که مقدار رسوب تولیدی با حجم جریان و ضریب فرم حوضه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. همچنین جهت شناسایی عوامل تاثیر گذار بر میزان رسوب حوضه از بین متغیرهای موجود از روش تحلیل مولفه های اصلی(PCA) استفاده شده است. هدف پژوهش حاضر برآورد میزان تولید رسوب با لحاظ کردن ویژگی های ژئومورفیک و شناسایی زیر حوضه های بحرانی از نظر تولید رسوب با استفاده از تحلیل رگرسیون چند متغیره گام به گام جهت تعیین موثرترین پارامترها و تعیین مناسب ترین رابطه آماری بین رسوبدهی معلق و پارامترهای حوضه های آبخیز استفاده گردیده است.

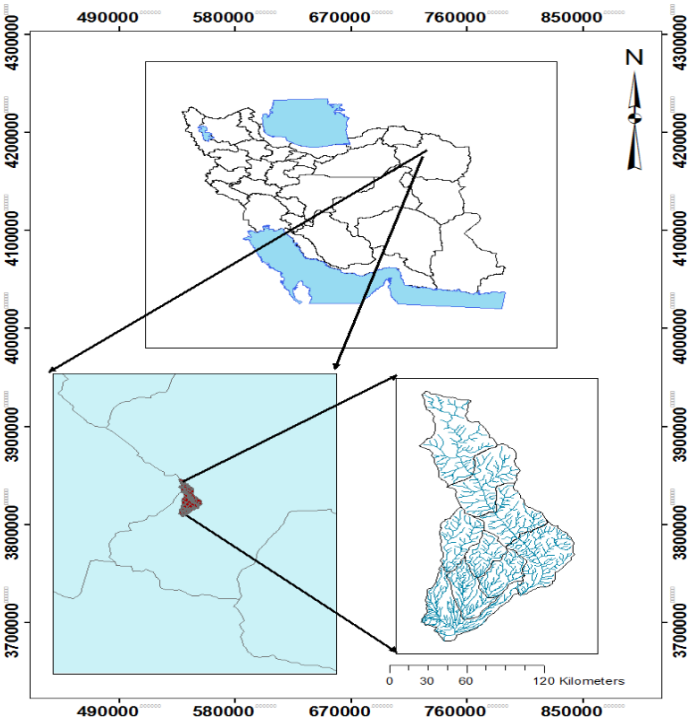
[۱] Etchafalava
[۲] Lavisiana

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

داده ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

در این پژوهش ۹ زیر حوضه از حوضه آبخیز کشف رود در دشت مشهد استان خراسان رضوی جهت برآورد میزان رسوب انتخاب شده است. حوضه‌های مطالعاتی شامل کارده، گلمکان، جاغرق، دهبار، شاندیز، زشک، ارداک، خرم دره و طرق می باشد. محدوده مطالعاتی با مساحت ۱۶۲۰/۲ کیلومترمربع در مدار ۳۶ درجه شمالی و نصف النهار ۵۸ درجه شرقی قرار دارد(شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه تحقیق

- **روش کار**

به منظور برآورد میزان رسوب معلق سالانه، از آمار دبی و رسوب ایستگاه های هیدرومتری(۸ ایستگاه) و هواشناسی(۱۳ ایستگاه) استفاده گردید(شکل ۲). دوره آماری مورد استفاده در این پژوهش ۲۵ ساله(۱۳۹۶-۱۳۷۲) می باشد که از سازمان آب و هواشناسی استان خراسان رضوی اخذ شده است. ارتفاع، مساحت و محیط حوضه ها از روی نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ بدست آمد. به منظور بررسی همبستگی بین متغیر های مستقل و وابسته، تست نرمال بودن داده ها با آزمون های شاپیرو –ویلک[۱]و کولموگروف اسمیرنوف [۲] در نرم افزار SPSS۱۶ انجام شد. به منظور استخراج ویژگی های ژئومورفیک حوضه ها از مدل رقومی ارتفاع استفاده گردید. با استفاده از تحلیل خوشه ای، حوضه های آبخیز به مناطق همگن تقسیم

[۱] Shapiro-Wilk.
[۲] Kolmogorov -Smirnov.

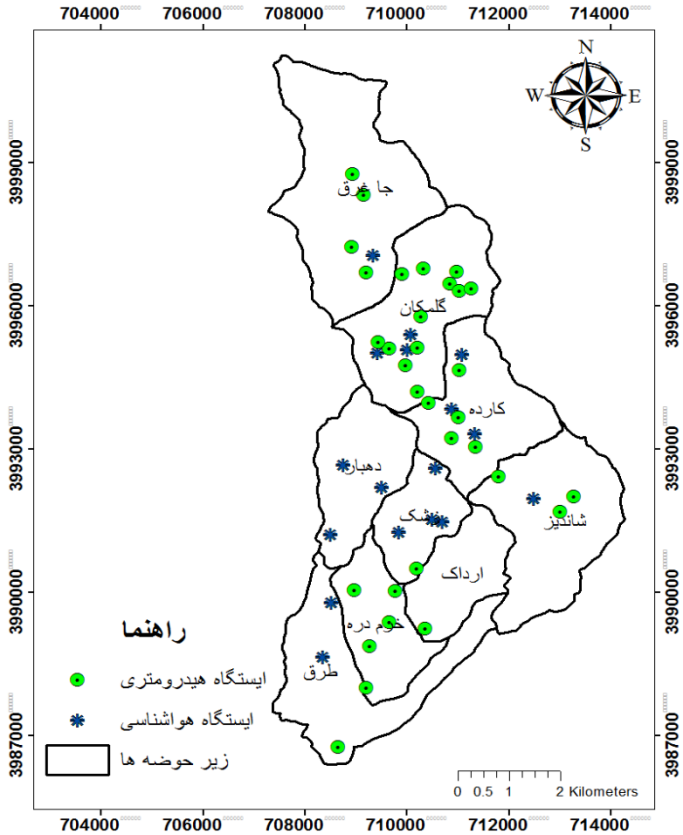
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

شدند. در نهایت بر اساس مطالعات صورت پذیرفته(Ziegler et al., ۲۰۱٤)، با استفاده از رگرسیون چند متغیره گام به گام در مناطق همگن مدل سازی رسوب صورت پذیرفت.

تحلیل عاملی از جمله روش های چند متغیره است که در آن متغیر های مستقل و وابسته مطرح نیست، زیرا این روش جزء تکنیک های هم وابسته محسوب می‌گردد و کلیه متغیرها نسبت به هم وابسته اند. تحلیل عاملی نقش بسیار مهمی در ناسایی متغیرهای مکنون یا همان عامل ها از طریق متغیر های مشاهده شده دارد. عامل(factor) متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی مقادیر اصلی متغیر های مشاهده شده برآورد می شود. روش تحلیل عاملی برای ساخت آزمون ها اولـین بـار توسـط چارلز اسپیرمن به کار برده شـده اسـت. تحلیل خوشه ای به عنوان روشی در کاهش داده ها 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. روش رگرسیونی گام به گام بدلیل سادگی در اجرا و تفسیر در مدل سازی فرایند های هیدرولوژیکی بخصوص برآورد میزان رسوب با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. در مرحله بعد همگنی حوضه های آبخیز با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ارزیابی شد. در تحلیل خوشه ای پس از استاندارد کردن داده ها به روش Z-SCORE، گروه بندی با روش طبقاتی تجمعی و محاسبه فاصله اقلیدسی به روش ward انجام شد. به تدریج زیر حوضه های مشابه طی فرآیند جمع آوری در یک گروه با هم ادغام شدند. برای مدل سازی میزان رسوب متغیرهای مستقل اعم از فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی موثر در تولید رسوب در زیر حوضه های مورد مطالعه شناسایی و داده های آنها استخراج گردید. سپس تصحیحات و پیش پرازش های سطح زمین از قبیل حذف چاله های هیدرولوژیکی انجام گردید و الگوی زهکشی زمین تعیین شد. پارامتر های ژئومورفیک مورد استفاده در جدول یک ارائه شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]



شکل ۲. موقعیت ایستگاه های هیدرومتری و هواشناسی در حوضه های آبریز

جدول ۱. پارامترهای ژئومورفیک مورد استفاده در پژوهش

ویژگی ژئومورفیک	علامت اختصار	رابطه	منابع
رتبه آبراهه های حوضه	μ	-	Strahler (۱۹۵۷)
تعداد آبراهه	Nμ	-	Strahler (۱۹۵۸)
میانگین نسبت انشعاب	ARb	$BR=(\frac{N1}{N2}+\frac{N2}{N3}+\cdots\frac{Nn-1}{Nn})(\frac{1}{n-1})$	Schumm (۱۹۵٦)
مجموع طول آبراهه	Σ^X	X: طول آبراهه	Horton (۱۹٤٥)
تراکم زهکشی	D_d	$D_d=\frac{\Sigma X}{A}$	Horton (۱۹٤٥)
فراوانی آبراهه	F_s	$F_S=\frac{N\mu}{A}$	Horton (۱۹٤٥)
بافت زهکشی	Dt	$R_t= D_d. F_s$	Smith (۱۹٥۰)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

Sharma and Tiwari (۲۰۰۹)	$F_f= \frac{Area}{L2}$	Ff	ضریب فرم حوضه
Miller (۱۹۵۳)	$Rc= \frac{۴\pi A}{P2}$	Rc	ضریب گردی
Schumm (۱۹۵٦)	$E= \frac{۲\sqrt{A/\pi}}{L}$	Er	ضریب کشیدگی
Horton (۱۹۳۲)	$S_w= \frac{۱}{Ff}$	SW	شاخص شکل حوضه
Chorely et al (۱۹۵۷)	$L_r= \frac{L2}{۴Area}$	Lr	نسبت لمنیسکیت
Schumm (۱۹۵٦)	$B_f= E_{max}-E_{min}$	Bf	پستی و بلندی حوضه
Schumm (۱۹۵٦)	$Rr= \frac{BF}{Lsmax}$	Rr	نسبت پستی و بلندی
Strahler (۱۹۵۸)	$Rn= B_F.Dd$	Rn	عدد ناهمواری
Singh and Dubey (۱۹۹٤)	$DI= \frac{BF}{Emax}$	DI	شاخص انشعاب

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

در پژوهش حاضر به منظور کاهش تعداد متغیرهای مستقل و تعیین عوامل مؤثر در رسوب حوضه، از رگرسیون چند متغیره گام به گام استفاده شد. این روش، اثر چندین متغیر مستقل را بر یک متغیر وابسته بررسی می‌کند(Zare chahoki., ۲۰۱۰). در رگرسیون چند متغیره گام به گام، متغیر مستقلی که تأثیر محسوس تری در زمینه متغیر وابسته ندارد، از تحلیل حذف و از معادله خارج می شود. شکل کلی رابطه رگرسیون گام به گام، به صورت رابطه یک است:

رابطه ۱: $Y= a + B_۱X_۱ + B_۲X_۲ + \ldots\ldots + B_nX_n + e$

Y متغیر وابسته(رسوب معلق سالانه)، a: ثابت مدل، $X_۱, X_۲,\ldots\ldots,X_n$، متغیر های مستقل هستند که خصوصیات و پارامتر های ژئومورفیک حوضه به شمار می روند. همچنین $B_۱,B_۲,\ldots,B_n$ ضرایب مربوط به هر یک از متغیر های مستقل و e نشان دهنده خطای مدل رگرسیون است. یکی از شرایط استفاده از رگرسیون چند متغیره گام به گام در تجزیه و تحلیل داده ها، فقدان هم‌خطی چندگانه[۱] بین متغیرهای مستقل است که در این پژوهش با استفاده از عامل تورم واریانس[۲] بررسی شد. در رگرسیون

[۱].Multicollinearity
[۲].Variance in flation (VIF)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

چند متغیره برای آزمون معنی دار بودن هر یک از ضرایب معادله رگرسیون، از آزمون t استفاده می شود. برای بررسی چگونگی برازش مدل بر داده ها از دو معیار R^2(ضریب تعیین) و SE(اشتباه استاندارد) استفاده می شود. R^2 یا ضریب تعیین چندگانه، نسبتی از تغییرات کل در متغیر وابسته است که توسط معادله رگرسیونی بیان می شود. اشتباه استاندارد، معیار دیگری برای انتخاب مدل نهایی است. مدلی که کمترین اشتباه استاندارد را داشته باشد، باریکترین فاصله اطمینان را خواهد داشت و مناسب تر است(Hair et al: ۱۹۹۸). در این پژوهش، ۳۰ ویژگی ژئومورفیک برای تعداد ۹ زیر حوضه مورد مطالعه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و ضمن شناسایی مهمترین ویژگی های ژئومورفیک مؤثر در میزان رسوب زیرحوضه ها، رابطه پیش بینی مقدار رسوب سالانه توسط مؤثرترین پارامترها تعیین شد.

شرح و تفسیر نتایج

میانگین رسوب سالانه زیر حوضه های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲ مقدار رسوب سالانه از ۳۸۴/۲ تن در سال در زیر حوضه زشک تا ۸۲/۲۲ تن در سال در زیر حوضه کارده متغیر است.

جدول ۲. مقدار رسوب معلق و برخی از مشخصات زیرحوضه های منتخب

نام زیرحوضه	مساحت (km^2)	محیط (km)	شیب متوسط (%)	میانگین بارندگی سالانه(mm)	میانگین رسوب سالانه (ton/year)	رسوب ویژه ($ton/km^2/year$)
کارده	۴۳۱	۱۰۹	۵۱/۵۶	۳۸۶	۸۲/۲۲	۵/۲۴
طرق	۱۴۰	۵۳	۴۷/۵۲	۲۹۰	۱۸۱/۳	۰/۷۷
جاغرق	۷۶	۵۷	۴۰/۴۶	۳۶۷	۲۳۰/۱	۰/۳۳
دهبار	۱۱۶	۵۳	۳۴/۸۲	۳۳۵	۲۳۵/۶	۰/۴۹
شاندیز	۲۰۳	۶۵	۴۲/۵۷	۳۸۴	۱۵۶/۷	۱/۲۹
زشک	۶۸/۲	۵۱	۳۸/۹۷	۳۵۰	۳۸۴/۲	۰/۱۷۷
ارداک	۴۹۷	۱۲۲	۲۸/۷۴	۳۸۸	۸۳/۳۳	۵/۹۶
خرم دره	۴۰	۴۱	۱۲/۲۸	۵۰۴	۳۰۸/۹	۰/۱۲
گلمکان	۴۹	۳۱	۹/۷۱	۴۸۰	۲۶۱/۶	۰/۱۸۷

مساحت حوضه آبخیز یکی از پارامتر های مهم در رسوب دهی حوضه محسوب می شود که در این پژوهش دامنه مساحت از ۴۰ کیلومتر مربع برای زیر حوضه خرم دره تا ۴۹۷ کیلومتر مربع برای زیر حوضه ارداک متغیر است. همچنین زیر حوضه ارداک با ۱۲۲ کیلومتر بیشترین و زیر حوضه گلمکان با ۳۱ کیلومتر کمترین محیط را دارد. شیب حوضه در زیرحوضه های مختلف از۵۱/۵۶ تا ۹/۷۱ درصد متفاوت است و کمترین آن در دو زیر حوضه گلمکان و خرم دره و بیشترین مقدار شیب در زیر حوضه کارده مشاهده می شود. در ارتباط با نحوه محاسبه متوسط بارش زیرحوضه ها 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 زیرحوضه های مورد مطالعه محاسبه شد که در جدول ۲ ارائه شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

نتایج حاصل از اجرای هر سه مدل درونیابی نشان می دهد که با توجه به مقادیر ME و RMSE روش کریجینگ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش ها برخوردار است که از بین حالت های مختلف روش کریجینگ نیز مدل گوسی دارای بیشترین دقت می باشد. بر این اساس بیشترین بارندگی در زیر حوضه خرم دره ۵۰۴ میلی متر و کمترین بارش در زیر حوضه طرق ۲۹۰ میلی متر می باشد. 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 می باشد. ارتفاع زیر حوضه ها از ۱۵۶۰ تا ۲۵۹۹ متر متغیر است. طول حوضه عبارت از طول خطی که نقطه خروجی حوضه را با یک خط مستقیم به دورترین نقطه مرز حوضه وصل می کند(Mahdavi., ۲۰۱۱). برای بیان شکل حوضه و مقایسه حوضه های مختلف با یکدیگر از پارامتر های مختلفی نظیر ضریب فرم حوضه، شاخص شکل، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، نسبت لمنیسکیت استفاده شده است. نتایج حاصل از محاسبه این پارامتر ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۳. پارامتر های ارتفاعی و شکل زیر حوضه های مورد مطالعه

زیرحوضه	ارتفاع حداقل(m)	ارتفاع متوسط(m)	ارتفاع حداکثر(m)	طول حوضه(K m)	ضریب فرم حوضه	شاخص شکل حوضه	ضریب فشردگی	ضریب کشیدگی	ضریب گردی	نسبت لمنیسکیت
کارده	۱۳۰۰	۲۰۸۰	۲۹۳۰	۱۶/۳۱	۰/۲۲	۱۳/۷۷	۱/۷۱	۰/۴۳	۰/۴۱	۳/۰۹
طرق	۱۲۲۰	۱۵۶۰	۲۶۲۵	۱۲/۴	۰/۱۷	۸/۸۱	۱/۸۵	۰/۳۳	۰/۲۸	۲/۷۱
جاغرق	۱۲۶۰	۱۹۷۱	۲۹۶۰	۱۵/۶	۰/۲۱	۷/۲۱	۱/۲۵	۰/۴۱	۰/۱۶	۱/۲۱
دهبار	۱۲۲۰	۱۸۰۰	۲۷۵۰	۹/۱۳	۰/۱۵	۱۱/۲۸	۱/۷۸	۰/۵۲	۰/۲۱	۱/۱۲
شاندیز	۱۳۰۰	۲۰۶۸	۳۲۴۹	۸/۱۱	۰/۱۹	۶/۷۹	۱/۶۳	۰/۴۳	۰/۱۸	۱/۰۵
زشک	۱۲۷۹	۱۸۸۰	۲۷۶۰	۱۳/۲۳	۰/۱۲	۵/۱۵	۲/۹۱	۰/۳۲	۰/۱۵	۱/۴۶
ارداک	۱۴۰۰	۲۰۸۹	۳۰۲۹	۱۰/۱۵	۰/۲۵	۱۲/۲۶	۱/۳۸	۰/۵۱	۰/۳۳	۳/۰۵
خرم دره	۱۵۸۰	۲۷۳۵	۳۱۰۰	۱۴/۶۶	۰/۲۱	۱۰/۵۹	۲/۰۹	۰/۵۸	۰/۳۹	۱/۴۵
گلمکان	۱۵۵۰	۲۵۹۹	۳۳۴۰	۱۳/۲۳	۰/۲۴	۶/۹۹	۱/۰۷	۰/۳۷	۰/۲۱	۱/۳۹

بر اساس جدول ۳ ضریب فرم حوضه آبخیز از۰/۲۵ تا ۰/۱۱ متغیر است. زیر حوضه های کارده، جاغرق و شاندیز بیشترین کشیدگی را دارند. بیشترین ضریب فشردگی برای زیر حوضه های کارده و جاغرق می باشد. شاخص شکل حوضه نیز نتیجه مشابه را نشان می دهد. بالاترین میزان شاخص شکل با توجه به جدول۳ در زیر حوضه کارده مشاهده می شود. نسبت لمنیسکیت به عنوان معیاری برای توصیف میزان تشابه شکل حوضه به دایره تعریف شده است(Chorely etal., ۱۹۷۵). که برای توصیف شکل حوضه بکار می رود. بیشترین مقدار نسبت لمنیسکیت با توجه به شکل و طول جریان برای حوضه های ارداک و کارده بدست آمده است. شاخص انشعاب نسبت بین تخریب واقعی توسط رودخانه و پتانسیل آن از سطح پایه را نشان می

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

دهد(Pal etal., ۲۰۱۱). کمترین میزان فرم حوضه مربوط به زیر حوضه ارداک و بیشترین آن مربوط به دو زیر حوضه کارده و جاغرق است. ضریب فشردگی که به نام ضریب گراویلیوس نیز نامیده می شود عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوضه باشد. این دایره را دایره ی معادل می گویند. حال چنانچه حوضه دایره‌ای کامل باشد این ضریب برابر یک است، در غیر این صورت مقدار این ضریب بزرگتر از یک خواهد بود که نشان دهنده انحراف شکل آن از دایره است. این ضریب بدون بعد است و برای حوضه های تقریباً گرد نزدیک به عدد یک است و برای حوضه های کشیده حدود ۱/۵ تا ۲/۵ است(Fattahi etal., ۲۱۰۷). کمترین ضریب فشردگی مربوط به زیر حوضه گلمکان ۱/۰۷ و بیشترین مربوط به زیر حوضه زشک ۲/۹۱ می باشد، همچنین ضریب کشیدگی از ۰/۵۸ تا ۰/۳۳ متغیر است این ضریب توسط Schumm (۱۹۵۶) مطرح شده است. در روش ضریب گردی هر چقدر RC به عدد یک نزدیک باشد شکل آبخیز به دایره نزدیک تر خواهد بود. ضریب گردی از ۱/۰۵ تا ۳/۰۹ متغیر است. یکی از روش های توصیف شکل منحنی هیپسومتریک یک حوضه، محاسبه انتگرال هیپسومتریک آن حوضه است(جدول ۴). 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 چشم انداز استفاده شود. بالاترین میزان انتگرال هیپسومتری در زیر حوضه های جاغرق، طرق و زشک و کمترین میزان حوضه خرم دره می باشد. میزان ناهمواری ارتباط مستقیمی با درجه شیب آبراهه ها و سطح زمین دارد. همچنین به طور محسوسی بر فرایند های هیدرولوژیکی و فرسایش حوضه آبخیز اثر می گذارد(Aher etal., ۲۰۱٤). در این پژوهش، کمترین ناهمواری در زیر حوضه گلمکان و بیشترین ناهمواری در زیر حوضه کارده و خرم دره دیده می شود. پستی و بلندی نشان دهنده موقعیت اقلیمی است. در حوضه های مناطق مرتفع نه تنها بارندگی بیش از حوضه های پست است بلکه در ارتفاعات نزولات جوی به صورت برف می باشد. بیشترین میزان پستی و بلندی در زیر حوضه گلمکان و کمترین میزان زیرحوضه کارده می باشد. بافت زهکش بستگی دارد به برخی فاکتورهای طبیعی نظیر اقلیم، بارش، پوشش، نوع سنگ و خاک، ظرفیت نفوذپذیری، مرحله تکامل ناهمواری‌ها و...(Smith., ۱۹۵۰). سنگ های سست و ضعیفی که توسط پوشش گیاهی محافظت نشده اند بافت ریزی ایجاد می کنند در حالی که سنگ های توده ای و مقاوم بافت درشتی ایجاد می کنند. پوشش پراکنده گیاهی در اقالیم خشک سبب ایجاد بافت ریزتری نسبت به سنگ مشابه در اقالیم مرطوب می گردد. بافت سنگ ها به طور کلی بستگی دارد به نوع پوشش و اقلیم. کمترین بافت زهکشی در زیر حوضه کارده و بیشترین تراکم در زیر حوضه طرق مشاهده می شود. نسبت تعداد قطعات یک مرتبه بویژه، به تعداد قطعات مرتبه بالاتر، نسبت انشعاب نامیده می شود این نسبت به علت تغییرات تصادفی در هندسه حوضه آبریز دقیقاً از مرتبه ای به مرتبه دیگر یکسان نخواهد بود. اما تمایل دارد که در تمام سری ها ثابت باشد(Keller etal., ۲۰۰۲). بیشترین میانگین نسبت انشعاب در حوضه خرم دره و کمترین مقدار آن در زیر حوضه گلمکان مشاهده می شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

جدول ۳. پارامتر های ژئومورفیک پستی و بلندی زیرحوضه های مورد مطالعه

زیرحوضه	متوسط پستی و بلندی	نسبت پستی و بلندی	بافت زهکشی	شاخص انشعاب	پستی و بلندی نسبی	انتگرال هیپسومتریک	ناهمواری حوضه
کارده	۲۳۳/۱۶	۴۳/۶۱	۱/۲۳	۰/۶۵	۶/۲۱	۰/۳۱	۹۲۱
طرق	۶۲۱/۳۳	۵۳/۲۲	۳/۰۱	۰/۵۵	۱۷/۷۱	۰/۴۸	۷۲۶
جاغرق	۵۲۷/۶۱	۷۷/۱۲	۲/۰۰	۰/۷۷	۱۵/۹۳	۰/۵۱	۸۰۱
دهبار	۳۱۲/۵۳	۸۳/۵۵	۱/۸۸	۰/۶۱	۲۰/۶۶	۰/۳۸	۶۹۹
زشک	۲۱۳/۲۰	۲۹/۶۱	۱/۷۸	۰/۷۳	۱۳/۵۳	۰/۴۲	۶۵۱
ارداک	۴۲۹/۷۱	۵۱/۹۹	۲/۴۶	۰/۶۶	۲۵/۸۲	۰/۲۸	۵۵۸
خرم دره	۶۱۵/۰۶۶	۴۳/۸۳	۱/۹۹	۰/۷۱	۱۲/۳۸	۰/۲۲	۷۵۸
گلمکان	۵۱۳/۰۹	۳۳/۱۳	۲/۶۹	۰/۴۹	۲۹/۴۴	۰/۳۹	۴۲۵

برای به دست آوردن روابط بین پارامترهای هیدرولوژیکی(رسوب) و خصوصیات حوضه ها 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 داده های معمولی و لگاریتمی و برای آزمون مدل ها از روش تجزیه واریانس استفاده شده است. در این پژوهش وزن رسوب حوضه به عنوان متغیر وابسته و سایر پارامترها به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. با توجه به ماتریس همبستگی متغیرها(جدول ۴) مشاهده می شود که متغیر های شیب، بارندگی، طول حوضه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی و ناهمواری حوضه نسبت به سایر متغیرها همبستگی بالاتری با میزان تولید رسوب حوضه دارند.

جدول ۴. همبستگی بین متغیرهای ژئومورفیک موثر بر رسوب معلق در زیرحوضه های مورد مطالعه

متغیرهای مستقل	همبستگی پیرسون	سطح معنی داری
مساحت	۰/۴۲۱	۰/۰۰۵
محیط	۰/۵۱۲	۰/۰۰۵
شیب	۰/۹۷۱	۰/۰۰۱
بارندگی	۰/۹۵۵	۰/۰۰۱
ارتفاع حداقل	۰/۷۲۱	۰/۰۰۵
ارتفاع متوسط	۰/۷۷۶	۰/۰۰۵
ارتفاع حداکثر	۰/۶۲۱	۰/۰۰۵
طول حوضه	۰/۹۶۱	۰/۰۰۱
ضریب فرم حوضه	۰/۷۳۳	۰/۰۰۵
شاخص شکل حوضه	۰/۵۲۳	۰/۰۰۵
ضریب فشردگی	۰/۵۹۹	۰/۰۰۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

ضریب کشیدگی	۰/۸۹۶	۰/۰۰۱
ضریب گردی	۰/۹۰۱	۰/۰۰۱
نسبت لمنیسکیت	۰/۴۵۶	۰/۰۰۵
متوسط پستی و بلندی	۰/۵۶۹	۰/۰۰۵
نسبت پستی و بلندی	۰/۶۲۲	۰/۰۰۵
بافت زهکشی	۰/۷۸۱	۰/۰۰۵
شاخص انشعاب	۰/۷۵۵	۰/۰۰۵
پستی و بلندی نسبی	۰/۶۸۷	۰/۰۰۵
ناهمواری حوضه	۰/۹۰۱	۰/۰۰۱

در جدول ۵ پارامترهای ژئومورفیک آبراهه ها محاسبه شده‌اند.

جدول ۵. پارامترهای ژئومورفیک آبراهه ها در زیر حوضه های مورد مطالعه

نام زیر حوضه	تراکم زهکشی (km/km^2)	میانگین نسبت انشعاب	عدد ناهمواری	فراوانی آبراهه	رتبه استرالر	رتبه شرو	کل تعداد آبراهه	طول مجموع آبراهه (km)
کارده	۰/۸۰	۳/۶۷	۵۲۷	۰/۴۱	۷	۱۰۹	۱۹۱	۵۳۴۵/۱۴۲
طرق	۰/۷۸	۲/۵۵	۳۲۹	۰/۲۸	۵	۹۹	۱۷۶	۲۰۰/۰۲
جاغرق	۰/۶۵	۲/۷۸	۴۵۱	۰/۳۳	۲	۸۳	۱۸۰	۳۲۲/۲۸۸
دهبار	۰/۵۸	۱/۶۶	۱۲۵	۰/۲۹	۲	۷۹	۱۵۷	۲۳۰/۸۰۷
شاندیز	۰/۴۵	۱/۹۹	۱۹۹	۰/۳۸	۳	۱۰۳	۱۵۹	۲۳۲/۲۳۶
زشک	۰/۳۶	۱/۲۳	۳۱۲	۰/۲۹	۵	۱۷۱	۱۴۴	۲۱۷/۰۲۹
ارداک	۰/۶۹	۲/۷۵	۴۳۰	۰/۴۴	۵	۱۶۴	۱۳۲	۴۱۷/۸۵
خرم دره	۰/۵۱	۲/۸۸	۳۳۹	۰/۴۹	۶	۸۸	۱۷۹	۲۶۶/۰۳۱
گلمکان	۰/۷۱	۱/۷۸	۴۶۱	۰/۳۹	۲	۱۱۷	۱۴۱	۲۲۷/۰۵۰

جدول ۶ ضرایب رابطه رگرسیون و آزمون معنی داری را نشان می دهد. برای آزمون معنی دار بودن هر یک از ضرایب رابطه رگرسیون، از آزمون t استفاده شده است. براساس مدل های حاصل از تحلیل همبستگی رسوب، مقدار رسوب تولیدی با ضریب فرم حوضه، طول حوضه، شیب و متوسط بارندگی سالانه، همبستگی داشته و در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است(جدول ۶). به منظور ارزیابی مدل های رگرسیون، معنی داری آماری آنها بررسی شد. مفهوم معنی دار بودن یک ضریب در معادله رگرسیونی این است که متغیر مستقل مربوطه می تواند به طور معنی داری قسمتی از تغییرات در متغیر وابسته را بیان کند. به منظور اطمینان از کارایی مدل ها، فرضیات آنالیز رگرسیونی شامل خطی بودن، یکنواختی واریانس و مستقل بودن باقی نیز بررسی شد. در شکل ۳ و ۴ رابطه بین متغیرهای مستقل و رسوب حوضه در مدل نهایی ارائه شده است که نتایج بیانگر رابطه خطی بین متغیر های مستقل و وابسته است. در شکل ۵ نیز ارتباط بین مانده های نرمال شده با مقدار پیش بینی مدل ارائه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

شده است. الگوی تصادفی نشان می دهد که واریانس ها یکنواخت و مانده ها مستقل است. مدل توسعه یافته در منطقه ۲ مقدار ضریب R^2 بیشتری نسبت به مدل توسعه یافته در منطقه ۱ دارند. با توجه به اینکه در مدل توسعه یافته در منطقه ۲ تعداد پارامترهای بیشتری معنی دار و به مدل وارد شده اند لذا مقدار ضریب تبیین درمدل ۲ بیشتر می‌شود زیرا با افزایش تعداد پارامتر های ورودی مدل مقدار ضریب تبیین افزایش می یابد اگرچه ممکن است مقدار خطای مدل نیز تا حدی افزایش یابد. چنانچه در جدول ۶ مشخص است مدل توسعه یافته بر اساس عامل دبی سالانه در منطقه ۲ در مقایسه با مدل ۱ با تعداد بیشتر پارامتر ورودی مقدار ضریب تعیین بالاتری (R^2=۰ /۹۹) دارد که اهمیت عامل ضریب فرم حوضه در برآورد میزان رسوب معلق را نشان می دهد. 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 زیر حوضه های مورد مطالعه است.

جدول۶. آزمون معنی داری ضرایب روابط رگرسیونی

مدل	متغیر مستقل	T	سطح معنی داری	مقدار ثابت	معادله رگرسیون خطی	عامل تورم
مدل ۱	مقدار ثابت	۱۱/۷۶۱	۰/۰۰۱	۷۱۴۲۳۰/۲۰۱	Y=۱۱/۷۶۱ - ۲۹/۳۷۱ (x^1)	۱/۰۰۰
	ضریب فرم حوضه	۲۹/۳۷۱	۰/۰۰۱	۶۲۵۴۱۲/۱۱۷		
مدل ۲	مقدار ثابت	۱۳/۸۵۹	۰/۰۰۱	۵۵۵۱۲/۱۲۳	Y=۲۱/۲۱۲ – ۱۳/۸۵۹ (x^1) -(X^2) -۰/۰۱۵	۱/۳۷۱
	ضریب فرم حوضه	۲۱/۲۱۲	۰/۰۰۱	۱۴۴۲۱/۳۲۱		

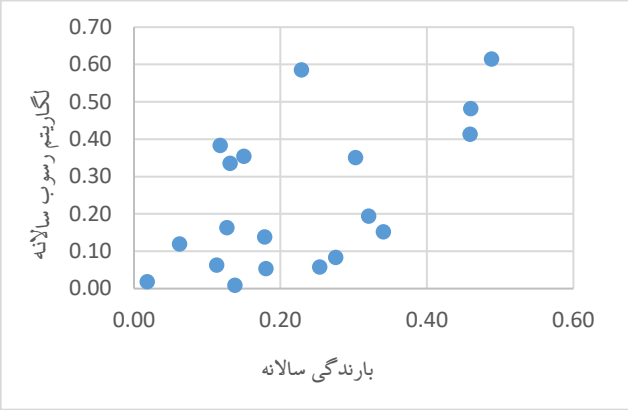
جدول ۷. ضرایب همبستگی روابط رگرسیونی

مدل	ضریب همبستگی چندگانه (R)	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعیین تعدیل شده	اشتباه معیار (SE)	سطح معنی داری	سطح معنی داری sig
۱	۰/۸۲۲	۰/۹۸	۰/۷۲۱	۱/۱۲۲۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
۲	۰/۹۶۹	۰/۹۹	۰/۶۷۱	۱/۳۶۹۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱

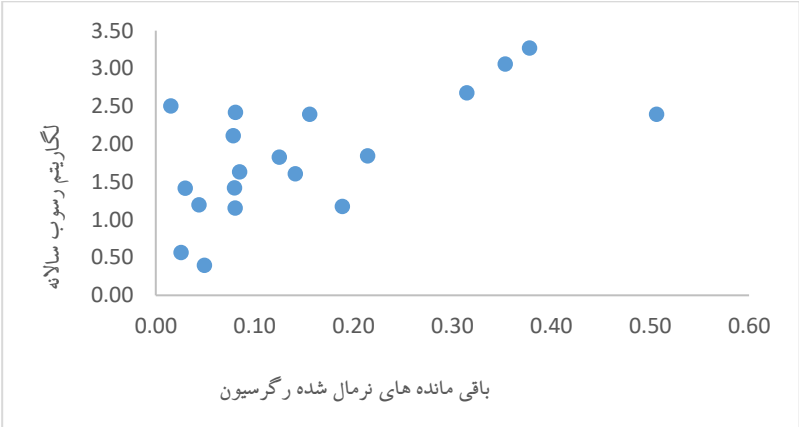
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

شکل ۳. رابطه ضریب فرم حوضه (Ff) با رسوب متوسط سالانه



شکل ۴. رابطه متوسط بارندگی سالانه و رسوب متوسط سالانه



شکل ۵. رابطه مانده های نرمال شده با مقدار پیش بینی مدل نهایی

با توجه به جدول ۸ داده ها برای انجام تجزیه به مؤلفه های اصلی کاملا مناسب خواهند بود. با توجه به جدول مقدار ۰/۹= KMO بوده در نتیجه داد ه‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. آماره کرویت بارتلت نشان می دهد که آیا ماتریس همبستگی، یک ماتریس همسان و واحد است؟ همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تأیید می شود یعنی بین متغیر ها همبستگی معنی داری وجود دارد. معنی دار بودن مربع کای نیز بیانگر کمینه شرایط لازم برای اجرای تحلیل عاملی است. مقداره آماره KMO برابر با ۰/۹ نشان می دهد که داد ه‌های استخراج شده برای انجام تحلیل عاملی تجزیه به مولفه های اصلی مناسب اند. همچنین معنی دار بودن آزمون کرویت بارتلت در سطح ۰/۰۰۱ و کای اسکوار ۳۰۷/۰۱۹ بیانگر تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار مناسب است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

جدول ۸. آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

آزمون کرویت بارتلت و KMO		
سنجش کفایت داده ها با استفاده از Kaiser-Meyer-Olki		۰/۹
آزمون کرویت بارتلت	Approx. Chi-Square	۳۰۷/۰۱۹
آزمون کرویت بارتلت	df	۵۶
آزمون کرویت بارتلت	Sig	۰/۰۰۱

جهت تعیین تعداد عامل ها از مقدار ویژه استفاده می شود. حداقل مقدار ویژه برای انتخاب عامل های نهایی مقدار یک است و عامل هایی که مقدار ویژه بیشتر از یک داشته باشند جزء عامل های نهایی محسوب می شوند. نتایج نشان می‌دهد که سه عامل ضریب گردی، ضریب فشردگی و ضریب فرم 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 عامل های مختلف

مقادیر ویژه اولیه	
مولفه ها	**درصد واریانس**
ضریب گردی	۵۰/۷۱
ضریب فشردگی	۲۰/۶۶
ضریب فرم حوضه	۱۱/۲۷

نتیجه گیری

شناسایی میزان و چگونگی رسوب حاصل از حوضه، بسیاری از ویژگی های ژئومورفولوژیکی آن را آشکار می‌سازد. پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین پارامتر های ژئومورفیک زیرحوضه های کشف رود با رسوب سالانه انجام شده است. میزان رسوب سالانه زیر حوضه ها با استفاده از آمار هیدرومتری محاسبه و ارتباط بین پارامتر های ژئومورفیک با رسوب سالانه، با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره گام به گام تعیین شد. با توجه به فرایند مدل سازی رگرسیونی، حضور یا عدم حضور یک متغیر در مدل می بایست 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 مدل سازی با توجه نتایج ارائه شده قابل استناد و پذیرش می باشد. متغیرهای پیش بینی در مدل رگرسیونی به دست آمده مشخص می گردد که عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی حضور معنی داری در مدل دارند. همچنین نتایج تحقیق نشان دهنده آن است که پارامترهای ژئومورفیکی همبستگی بالایی با میزان رسوب سالانه دارند. نتایج پژوهش نشان داد هفت عامل شیب، بارندگی، طول حوضه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ناهمواری حوضه و ضریب فرم حوضه از مهمترین عوامل در برآورد میزان رسوبات معلق براساس روش رگرسیون گام به گام بودند. میانگین رسوب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

ویژه از ۱۳۴ تن در سال در حوضه دهبار تا ۱۶ تن در سال در حوضه کارده و همچنین میانگین رسوب سالانه از ۲۶۱/۶ تن در سال در زیر حوضه گلمکان تا ۱۵۶/۷ تن در سال در زیر حوضه شاندیز متغیر است. ارزیابی مقدار آزمون کرویت بارتلت و KMO مقدار ۰/۹ بوده و در نتیجه داده ها برای تحلیل خوشه ای مناسب خواهد بود. درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل نشان می دهد ضریب گردی با ۵۰/۷۱٪ از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کند. در مجموع سه عامل ضریب گردی، ضریب فشردگی و ضریب فرم حوضه توانسته‌اند ۸۲/۶٪ از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند. بنابراین با پژوهش های مشابه (Lu etal(۱۹۹۱،Sarangi etal (۲۰۰۵)، (Tamen etal(۲۰۰٦)، (Zhang etal(۲۰۱۵، (Salim(۲۰۱٤ و (Ares etal(۲۰۱٦ مطابقت دارد. زیر حوضه خرم دره با داشتن بارش زیاد(۵۰۴) میلی متر کمترین رسوب ویژه را دارد که به دلیل ساختار زمین‌شناسی منطقه است. براساس شاخص های محاسبه شده، بیشتر زیرحوضه ها مورد مطالعه کشیده می باشند. ضریب شکل حوضه کمتر نشان دهنده کشیدگی حوضه است. بیشترین نسبت انشعاب حوضه ها در مجاورت گسل ها می باشد. همچنین مقادیر بالای عدد ناهمواری نشان دهنده نقاط مستعد برای ایجاد رسوب است. بخش های رودخانه های تا درجه ۳ در مناطق مر تفع تر قرار دارند و دارای شیب تند تری می باشند. زیر حوضه های گلمکان، خرم دره، زشک و دهبار پتانسیل بالایی در ایجاد رسوب دارند. معمولاً در برآورد های بار رسوبی، از معادلات رگرسیونی منحنی های سنجه رسوب استفاده می شود که مهمترین دلیل آن سهولت کاربرد این معادلات است. با توجه به نتایج قابل قبول این مطالعه می توان نتیجه گرفت که اســـتفاده توام از روش های تجزیه به مؤلفه های اصـــلی، تجزیه و تحلیل خوشه ای و رگرسیون چند متغیره گام به گام کارآیی مناسب و قابل قبولی در برآورد رسوبات معلق دارد. آزمون مدل رگرسیونی در رابطه با رژیم های متفاوت اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه های آبخیز کشور جهت رسیدن به الگوی کارآمد استفاده از این معادلات در برآورد بار رسوبی مناطق گوناگون می تواند ثمر بخش واقع شود.

منابع

اصغری سراسکانرود؛ صیاد. قلعه، احسان. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط بین ویژگی های هیدروژئومورفیک و میزان تولید رسوب(مطالعه موردی: حوض قرنقو در استان آذربایجان شرقی)، *پژوهش های ژئومورفولوژی کمّی*، سال هشتم، **۱**: ۱۶۴-۱۴۶.

حیدری تاشه کبود؛ شادیه. رضائیان، حسن. ۱۳۹۸. برآورد مقادیر بار معلق رسوبی رودخانه با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری، *مجله نخبگان علوم و مهندسی*، **۲**: ۲۸۸-۲۸۲.

غلامی، لیلا؛ صادقی، حمیدرضا؛ خالدی درویشان، عبدالواحد؛ تلوری، عبدالرسول. ۱۳۸۷. مدل سازی رسوب ناشی از رگبارها با استفاده از متغیّرهای باران و رواناب، *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، **۲**: ۲۷۱-۲۳۶.

فتاحی، محمد هادی؛ طالب زاده، زهرا. ۱۳۹۶. ارتباط بین ضریب فشردگی حوضه آبریز با ویژگی های فراکتال آن، *تحقیقات منابع آب ایران*، سال سیزدهم، **۱**: ۲۰۳-۱۹۱.

کرمی، فریبا؛ بیاتی خطیبی، مریم. ۱۳۹۸. مدل سازی فرسایش خاک و اولویت بندی تولید رسوب در حوضه سد ستارخان اهر با استفاده از مدل های MUSLE و SWAT، *هیدروژئومورفولوژی*، **۱۸**، سال ۵ :۱۳۷-۱۱۵.

معتمدی، راضیه؛ آذری، محمود. ۱۳۹۶. ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک با رسوب آبخیز(مطالعه موردی: زیرحوضه های منتخب خراسان رضوی)، *پژوهش های فرسایش محیطی*، سال چهارم، **۲۸**: ۸۲-۱۰۱.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

ناصری، فرزانه؛ آذری، محمود؛ دستورانی، محمدتقی. ۱۳۹۸. بهینه سازی ضرایب معادله سنجه رسوب با استفاده از الگوریتم ژنتیک- (مطالعه موردی: ایستگاه های قزاقلی و باغ عباسی)، *فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، **۹**، شماره ۳۵: ۹۷-۸۲ .

هنربخش، افشین؛ نیازی، علی؛ سلطانی کوپایی، سعید؛ طهماسبی، پژمان. ۱۳۹۸. مدل سازی رابطه میزان رسوب و ویژگی های هیدرولوژیکی و محیطی حوضه (مطالعه موردی: حوضه سد دز)، *پژوهش های ژئومورفولوژی کمّی*، سال هشتم، **۱** :۱۱۷-۱۰۵.

Abdideh, M., Ghorashi, M., Rangzan, K., M. Arian. ۲۰۱۱. Relative Analysis of Activated Land Using a Mortising Analysis of the Case Study of the Dez River Basin, Southwest of Iran, *Earth Sciences*, ۲۰(۸۰), ۳۳-۴٦. (In Persian).

Aher, P; Adinarayana, J; and Gorantiwar, S.D. ۲۰۱۴. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach, *Journal of Hydrology*, **۵۱۱**: ۸۵۰-۸٦۰.

Ares, M.G; Varni, M; Chagas C. ۲۰۱٦. Suspended sediment concentration controlling factors: an analysis for the Argentine Pampas region, *Hydrological Science Journal* ,٦۱ (**۱۲**): ۲۲۳۷-۲۲٤۸.

Ganavati, E.A; D, Talebpoor, S; Khezri. ۲۰۱٦. Assessment of the impacts of inter-basin water transfer on the bed river morphology in the origin basin, case study: Zab River Basin, *Journal of Hydro Geomorphology*, ٦: ۳۳-٥٤.

Gharchorlo, M; Esfandiari, F; Dalal Oghali, A. ۲۰۱۸. Study the role of geomorphologic parameters in distribution of vegetation cover using spatial regression analysis (case study, Arsbaran catchments: naposhtehcay, ilghinehcay and mardanqumcay, *Geographical Space*,۱۸ (**٦۳**): ۲۲٥-۲٤۸.

Hair, J. F; Black, W. C; Babin, B. J; Anderson, R. E; & R. L. Tatham. ۱۹۹۸, *Multivariate data analysis* (Vol. ۵, **۳**, ۲۰۷-۲۱۹), Upper Saddle River, NJ: Prentice hall.

Horton, R. E. ۱۹۳۲. Drainage-basin characteristics, *Eos, transactions american geophysical union*, ۱۳(۱): ۳٥۰-۳٦۱.

Horton, R. E. ۱۹٤٥. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geological society of America bulletin*, ٥٦(**۳**): ۲۷٥-۳۷۰.

Joann, M. ۲۰۱٦. The changing geomorphology of the Atchafalaya River, Louisiana, *Journal of Geomorphology*, **۲٥۲**: ۱۱۲-۱۲۷.

Keller, E. A; & Pinter, N. ۲۰۰۲. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape, *Prentice Hall*, New Jersey.

Khanchoul, K., Boukhrissa, Z. E. A., Acidi, A., Altschul, R. ۲۰۱۰. Estimation ofsuspended sediment transport in the Kebir drainage basin, Algeria, *QuaternaryInternational*, **۲٦۲**: ۲٥-۳۱.

Lamb, E; Toniolo H. ۲۰۱٦. Initial Quantification of Suspended Sediment Loads for Three Alaska North Slope Rivers, *Water 419* (۸): ۲-۱۱

Lu, X.X; and Higgitt, D.L. ۱۹۹۹. Sediment yield variability in the upper Yangtze, China, *Earth Surf Process*, Landforms **۲٤**: ۱۰۷۷-۱۰۹۳.

Mahdavi, M. ۲۰۱۱. Applied Hydrology, ۹th edition, *Tehran University press*: ۳٤۲.

Miller, V. C. ۱۹٥۳. Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee, Technical report (*Columbia University*, *Department of Geology*), **۳**.

Moore, I. D.; Grayson, R. B.; & A. R. Ladson, ۱۹۹۱. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological processes*, ۸۳: ٥(۱), ۳-۳۰.

Pal, B; Samanta, S; and Pal, D.K. ۲۰۱۲. Morphometric and hydrological analysis and mapping for Watut watershed using remote sensing and GIS techniques, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, ۲(۱): ۳٥۷.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]

Patrick Laceby, J; McMahon, J; Evrard, O; & Olley, J. ۲۰۱۵. A comparison of geological and statistical approaches to element selection for sediment fingerprinting, *Journal of Soils Sediments*, **۱۵**: ۲۱۱۷-۲۱۳۱.

Pohlert, T. ۲۰۱۵. Projected climate change impact on soil erosion and sediment uield in the River Elbe catchment, *Springer International Publishing Switzerland*, ۹۷-۱۰۸.

Salim, A. H. A. ۲۰۱٤. Geomorphological analysis of the morphometric characteristics that determine the volume of sediment yield of Wadi Al-Arja, South Jordan, *Journal of Geographical Sciences*, ۲٤(**۳**): ٤٥۷-٤۷٤.

Sarangi, A; Madramootoo, C.A; Enright, P., Prasher, S.O; and Patel, R.M. ۲۰۰۵. Performance evaluation of ANN and geomorphology-based models for runoff and sediment yield prediction for a Canadian watershed, *CURRENT SCIENCE*, **۸۹**: ۱۲-۲۵.

Schumm, S. A. ۱۹٥٦. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological society of America bulletin*, ٦۷(**٥**): ٥۹۷-٦٤٦.

Sharma, S. K; & K. N. Tiwari. ۲۰۰۹. Bootstrap based artificial neural network (BANN) analysis for hierarchical prediction of monthly runoff in Upper Damodar Valley Catchment, *Journal of hydrology*, ۳۷٤(**۳**): ۲۰۹-۲۲۲.

Shayan, S., Zare, GH., R, Yamani, M.; Sharifi Kia, M., & M. Sultanpour. ۲۰۱۳. Analysis of the trend of statistics changes in the discharge and sediment of the Mend watershed and its application in environmental planning, *Journal of Applied Geomorphology*, ۱(**۲**), ٥۰-۳۷. (In Persian).

Singh, S, & A. Dubey. ۱۹۹٤. *Geoenvironmental planning of watersheds in India*.

Smith, K. G. ۱۹٥۰. Standards for grading texture of erosional topography, *American Journal of Science*, ۲۴۸(**۹**): ۶۵۵-۶۶۸.

Smith, KG .۱۹٥۰. Standards for grading texture of erosional topography, *Am JSci*:۲٤۸:٦٥٥–٦٦۸.

Strahler, A. N. ۱۹٥۸. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms, *Geological Society of America Bulletin*, ٦۹(**۳**): ۲۷۹-۳۰۰.

Strahler, A. N.۱۹٥۷. Quantitative analysis of watershed geomorphology, Eos, Transactions *American Geophysical Union*, ۳۸(٦): ۹۱۳-۹۲۰.

Tamene, L; Park, S.J; Dikau, R. and Vlek, P.L.G. ۲۰۰٦. Analysis of factors determining sediment yield variability in the highlands of northern Ethiopia, *Geomorphology*, **۷٦**: ۷٦–۹۱.

Yang CT. ۱۹۹٦. Sediment Transport-Theory and Practice. McGraw-Hill: New York; ۳۹٦.

Zare chahuki, M. A. ۲۰۱۰. Data analysis in natural resources research using SPSS software, first edition, *Jahad University press*: ۳۰۹.

Zhang, H. Y; Shi, Z. H; Fang, N. F.; & M. H. Guo. ۲۰۱٥. Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield: Evidence from the Loess Plateau of China, *Geomorphology*, **۲۳٤**: ۱۹-۲۷.

Ziegler, AD; Benner, G; Tantasirin C. ۲۰۱٤. Turbidity-based sediment monitoring in northern Thailand: hysteresis, variability, and uncertainty, *Journal of Hydrology*, **٥۱۹**: ۲۰۲۰–۲۰۳۹.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.52547/jsaeh.8.1.111]