ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2021;36(1):23-34. DOI: 10.29252/geores.36.1.23

GEOGRAPHICAL RESEARCHES JOURNAL

Investigation of the Relationship between Geomorphic Characteristics and Sediment Production in Nirchai Basin

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Madadi A.*[1] *PhD,*
Ghale E.[1] *MA,*
Ebadi E.[1] *MA,*
Nezafat Takaleh B.[1] *BSc,*
Pasban AH.[1] *BSc*

How to cite this article
Madadi A, Ghale E, Ebadi E, Nezafat Takaleh B, Pasban AH. Investigation of the Relationship between Geomorphic Characteristics and Sediment Production in Nirchai Basin. Geographical Researches. 2021;36(1):23-34.

ABSTRACT

Aims Today, soil erosion and sediment production are considered a danger to humans and their lives, so in areas where soil erosion is not controlled, soils gradually erode and lose their fertility. The aim of this study is to model the relationship between the amount of suspended sediment load and the geomorphic features of the Nirchai River Basin.

Methodology In this study, GIS was used to extract geomorphic features and its relationship with sedimentation. Stepwise multivariate regression analysis was used to determine the relationship between geomorphic characteristics and sedimentation of each sub-basin. The results of investigating the relationship between geomorphic characteristics and sediment in sub-basins showed that the amount of sediment produced had a positive correlation with the volume of flow and the form factor of the basin and was significant at the level of 5 percent. Also, in order to identify the factors affecting the amount of sediment in the basin among the existing variables, the principal component analysis method was used.

Findings The results show that among 25 variables affecting sediment production, four factors of area, basin coefficient, environment and discharge were 37/78, 25/47, 18/5 and 11/22 percent of variance of all variables of research.

Conclusion Therefore, it is concluded that in total, all the effective factors of the four final extracted factors were able to explain 92.9 percent of the variance of all research variables.

Keywords Principal Components Analysis, Nirchai basin, Stepwise Regression, Geomorphic Features

[1]Department of Geomorphology, Faculty Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

Correspondence
Address: Faculty Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, University Street, Ardabil, Iran. Postal Code: 5619913131.
Phone: +98 (45) 31505972
Fax: -
aghil48madadi@yahoo.com

Article History
Received: July 28, 2020
Accepted: September 15, 2020
ePublished: March 18, 2021

CITATION LINKS

[Asghari S, Ghale E; 2019] Investigation of the relationship between geomorphic characteristics and sediment yield (Case Study: Gharanghoo Basin in ...; [Ares MG, et al; 2016] Suspended sediment concentration controlling factors: an analysis for ...; [Arman N; 2012] Regional modeling of soil erosion and sediment ...; [Faghfouri Z, et al; 2017] Identifying the effective factors on sediment yield using statistical method ...; [Cheng NN, et al; 2017] Impacts of topography on sediment discharge ...; [Chorley RJ, et al; 1957] A new standard for estimating drainage ...; [Fryirs K; 2013] Connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the ...; [Gholami L, et al; 2008] Sedimment modeling caused by thunderstorms using ...; [Horton RE; 1932] Drainage-basin characteristics. Transactions ...; [Kavian A, Safari A; 2013] Determining the appropriate model for estimating sedimentation using statistical methods (case ...; [Kheirfam H, Vafakhah M; 2015] Evaluation of gamma test and andrew curaes to estimate suspended sediment load in southeastern ...; [Madadi A, Pirouzi E; 2016] Estimation of soil erosion and ...; [Moazami M, Feyznia S; 2008] Suspended sediment analysis (case ...; [Mousavi F, et al; 2010] Investigation of sediment in zayanderood using experimental models to increase ...; [Mosaedi A, et al; 2010] Optimizing debit stream and debit suspended relationships ...; [Motamedi R, Azari M; 2018] Relationshep between geomorphic characteristics and watershed sedimentatiob (case ...; [Paulinus UU, et al; 2016] Morphometric analysis of Sub- watersheds in Oguta and environs, southeastern Nigeria using ...; [Rahmati O, et al; 1985] Prioritization of fiood the watershed golestan province based on ...; [Saghafian B, et al; 2010] Effective factors on suspended sediment load ...; [Shayan S, et al; 2013] Analysis of the trend of statistics changes in the discharge and sediment of the Mend watershed and ...; [Shaviklo AR; 2017] Analyses of sensory evaluation data using Principal ...; [Shi ZH, et al; 2014] Quantitative analysis of factors controlling sediment yield in ...; [Walling DE, Webb BW; 1985] Estimating the discharge of contaminants to coastal waters by rivers ...; [Zaree Chahooki MA; 2010] Data analysis in natural resources research using SPSS software ...; [Zhang HY, et al; 2015] Linking watershed geomorphic characteristics to sediment ...

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

Copyright© 2021, ASP Ins. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

بررسی ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک و میزان تولید رسوب در حوضه آبخیز نیرچای

عقیل مددی* PhD
گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
احسان قلعه MA
گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
الهامه عبادی MA
گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
بهروز نظافت تکله BSc
گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
امیرحسام پاسبان BSc
گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده
اهداف: امروزه فرسایش خاک و تولید رسوب خطری برای انسان و حیات او به‌شمار می‌آید، لذا در مناطقی که فرسایش خاک کنترل نمی‌شود خاک‌ها به تدریج فرسایش یافته و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. هدف از مطالعه حاضر مدل‌سازی رابطه بین میزان بار رسوب معلق با ویژگی‌های ژئومورفیکی حوضه رودخانه نیرچای است.
روش‌شناسی: در این تحقیق برای استخراج خصوصیات ژئومورفیک و ارتباط آن با رسوب‌دهی از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به منظور تعیین ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب هر زیر حوضه از تحلیل رگرسیون چند متغیره گام به گام استفاده شد. نتیجه بررسی ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب زیر حوضه‌ها نشان داد مقدار رسوب تولیدی با حجم جریان و ضریب فرم حوضه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵% معنی‌دار بوده است. همچنین جهت شناسایی عوامل تأثیرگذار بر میزان رسوب حوضه از بین متغیرهای موجود از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.
یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد از بین ۲۵ متغیر موثر بر تولید رسوب، چهار عامل مساحت، ضریب فرم حوضه، محیط و دبی به ترتیب ۳۷/۷۸، ۲۵/۴۷، ۱۸/۵۰ و ۱۱/۲۲% از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کند.
نتیجه‌گیری: در مجموع همه عوامل موثر چهار عامل استخراج شده نهایی توانسته‌اند ۹۲/۹% از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند.
کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، حوضه نیرچای، رگرسیون گام به گام، ویژگی‌های ژئومورفیک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵
*نویسنده مسئول: aghil48madadi@yahoo.com

مقدمه

فرسایش خاک و تولید رسوب یک فرآیند ژئومورفیک غالب است که در سطح وسیعی از کره زمین رخ می‌دهد [Kheirfam & Vafakhah, 2015: 49] آگاهی از فرآیند فرسایش خاک و انتقال رسوب به عنوان عامل تأثیرگذار در کاهش حاصل‌خیزی و هدر رفت خاک، پرشدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، گل‌آلودکردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آب از دیرباز قابل‌توجه کارشناسان علوم زمین بوده است. شناخت عوامل موثر در تولید رسوب نقش مهمی را در تعیین مقدار رسوب یک حوضه و درک پدیده فرسایش و عواقب آن به همراه دارد و می‌تواند در اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک آبخیز استفاده شود [Shayan *et al.*, 2013: 38] با در نظرگرفتن نتایج بررسی‌های مختلف که عوامل بی‌شماری را به عنوان عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب معرفی نموده‌اند، در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان آنها را شامل عوامل مربوط به فیزیوگرافی و توپوگرافی، سنگ‌شناسی و خاک، اقلیم و هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و پوشش سطح زمین و کاربری دانست [Kaviani *et al.*, 2013]. امروزه فرسایش خاک و تولید رسوب، یکی از نگرانی‌های اصلی زیست‌محیطی محسوب می‌شود. فرسایش تشدیدی باعث از دست‌رفتن خاک‌های کشاورزی، فقیرشدن ظرفیت تولیدی خاک‌ها و آلودگی آب‌های طبیعی در اثر رسوب‌گذاری می‌شود، بنابراین به منظور اجرای برنامه‌های حفاظت و مهار فرسایش خاک و کاهش تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز ضرورت دارد که حجم کل بار رسوبی و شدت فرسایش در آنها ارزیابی و برآورد شود، که لازمه آن نیز شناسایی عوامل موثر بر فرسایش و تولید رسوب است [Arman, 2012: 42] متأسفانه به دلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و فشار بیش از حد به اراضی حوزه‌های آبخیز، رودخانه‌های کشور ما در مقایسه با رودخانه‌های جهان، رسوب بیشتری را حمل می‌کنند [Mosaedi *et al.*, 2010: 334] و سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از گنجایش مفید سدها بر اثر انباشته‌شدن رسوبات کاسته می‌شود [Mousavi *et al.*, 2010: 77]. عوامل مختلفی در جابجایی و انتقال مواد رسوبی رودخانه‌ها تأثیرگذار است که شناخت نقش هر یک در کمیت و نحوه انتقال رسوب از گام‌های اساسی در تعیین بار رسوبی رودخانه‌ها محسوب می‌شود. شرایط محیطی حوضه مثل آب و هوا، خاک، توپوگرافی، کاربری اراضی و اشکال مختلف دخالت‌های انسانی می‌تواند بر منبع رسوب، انتقال، ذخیره‌سازی، زمان ترسیب و همچنین ارتباط بین منبع رسوب با خروجی حوضه موثر باشد [Fryirs, 2013: 37] تاکنون مطالعات متعددی در خصوص نقش عوامل ژئومورفیک و فیزیوگرافی بر رفتار هیدرولوژیک حوضه و به ویژه میزان رسوب‌دهی انجام شده است [Moazami & Feyznia, 2008]. در مطالعه رودخانه جراحی استان خوزستان به مدل‌سازی میزان رسوب این رودخانه با استفاده روش رگرسیونی چند متغیره پرداختند. نتایج این پژوهش کارایی مطلوب و مناسب روش رگرسیونی چند متغیر را نشان داد. [Gholami *et al.*, 2008] در مدل‌سازی رسوب ناشی از رگبارها با استفاده از متغیرهای باران و روان آب در حوضه آبخیز چهل‌گزی استان کردستان مشاهده کردند که مدل‌های رگرسیونی دو متغیره در مقایسه با چند متغیره از کارایی بالاتری برخوردار است. [Saghafian *et al.*, 2010] در تحقیقی عوامل موثر بر رسوب حوزه‌های آبخیز جنوب غرب ایران را با روش

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

تجزیه و تحلیل عاملی تعیین کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل مساحت حوضه، درصد تحدب و درصد اراضی با جهت شمال غربی به ترتیب موثرترین عوامل بر رسوب حوضه هستند [Madadi *et al.*, 2016]. در پژوهشی با عنوان تعیین عوامل موثر بر رسوب‌دهی با استفاده از روش‌های آماری در حوضه سیدآباد به این نتیجه رسیدند که از بین ۱۵ متغیر موثر بر تولید رسوب، در نهایت با توجه به ضرایب رگرسیونی به دست آمده، به ترتیب متغیرهای حجم رواناب (۰/۰۰۱)، درصد ضریب رواناب (۰/۰۰۰۰۵) و درصد شن (۰/۰۰۰۰۲) از عوامل موثر بر فرسایش و رسوب در حوضه تشخیص داده شدند. لذا، با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های لازم را به منظور کاهش حجم رواناب و افزایش پوشش گیاهی در اولویت اقدامات کنترل میزان فرسایش و رسوب اتخاذ کرد [Motamedi & Azari, 2018] در مقاله‌ای با عنوان ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک با رسوب آبخیز زیرحوضه‌های منتخب خراسان رضوی به این نتیجه دست یافتند که مقدار رسوب تولیدی با ضریب فرم حوضه و متوسط بارندگی سالانه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵% معنی‌دار بوده است. همچنین پارامترهای مربوط به شکل حوضه شامل ضریب فرم حوضه، کشیدگی و شاخص شکل به ترتیب با ضریب همبستگی ۷۶/۸، ۷۶/۵، ۷۲% در کنار بارندگی سالانه با ضریب ۷۳/۹%، بیشترین همبستگی را با مقدار رسوب حوضه‌ها داشته‌اند. در مجموع، با توسعه قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در استخراج پارامترهای مختلف فیزیوگرافی و ژئومورفیک حوضه، امکان ارائه روابط منطقه‌ای برای پیش‌بینی رسوب وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های کنترل رسوب و آبخیزداری استفاده شود [Shi *et al.*, 2014] اثرات کاربری اراضی و پارامترهای فیزیوگرافی مؤثر بر رسوب را در چین مطالعه کردند؛ بدین منظور با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی، ارتباط بین رسوب ویژه و متریک‌های سرزمین و ویژگی ژئومورفیک حوضه تعیین شد. نتایج تحقیق نشان داد که درصد مساحت اراضی کشاورزی بیشترین تأثیر را در تولید رسوب داشته است [Zhang *et al.*, 2015]. به بررسی ارتباط میان ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه با میزان رسوب در فلات لس‌آنجلس پرداختند. در این پژوهش، از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی برای بررسی ارتباط بین ۲۹ ویژگی ژئومورفیک حوضه با میزان رسوب استفاده شد. نتایج نشان داد که پارامترهای شکل حوضه، ضریب پیچان رودی رودخانه، طول آبراهه اصلی حوضه، مشخصات ارتفاعی، وضعیت بارندگی و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر رسوب حوضه دارند [Ares *et al.*, 2016]. فاکتورهای کنترل غلظت رسوب را برای منطقه پامپاس آرژانتین مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه ۲۵ رخداد بارندگی طی ٤ سال در منطقه‌ای به وسعت ٥٦٠ هکتار بررسی شد. در این پژوهش روش رگرسیونی چندگانه برای مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل توسعه‌یافته خطی قادر به توضیح ۸۵% از تغییرات غلظت رسوب است [Paulinus *et al.*, 2016] مورفومتری حوزه آبخیز اوگوتا در نیجریه را با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی تجزیه و تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که طول حوضه، مساحت حوضه، طول آبراهه، نسبت انشعاب و فاکتور فرم حوضه از شاخص‌های کلیدی در هیدرولوژی و فرسایش و رسوب حوزه‌های مورد مطالعه است [Cheng *et al.*, 2017] ارتباط بین توپوگرافی و فرسایش خاک را در فلات لسی چین با ترکیب تحلیل مولفه‌های اصلی و رگرسیون خطی بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که خصوصیات توپوگرافی حوضه و شاخص توپوگرافی فرسایش از الگوی مشابه برخوردارند و بین شاخص توپوگرافی فرسایش و متغیرهای دبی رسوب حوضه همبستگی مثبت وجود دارد. نوآوری پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین این است که در این پژوهش برای اولین بار از روشهای آماری در علوم طبیعی استفاده شده است که با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی شاخص‌های تاثیرگذار بر رسوب منطقه شناسایی شده و سپس با استفاده از روش تحلیل مولفه اصلی چهار عاملی که عامل اصلی فرسایش و بار معلق بودند شناسایی شدند. هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین ویژگی‌های ژئومورفیک و میزان تولید رسوب در حوضه آبخیز نیرچای است.

روش‌شناسی

حوضه مورد مطالعه از شمال با قله سبلان، از جنوب با حوضه امام چای، از شرق با جوراب چای و سرعین و از غرب با حوضه بیوک و گردنه سایین هم جوار است. این حوضه از ارتفاعات سبلان سرچشمه می‌گیرد که محل تقسیم آب حوضه‌های آبریز آجی چای و قره‌سو است. حداکثر ارتفاع حوضه ۴۴۰۰ متر، حداقل ارتفاع آن ۱۶۲۰ متر و ارتفاع متوسط حوضه ۲۷۸۰ متر از سطح دریا است. شیب متوسط حوضه نیز ۳۸% است.

تهیه داده‌های هواشناسی و هیدرومتری

برای انتخاب زیرحوضه‌های مناسب، آمار دبی و رسوب معلق ایستگاه‌های هیدرومتری و بارندگی روزانه ایستگاه‌های بارانسنجی و تبخیرسنجی از شرکت تحقیقات منابع آب ایران و شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل، برای حوضه‌های مورد مطالعه اخذ شد. سپس ایستگاه‌هایی با آمار دبی و رسوب مناسب از نظر طول دوره آماری (بیشتر از ۳۰ سال) و عدم وجود بند انحرافی و سد در بالادست ایستگاه، جهت انجام این پژوهش انتخاب شد. حوضه نیرچای به ۲۷ زیرحوضه از بالادست به طرف پایین‌دست حوضه تقسیم شد و دوره زمانی مشترک مورد استفاده در این تحقیق یک دوره ۱۰ ساله از سال آبی ۸۵ تا سال آبی ۹۵ را شامل می‌شود در انتخاب پایه زمانی مشترک نیز وجود کمترین نقص آماری، طول دوره کافی و استفاده از آخرین داده‌های در دسترس مد نظر قرار گرفت، پس از انتخاب پایه زمانی مشترک داده‌های ناقص با روش همبستگی بین ایستگاه‌ها بازسازی شد. به منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، تست نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون‌های شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) و کولموگروف-اسمیرنوف

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

(Kolmogorov –Smirnov) در نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد. برای محاسبه مقدار رسوب متوسط سالانه از رابطه منحنی سنجه رسوب استفاده شد. بدین منظور با برازش داده‌های دبی و رسوب متناظر، رابطه رگرسیونی بر مبنای رابطه (۱) محاسبه شد و با استفاده از آن رسوب معلق روزانه و سالانه محاسبه شد.

$$Q_S = aQ_w{}^b \quad \text{رابطه ۱)}$$

در رابطه ۱، QS رسوب معلق بر حسب تن در سال، QW دبی جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه و a و b ضرایب منطقه‌ای هستند [Walling & Webb, 1985].

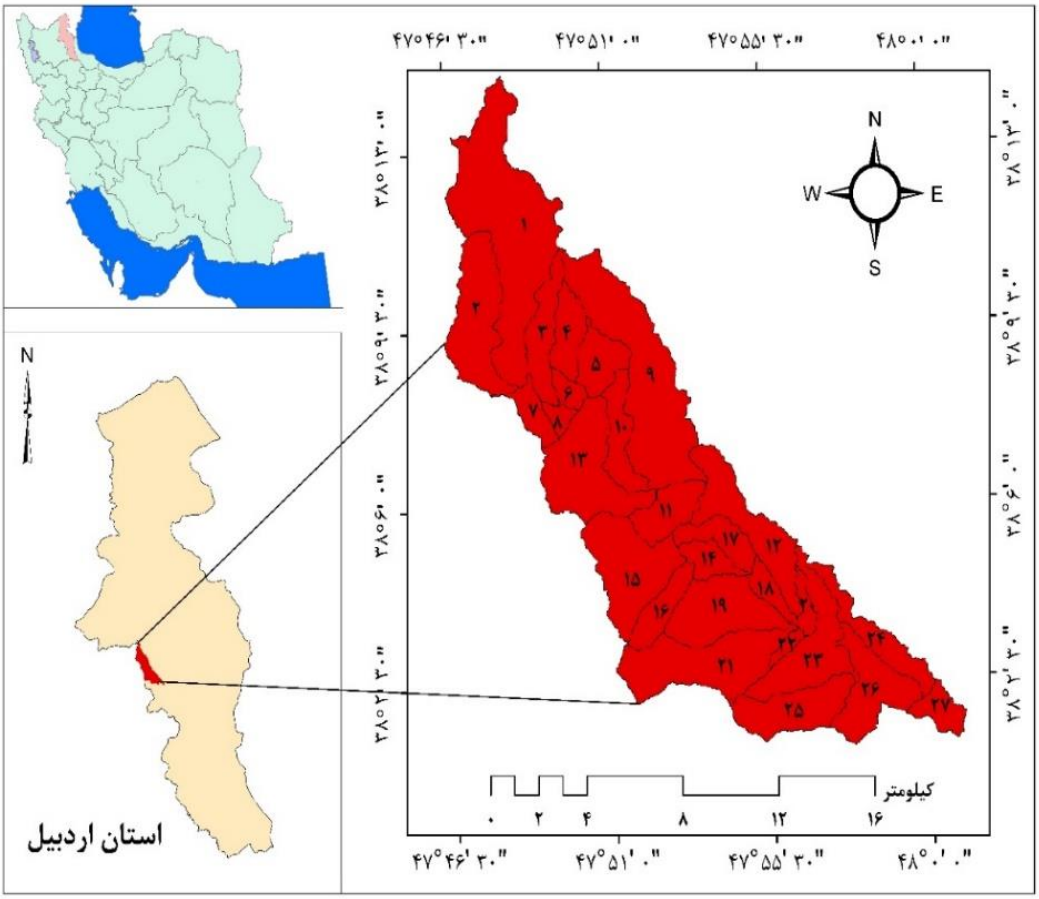
در این پژوهش به منظور استخراج ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه مورد مطالعه از مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد، بدین منظور مدل رقومی ارتفاع از سایت سازمان زمین‌شناسی امریکا، مربوط به سنجنده Aster با دقت ۳۰ متر اخذ شد و به افزونه Arc Hydro در نرم‌افزار Arc GIS۱۰/۵ وارد شد، سپس تصحیحات و پیش‌پردازش‌های سطح زمین از قبیل حذف چاله‌های هیدرولوژیکی انجام و الگوی زهکشی زمین تعیین شد. تشریح بخشی از پارامترهای ژئومورفیک ثانویه مورد استفاده در تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

رگرسیون چندمتغیره گام به گام

در این پژوهش از رگرسیون چند متغیره گام به گام به عنوان یک تکنیک کاهش‌دهنده عوامل، جهت انجام تحلیل رگرسیون استفاده شد. این روش اثر چندین متغیر مستقل روی یک متغیر وابسته را بررسی می‌کند. در رگرسیون چند متغیره گام به گام، متغیر مستقلی که تأثیر محسوس‌تری در ارتباط با متغیر وابسته ندارد از تحلیل حذف و به معادله وارد نمی‌گردد. شکل کلی رابطه رگرسیون گام به گام به صورت رابطه زیر است:

$$Y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + \cdots + B_nX_n + e \quad (۲$$

در رابطه ۱، Y، متغیر وابسته (رسوب معلق سالانه)، a: عدد ثابت مدل و ۱X، ۲X،.....Xn متغیرهای مستقل هستند که خصوصیات و پارامترهای ژئومورفیک حوضه هستند. همچنین ۱B، ۲B،.... Bn ضریب مربوط به هر یک از متغیرهای مستقل و e: نشان‌دهنده خطای مدل رگرسیون است [Zaree Chahooki, 2010: 98]. یکی از شرایط استفاده از رگرسیون چند متغیره گام به گام در تجزیه و تحلیل داده‌ها، عدم وجود هم خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل است که در این پژوهش با استفاده از عامل تورم واریانس بررسی شد [Faghfouri *et al.*, 2017: 197]. در این پژوهش ویژگی ژئومورفیک برای ۲۷ زیرحوضه مورد مطالعه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و ضمن شناسایی مهم‌ترین ویژگی‌های ژئومورفیک موثر در میزان رسوب زیرحوضه‌ها، رابطه پیش‌بینی مقدار رسوب سالانه توسط موثرترین پارامترها تعیین شد.



شکل ۱) محدوده منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

جدول ۱) پارامترهای ژئومورفیک [Motamedi & Azari, 2017]

ویژگی ژئومورفیک	علامت اختصار	رابطه
رتبه آبراهه‌های حوضه	μ	---
تعداد آبراهه	Nμ	---
میانگین نسبت انشعاب	ARb	$BR = (\frac{N_1}{N_2} + \frac{N_2}{N_3} + \cdots \frac{N_{n-1}}{N_n})(\frac{1}{n-1})$
مجموع طول آبراهه	∑X	طول آبراهه :X
تراکم زهکشی	Dd	$D_d = \frac{\sum X}{A}$
فراوانی آبراهه	Fs	$F_S = \frac{N_\mu}{A}$
بافت زهکشی	Dt	$R_t = D_d . F_S$
ضریب فرم حوضه	Ff	$F_f = \frac{Area}{L^2}$
ضریب گردی	Rc	$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$
ضریب کشیدگی	Er	$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$
شاخص شکل حوضه	SW	$S_W = \frac{1}{Ff}$
نسبت لمنیسکیت	Lr	$L_r = \frac{L^2}{4Area}$
پستی و بلندی حوضه	Bf	$B_F = E_{max} - E_{min}$
نسبت پستی و بلندی	Rr	$Rr = \frac{BF}{L_{SMAX}}$
عدد ناهمواری	Rn	$Rn = B_F . Dd$
شاخص انشعاب	DI	$DI = \frac{BF}{E_{max}}$

تحلیل مولفه‌های اصلی

از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به منظور تعیین مؤثرترین ویژگی‌های رسوبات و همچنین گروه‌بندی آنها استفاده شد. در روش تحلیل مؤلفه اصلی، متغیرهایی که دارای همبستگی بالایی بوده و در یک فضای چندبعدی توزیع شده‌اند، به مجموعه‌ای از مؤلفه‌های غیر همبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی هستند. مؤلفه‌های غیر همبسته به دست آمده مؤلفه‌های اصلی (PC) نامیده می‌شوند. قبل از تجزیه به مؤلفه‌های از ضریب KMO به منظور اطمینان از تناسب داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. این ضریب در دامنه ۰ تا ۱ در نوسان بوده و در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ باشد. داده‌ها برای انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی مناسب نخواهند بود و اگر مقادیر این ضریب بین ۰/۵-۰/۶۹ باشد، تناسب داده‌ها متوسط و اگر مقدار این ضریب بیش از ۰/۷ باشد، داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاملاً مناسب خواهند بود [Shaviklo, 2017: 362].

یافته‌ها

رسوب‌دهی زیرحوضه‌ها

میانگین سالانه رسوب تمامی زیرحوضه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به اعدام و ارقام به دست آمده در این جدول، دامنه تغییرات برای تمامی زیرحوضه‌ها بین ۰/۱ بر حسب تن در سال تا ۱۱/۲۶ بر حسب تن در سال متغیر است. که بیشترین مقدار رسوب سالانه به ترتیب برای زیرحوضه‌های شماره ۱، ۹، ۲۳ و ۱۹ که به ترتیب برابر با ۱۱/۳۶، ۵/۶، ۴/۸۶ و ۴/۶۹ بر حسب تن در سال است. همچنین کمترین مقدار نیز به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های شماره ۸، ۶، ۲۰ و ۲۲ با میزان رسوب برابر با ۰/۱۰، ۰/۱۲، ۰/۱۴ و ۰/۲۳ بر حسب تن در سال است.

ویژگی‌های ژئومورفیک زیرحوضه‌ها

در پژوهش حاضر بیشترین مساحت با مقدار ۲۳/۷۸ کیلومترمربع برای زیرحوضه شماره ۱، و کمترین مقدار آن با ۱ کیلومترمربع مربوط به حوضه شماره ۸ است. زیرحوضه شماره ۱ با ۴۱/۴۲ کیلومتر، بیشترین محیط و زیرحوضه شماره ۶ با ۶/۸۳ کیلومتر، دارای کمترین محیط است (جدول ۲). شیب حوضه نیز در زیرحوضه‌های مختلف از ۳۶/۵۲ تا ۵/۰۳ درصد نوسان دارد، که کمترین آن زیرحوضه شماره ۲۴ و بیشترین آن در زیرحوضه شماره ۱ مشاهده می‌شود. بیشترین طول حوضه در حوضه آبخیز شماره ۱ با مقدار ۳۵/۲۶ کیلومتر و کمترین طول حوضه در زیرحوضه شماره ۸ با مقدار ۱/۳۸ دیده می‌شود.

جهت آنالیز مورفومتری حوضه و مقایسه زیرحوضه‌ای مختلف با یکدیگر از شاخص‌هایی مختلفی از جمله ضریب فرم حوضه، شاخص

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

شکل، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، نسبت لمنیسکیت استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده از محاسبه پارامترهای مختلف در جدول ۳، ضریب فرم حوضه آبخیز از ۰/۰۹۱ تا ۰/۲۹۶ متغیر است. که کمترین آن مربوط به زیرحوضه شماره ۲۴ و بیشترین مقدار مربوط به زیرحوضه شماره ۵ است، همچنین ضریب فشردگی در تمامی زیرحوضه‌ها از محدوده ۱/۶۳ تا ۲/۹۵ است، به طوری که زیرحوضه‌های شماره ۲۴، ۲۳ و ۱۲ بیشترین کشیدگی را دارند.

جدول ۲) میزان رسوب و برخی از مشخصات زیرحوضه‌ها

نام زیرحوضه	مساحت (km2)	محیط (Km)	شیب متوسط (%)	میانگین رسوب سالانه (ton/year)
زیرحوضه شماره ۱	۲۳/۷۸	٤۱/٤۲	۳٦/۵۲	۱۱/۳٦
زیرحوضه شماره ۲	۹/۷۸	۲۱/۸۱	۳۲/۵۷	٤/۱۵
زیرحوضه شماره ۳	٤/۷٤	۱۷/٤٦	۲۵/۰۱	۱/۱۵
زیرحوضه شماره ٤	۳/۵۵	۱۱/٦٤	۳۰/٦۲	۱/۸۷
زیرحوضه شماره ۵	۳/۷۹	۱۱/۳۰	۲۰/۰۲	۰/٦۳
زیرحوضه شماره ٦	۱/۳٤	٦/۸۳	۲۲/۷۲	۰/۱۲
زیرحوضه شماره ۷	۲/۲۸	۱۱/٤۷	۳٤/۵۷	۰/۵٦
زیرحوضه شماره ۸	۱/۰۰	۷/۰۰	۳٤/٦٦	۰/۱۰
زیرحوضه شماره ۹	۱۹/۳۲	۳۵/۰۹	۲۵/۱۱	۵/٦
زیرحوضه شماره ۱۰	٤/۰۹	۱۷/۵۷	۲۰/۰۳	۲/۳
زیرحوضه شماره ۱۱	٤/۱۸	۱۲/۲۰	۱٦/٦۱	۱/۹٦
زیرحوضه شماره ۱۲	۸/٦۳	۲۷/۱۸	۱٦/۸٤	۳/۱۳
زیرحوضه شماره ۱۳	۱۰/۹۷	۲۲/٦٦	۲٤/۹٤	۳/٦۵
زیرحوضه شماره ۱٤	۲/۳٤	۱۱/٤۷	۲۱/۸٤	۱/۰۱
زیرحوضه شماره ۱۵	۱۰/۱۷	۲۰/٤۵	۱۵/۳۰	٤/۱۱
زیرحوضه شماره ۱٦	۳/۳۵	۱۲/٤۸	۲۰/۳۷	۱/۹۸
زیرحوضه شماره ۱۷	۳/۲٤	۱۳/۱۱	۱٦/٦۸	۱/۲۱
زیرحوضه شماره ۱۸	۱/۷۵	۹/۵۵	۱۱/۱۹	۰/٤۷
زیرحوضه شماره ۱۹	۸/۵۱	۱۸/۰۲	۱۷/٦۵	٤/٦۹
زیرحوضه شماره ۲۰	۱/۲٦	۹/۰۹	۷/۸۵	۰/۱٤
زیرحوضه شماره ۲۱	۱۱/٦٤	۲۵/۰۹	۲۱/٦۹	٤/۳۲
زیرحوضه شماره ۲۲	۰/۷۵	٦/۸۳	۸/۱۷	۰/۲۳
زیرحوضه شماره ۲۳	۸/۳٦	۲٦/۵۰	۸/۱۱	٤/۸٦
زیرحوضه شماره ۲٤	٤/۷۵	۲۲/۸۳	۵/۰۳	۲/۲۵
زیرحوضه شماره ۲۵	٦/۷۳	۱۷/۲۳	۱۰/٤۲	۳/۱۵
زیرحوضه شماره ۲٦	۷/۰۸	۲۰/۵۷	۷/٤۵	۳/٦۹
زیرحوضه شماره ۲۷	۲/٤٤	۹/۷۷	۵/۵۰	۰/۳۵

شاخص شکل حوضه یکی از پارامترهای مهم فیزیوگرافی است که شکل حوضه آبخیز را توصیف می‌کند. شاخص فرم حوضه تأثیر مستقیمی در تمرکز و انتقال جریان به خروجی حوضه آبخیز دارد [Horton, 1932: 357]. با توجه به جدول ۳ بالاترین میزان شاخص شکل حوضه در زیرحوضه شماره ۱۲ مشاهده می‌شود. نسبت لمنیسکیت به عنوان معیاری برای توصیف میزان تشابه شکل حوضه به دایره تعریف شده است [Chorley *et al.*, 1957: 140] که برای توصیف شکل حوضه به کار می‌رود. بیشترین مقدار نسبت لمنیسکیت با توجه به شکل و طول جریان برای زیرحوضه شماره ۱، ۱۳/۲۴۰ و کمترین مقدار برای زیرحوضه شماره ۸، ۰/۴۳۵ به دست آمده است. نسبت انشعاب برای بیان میزان توسعه آبراهه‌های با رتبه‌های مختلف، نسبت به یکدیگر به کار برده می‌شود و می‌تواند شاخصی برای مشخص‌کردن تأثیر انشعابات شبکه رودخانه بر هیدروگراف سیل یا به طور کلی رفتار هیدرولوژیکی حوضه باشد و در واقع یکی از عوامل موثر در شکل هیدروگراف به شمار می‌آید [Rahmati *et al.*, 1985: 158].

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

جدول ۳) پارامترهای ارتفاعی و شکل زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع متوسط (m)	ارتفاع حداکثر (m)	طول حوضه (Km)	ضریب فرم حوضه	شاخص شکل حوضه	ضریب فشردگی	ضریب کشیدگی	ضریب گردی	نسبت لمنیسکیت
زیرحوضه شماره ۱	۲۵۸۶	۳۴۳۱	۴۲۷۶	۳۵/۲۶	۰/۱۳۶	۷/۳۵۲	۲/۴۱۰	۰/۱۵۵	۰/۱۷۱	۱۳/۲۴۰
زیرحوضه شماره ۲	۲۶۰۴	۳۱۴۴/۵	۳۶۸۵	۱۳/۷۲	۰/۲۰۵	۴/۸۷۸	۱/۹۶۶	۰/۲۵۷	۰/۲۵۸	۴/۸۱۶
زیرحوضه شماره ۳	۲۵۹۵	۳۱۳۹	۳۶۸۳	۸/۸۲	۰/۱۵۵	۶/۴۵۱	۲/۲۶۱	۰/۲۷۸	۰/۱۹۵	۴/۱۰۷
زیرحوضه شماره ۴	۲۶۹۲	۳۰۷۴/۵	۳۴۵۶	۴/۹۶۲	۰/۲۶۲	۳/۸۱۶	۱/۷۴۱	۰/۴۲۸	۰/۳۲۹	۱/۷۳۲
زیرحوضه شماره ۵	۲۶۹۰	۲۹۲۸/۵	۳۱۶۷	۶/۹۱	۰/۲۹۶	۳/۳۷۸۳	۱/۶۳۶	۰/۳۱۷	۰/۳۷۳	۳/۱۵۴
زیرحوضه شماره ۶	۲۶۱۵	۲۷۳۷/۵	۲۸۶۰	۱/۸۸	۰/۲۸۷	۳/۴۸۴	۱/۶۶۳	۰/۶۹۲	۰/۳۶۱	۰/۶۶۳
زیرحوضه شماره ۷	۲۳۴۹	۲۶۲۸	۲۹۰۷	۲/۷۵	۰/۱۷۳	۵/۷۸۰	۲/۱۳۸	۰/۶۲	۰/۲۱۸	۰/۸۲۶
زیرحوضه شماره ۸	۲۳۴۲	۲۵۳۲	۲۷۲۲	۱/۳۱	۰/۲۰۳	۴/۹۲۶	۱/۹۷۵	۰/۸۵۵	۰/۲۵۶	۰/۴۳۵
زیرحوضه شماره ۹	۲۰۱۷	۲۸۴۶	۳۶۷۵	۳۶/۰۸	۰/۱۵۶	۶/۴۱۰	۲/۲۵۱	۰/۱۳۷	۰/۱۹۷	۱۶/۸۴۸
زیرحوضه شماره ۱۰	۲۲۳۸	۲۵۷۲	۲۹۰۶	۷/۱۲	۰/۱۳۲	۷/۵۷۵	۲/۴۴۷	۰/۳۲	۰/۱۶۶	۳/۰۹۳
زیرحوضه شماره ۱۱	۱۹۹۱	۲۱۱۶	۲۲۴۱	۶/۷۱	۰/۲۸۰	۳/۵۷۱	۱/۶۸۳	۰/۳۴۳	۰/۳۵۲	۲/۶۹۹
زیرحوضه شماره ۱۲	۱۷۳۶	۱۹۸۶	۲۲۳۶	۱۵/۴۸	۰/۱۱۶	۸/۶۲۰	۲/۶۰۸	۰/۲۱۴	۰/۱۴۶	۶/۹۴۲
زیرحوضه شماره ۱۳	۲۱۱۹	۲۴۵۸/۵	۲۷۹۸	۱۶/۴۶	۰/۲۱۳	۴/۶۹۴	۱/۹۲۹	۰/۲۲۷	۰/۲۶۸	۶/۱۷۲
زیرحوضه شماره ۱۴	۱۸۴۶	۲۰۱۰	۲۱۷۴	۴/۶۷	۰/۱۷۸	۵/۶۱۷	۲/۱۱۲	۰/۳۶۹	۰/۲۲۳	۲/۳۲۷
زیرحوضه شماره ۱۵	۲۰۹۲	۲۳۶۰	۲۶۲۸	۱۸/۴۵	۰/۲۴۳	۴/۱۱۵	۱/۸۰۸	۰/۱۹۵	۰/۳۰۵	۸/۳۶۸
زیرحوضه شماره ۱۶	۲۱۰۷	۲۳۷۲/۵	۲۶۳۸	۶/۲۸	۰/۲۱۵	۴/۶۵۱	۱/۹۲۲	۰/۳۲۹	۰/۲۷	۲/۹۴۰
زیرحوضه شماره ۱۷	۱۸۳۰	۲۰۳۱	۲۲۳۲	۴/۵۲	۰/۱۸۹	۵/۲۹۱	۲/۰۵۱	۰/۴۴۹	۰/۲۳۷	۱/۵۷۲
زیرحوضه شماره ۱۸	۱۷۲۷	۱۷۹۶/۵	۱۸۶۶	۳/۳۸	۰/۱۹۲	۵/۲۰۸	۲/۰۳۱	۰/۴۴۱	۰/۲۴۲	۱/۶۳۱
زیرحوضه شماره ۱۹	۱۷۲۴	۲۰۷۷	۲۴۳۰	۱۶/۶۹	۰/۲۶۲	۳/۸۱۶	۱/۷۴۱	۰/۱۹۷	۰/۳۲۹	۸/۱۸۱
زیرحوضه شماره ۲۰	۱۷۰۶	۱۷۷۶	۱۸۴۶	۲/۶۷	۰/۱۵۳	۶/۵۳۵	۲/۲۷۷	۰/۴۷۵	۰/۱۹۲	۱/۴۰۹
زیرحوضه شماره ۲۱	۱۷۳۸	۲۲۰۵/۵	۲۶۷۳	۲۱/۲۸	۰/۱۸۵	۵/۴۰۵	۲/۰۷۳	۰/۱۸	۰/۲۳۲	۹/۷۲۶
زیرحوضه شماره ۲۲	۱۷۰۸	۱۷۶۵/۵	۱۸۲۳	۱/۶۹	۰/۱۶	۶/۲۵	۲/۲۲۵	۰/۵۷۸	۰/۲۰۲	۰/۹۵۹
زیرحوضه شماره ۲۳	۱۶۴۸	۱۸۰۱	۱۹۵۴	۱۷/۳۶	۰/۱۱۹	۸/۴۰۳	۲/۵۸۳	۰/۱۸۸	۰/۱۴۹	۹/۰۱۳۳
زیرحوضه شماره ۲۴	۱۶۰۳	۱۷۲۲	۱۸۴۱	۱۰/۷۷	۰/۰۹۱	۱۰/۹۸۹	۲/۹۵۳	۰/۲۲۸	۰/۱۱۴	۶/۱۰۸
زیرحوضه شماره ۲۵	۱۶۴۸	۱۸۲۶	۲۰۰۴	۱۳/۰۷	۰/۲۲۶	۴/۴۲۴	۱/۸۷۳	۰/۲۲۳	۰/۲۸۴	۶/۳۴۵
زیرحوضه شماره ۲۶	۱۶۰۵	۱۶۷۹/۵	۱۷۵۴	۱۲/۷۵	۰/۱۶۷	۵/۹۸۸	۲/۱۷۹۴	۰/۲۳۵	۰/۲۱	۵/۷۳۹۲
زیرحوضه شماره ۲۷	۱۵۷۵	۱۶۱۹	۱۶۶۳	۴/۱۹۶	۰/۲۵۶	۳/۹۰۶	۱/۷۶۲	۰/۴۲	۰/۳۲۱	۱/۷۹۸۶

با توجه به جدول ۴ مقادیر نسبت انشعاب از ۰/۳۹۵ تا ۰/۰۵۲ متغیر است که کمترین مقدار آن مربوط حوضه شماره ۲۷ و بیشترین مقدار مربوط به زیرحوضه شماره ۱ است. منظور از تراکم زهکشی، میزان توسعه سیستم زهکشی یا آبراهه‌های یک حوضه نسبت به مساحت آن است، که براساس نسبت مجموع کل آبراهه‌های یک سیستم رودخانه به سطح حوضه آبخیز دربرگیرنده آن بیان می‌شود. با توجه به جدول ۴ کمترین تراکم زهکشی در زیرحوضه شماره ۷ با ۱/۲۰۱، و بیشترین تراکم زهکشی در زیرحوضه شماره ۲۴ با ۲/۲۶۷ مشاهده می‌گردد.

همچنین مقادیر بالای عدد ناهمواری نشان‌دهنده مناطق فرسایش‌پذیر است، که بیشترین مقدار آن در زیرحوضه شماره ۹ مشاهده می‌شود.

جدول ۴) پارامترهای ژئومورفیک پستی و بلندی زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	نسبت پستی و بلندی	نسبت انشعاب	تراکم زهکشی (Km/km2)	عدد ناهمواری	مجموع طول آبراهه (Km)	ناهمواری حوضه (m)	طول مستطیل معادل	عرض مستطیل معادل
زیرحوضه شماره ۱	۴۷/۹۲	۰/۳۹۵	۱/۵۰۱	۲۵۸۳/۰۰	۳۵/۲۶	۱۶۹۰	۶۳/۲۵۶	۰/۳۷۱
زیرحوضه شماره ۲	۷۸/۷۳	۰/۲۹۳	۱/۴۰۳	۱۵۱۶/۸۷	۱۳/۷۲	۱۰۸۱	۲۶/۸۸۳	۰/۳۶۳
زیرحوضه شماره ۳	۱۲۳/۲۵	۰/۲۹۵	۱/۸۶۱	۲۰۲۴/۸۸	۸/۸۲	۱۰۸۸	۲۴/۶۰۰	۰/۱۹۰
زیرحوضه شماره ۴	۱۵۴/۱۷	۰/۲۲۱	۱/۳۹۶	۱۰۶۸/۶۸	۴/۹۶	۷۶۵	۱۲/۵۶۲	۰/۲۸۲
زیرحوضه شماره ۵	۶۸/۹۵	۰/۱۵۰	۱/۸۲۴	۸۷۰/۰۷	۶/۹۱	۴۷۷	۱۱/۴۱۶	۰/۳۳۲
زیرحوضه شماره ۶	۱۲۹/۷۳	۰/۰۸۵	۱/۴۰۶	۳۴۴/۵۵	۱/۸۸	۲۴۵	۷/۰۱۸	۰/۱۹۱
زیرحوضه شماره ۷	۲۰۲/۹۰	۰/۱۹۱	۱/۲۰۱	۶۷۰/۴۰	۲/۷۵	۵۵۸	۱۵/۴۶۸	۰/۱۴۷
زیرحوضه شماره ۸	۲۸۷/۹۷	۰/۱۳۹	۱/۳۱۹	۵۰۱/۲۵	۱/۳۱	۳۸۰	۸/۶۸۳	۰/۱۱۵
زیرحوضه شماره ۹	۴۵/۹۴	۰/۴۵۱	۱/۸۶۷	۳۰۹۶/۲۴	۳۶/۰۸	۱۶۵۸	۴۹/۹۳۳	۰/۳۸۷
زیرحوضه شماره ۱۰	۹۳/۷۸	۰/۲۲۹	۱/۷۳۷	۱۱۶۰/۵۱	۷/۱۲	۶۶۸	۲۷/۲۴۰	۰/۱۵۰

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

ادامه جدول ۴) پارامترهای ژئومورفیک پستی و بلندی زیرحوضه‌های مورد مطالعه

زیرحوضه	نسبت پستی و بلندی	نسبت انشعاب	تراکم زهکشی (Km/km2)	عدد ناهمواری	مجموع طول آبراهه (Km)	ناهمواری حوضه (m)	طول مستطیل معادل	عرض مستطیل معادل
زیرحوضه شماره ۱۱	۳۷/۲۰	۰/۱۱۱	۱/٦۰٦	٤۰۱/۷٤	٦/۷۱	۲٥۰	۱۲/۷۱۱	۰/۳۲۸
زیرحوضه شماره ۱۲	۳۲/۲۸	۰/۲۲۳	۱/۷۹۲	۸۹٦/٤۷	۱٥/٤۸	٥۰۰	٤٥/۰٥۳	۰/۱۹۱
زیرحوضه شماره ۱۳	٤۱/۲٥	۰/۲٤۲	۱/٤۹۹	۱۰۱۸/٤۲	۱٦/٤٦	٦۷۹	۲۷/۳۷۲	۰/٤۰۰
زیرحوضه شماره ۱٤	۷۰/۲۲	۰/۱٥۰	۱/۹۹۲	٦٥۳/٦۱	٤/٦۷	۳۲۸	۱٥/۲۰٥	۰/۱٥٤
زیرحوضه شماره ۱٥	۲۹/۰٤	۰/۲۰۳	۱/۸۱۳	۹۷۲/۰۹	۱۸/٤٥	٥۳٦	۲۳/۰۰۰	۰/٤٤۲
زیرحوضه شماره ۱٦	۸٤/٥۱	۰/۲۰۱	۱/۸۷۱	۹۹۳/۹۷	٦/۲۸	٥۳۱	۱٤/۹۹۲	۰/۲۲۳
زیرحوضه شماره ۱۷	۸۸/۹۲	۰/۱۸۰	۱/۳۹۱	٥٥۹/۲٥	٤/٥۲	٤۰۲	۱٦/۸۳۸	۰/۱۹۲
زیرحوضه شماره ۱۸	٤۱/۰۳	۰/۰۷٤	۱/۹۲٦	۲٦۷/۸٤	۳/۳۸	۱۳۹	۱۲/۱۸۷	۰/۱٤٤
زیرحوضه شماره ۱۹	٤۲/۲۸	۰/۲۹۰	۱/۹٥۹	۱۳۸۳/۷۲	۱٦/٦۹	۷۰٦	۱۹/٤٥٥	۰/٤۳۷
زیرحوضه شماره ۲۰	٥۲/۳٥	۰/۰۷٥	۲/۱۰۷	۲۹٥/۰۸	۲/٦۷	۱٤۰	۱۳/۰٤۸	۰/۰۹۷
زیرحوضه شماره ۲۱	٤۳/۹۱	۰/۳٤۹	۱/۸۲۷	۱۷۰۸/٦۳	۲۱/۲۸	۹۳٥	۳۲/٥۸۸	۰/۳٥۷
زیرحوضه شماره ۲۲	٦۷/۷۷	۰/۰٦۳	۲/۲٦۰	۲٦۰/۰۰	۱/٦۹	۱۱٥	۹/٥۹۰	۰/۰۷۸
زیرحوضه شماره ۲۳	۱۷/٦۱	۰/۱٥٦	۲/۰۷٥	٦۳٥/۱۷	۱۷/۳٦	۳۰٦	٤۳/۲۱٤	۰/۱۹۳
زیرحوضه شماره ۲٤	۲۲/۰۹	۰/۱۲۹	۲/۲٦۷	٥۳۹/۷۷	۱۰/۷۷	۲۳۸	٤۲/٦٥۸	۰/۱۱۱
زیرحوضه شماره ۲٥	۲۷/۲۳	۰/۱۷۷	۱/۹٤۱	٦۹۱/۲٥	۱۳/۰۷	۳٥٦	۲۰/۱٦۷	۰/۳۳۳
زیرحوضه شماره ۲٦	۱۱/٦۸	۰/۰۸٤	۱/۸۰۰	۲٦۸/۲۲	۱۲/۷٥	۱٤۹	۲۸/۲۰۸	۰/۲٥۱
زیرحوضه شماره ۲۷	۲۰/۹٦	۰/۰٥۲	۱/۷۱٤	۱٥۰/۸٦	٤/۱۹	۸۸	۱۰/٦۸٤	۰/۲۲۹

نتایج تحلیل رگرسیون

جهت انجام تحلیل‌های آماری، در این پژوهش وزن رسوب حوضه به عنوان متغیر وابسته و سایر پارامترها به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. به دلیل زیادبودن تعداد متغیرها (۲۵ متغیر) فقط متغیرهایی که دارای بیشترین همبستگی بودند در جدول ۵ ذکر شدند. با توجه به ماتریس همبستگی متغیرها جدول ۵ مشاهده می‌شود که متغیرهای مساحت، محیط، طول، دبی، نسبت لمنیسکیت و ضریب کشیدگی با مقدار نسبت به سایر متغیرها همبستگی بالاتری با میزان تولید رسوب حوضه دارند، به همین دلیل در مدل‌های رگرسیونی وارد شدند.

جدول ۵) همبستگی بین متغیرهای ژئومورفیک موثر بر رسوب معلق در زیر حوضه‌های مورد مطالعه

	ضریب کشیدگی	نسبت لمنیسکیت	دبی	طول	محیط	مساحت	رسوب
رسوب	-۰/۷۰٤	۰/۸٦۰	۰/۹٤٤	۰/۹۱٥	۰/۹۱۲	۰/۹٤۳	۱
sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
مساحت	-۰/۷۰۲	۰/۹۳۱	۰/۹۹۲	۰/۹۸۲	۰/۹٤۲	۱	
sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		
محیط	-۰/۷۷٤	۰/۹۲٤	۰/۹٤۱	۰/۹٤۸	۱		
sig sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰			
طول	-۰/۷٥۲	۰/۹۸۳	۰/۹۸۲	۱			
sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰				
دبی	-۰/۷۰۱	۰/۹۳۱	۱				
sig	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰					
نسبت لمنیسکیت	-۰/۷۷٦	۱					
sig	۰/۰۰۰						
ضریب کشیدگی	۱						
sig							

جدول ۶ آماره‌های مربوط به رگرسیون چند متغیره گام به گام را نشان می‌دهد. براساس جدول ۶ در مدل ۱ متغیر مساحت حوضه واردشده و ضریب تعیین (R2) به مقدار ۰/۸۸۹ رسیده است. در مدل ۲ نیز با ورود متغیر دبی به معادله، ضریب تعیین به ۰/۹۰۷ رسیده است. براساس ضریب تعیین تعدیل‌شده در مدل دوم جدول ۶ شخص می‌گردد که دو متغیر مساحت و دبی، ۸۹% از رسوب‌دهی زیرحوضه‌ها را کنترل می‌کنند. با توجه به اینکه بهترین مدل رگرسیونی، مدلی است که ضریب تعیین (R^2) بیشتر و اشتباه استاندارد (SE) کمتر داشته باشد، لذا مدل دوم مدل نهایی برای زیرحوضه‌های مورد مطالعه است. در ارتباط با سطح معنی‌داری F و سطح معنی‌داری sig باید خاطر نشان کرد که با یکدیگر رابطه معکوس دارند. به عبارت دیگر هرچقدر میزان سطح معنی‌داری F

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

افزایش یابد، سطح معنی‌داری sig کاهش می‌یابد و بلعکس. جدول ۶ ضرایب رابطه رگرسیون و آزمون معنی‌داری را نشان می‌دهد. برای آزمون معنی‌دار بودن هر یک از ضرایب رابطه رگرسیون، از آزمون t استفاده شد. معنی‌داربودن ضریب در معادله رگرسیونی به این معنا است که متغیر مستقل مربوطه می‌تواند به طور معنی‌داری قسمتی از تغییرات در متغیر وابسته را بیان کند. با توجه به سطح معناداری آزمون t در مدل ۲، با اطمینان ۸۹%، این ضرایب مخالف صفر و برابر با مقادیر برآورد شده است. مقادیر VIF برای متغیرها که کمتر از ۱۰ است بیانگر عدم وجود هم خطی بین متغیرهای ژئومورفیک است لذا متغیرها برای تعیین ضریب رگرسیونی مناسب هستند. با توجه به جدول ۶ معادله نهایی برای رسوب تولیدی در زیرحوضه‌های منتخب به صورت مدل ۲ است.

جدول ۶) آزمون معنی‌داری ضرایب روابط رگرسیونی

مدل	متغیر مستقل	بتا	T	سطح معنی‌داری	مقدار ثابت	معادله رگرسیون خطی
۱	مقدار ثابت	---	-۰/۲۰۶	۰/۸۳۹	-۱۹۶۸۴۵/۴۰۴	(x_1)-۰/۹۴۳ -۰/۰۵۰۷=
	مساحت	۰/۹۴۳	۱۴/۱۸۷	۰/۰۰۰	---	
۲	مقدار ثابت	---	۰/۶۳۸	۰/۵۲۹	۲۸۹۶۰۸/۵۲۴	— (x_1)۱/۱۲—۰/۱۵۹ ۷=
	مساحت	۱/۱۲	۱۰/۶۰۳	۰/۰۰۰	---	(x_2) -۰/۲۲۴
	دبی	-۰/۲۲۴	۲/۱۱۰	۰/۰۴۶	---	

با توجه به مدل‌های حاصل از تحلیل همبستگی رسوب، مقدار رسوب تولیدی با متغیرهای مساحت و دبی، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵% معنی‌دار بوده است. متغیر طول با ضریب همبستگی ۹۲% بعد از دو پارامتر مساحت و دبی بیشترین همبستگی را با میزان رسوب‌دهی حوضه دارد و در نهایت پارامتر نسبت لمنیسکیت حوضه که تابعی از ضریب فرم حوضه است با مقدار ضریب همبستگی ۹۱% در مرتبه بعدی نسبت به پارامترهای فوق قرار دارد.

نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی

جهت به دست آوردن اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ضریب KMO استفاده شد. این ضریب در دامنه ۰-۱ در نوسان بوده و در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ باشد، داده‌ها برای انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی مناسب نخواهند بود و اگر مقادیر این ضریب بین ۰/۵-۰/۶۹ باشد، تناسب داده‌ها متوسط و اگر مقدار این ضریب بیش از ۰/۷ باشد، داده‌ها برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاملاً مناسب خواهند بود. با توجه به مقدار KMO۰/۷۳۷= بوده در نتیجه داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهند بود. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که فرض مخالف تأیید می‌شود یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌داری وجود دارد. معنی‌دار بودن مربع کای نیز بیانگر کمینه شرایط لازم برای اجرای تحلیل عاملی است.

در جدول ۷ مقدار واریانس استخراج‌شده هر متغیر مشخص شده است. اشتراکات تعیین می‌کنند چه مقدار از واریانس هر متغیر به وسیله عوامل نهایی یعنی عامل‌هایی که مقدار ویژه بیشتر از ۱ دارند، تبیین می‌شود. این مقدار واریانس، واریانسی است که توسط عامل-های نهایی تبیین شده است. هرچقدر میزان واریانس استخراج‌شده هر متغیر نزدیک‌تر به ۱ باشد، نشان می‌دهد که عامل‌های استخراج‌شده مناسب‌تر است. حداقل میزان واریانس استخراج شده برای هر متغیر را ۰/۵ یا ۵۰% در نظر می‌گیرند.

جدول ۷) میزان واریانس استخراج‌شده متغیرها

متغیر	Initial	Extraction	متغیر	Initial	Extraction
مساحت	۱	۰/۹۸۳	ارتفاع حداقل	۱	۰/۸۵۱
محیط	۱	۰/۹۷۸	ارتفاع میانگین	۱	۰/۹۳۲
طول	۱	۰/۹۹٤	ارتفاع حداکثر	۱	۰/۹۵۹
ضریب فرم حوضه	۱	۰/۹۷٤	ناهمواری حوضه	۱	۰/۹٤۹
شاخص شکل حوضه	۱	۰/۹٦۲	شیب	۱	۰/۹۱۹
ضریب فشردگی	۱	۰/۹۸۷	طول مستطیل معادل	۱	۰/۹۵۷
ضریب گردی	۱	۰/۹۷٤	عرض مستطیل معادل	۱	۰/۹۵۵
ضریب کشیدگی	۱	۰/۹۵۵	تراکم زهکشی	۱	۰/۵۸۷
فراوانی آبراهه	۱	۰/۹۸۳	نسبت پستی بلندی	۱	۰/۹۰۲
بافت زهکشی	۱	۰/۸۹۵	عدد ناهمواری	۱	۰/۸۷۷
دبی	۱	۰/۹۸۳	شاخص انشعاب	۱	۰/۹٦۲
سرعت جریان	۱	۰/۹۳٦	نسبت لمنیسکیت	۱	۰/۹۵۹
زمان تمرکز	۱	۰/۹۵۲	—	---	---

جهت تعیین تعداد عامل‌ها از مقدار ویژه استفاده می‌شود. حداقل مقدار ویژه برای انتخاب عامل‌های نهایی مقدار ۱ است و عامل‌هایی که مقدار ویژه بیشتر از ۱ داشته باشند جزء عامل‌های نهایی محسوب می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که چهار عامل مساحت، ضریب فرم

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

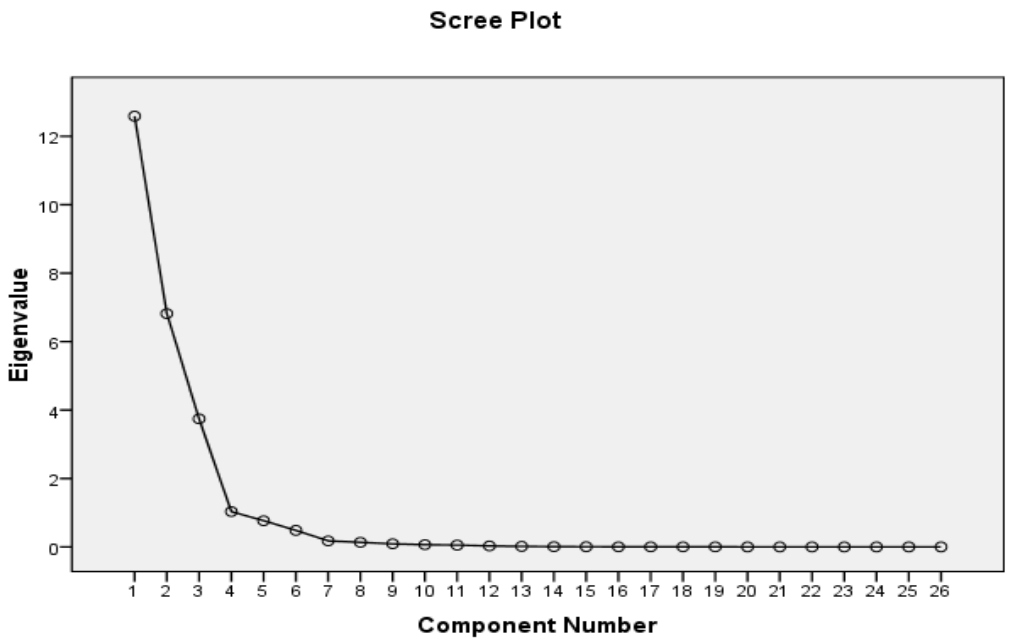
حوضه، محیط و دبی مقدار ویژه بیشتر از ۱ دارند و تعداد عامل‌های استخراج شده چهار عامل است.

درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل در جدول ۸ نشان می‌دهد که عامل اول (مساحت) توانسته است ۳۷% از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کند. این مقدار برای عامل دوم (ضریب فرم حوضه)، عامل سوم (محیط) و عامل چهارم (دبی) به ترتیب ۲۵، ۱۸ و ۱۱% است. در مجموع چهار عامل استخراج شده نهایی توانسته‌اند ۹۲/۹% از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند.

نمودار واریزه‌ای به صورت بصری تعداد عامل‌های استخراج‌شده را نشان می‌دهد. (شکل ۲) با در نظر گرفتن مقدار ویژه ۱ در محور عمودی می‌توان تعداد عامل‌های نهایی را مشخص کرد. نتایج نمودار واریزه‌ای با نتایج جدول ۷ یکسان بوده با این تفاوت که نمودار به صورت بصری نتایج را ارائه می‌دهد. وجود شیب تند بین عامل‌ها می‌تواند مبنایی تکمیلی جهت گزینش عامل‌های نهایی باشد. همان طور که نمودار نشان می‌دهد بین عامل سوم و چهارم شیب تندی وجود دارد و بعد از عامل چهارم شیب مقدار ویژه به طور محسوسی کاهش می‌یابد.

جدول ۸) درصد واریانس تجمعی و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

	مقادیر ویژه اولیه		
مؤلفه‌ها	**درصد تجمعی**	**درصد واریانس**	**کل**
مساحت	۳۷/۷۸۲	۳۷/۷۸۲	۱۲/۵۸۸
ضریب فرم حوضه	۶۳/۲۵۸	۲۵/۴۷۶	۶/۸۱۷
محیط	۸۱/۷۶۴	۱۸/۵۰۵	۳/۷۴۱
دبی	۹۲/۹۹۱	۱۱/۲۲۷	۱/۰۳۲



شکل ۲) نمودار واریزه‌ای (Scree Plot) جهت انتخاب تعداد عامل‌های نهایی

بحث

در پژوهش حاضر جهت بررسی ارتباط بین پارامترهای ژئومورفیک زیرحوضه‌ها منتخب رودخانه نیرچای با رسوب سالانه از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل مدل رقومی ارتفاع برای استخراج پارامترهای مختلف ژئومورفیک استفاده شد. بدین منظور ۲۵ متغیر ژئومورفیک برای ۲۷ زیرحوضه، حوضه نیرچای با استفاده از مدل رقومی ارتفاع محاسبه شد. در پژوهشی مشابه [Asghari & Ghale, 2019] به بررسی رابطه بین میزان بار رسوب معلق با ویژگی‌های ژئومورفیکی حوضه رودخانه قرنقو پرداختند. به منظور تعیین ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب هر زیرحوضه از تحلیل رگرسیون چند متغیره گام به گام استفاده شد. نتیجه بررسی ارتباط بین خصوصیات ژئومورفیک با رسوب زیرحوضه‌ها نشان داد که مقدار رسوب تولیدی با حجم جریان و ضریب فرم حوضه، همبستگی مثبت داشته و در سطح ۵% معنی‌دار بوده است. در پژوهش *ثقفیان* و همکاران [Saghafian *et al.*, 2010] نیز عوامل مؤثر بر رسوب حوضه‌های آبخیز جنوب غرب ایران را با روش تجزیه و تحلیل عاملی تعیین کردند و به این نتیجه رسیدند که عوامل مساحت حوضه، درصد تحدب و درصد اراضی با جهت شمال غربی به ترتیب موثرترین عوامل بر رسوب حوضه هستند. در پژوهش *چنگ* و همکاران [Cheng *et al.*, 2017] ارتباط بین توپوگرافی و فرسایش خاک را در فلات لسی چین با مولفه PCA و رگرسیون خطی بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که خصوصیات توپوگرافی حوضه و شاخص توپوگرافی فرسایش از الگوی مشابه برخوردارند و بین شاخص توپوگرافی فرسایش و متغیرهای دبی

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

رسوب حوضه همبستگی مثبت وجود دارد. پیشنهاد می‌شود محققان آتی از پارامترهای بیشتری جهت برآورد و تخمین میزان رسوب و بار معلق استفاده کنند. ضمن این‌که نویسندگان در تهیه پارامترهای استفاده شده در این پژوهش با مشکلات و محدودیت‌های زیادی مواجه بوده‌اند که در صورت همکاری و مساعدت سازمان آب منطقه‌ای و سایر ارگان‌ها تمامی این محدودیت‌ها و مشکلات از بین خواهد رفت.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از آمار هیدرومتری و همچنین ارتباط بین پارامترهای ژئومورفیک با رسوب سالانه با استفاده از رگرسیون چند متغیره گام به گام، مشخص شد که پارامترهای ژئومورفیکی همبستگی بالایی با میزان رسوب سالانه دارند و می‌توانند در پیش‌بینی رسوب استفاده شوند، بنابراین در مجموع چهار عامل استخراج‌شده نهایی توانسته‌اند ۹۲/۹% از واریانس تمامی متغیرهای پژوهش را تبیین کنند.

تشکر و قدردانی: از حمایت دانشگاه محقق اردبیلی تشکر می‌شود.
تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تعارض منافع: هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.
سهم نویسندگان: عقیل مددی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۲۵%)؛ احسان قلعه (نویسنده دوم)، تحلیلگر آماری (۲۰%)؛ الهامه عبادی (نویسنده سوم)، نگارنده بحث (۲۰%)؛ بهروز نظافت تکله (نویسنده چهارم)، نگارنده مقدمه (۲۰%)؛ امیرحسام پاسبان (نویسنده پنجم)، روش‌شناس (۱۵%).
منابع مالی: هیچ گونه حمایت مالی صورت نگرفته است.

منابع

Asghari S, Ghale E (2019). Investigation of the relationship between geomorphic characteristics and sediment yield (Case Study: Gharanghoo Basin in East Azarbaijan Province). Quantitative Geomorphological Research. 8(3):146-164.
Ares MG, Varni M, Chagas M (2016). Suspended sediment concentration controlling factors: an analysis for the Argentine Pampas region. Hydrological Science Journal. 61(12):2237-2248.
Arman N (2012). Regional modeling of soil erosion and sediment yield in Northern Alborz [dissertation]. Tehran: Tehran University.
Faghfouri Z, Arman N, Faraji M, Khorsandi Z (2017). Identifying the effective factors on sediment yield using statistical method, case study: Seyed Abad Basin. Journal of Watershed Engineering and Management. 9(2):190-204.
Cheng NN, He HM, Yang SY, Lu YJ, Jing ZW (2017). Impacts of topography on sediment discharge in Loess Plateau, China. Quaternary International. 440(2):119-29.
Chorley RJ, Malm DE, Pogorzelski HA (1957). A new standard for estimating drainage basin shape. American Journal of Science. 255(2):138-141.
Fryirs K (2013). Connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem. Earth Surface Processes and Landforms. 38(1):30-46.
Gholami L, Sadeghi H, KhalediDarvishan A, Telvari A (2008). Sedimment modeling caused by thunderstorms using rain and runoff variables. Journal of agricultural sciences and industries. 22(2):263-271.
Horton RE (1932). Drainage-basin characteristics. Transactions, American Geophysical Union. 13(1):350-361.
Kavian A, Safari A (2013). Determining the appropriate model for estimating sedimentation using statistical methods (case study: Babolrood watershed). Journal Geographical Sciences. 13(30):111-130.
Kheirfam H, Vafakhah M (2015). Evaluation of gamma test and andrew curaes to estimate suspended sediment load in southeastern watersheds of the Caspian Sea. Journal of Watershed Management Research. 6(11):47-58.
Madadi A, Pirouzi E (2016). Estimation of soil erosion and sedimant yield in the lay Chay basin. Journal Geographical Sciences. 16(42):177-195
Moazami M, Feyznia S. Suspended sediment analysis (case study: River Surgery). 4th National Conference Iranian watershed management science and engineering, management watershed; 2008 Feb 20-21; Karaj: Tehran University; 2008.
Mousavi F, Heidar poor M, Shabanloo S (2010). Investigation of sediment in zayanderood using experimental models to increase and decrease the level. Journal Water and Sewerage. 17(57):76-82.
Mosaedi A, Mohamadi A, Najafinejad A, Yaghmaee F (2010). Optimizing debit stream and debit suspended relationships at gorganrood selected stations. Journal of Natural Resources. 59(2):331-342.
Motamedi R, Azari M (2018). Relationshep between geomorphic characteristics and watershed sedimentatiob (case study: selected sub-basin of khorasan Razavi). Environmental Erosion Research Iran. 28(4):82-101.
Paulinus UU, Ifedilichukwu NG, Ahamefula AC, Iheanyichukwu OA, Theophilus ET, Edet IG (2016). Morphometric analysis of Sub- watersheds in Oguta and environs, southeastern Nigeria using GIS and remote sensing data. Journal of Geosciences and Geomatics. 4(2):21-28.
Rahmati O, Tahmasebii poor N, Poorghasemi H R (1985). Prioritization of fiood the watershed golestan province based on motphometric analysis and statistical correlation. Ecohydrology. 2(2):151 -161.
Saghafian B, Ghermezcheshmeh B, Samiei M, Asheghi R (2010). Effective factors on suspended sediment load in southwestern basins of Iran. Journal of Watershed Engineering and Management. 1(3):140-152.
Shayan S, Zare G, Yamani M, SharifiKia M, Sultanpour M (2013). 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. 1(2):37-50.
Shaviklo AR (2017). Analyses of sensory evaluation data using Principal Component analysis (PCA). Journal of food science and technology. 80(15):361-377.
Shi ZH, Huang XD, Fang NF, Wu GL (2014). Quantitative analysis of factors controlling sediment yield in mountainous watersheds, Geomorphology. 226:193-201.
Walling DE, Webb BW (1985). Estimating the discharge of contaminants to coastal waters by rivers: Some cautionary comments. Journal of Marine Pollution Bulletin. 16(12):488-492.
Zaree Chahooki MA (2010). Data analysis in natural

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]

resources research using SPSS software, first edition. Jahad University Press. 309p
Zhang HY, Shi ZH, Fang NF, Guo MH (2015). Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield: Evidence from the Loess Plateau of China. Geomorphology. 234:19-27.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-21]