

Regional Analysis of Suspended Sediment Estimation in Esfahan and Sirjan Watersheds

S.H.R. Sadeghi¹, D.A. Najafi² and M. Vafakhah³

Abstract

Limited number of sediment stations and recorded data, together with the inaccurate and insufficient sediment samples in flood events have doubted the river sediment load analysis especially in dry and semi-dry areas. Accordingly the regional analysis seems to be a useful tool aiming appropriate models for estimating sediment loads. In this study the model results are compared for sediment load estimation in Esfahan and Sirjan watersheds, located in central Iran and comprise 99300 Km² in area. For 14 sub-watersheds having 11 years of compatible data records the mean daily suspended sediments and 49 physiographic, hydrologic, land use, geologic and climatic characteristics were used respectively as criterion and predictor variables. The multivariable regression techniques were applied with the help of factor analysis, clustering, and discriminant analysis to access the most suitable regression models. The results revealed that two regression models developed for two homogeneous regions could acceptably model the variations. The respective maximum and mean relative error of these models were 35.19 and less than 10%, respectively, obtained from factor analysis technique and selecting one representative variable in every component. The most suitable variables for estimation of mean daily suspended sediment yield of sub-watersheds are the peak discharge with 20 years return period, rangeland percentile, and ruggedness number.

Keywords: Regional Analysis, Esfahan and Sirjan Watershed, Sediment Modeling, Gavkhuni Swamp, Iran

تحلیل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق در حوضه اصفهان و سیرجان

سید حمیدرضا صادقی^۱، درعلی نجفی^۲ و مهدی وفاخواه^۳

چکیده

تعداد کم ایستگاه‌های رسوب سنجی و محدودیت تعداد سال‌های دارای آمار و همچنین تعداد کم نمونه برداری‌ها در وقایع سیلابی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کشور، تجزیه و تحلیل بار رسوب رودخانه‌ها را با مشکل مواجه کرده است. از این رو استفاده از ابزارهای تحلیل منطقه‌ای جهت دستیابی به مدل‌های مناسب برآورد بار رسوبی ضروری به نظر می‌رسد. با هدف دستیابی به چنین مدل‌هایی، این مطالعه در حوضه اصفهان و سیرجان واقع در منطقه مرکزی ایران با وسعت حدود ۹۹۳۰۰ کیلومتر مربع انجام شده است. در این تحقیق میانگین تولید رسوب روزانه زیرحوضه‌ها به عنوان متغیر وابسته و ۴۹ ویژگی فیزیوگرافی، هیدرولوژیکی، کاربری اراضی، زمین شناسی و اقلیمی مربوط به ۱۴ زیرحوضه منتخب با طول دوره مشترک آماری ۱۱ سال به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. جهت دستیابی به مناسب‌ترین شیوه تهیه مدل وایازی (رگرسیون) از روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل چند متغیره نظیر تجزیه و تحلیل عاملی، خوشه‌ای و تفکیکی استفاده گردید. در نهایت دو مدل وایازی با حداکثر و میانگین خطای تخمین به ترتیب ۳۵/۱۹ و کمتر از ۱۰ درصد مربوط به دو منطقه همگن با بکارگیری روش تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب یک نماینده در هر محور و با در برداشتن متغیرهایی نظیر دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال، درصد اراضی مرتعی و نمره ناهمواری به عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها جهت برآورد میانگین تولید رسوب معلق روزانه زیرحوضه‌ها انتخاب گردید.

کلمات کلیدی: تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، حوضه اصفهان و سیرجان، مدل رسوب، باتلاق گاوخونی

1- Head and Associate Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares Univ., Noor, Mazandaran, Iran, E-mail: sadeghi@modares.ac.ir
2- Master of science Graduate, Dept. of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares Univ., Noor, Mazandaran, Iran
3- Lecturer, Dept. of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares Univ., Noor, Mazandaran, Iran

۱- مدیر و دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور
۲- دانش‌آموخته گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور
۳- مربی گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، نور

۱- مقدمه

Rey, 2003؛ Mahmoudzadeh, 1996؛ Arnold et al., 1987؛ Walling, 2006؛ Bini et al., 2006؛ امینی، ۱۳۷۶؛ کریم‌خانی، ۱۳۷۶ و صادقی و همکاران، ۱۳۸۴ (الف) و متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی (Linsley and Franzini, 1979)؛ Walling, 2006؛ Narayana, 2002؛ Hallsworth, 1987؛ Restrepo et al., 2006؛ عرب‌خردی و زرگر، ۱۳۷۴؛ حکیم‌خانی، ۱۳۷۷؛ اسماعیلی و مهدوی، ۱۳۸۱ و تلوری، ۱۳۸۱) مقدار انتقال رسوب معلق زیرحوضه‌ها را کنترل می‌کنند.

در تحقیق حاضر سعی بر آن است تا ضمن لحاظ کلیه متغیرهای مستقل استفاده شده در سوابق تحقیقاتی، تعداد دیگری از متغیرهای مستقل مد نظر قرار گرفته و سپس تلاش‌هایی در راستای تهیه مدل برآورد تولید رسوب معلق در حوضه اصفهان و سیرجان بعمل آمده تا ضمن معرفی و شناسایی عوامل مهم، اهمیت هر یک از آنها در تولید رسوب منطقه مورد مطالعه تعیین گردد.

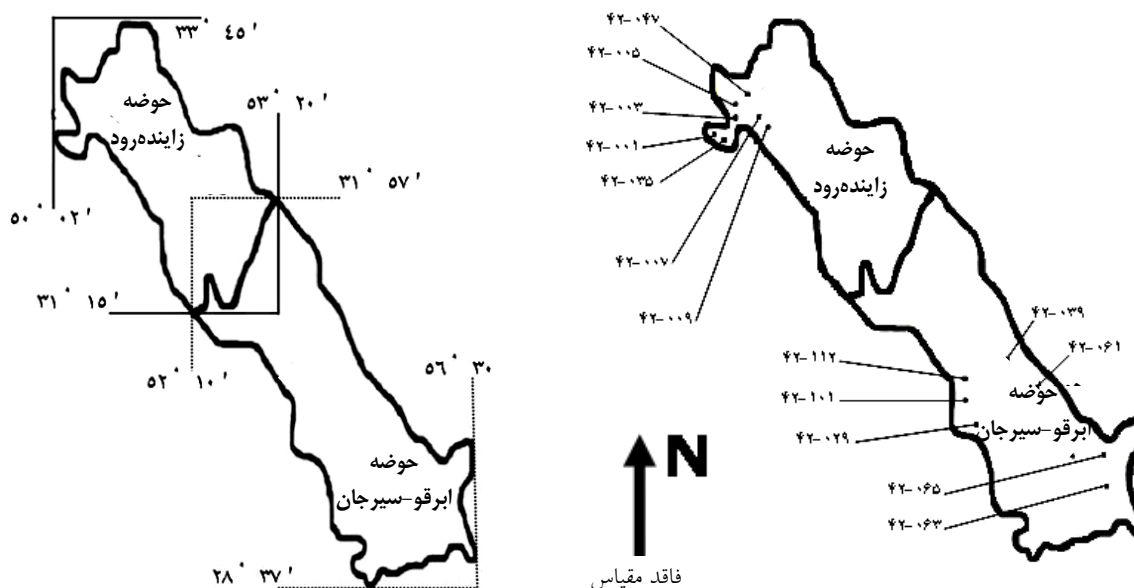
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات و موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه اصفهان و سیرجان یا حوضه باتلاق گاوخونی و کویر سیرجان، از جمله زیرحوضه‌های بزرگ مرکزی ایران است. مساحت این حوضه ۹۹۳۰۰ کیلومترمربع و خود به دو زیر حوضه اصلی زاینده‌رود و ابرقو-سیرجان با وسعت‌های به ترتیب ۴۱۵۲۱ و ۵۷۷۷۹ کیلومترمربع تقسیم می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۶۸ الف و ب). مختصات جغرافیایی این دو زیرحوضه در شکل ۱ نشان داده شده است.

هر ساله مقدار زیادی خاک از سطح حوضه‌های کشور توسط عوامل مختلف خصوصاً آب و باد فرسایش و به محل دیگر انتقال یافته و ضمن محدودسازی منابع آب و خاک، مشکلات اقتصادی و اجتماعی زیادی را پدید می‌آورد. از طرفی تجهیز کلیه حوضه‌ها به وسایل اندازه‌گیری و برداشت نمونه‌های مکرر و مرتب نه تنها از نظر عملی ممکن نیست بلکه مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار زیاد می‌باشد. بدین منظور یافتن روش‌هایی برای برآورد علمی و دقیق تولید رسوب در حوضه‌های کشور به منظور کنترل این فرآیند امری ضروری است. روش‌های تجزیه و تحلیل منطقه‌ای به واسطه امکان تهیه مدل‌های مناسب برآورد رسوب معلق و شناسایی عوامل دخیل در رسوبزایی زیرحوضه‌های فاقد ایستگاه اندازه‌گیری (تلوری، ۱۳۸۱) می‌توانند در این زمینه مؤثر باشند.

برای برآورد رسوب معلق زیرحوضه‌ها و نیز تعیین عوامل مؤثر در آن روابط زیادی توسط محققین مختلف ارائه شده است. چنانکه در روابط و مطالعات مختلف عوامل گوناگونی نظیر خاک و زمین‌شناسی زیرحوضه‌ها (Linsley and Franzini, 1979)؛ Mahmoudzadeh, 1996؛ Rashidi, 1997؛ حکیم‌خانی، ۱۳۷۷؛ قدیمی عروس محله و سبحانی، ۱۳۷۸؛ وروانی، ۱۳۸۰ و تلوری، ۱۳۸۱)، عوامل فیزیوگرافی (Linsley and Franzini, 1979)؛ Chen et al., 2006؛ Restrepo et al. 2006؛ عرب‌خردی و زرگر، ۱۳۷۴؛ مهرسرشت، ۱۳۷۵؛ قدیمی عروس محله و سبحانی، ۱۳۷۸؛ قنوتی، ۱۳۷۸؛ دادرسی، ۱۳۷۹ و عرب‌خردی، ۱۳۸۲). عامل کاربری اراضی و پوشش گیاهی (Linsley and Franzini, 1979)؛



شکل ۱- مختصات جغرافیایی و ایستگاه‌های رسوب سنجی منتخب در حوضه اصفهان و سیرجان

حوضه زاینده رود دارای اقلیم فراخشک تا بسیار مرطوب می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه از ۵۰ میلی‌متر در مناطق کویری تا ۱۴۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات متغیر است. حوضه ابرقو- سیرجان دارای اقلیمی با ویژگی بارندگی کم، دامنه نوسان حرارتی کم و بیش زیاد و خشکی می‌باشد. بارندگی حوضه در بخش وسیعی از آن ناچیز، در حاشیه شمالی و جنوبی حوضه ۳۰۰ و در بخش کوچکی از شرق و جنوب شرق آن ۵۰۰ میلی‌متر است (وزارت نیرو، ۱۳۶۸ الف و ب).

۲-۲- روش تحقیق

در راستای تهیه مدل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق در حوضه اصفهان و سیرجان مراحل زیر انجام گردید:

- تعیین ایستگاه‌های آب‌سنجی

ابتدا اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های آب‌سنجی و رسوب‌سنجی در کل حوضه جمع‌آوری و پس از ترسیم بارگراف دوره آماری رسوب، دبی روزانه، دبی حداکثر لحظه‌ای و بارندگی سالیانه آنها و همچنین کنترل نسبی کفایت اطلاعات با استفاده از آزمون Hurst (کارآموز و عراقی‌نژاد، ۱۳۸۴)، تعداد ۱۴ ایستگاه با دوره آماری مشترک ۱۱ سال (۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰) انتخاب شدند. موقعیت کلی ایستگاه‌های منتخب در شکل ۱ نشان داده شده است.

- جمع‌آوری اطلاعات و ویژگی‌ها

در این مرحله کلیه نقشه‌های مورد نیاز شامل نقشه‌های توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ای، زمین‌شناسی و کاربری اراضی حوضه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به همراه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۱:۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰۰ جمع‌آوری گردید. در تحقیق حاضر میانگین تولید رسوب روزانه به عنوان متغیر وابسته و خصوصیات مختلف فیزیوگرافی (ارتفاع حداقل حوضه، ارتفاع متوسط حوضه، اختلاف ارتفاع حداقل و حداکثر، ارتفاع حداکثر حوضه، زمان تمرکز به روش کالیفرنیا، زمان تمرکز به روش کریپیچ، طول حوضه، ضریب گراولوس، درصد شیب آبراهه اصلی، طول آبراهه اصلی، درصد شیب متوسط حوضه، محیط، مساحت، درصد اراضی با جهت غربی، شرقی، جنوبی، شمالی و اراضی دشتی، تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱، ۲، ۳ و کل آبراهه‌ها، ضریب انشعاب‌پذیری، فاصله مرکز ثقل تا خروجی، طول آبراهه اصلی به طول حوضه، نمره ناهمواری، نسبت ناهمواری، ضریب پیچان رودی، فاصله مرکز ثقل تا خروجی به طول آبراهه اصلی، فراوانی آبراهه) (فریفته، ۱۳۷۰؛ مهدوی، ۱۳۷۸ و Suresh, 2000)، اقلیمی (حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، درجه حرارت متوسط سالانه، ضریب خشکی دومارتن، بارندگی متوسط وزنی سالانه) (وزارت نیرو، ۱۳۶۸ الف و ب)، هیدرولوژیکی (دبی پیک با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال)، دبی متوسط ۵ ماهه مهر تا

بهمن، دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد و دبی متوسط سالانه) (وزارت نیرو، ۱۳۷۷)، کاربری اراضی (درصد اراضی جنگلی، مرتعی، کشاورزی و سایر کاربری‌ها) (وزارت جهاد سازندگی، ۱۳۷۵ و وزارت کشاورزی، ۱۳۷۶)، و زمین‌شناسی (نمره حساسیت به فرسایش) (فیض‌نیا، ۱۳۷۴) به عنوان متغیرهای مستقل در تهیه مدل استفاده شدند. همچنین از آنجایی که تفکیک و یا تشخیص نقش جزئی برخی از شرایط خاص حاکم بر هر حوضه (برای مثال وجود سد در بالادست ایستگاه پل زمانخان، ۰۰۹-۴۲) امکان‌پذیر نبوده لذا خصوصیات آن‌ها با توجه به شرایط فعلی حاکم صورت گرفته است. طبعاً در صورت وجود هر گونه تاثیر احتمالی بر فرآیند مدل‌سازی، امکان جداسازی و تحلیل تفاوت‌های احتمالی در روند بررسی از طریق کاربرد روش‌های تحلیل مورد استفاده در این تحقیق وجود خواهد داشت.

- آماده‌سازی داده‌ها

پالایش و آماده‌سازی داده‌ها از طریق تکمیل نواقص آماری داده‌های رسوب، دبی روزانه، دبی اوج و بارندگی با استفاده از روش‌های میانگین‌گیری و استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های معرف اقدام شد و در برخی موارد با ترسیم نمودار پراکنش اقدام به حذف داده‌های پرت گردید. در این قسمت همچنین مبادرت به تهیه منحنی‌های سنج رسوب^۱ گردید. تهیه معادلات سنج رسوب برای دوره‌های مختلف و همچنین طبقه‌بندی دبی آب (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴) به شکل کلی رابطه توانی و با استفاده از نرم‌افزار ROSOOB (وفاخواه، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱) صورت گرفته است. سپس بهترین روابط انتخاب و برای محاسبه دبی بلند مدت رسوب روزانه و همچنین رسوب ویژه سالیانه هر یک از ایستگاه‌ها استفاده شد. نرم‌افزار مزبور بر اساس برازش بهترین معادله وایازی^۲ بین داده‌های دبی آب و رسوب استوار بوده و سپس میزان رسوب کل را با توجه به منحنی تداوم جریان و احتمالات مربوط به هر دبی و در نتیجه رسوب تولیدی از آن محاسبه می‌نماید.

۲-۳- تهیه، ارزیابی و انتخاب مدل

به منظور تهیه مدل ریاضی منطقه ای برآورد رسوب در منطقه مورد مطالعه از وایازی چند متغیره^۳ و مفاهیم حاکم بر آن استفاده شد. برای استفاده از داده‌های بدست آمده برای مراحل بعدی تهیه مدل، نرمال بودن مقادیر رسوب بدست آمده مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام آزمون نرمال بودن داده‌های مستقل و وابسته از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف^۴ استفاده گردید (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷ و فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱).

ضریب تبیین (R^2) قابل قبول در سطح معنی داری ۹۵ و ۹۹ درصد، مدل‌های برتر با ارزیابی شاخص‌های خطای نسبی RE^y ، مجذور میانگین مربعات خطا $RMSE^A$ ، ضریب کارایی C_E^A و با استفاده از روابط ذیل انتخاب شدند (نجفی، ۱۳۸۲):

$$RE = \left| \frac{Y_e - Y_o}{Y_o} \right| \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Y_o - Y_e)^2}{n}} \quad (2)$$

$$C_E = \frac{\frac{1}{n} \sum_1^n (Y_o - \bar{Y}_o)^2 - \frac{1}{n} \sum_1^n (Y_o - Y_e)^2}{\frac{1}{n} \sum_1^n (Y_o - \bar{Y}_o)^2} \quad (3)$$

که در آنها Y_o مقادیر مشاهده‌ای میانگین رسوب معلق روزانه بر حسب تن در روز، Y_e مقادیر برآوردی میانگین رسوب معلق روزانه بر حسب تن در روز و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

محاسبات مربوط به خطای تخمین و نیز خطای تأیید مدل‌ها با استفاده از معیارهای فوق انجام و مناسبترین مدل برای مناطق همگن و یا برای کل زیر حوضه‌ها انتخاب گردید. خطای تأیید هر مدل با به کارگیری داده‌های وابسته و مستقل مربوط به هر زیرحوضه برای دوره زمانی غیر از سال‌های مشترک آماری محاسبه گردید. حتی‌الامکان سعی شده است که از داده‌های مربوط به یک دوره مشترک برای زیرحوضه‌های مربوط استفاده شده و نیز شرایط اقلیمی، کاربری اراضی و هیدرولوژیکی زیر حوضه‌ها نزدیک به شرایط موجود در دوره مشترک آماری باشد. شکل ۲ مراحل اجرایی روش کار تا رسیدن به هدف اصلی یعنی بدست آوردن مدل‌های مناسب تخمین مقادیر رسوبات معلق در زیر حوضه‌های اصفهان و سیرجان را نشان می‌دهد.

۳- نتایج

کلیه داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل ۴۹ متغیر فیزیوگرافیکی، زمین شناسی، کاربری اراضی، اقلیمی و هیدرولوژیکی به عنوان متغیر مستقل و مقادیر روزانه رسوب به عنوان متغیر وابسته برای ۱۴ ایستگاه انتخابی با طول دوره آماری مشترک ۱۱ سال می‌باشد. مقادیر مربوط به کلیه متغیرهای مستقل در جدول ۱ خلاصه شده است. پس از بررسی ارتباط بین مقادیر دبی و رسوب نیز معادلات سنجه رسوب برای ایستگاه‌های مختلف تهیه و در جدول ۲ آورده شده و همچنین نمونه‌ای از منحنی‌های سنجه رسوب به همراه

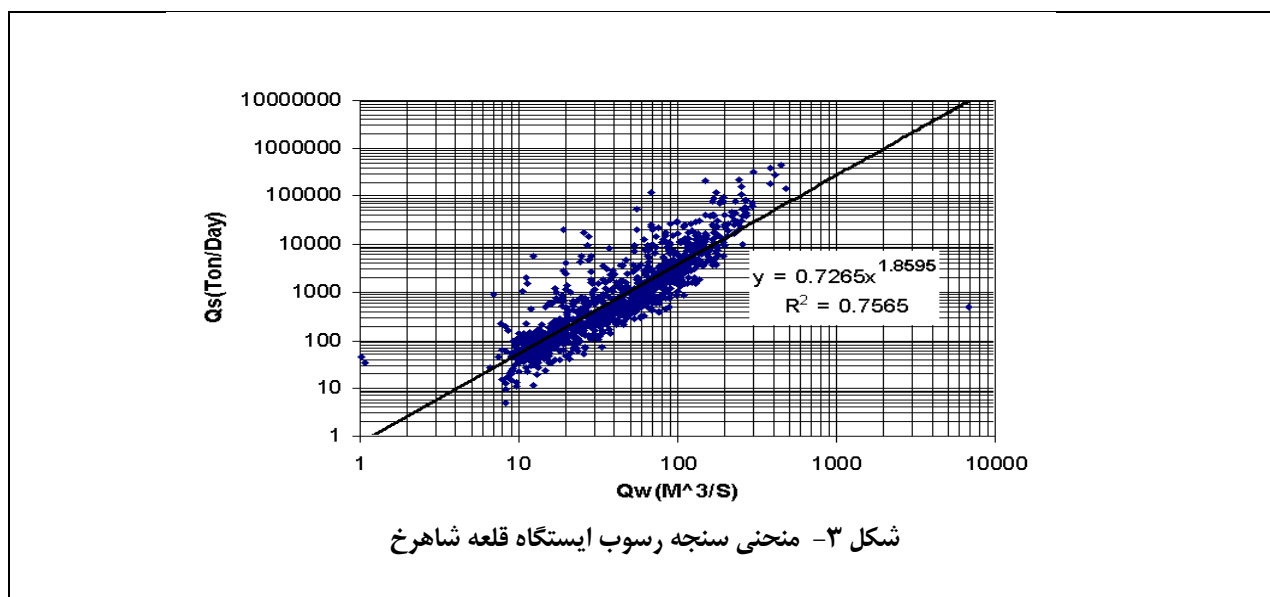
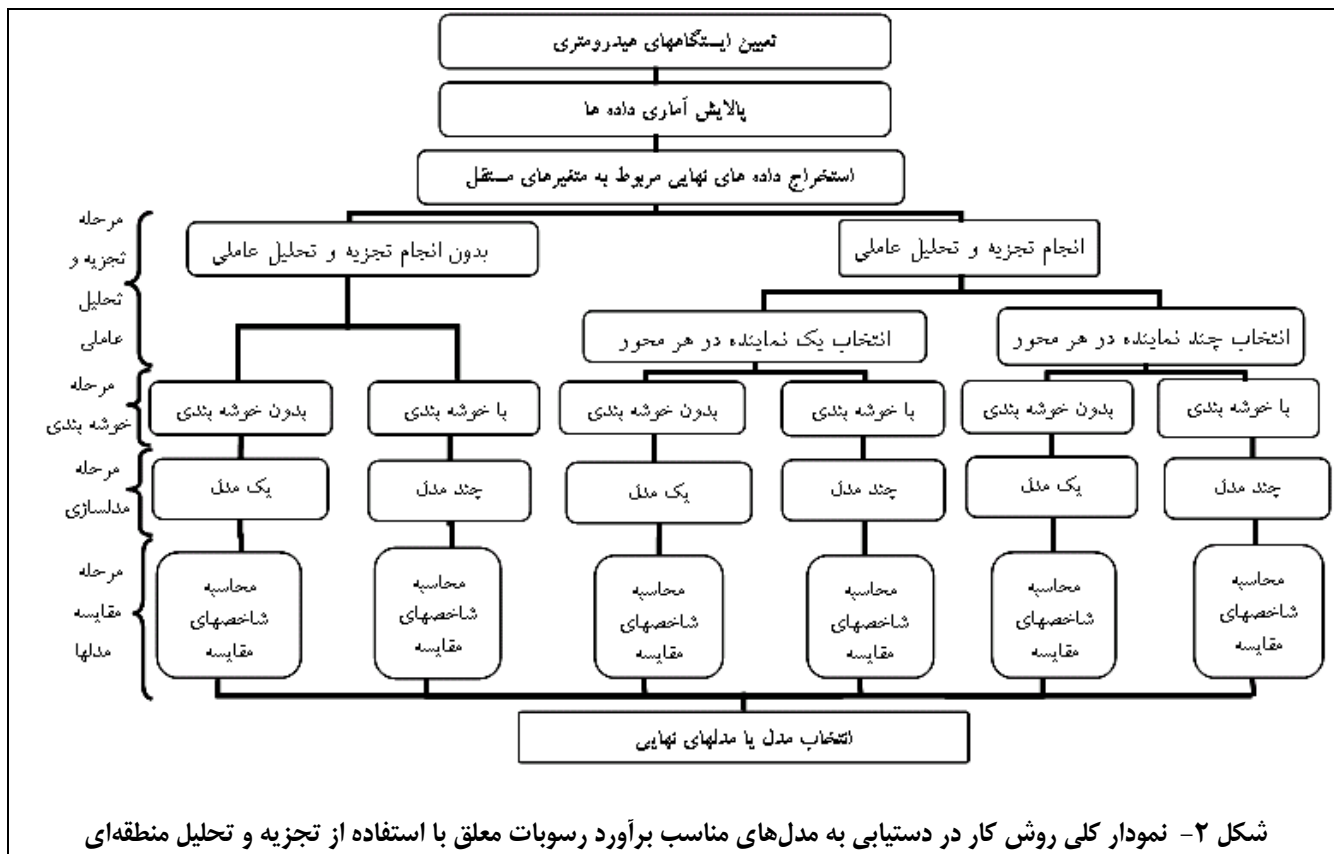
در مرحله بعدی و به منظور کاهش تعداد پارامترهای دخیل در فرآیند تهیه مدل و شناسایی عوامل اصلی مؤثر بر تولید رسوب از تجزیه و تحلیل عاملی^۵ استفاده و نرم افزار SPSS در این خصوص بکار گرفته شد (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷ و فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱). تعیین مهم‌ترین متغیرهای مستقل به دو روش شامل انتخاب یک نماینده در هر محور و انتخاب چند نماینده در هر محور انجام پذیرفت. همچنین به منظور شناسایی مناطق همگن و ضرورت استفاده از آنها در تهیه مدل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۶ استفاده شد. از آنجایی که نرمال بودن داده‌ها به منظور استاندارد نمودن آنها در استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای ضروری بوده لذا نرمال بودن داده‌ها کنترل و در صورت لزوم با استفاده از روش‌های موجود (Wheater and Cook, 2000) نرمال گردیدند. از آنجایی که تعداد خوشه‌های انتخابی اختیاری است (مقدم و همکاران، ۱۳۷۳)، بنابراین با توجه به شناخت زیر حوضه‌ها و ناحیه مطالعاتی و بررسی ویژگی‌های آنها نسبت به انتخاب بهترین روش خوشه‌بندی انجام شده توسط نرم افزار اقدام گردید. در مطالعه حاضر و با توجه به نمودار ارائه شده در شکل ۲، در سه مسیر (بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی، انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب یک و چند نماینده) و با روش‌های مختلف (نظیر بین گروهی، درون گروهی و نزدیکترین و دورترین همسایه) خوشه بندی انجام شده است. در انتخاب یک یا چند نماینده در هر محور به ترتیب یک یا چند متغیر مستقل با حداکثر قدرت تبیین تغییرات متغیر وابسته انتخاب شدند. طبعاً در صورت عدم خوشه بندی و یا ایجاد چند گروه همگن نیز به ترتیب یک و یا چند مدل تهیه گردید. در تحقیق حاضر بعد از خوشه‌بندی زیرحوضه‌ها و تعیین مناطق همگن، به منظور تأیید گروه‌بندی انجام شده در مرحله خوشه‌بندی و تعیین مهم‌ترین عوامل ممیزه گروه‌ها از تحلیل تشخیص یا تجزیه و تحلیل تفکیکی استفاده شد. برای انجام تجزیه و تحلیل تفکیکی از روش قدم به قدم (فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱ و زرگر، ۱۳۸۰) استفاده گردید.

در ادامه، اقدام به انجام وایازی چند متغیره با استفاده از کلیه روش‌های موجود شامل پیشرو، پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها و روش قدم به قدم (فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱) گردید. در این مرحله داده‌های میانگین رسوب معلق روزانه به عنوان متغیر وابسته و داده‌های فیزیوگرافی، زمین شناسی، کاربری اراضی، اقلیمی و هیدرولوژیکی به عنوان متغیرهای مستقل وارد محاسبات مربوط به وایازی چندگانه گردید.

از آنجایی که مدل‌های برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب تقریباً همیشه دارای خطا می‌باشند (Nearing, 1998)، بنابراین بعد از انجام وایازی چند متغیره و ساخت معادله وایازی مناسب با توجه به

است. پس از انجام مراحل ذکر شده، مدل‌های منتج از انجام وایازی چند متغیره حاصل و نتایج مربوطه در جدول ۶ خلاصه شده است. جدول ۷ نیز نتایج مربوط به ارزیابی کارایی مدل‌های مختلف بدست آمده با استفاده از شاخص‌های مختلف را نشان می‌دهد.

معادله مربوطه در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به روش کار ارائه شده نرمال بودن کلیه داده‌ها کنترل و توزیع نرمال آنها تأیید گردید. در ادامه انجام روش کار تجزیه و تحلیل عاملی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انجام و نتایج آنها به ترتیب در جداول ۳ تا ۵ ارائه شده



جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر	کد ایستگاه	متغیرهای فیزیوگرافی												
		طول حوضه (Km)	فراوانی آبراهه	زمان تمرکز (کریچ) (h)	زمان تمرکز (کالیفرنیا) (h)	جهت شیب (%)					مقدار متوسط شیب حوضه (%)	محیط (Km)	مساحت (Km ²)	
						شمال	جنوب	شرق	غرب	بی جهت				
۴۲-۰۰۱	۴۲-۰۰۱	۲۷/۰۰۰	۰/۰۱۸	۱/۴۱۵	۳/۵۰۰	۵۵/۰۰۰	۴۴/۹۹۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۵۶/۳۰۰	۷۲/۲۵۰	۴۳۰/۰	۴۲-۰۰۱
۴۲-۰۰۳	۴۲-۰۰۳	۵۳/۰۰۰	۰/۰۲۶	۲/۹۵۹	۷/۲۸۰	۳۱/۵۰۵	۴۵/۸۰۰	۹/۳۸۷	۱۰/۳۲۶	۳/۰۰۰	۳۷/۹۰۰	۱۸۱/۲۵۰	۱۹۱۷/۵	۴۲-۰۰۳
۴۲-۰۰۵	۴۲-۰۰۵	۳۴/۵۰۰	۰/۰۱۵	۳/۷۰۴	۳/۹۵۰	۴۱/۴۰۰	۳۰/۲۰۰	۰/۰۰۱	۱۶/۳۰۰	۱۲/۰۰۰	۲۷/۹۰۰	۱۴۱/۷۵۰	۱۶۰۰/۰	۴۲-۰۰۵
۴۲-۰۰۷	۴۲-۰۰۷	۸۳/۷۵۰	۰/۰۳۴	۴/۷۶۳	۱۰/۸۷۰	۳۴/۵۰۰	۳۹/۲۰۰	۵/۵۰۰	۸/۷۶۰	۱۱/۰۰۰	۲۹/۳۰۰	۳۴۵/۲۵۰	۵۰۵۰/۰	۴۲-۰۰۷
۴۲-۰۰۹	۴۲-۰۰۹	۹۳/۷۵۰	۰/۰۲۲	۵/۱۳۲	۱۴/۱۰۰	۳۱/۶۰۰	۳۵/۸۰۰	۸/۶۴۰	۱۳/۱۰۰	۱۰/۰۰۰	۲۸/۸۰۰	۳۶۰/۲۵۰	۵۷۶۶/۰	۴۲-۰۰۹
۴۲-۰۲۹	۴۲-۰۲۹	۶/۵۰۰	۰/۰۰۷	۲/۹۹۱	۰/۸۴۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۴/۰۰۰	۴۸/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	۱۰/۴۰۰	۱۲۰/۰۰۰	۱۰۱۱/۵	۴۲-۰۲۹
۴۲-۰۳۵	۴۲-۰۳۵	۹/۲۵۰	۰/۰۹۴	۰/۶۱۱	۰/۷۸۰	۵۵/۰۰۰	۴۴/۹۹۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۹/۰۰۰	۱۴/۲۵۰	۳۲/۰	۴۲-۰۳۵
۴۲-۰۳۹	۴۲-۰۳۹	۱۱/۷۵۰	۰/۰۱۵	۱/۱۵۷	۱/۴۴۰	۶۱/۰۰۰	۲۷/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۲/۰۰۰	۱۴/۷۰۰	۳۰/۵۰۰	۴۷/۷	۴۲-۰۳۹
۴۲-۰۴۷	۴۲-۰۴۷	۱۹/۵۰۰	۰/۰۴۵	۱/۲۲۲	۱/۳۶۰	۲۵/۰۰۰	۵۹/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۶/۰۰۰	۲۵/۶۰۰	۴۹/۲۵۰	۱۱۱/۹	۴۲-۰۴۷
۴۲-۰۶۱	۴۲-۰۶۱	۱۲/۵۰۰	۰/۰۸۶	۱/۲۸۴	۰/۹۹۰	۰/۰۰۱	۳۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۱۰/۰۰۰	۱۷/۱۰۰	۳۲/۰۰۰	۴۶/۳	۴۲-۰۶۱
۴۲-۰۶۳	۴۲-۰۶۳	۷/۲۵۰	۰/۰۳۳	۰/۵۹۷	۰/۷۵۰	۰/۰۰۱	۲۴/۰۰۰	۳۲/۰۰۰	۲۴/۰۰۰	۲۰/۰۰۰	۱۶/۴۰۰	۱۸/۷۵۰	۱۲۰/۰	۴۲-۰۶۳
۴۲-۰۶۵	۴۲-۰۶۵	۳۴/۲۵۰	۰/۰۳۳	۲/۰۳۲	۲/۷۸۰	۰/۰۰۱	۲۸/۰۰۰	۲۱/۰۰۰	۲۱/۰۰۰	۲۹/۹۹۹	۹/۶۰۰	۶۶/۰۰۰	۲۱۰/۲	۴۲-۰۶۵
۴۲-۱۰۱	۴۲-۱۰۱	۵/۲۵۰	۰/۳۲۹	۰/۴۰۱	۰/۵۰۰	۴۷/۵۰۰	۴۷/۵۰۰	۱/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴/۹۰۰	۱۶/۴۰۰	۱۳/۰۰۰	۹/۱	۴۲-۱۰۱
۴۲-۱۱۲	۴۲-۱۱۲	۷/۰۰۰	۰/۱۳۳	۰/۶۴۲	۰/۶۶۰	۰/۰۰۱	۳۲/۰۰۰	۳۱/۵۰۰	۳۱/۵۰۰	۵/۰۰۰	۲۴/۳۰۰	۲۰/۲۵۰	۲۲/۶	۴۲-۱۱۲

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر	کد ایستگاه	متغیرهای فیزیوگرافی													
		فاصله مرکز نقل حوضه تا خروجی (Km)	فاصله مرکز نقل تا خروجی به طول آبراهه اصلی	نمبره نامهوری	نسبت نامهوری	ضریب پیکان‌رویی	طول آبراهه اصلی به طول حوضه	ضریب انشعاب‌پذیری	تراکم زهکشی (Km/Km ²)			طول آبراهه اصلی (Km)	شیب آبراهه اصلی (%)		
									کل حوضه	آبراهه درجه ۱	آبراهه درجه ۲			آبراهه درجه ۳	
۴۲-۰۰۱	۴۲-۰۰۱	۱۲/۵۰۰	۰/۳۸۲	۱۲۶/۰۰۰	۴۶/۶۰۲	۱/۳۱۰	۱/۲۱۳	۲/۲۵۰	۰/۱۰۵	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۳۲/۷۵۰	۳۷/۹	۴۲-۰۰۱
۴۲-۰۰۳	۴۲-۰۰۳	۲۳/۷۵۰	۰/۳۵۷	۲۵۳/۵۰۰	۲۷/۹۰۷	۱/۳۱۰	۱/۲۵۵	۷/۸۵۰	۰/۱۶۹	۰/۰۸۷	۰/۰۵۸	۰/۰۲۴	۶۶/۵۰۰	۲۳/۰	۴۲-۰۰۳
۴۲-۰۰۵	۴۲-۰۰۵	۱۷/۲۵۰	۰/۴۱۶	۱۹۰/۹۹۵	۱۰۲/۰۰۰	۲/۰۷۵	۱/۲۰۳	۴/۳۸۰	۰/۱۰۷	۰/۰۶۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱۰	۴۱/۵۰۰	۵/۰	۴۲-۰۰۵
۴۲-۰۰۷	۴۲-۰۰۷	۳۸/۷۵۰	۰/۳۷۹	۳۱۵/۷۰۰	۵۱/۳۳۳	۱/۲۵۱	۱/۲۲۱	۴/۴۵۰	۰/۱۶۴	۰/۰۹۷	۰/۰۴۴	۰/۰۲۳	۱۰۲/۲۵۰	۱۵/۸	۴۲-۰۰۷
۴۲-۰۰۹	۴۲-۰۰۹	۴۶/۲۵۰	۰/۳۵۴	۳۲۳/۵۶۵	۴۰/۷۰۰	۱/۴۲۶	۱/۳۹۲	۴/۰۷۰	۰/۱۵۹	۰/۰۹۳	۰/۰۴۱	۰/۰۲۵	۱۳۰/۵۰۰	۲۱/۲	۴۲-۰۰۹
۴۲-۰۲۹	۴۲-۰۲۹	۱۴/۰۰۰	۲/۰۵۹	۵/۲۰۸	۱۳/۵۶۳	۱/۱۶۷	۱/۰۹۴	۲/۰۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۳۵/۰۰۰	۶/۲	۴۲-۰۲۹
۴۲-۰۳۵	۴۲-۰۳۵	۲/۵۰۰	۰/۲۷۰	۲۸۴/۸۵۰	۲۷/۰۰۰	۳/۰۸۳	۱/۰۰۰	۲/۰۰۰	۰/۲۱۱	۰/۱۴۸	۰/۰۶۳	۰/۰۰۱	۹/۲۵۰	۲۶/۸	۴۲-۰۳۵
۴۲-۰۳۹	۴۲-۰۳۹	۶/۲۵۰	۰/۴۴۶	۶۰۷/۰۵۰	۸۰/۸۵۱	۱/۲۴۴	۱/۱۹۱	۴/۰۰۰	۰/۶۳۹	۰/۵۲۴	۰/۱۱۵	۰/۰۰۱	۱۴/۰۰۰	۱۱/۷	۴۲-۰۳۹
۴۲-۰۴۷	۴۲-۰۴۷	۱۲/۰۰۰	۰/۷۲۷	۶۱۰/۰۹۰	۹۲/۵۶۴	۱/۱۷۹	۰/۸۴۶	۴/۰۰۰	۰/۳۳۸	۰/۳۳۷	۰/۱۰۱	۰/۰۰۱	۱۶/۵۰۰	۱۴/۱	۴۲-۰۴۷
۴۲-۰۶۱	۴۲-۰۶۱	۶/۷۵۰	۰/۵۲۹	۳۹۵/۶۶۶	۸۷/۴۴۰	۱/۰۶۳	۱/۰۲۰	۳/۰۰۰	۰/۳۶۲	۰/۲۰۵	۰/۱۵۷	۰/۰۰۱	۱۲/۷۵۰	۷/۴	۴۲-۰۶۱
۴۲-۰۶۳	۴۲-۰۶۳	۴/۰۰۰	۰/۵۷۱	۶۲/۴۰۰	۸۶/۶۶۷	۱/۱۶۷	۰/۹۶۶	۳/۰۰۰	۰/۰۹۶	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۷/۰۰۰	۱۶/۳	۴۲-۰۶۳
۴۲-۰۶۵	۴۲-۰۶۵	۱۲/۵۰۰	۰/۴۹۵	۳۲۳/۰۰۰	۴۴/۹۴۴	۱/۱۲۲	۰/۷۳۷	۶/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۲۴۳	۰/۰۸۰	۰/۰۰۱	۲۵/۲۵۰	۸/۸	۴۲-۰۶۵
۴۲-۱۰۱	۴۲-۱۰۱	۲/۵۰۰	۰/۴۵۵	۸۱۳/۶۰۰	۲۴۰/۰۰۰	۱/۱۵۸	۱/۰۴۸	۲/۰۰۰	۰/۹۰۴	۰/۷۱۲	۰/۱۹۲	۰/۰۰۱	۵/۵۰۰	۲۸/۲	۴۲-۱۰۱
۴۲-۱۱۲	۴۲-۱۱۲	۳/۷۵۰	۰/۵۰۰	۶۲۰/۴۰۰	۱۵۱/۷۲۴	۱/۱۵۴	۱/۰۷۱	۲/۰۰۰	۰/۵۶۴	۰/۴۳۱	۰/۱۳۳	۰/۰۰۱	۷/۵۰۰	۱۵/۵	۴۲-۱۱۲

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر	متغیرهای فیزیوگرافی			کاربری اراضی (%)				متغیرهای اقلیمی				کد ایستگاه
	ارتفاع حداکثر (m)	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع متوسط حوضه (m)	سایر	چمن	کشتزار	کشتزار	ضریب خشکی دومازن	درجه حرارت متوسط سالیانه (°C)	بارندگی متوسط سالیانه (mm)	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال (mm)	
۴۲-۰۰۱	۱۲۰۰/۰	۲۳۰۰/۰	۲۸۴۱/۰	۱/۰۰۰	۹۹/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۸۷/۹۱۱	۷/۰۰	۱۴۹۴/۴۸۰	۹۴/۸۲۰	۴۲-۰۰۱
۴۲-۰۰۳	۱۵۰۰/۰	۲۱۰۰/۰	۲۶۴۹/۰	۲/۰۰۰	۶۴/۱۰۰	۲/۵۰۰	۱۸/۳۰۰	۳۰/۸۲۲	۸/۴۵	۵۶۸/۶۶۰	۵۷/۵۲۰	۴۲-۰۰۳
۴۲-۰۰۵	۱۷۸۵/۰	۲۱۳۰/۰	۲۳۳۹/۰	۲/۱۹۰	۲۸/۰۰۰	۰/۰۰۱	۶۹/۸۰۰	۲۴/۸۷۴	۹/۰۰	۴۷۲/۶۱۰	۴۳/۸۲۰	۴۲-۰۰۵
۴۲-۰۰۷	۱۹۲۵/۰	۱۹۹۰/۰	۲۳۵۰/۰	۲/۵۰۰	۵۲/۰۰۰	۶/۹۰۰	۳۷/۵۰۰	۱۵/۷۴۶	۹/۲۰	۳۰۲/۳۳۰	۳۹/۴۰۰	۴۲-۰۰۷
۴۲-۰۰۹	۲۰۳۵/۰	۱۸۸۰/۰	۲۴۲۰/۰	۰/۰۰۱	۵۶/۵۰۰	۶/۰۰۰	۳۶/۶۰۰	۲۰/۹۵۶	۱۰/۱۱	۴۲۱/۴۳۰	۵۸/۸۳۰	۴۲-۰۰۹
۴۲-۰۲۹	۴۳۴/۰	۱۹۶۰/۰	۲۲۵۰/۰	۱/۲۰۰	۱۱/۰۰۰	۸۷/۸۰۰	۱/۰۰۱	۱۲/۲۸۵	۱۲/۵۰	۲۷۶/۴۲۰	۴۳/۱۶۰	۴۲-۰۲۹
۴۲-۰۳۵	۱۳۵۰/۰	۲۲۵۰/۰	۲۶۰۰/۰	۰/۵۰۰	۹۹/۵۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۸۴/۲۳۴	۷/۵۰	۱۴۷۴/۱۰۰	۹۲/۵۶۰	۴۲-۰۳۵
۴۲-۰۳۹	۹۵۰/۰	۲۶۵۰/۰	۲۶۵۰/۰	۱/۵۰۰	۸۱/۰۰۰	۱۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۱۷/۳۳۰	۱۱/۰۰	۲۶۳/۹۳۰	۴۷/۲۴۰	۴۲-۰۳۹
۴۲-۰۴۷	۱۸۰۵/۰	۲۱۱۰/۰	۲۵۸۵/۰	۱/۸۰۰	۵۸/۰۰۰	۱۳/۲۰۰	۲۷/۰۰۰	۲۳/۲۰۹	۸/۶۳	۴۳۲/۲۹۰	۴۶/۰۶۰	۴۲-۰۴۷
۴۲-۰۶۱	۱۰۹۳/۰	۲۳۵۰/۰	۲۶۵۰/۰	۰/۹۰۰	۸۷/۰۰۰	۱۲/۱۰۰	۰/۰۰۱	۱۶/۰۰۸	۱۲/۲۵	۲۵۶/۱۸۰	۴۶/۲۳۰	۴۲-۰۶۱
۴۲-۰۶۳	۶۵۰/۰	۲۴۰۰/۰	۲۴۰۰/۰	۱/۰۷۰	۹۸/۹۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۶/۷۷۵	۱۲/۵۰	۱۵۲/۴۳۰	۲۸/۳۶۰	۴۲-۰۶۳
۴۲-۰۶۵	۱۰۰۰/۰	۲۴۵۰/۰	۲۴۵۰/۰	۱/۳۰۰	۸۷/۰۰۰	۱۱/۷۰۰	۰/۰۰۱	۱۰/۴۷۹	۱۳/۵۰	۲۴۶/۲۶۰	۳۱/۹۷۰	۴۲-۰۶۵
۴۲-۱۰۱	۹۰۰/۰	۲۷۲۵/۰	۲۷۲۵/۰	۰/۷۰۰	۷۵/۰۰۰	۲۴/۳۰۰	۰/۰۰۱	۱۹/۰۶۴	۱۱/۲۵	۴۰۵/۱۱۰	۵۴/۸۷۰	۴۲-۱۰۱
۴۲-۱۱۲	۱۱۰۰/۰	۲۵۰۰/۰	۳۰۰۰/۰	۰/۹۰۰	۶۵/۰۰۰	۳۴/۱۰۰	۰/۰۰۱	۱۷/۲۶۵	۱۰/۰۰	۳۴۵/۳۰۰	۴۳/۰۸۰	۴۲-۱۱۲

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر	متغیرهای هیدرولوژی (m^3/s)										کد ایستگاه	
	مقاومت به فرسایش سازندها	دبی متوسط سالیانه	دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد	دبی متوسط ۵ ماهه مهر تا بهمن	دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف (سال)							
					۲	۵	۱۰	۲۰	۲۵	۵۰		۱۰۰
۴۲-۰۰۱	۷/۴۰۰	۸/۸۵۰	۱۲/۷۰۰	۴/۵۶۹	۲۲/۲۰	۲۷/۱۰	۲۹/۶۰	۳۱/۸۰	۳۲/۴۰	۳۴/۱۰	۳۵/۷۰	۴۲-۰۰۱
۴۲-۰۰۳	۶/۱۰۰	۳۸/۳۱۰	۷۰/۹۴۰	۱۲/۰۰۲	۳۱۹/۱۰	۴۹۵/۰۰	۶۱۱/۴۰	۷۲۳/۱۰	۷۵۸/۵۰۰	۸۶۷/۷۰	۹۷۶/۰۰	۴۲-۰۰۳
۴۲-۰۰۵	۲/۲۰۰	۳/۶۸۰	۶/۶۵۰	۴۵/۴۵۶	۲۷/۰۰	۸۳/۶۰	۱۶۰/۷۰	۲۸۵/۳۰	۳۳۹/۱۰۰	۵۶۴/۹۰	۹۱۱/۳۰	۴۲-۰۰۵
۴۲-۰۰۷	۵/۰۰۰	۳۴/۶۹۰	۲۰/۴۹۰	۲۲/۳۹۰	۱۲۴/۱۰	۱۵۲/۵۰	۱۷۱/۲۰	۱۸۹/۲۰	۱۹۵/۰۰	۲۱۲/۵۰	۲۲۹/۹۰	۴۲-۰۰۷
۴۲-۰۰۹	۵/۰۰۰	۵۱/۸۰۰	۵۹/۹۶۰	۲۷/۱۵۵	۱۰۹/۳۰	۱۴۳/۰۰	۱۶۹/۷۰	۱۹۸/۳۰	۲۰۸/۰۰	۲۳۹/۸۰	۲۷۴/۴۰	۴۲-۰۰۹
۴۲-۰۲۹	۴/۴۸۰	۱/۰۶۰	۱/۶۴۰	۰/۷۷۷	۳۱/۰۰	۶۰/۸۰	۸۴/۸۰	۱۱۱/۰۰	۱۱۹/۹۰	۱۴۹/۵۰	۱۸۱/۹۰	۴۲-۰۲۹
۴۲-۰۳۵	۷/۱۰۰	۱۱/۸۴۰	۱۹/۶۶۰	۲/۶۵۵	۵۹/۹۰	۷۱/۵۰	۷۷/۵۰	۸۲/۵۰	۸۳/۹۰	۸۸/۱۰	۹۱/۸۰	۴۲-۰۳۵
۴۲-۰۳۹	۱۰/۴۰۰	۰/۲۹۰	۰/۵۷۰	۰/۲۱۲	۱۷/۴۰	۳۵/۶۰	۴۸/۷۰	۶۱/۸۰	۶۵/۹۰	۷۹/۰۰	۹۲/۱۰	۴۲-۰۳۹
۴۲-۰۴۷	۵/۱۰۰	۰/۳۳۰	۰/۴۷۰	۰/۵۲۳	۴/۸۰	۱۴/۷۰	۲۳/۰۰	۳۲/۰۰	۳۴/۹۰	۴۴/۵۰	۵۴/۴۰	۴۲-۰۴۷
۴۲-۰۶۱	۵/۰۰۰	۰/۴۵۰	۰/۷۰۰	۰/۴۴۴	۲۱/۰۰	۳۲/۰۰	۳۷/۸۰	۴۲/۵۰	۴۳/۹۰	۴۷/۹۰	۵۱/۵۰	۴۲-۰۶۱
۴۲-۰۶۳	۲/۳۰۰	۰/۶۱۰	۱/۰۸۰	۱/۵۱۰	۱۸/۷۰	۳۵/۶۰	۴۷/۴۰	۵۹/۰۰	۶۲/۷۰	۷۴/۲۰	۸۵/۶۰	۴۲-۰۶۳
۴۲-۰۶۵	۸/۵۰۰	۱/۲۸۰	۲/۳۵۰	۱/۲۳۵	۴۱/۰۰	۹۱/۸۰	۱۳۴/۵۰	۱۸۰/۸۰	۱۹۶/۴۰	۲۴۷/۰۰	۳۰۰/۵۰	۴۲-۰۶۵
۴۲-۱۰۱	۵/۵۰۰	۰/۰۹۰	۰/۱۷۰	۰/۰۸۵	۱۴/۶۰	۴۵/۹۰	۷۲/۸۰	۱۰۱/۶۰	۱۱۱/۳۰	۱۴۲/۲۰	۱۷۴/۵۰	۴۲-۱۰۱
۴۲-۱۱۲	۵/۴۰۰	۰/۰۷۰	۰/۱۹۰	۰/۰۰۱	۱/۱۰	۲/۵۰	۴/۵۰	۷/۴۰	۸/۷۰	۱۳/۶۰	۲۰/۶۰	۴۲-۱۱۲

جدول ۲- معادلات مربوط به منحنی‌های رسوب ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد ایستگاه	معادله منحنی رسوب	R^2
چهلگرد	۴۲-۰۰۱	$Q_S = 2/1515 Q_W^{1/213}$	0/55
قلعه شاهرخ	۴۲-۰۰۳	$Q_S = 0/7265 Q_W^{1/589}$	0/76
اسکندری	۴۲-۰۰۵	$Q_S = 9/945 Q_W^{1/329}$	0/89
سد زاینده رود (تنظیمی)	۴۲-۰۰۷	$Q_S = 4/102 Q_W^{1/55}$	0/54
پل زمانخان	۴۲-۰۰۹	$Q_S = 0/414 Q_W^{1/882}$	0/58
بند پایین	۴۲-۰۲۹	$Q_S = 10/084 Q_W^{1/265}$	0/71
تونل دوم (دره در)	۴۲-۰۳۵	$Q_S = 1/922 Q_W^{1/271}$	0/72
مدوار	۴۲-۰۳۹	$Q_S = 7/533 Q_W^{1/275}$	0/72
مندرجان	۴۲-۰۴۷	$Q_S = 20/183 Q_W^{1/281}$	0/88
آبدرمیان	۴۲-۰۶۱	$Q_S = 13/055 Q_W^{1/286}$	0/78
رمزج	۴۲-۰۶۳	$Q_S = 24/096 Q_W^{1/322}$	0/84
سوچ	۴۲-۰۶۵	$Q_S = 18/721 Q_W^{1/525}$	0/92
کرخنگان	۴۲-۱۰۱	$Q_S = 14/449 Q_W^{1/997}$	0/89
نیر پشتکوه	۴۲-۱۱۲	$Q_S = 12/617 Q_W^{1/426}$	0/83

در معادلات فوق Q_w دبی آب به m^3/s و Q_s دبی میانگین رسوب معلق روزانه به ton/day می‌باشد.

جدول ۳- فاکتورهای اصلی استخراجی در تجزیه و تحلیل عاملی در دو حالت مختلف

حالت اول : انتخاب یک نماینده در هر محور							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
طول آبراهه اصلی حوضه	حد اکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۳ سال	نمونه ناهمواری	دبی بیک با دوره بازگشت ۳۰ سال	درصد اراضی کشاورزی	درصد اراضی مرتعی	نمونه زمین شناسی	ارتفاع متوسط حوضه
حالت دوم : انتخاب چند نماینده در هر محور							
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
طول آبراهه اصلی، دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد	حد اکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۳ سال، شیب متوسط حوضه، درصد جهت جنوبی	نمونه ناهمواری، تراکم کل رهگشی	دبی بیک با دوره بازگشت ۳۰ سال	درصد اراضی کشاورزی، شیب آبراهه اصلی	درصد اراضی مرتعی	نمونه زمین شناسی	ارتفاع متوسط حوضه
طول آبراهه اصلی به طول حوضه							

جدول ۴- نتایج تحلیل خوشه‌ای در سه حالت مختلف (کدهای ایستگاه رسوب سنجی نشان دهنده زیرحوضه‌ها می‌باشند)

بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی	منطقه همگن	روش برتر انتخاب شده: Ward									
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب یک نماینده در هر محور	منطقه همگن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	منطقه همگن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب چند نماینده در هر محور	منطقه همگن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	منطقه همگن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

جدول ۵- تجزیه و تحلیل توابع متمایز کننده مربوط به تحلیل خوشه‌ای

مسیر تحلیل خوشه‌ای	نتایج	بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی	با انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب یک نماینده در هر محور	با انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب چند نماینده در هر محور
تابع متمایز کننده		۱	۱	۱
ریشه پنهان ماتریس همبستگی		۴۱۰۴/۸۹۱	۸۲/۹۲۳	۱۰۶۲/۶۷۵
درصد توضیح واریانس		۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰/۰۰۰
همبستگی کانونیک		۰/۹۹	۰/۹۹۴	۰/۹۹
Wilk ' s Lambda		۰/۰۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱
Chi-Square		۶۶/۵۶۱	۳۳/۲۲۴	۴۱/۸۱۷
درجه آزادی		۸	۹	۱۲

جدول ۶- مدل‌های وایزی بدست آمده از روش‌های مختلف

شماره مدل	مدل	R ^۲	روش برتر انجام وایزی چند متغیره
۴	$Y = -0.465x_1 + 6.002x_7 - 345.038x_8 - 0.13x_{10} - 208.936x_{18} - 7.275x_{19} + 21.339x_{28} + 12.615x_{32} + 4.392x_{37} + 0.569x_{42} - 81.247x_{44} + 951.376x_{47} - 3148.932x_{49} - 386.873$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۵	$Y = 4.456x_{16} + 3.53x_{39} - 10.465x_5 - 38.656x_{32} + 33.226$	۰/۹۰	پسرو
۶	$Y = -10.157x_{16} - 5.630x_4 - 1.952x_{46} + 0.692x_{39} - 4.929x_5 - 10.159x_6 + 39.083x_{32} + 0.721x_9 + 1001.485x_{47} + 30.926x_{34} + 31.808x_{28} - 27.774x_{15} - 2.587x_{17} - 1568.913$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۷	$Y = 8.145x_1 - 44.382x_8 + 132770.22x_{49} - 5355.806$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۸	$Y = 4.328x_5 + 2.945x_7 - 0.204x_9 - 135.952x_{18} + 2062.132x_{26} - 8.702x_{32} + 0.397x_{40} - 4.119x_{44} - 322.407x_{49} + 763.497$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۹	$Y = 8.132x_9 - 9.848x_{46} + 6648.086x_{47} - 24750.563$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۱۰	$Y = 2.655x_5 - 3.697x_6 - 0.19x_9 - 3.987x_{16} + 4.202x_{17} + 10.371x_{32} - 4.404x_{34} - 0.408x_{46} - 139.733x_{47} + 1122.487$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۱۱	$Y = 188.937x_{32} + 3.453x_{39} - 3.919x_{46} + 4764.936x_{47} - 5996.599$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها
۱۲	$Y = -0.311x_4 + 7.952x_5 - 5.534x_6 - 4.714x_{16} - 6.504x_{32} + 1.808x_{39} - 0.559x_{46} + 428.484x_{47} + 318.953$	۰/۹۹	پسرو، حذفی، ورود تمام متغیرها

Y: میانگین رسوب معلق روزانه، X_۱: بارندگی متوسط سالانه، X_۴: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، X_۵: درصد اراضی کشاورزی، X_۶: درصد اراضی مرتعی، X_۷: درصد اراضی جنگلی، X_۸: درصد سایر کاربری‌ها، X_۹: ارتفاع متوسط حوضه، X_{۱۰}: ارتفاع حداقل حوضه، X_{۱۵}: درصد شیب متوسط حوضه، X_{۱۶}: طول آبراهه اصلی، X_{۱۷}: درصد شیب آبراهه اصلی، X_{۱۸}: ضریب گراولوس، X_{۱۹}: طول حوضه، X_{۲۶}: تراکم زهکشی آبراهه درجه ۳، X_{۲۸}: درصد اراضی با جهت جنوبی، X_{۳۲}: نمره زمین شناسی، X_{۳۳}: دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد، X_{۳۷}: دبی پیک با دوره بازگشت ۵ سال، X_{۳۹}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال، X_{۴۰}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۵ سال، X_{۴۳}: دبی پیک با دوره بازگشت ۱۰۰ سال، X_{۴۴}: ضریب پیچان رودی، X_{۴۶}: نمره ناهمواری، X_{۴۷}: طول آبراهه اصلی به طول حوضه، X_{۴۹}: فراوانی آبراهه

جدول ۷- مدل‌های وایازی بدست آمده از روش‌های مختلف

شماره مدل	مسیرهای مدل‌سازی طبق نمودار کلی روش کار اجرایی	شاخص‌های محاسبه خطای تخمین مدل‌ها				شاخص‌های محاسبه خطای تأیید مدل‌ها				
		واریانس خطا	RE(%)	RMSE	C _E	R ²	واریانس خطا	RE(%)	RMSE	C _E
۴	بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی - بدون خوشه‌بندی	۷۰۷/۹۴	۹/۷۸	۰/۴۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۰۸۱۸۶۰۱۱	۱۲۳۰۴/۵۸	۶۹۶/۳۵	۰/۲۱
۵	انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یک نماینده در هر محور - بدون خوشه‌بندی	۳۷۷۶۲۳۰	۵۹۰/۱۲	۱۷۷/۲۶	۰/۹۳	۰/۹۰	۸۱۴۸۳۶۵۴	۲۵۴۶/۹۷	۵۰۴/۶۲	۰/۵۸
۶	انجام تجزیه و تحلیل عاملی و چند نماینده در هر محور - بدون خوشه‌بندی	۱۳۴۵/۹۰	۱۴/۴۳	۱۹/۵۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۷۴۹۷۶۹/۱۵	۲۶۸/۵۲	۱۸۶/۹۱	۰/۹۴
۷	انجام تجزیه و تحلیل عاملی - با خوشه‌بندی	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۵۸۹/۲۷	۲۵/۹۰	۲۴۳/۴۴	۰/۹۵۸
۸	منطقه همگن ۲	۹۹۵/۵۸	۲۳/۷۷	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۱۵۶۵۶۵	۴۸۴/۷۴	۲۷/۰۲	۰/۹۷
۹	انجام تجزیه و تحلیل عاملی و چند نماینده در هر محور - با خوشه‌بندی	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۵۷۴/۷۸	۲۵/۵۸	۲۴۳/۶۸	۰/۹۶
۱۰	منطقه همگن ۲	۹۸۵/۳۴	۱۵/۲۸	۰/۶۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۳۳۲۳/۸۱	۳۷/۳۱	۲۸/۴۴	۰/۹۶
۱۱	انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یک نماینده در هر محور - با خوشه‌بندی	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۶۹۳/۰۴	۲۴/۰۸	۲۲۱/۰۸	۰/۹۶
۱۲	منطقه همگن ۲	۱۳۴/۸۸	۵/۶۲	۰/۲۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۷۲۳۸۶۴۱	۹۳۶/۸۰	۵۰/۹۸	۰/۷۱

جدول ۸- بهترین مدل‌های منتخب وایازی برآورد میانگین رسوب معلق روزانه با توجه به شاخص‌های مقایسه

شماره مدل	مسیرهای مدل‌سازی طبق نمودار کلی روش کار اجرایی	شاخص‌های محاسبه خطای تخمین مدل‌ها				شاخص‌های محاسبه خطای تأیید مدل‌ها				
		واریانس خطا	RE(%)	RMSE	C _E	R ²	واریانس خطا	RE(%)	RMSE	C _E
۴	بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی - بدون خوشه‌بندی	۷۰۷/۹۳۵	۹/۷۸	۰/۴۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۰۸۱۸۶۰۱۱	۱۲۳۰۴/۵۸	۶۹۶/۳۵	۰/۲۱
۱۱	با انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یک نماینده در هر محور - منطقه همگن ۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۶۹۳/۰۴	۲۴/۰۸	۲۲۱/۰۸	۰/۹۶
۱۲	منطقه همگن ۲	۱۳۴/۸۷۶	۵/۶۲	۰/۲۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۷۲۳۸۶۴۱	۹۳۶/۸۰	۵۰/۹۸	۰/۷۱

جدول ۹- مدل‌های نهایی پذیرفته شده به همراه معرفی پارامترهای موجود

شماره مدل	مدل	دامنه کاربرد
۴	$Y = -0.465X_1 + 6.00X_7 - 345.038X_8 - 0.13X_{10} - 208.936X_{18} - 7.275X_{19} + 21.339X_{28} + 12.615X_{32} + 4.392X_{37} + 0.569X_{42} - 81.247X_{44} + 951.376X_{24} - 3148.932X_{49} - 386.873$	کل زیرحوضه‌ها
۱۱	$Y = 188.937X_{32} + 3.453X_{39} - 3.919X_{46} + 4764.936X_{24} - 5996.599$	منطقه همگن ۱
۱۲	$Y = -0.311X_4 + 7.952X_5 - 5.534X_6 - 4.714X_{16} - 6.504X_{32} + 1.808X_{39} - 0.559X_{46} + 428.484X_{24} + 318.953$	منطقه همگن ۲

Y: میانگین رسوب معلق روزانه، X_۱: بارندگی متوسط سالانه، X_۴: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، X_۵: درصد اراضی کشاورزی، X_۶: درصد اراضی مرتعی، X_۷: درصد اراضی جنگلی، X_۸: درصد سایر کاربری‌ها، X_{۱۰}: ارتفاع حداقل حوضه، X_{۱۶}: طول آبراهه اصلی، X_{۱۸}: ضریب گراولوس، X_{۱۹}: طول حوضه، X_{۲۴}: تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱، X_{۲۸}: درصد اراضی با جهت جنوبی، X_{۳۲}: نمره زمین شناسی، X_{۳۷}: دبی پیک با دوره بازگشت ۵ سال، X_{۳۹}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال، X_{۴۲}: دبی پیک با دوره بازگشت ۱۰۰ سال، X_{۴۴}: ضریب پیچان رودی، X_{۴۶}: نمره ناهمواری، X_{۴۹}: فراوانی آبراهه

۴- بحث و جمع بندی

در این تحقیق به ترتیب ۳۰، ۴، ۴، ۱۰ و ۱ متغیر مستقل فیزیوگرافی، کاربری اراضی، اقلیمی، هیدرولوژیکی و زمین شناسی به منظور تخمین متغیر وابسته میانگین رسوب معلق روزانه استفاده شد. کثرت و تنوع چنین پارامترهایی تاکنون در هیچ یک از کارهای انجام شده در این مورد دیده نمی‌شود. چنانکه عرب خدري و زرگر (۱۳۷۴) ۱۱ ویژگی، حکیم خانی (۱۳۷۷) ۱۹ ویژگی، رستمی و همکاران (۱۳۸۱) ۲۰ ویژگی و وفاخواه (۱۳۸۱) ۱۴ ویژگی را به عنوان متغیرهای مستقل مدنظر قرار داده‌اند. در برخی از مطالعات نیز صرفاً به بررسی ارتباط تغییر تولید رسوب با تنها یک یا دو متغیر (Walling 2006) پرداخته شده است. در این میان تنها (Mahmoudzadeh 1996) ۵۷ متغیر مؤثر در پتانسیل تولید رسوب را مدنظر قرار داده است. متغیرهایی نظیر کاربری اراضی و نمره ناهمواری در کمتر کار تحقیقاتی در نظر گرفته شده‌اند. برای محاسبه متغیر وابسته نیز از نرم‌افزار ROSOOB و منحنی‌های سنجه رسوب با معادلات توانی استفاده شده است. شکل توانی معادله سنجه رسوب استفاده شده در این تحقیق در منابع مطالعاتی دیگر نظیر (Linsley and Franzini 1979)، وزارت نیرو (۱۳۷۷)، مهدوی (۱۳۷۸) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۱) نیز به عنوان متداول‌ترین رابطه مد نظر قرار گرفته است.

نتایج بدست آمده از تحلیل تشخیص نشان می‌دهد که سطح اطمینان گروه بندی مناطق همگن موجود بیش از ۹۹ درصد بوده و هر سه نوع خوشه بندی انجام شده از نظر آماری معنی‌دار است. همانطور که جدول ۶ نشان می‌دهد روش‌های مناسب انجام وایزای شامل پسرو، حذفی و روش ورود تمام متغیرها می‌باشد. غیائی و همکاران (۱۳۸۱) در مطالعه نقش ویژگی‌های هندسی آبخیزها بر سیل‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف و همچنین صادقی و همکاران (۱۳۸۴) در مدل‌سازی بارش-رواناب حوضه کسلیان به ترتیب روش پسرو و روش گام به گام و پسرو را بهترین روش برای تهیه مدل‌های وایزای معرفی نموده‌اند. در جای دیگر وفاخواه (۱۳۷۹) جهت ارائه مدل‌های مناسب وایزای تجزیه و تحلیل ناحیه ای رسوب روش گام به گام را به کار گرفت. دقت در خطای بدست آمده از کاربرد مدل‌های نهایی (جدول ۹) در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که مدل ۴ برای هیچ یک از زیرحوضه‌ها مناسب نمی‌باشد. حال آنکه حداکثر خطای نسبی کاربرد مدل‌های ۱۱ و ۱۲ در هر یک از مناطق همگن اختصاص داده شده ۳۵/۱۹ و میانگین خطای مربوطه زیر ۱۰ درصد بوده که در هر دو صورت کمتر از حد قابل قبول خطا در مدل‌سازی فرآیندهای طبیعی (Das, 2000) و صادقی و همکاران، (۱۳۸۴) بوده و کاربرد آنها در مناطق مذکور از دقت کافی برخوردار

است. همچنین با استفاده از مدل‌های نهایی انتخاب شده برای هر منطقه همگن می‌توان به تعیین عوامل مؤثر در تولید رسوب روزانه زیرحوضه‌ها دست یافت و بر این اساس اقدام به اتخاذ تصمیمات اجرایی و مدیریتی مناسب نمود. یافته‌های مزبور با روند تحقیقاتی مورد استفاده توسط تلوری (۱۳۸۱) در تهیه مدل‌های خطی و نمایی برای زیرحوضه‌های رودخانه کرخه و برخی از زیر حوضه‌های رودخانه دز به صورت کلی و برای مناطق همگن مطابقت دارد. جدول ۱۱ ضرایب استاندارد معادلات وایزای مربوط به مدل‌های شماره ۱۱ و ۱۲ را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مذکور ملاحظه می‌شود و با کمک گرفتن از جداول قبلی می‌توان گفت در زیرحوضه‌های با کد ۴۲-۰۰۳، ۴۲-۰۰۵، ۴۲-۰۰۷، ۴۲-۰۰۹، ۴۲-۰۰۹ و ۴۲-۰۲۹ واقع در منطقه همگن ۱ عامل هیدرولوژیکی دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال و عامل فیزیوگرافی نسبت طول آبراهه اصلی به طول حوضه، به ترتیب مهمترین عوامل مؤثر در رسوبزایی می‌باشند. در این مورد می‌توان به تأثیر دبی اوج بر مقدار تولید رسوب (Das, 2000) و نقش مؤثر عوامل انسانی بر دبی‌های با دوره بازگشت کم (Singh, 1992) و همچنین تأثیر نسبت طول آبراهه اصلی در روند انتقال رسوب (Sadeghi and Singh, 2001) اشاره نمود که با تأکیدات مهرسرشت (۱۳۷۵) و تلوری (۱۳۸۱) در توانایی مساحت، طول، محیط حوضه و ضریب شکل گراولپوس در برآورد رسوب ماهانه حوضه‌های مورد بررسی همخوانی کامل ندارد. در زیرحوضه‌های ۴۲-۰۰۱، ۴۲-۰۰۳۵، ۴۲-۰۳۹، ۴۲-۰۴۷، ۴۲-۰۶۱، ۴۲-۰۶۳، ۴۲-۰۶۵، ۴۲-۱۰۱ و ۴۲-۱۱۲ واقع در منطقه همگن ۲ به ترتیب عامل فیزیوگرافی نمره ناهمواری، عامل هیدرولوژیکی دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال و عامل کاربری درصد اراضی مرتعی دارای بیشترین تأثیر در تولید رسوب می‌باشند که تا حدودی با نظر صادقی و همکاران (۱۳۸۴) الف) در رابطه با ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوضه مندیرجان (ایستگاه ۴۲-۰۴۷) در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود مطابقت دارد. عدم تغییرپذیری زیاد مساحت و همچنین وجود اطلاعات تفصیلی دقیق‌تر از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه در هر یک از مناطق همگن را می‌توان به عنوان دلیلی بر عدم حضور عامل مساحت در روابط نهایی به حساب آورد. از طرفی دامنه زیاد تغییر در نمره ناهمواری، تنوع وسعت مراتع در مقایسه با سایر کاربری‌ها (جدول ۱) و همچنین نقش مؤثر عوامل انسانی بر دبی‌های با دوره بازگشت کم (Singh, 1992) از دلایل اصلی دستیابی به این نتیجه می‌باشد. در ایستگاه‌های واقع در این منطقه همگن عوامل فیزیوگرافی طول آبراهه اصلی و نسبت طول آبراهه اصلی به طول حوضه دارای اهمیت نسبی تقریباً یکسان و در نهایت نمره زمین شناسی به دلیل عدم تغییرات زیاد در گستره منطقه مذکور و به رغم نظرات تلوری (۱۳۸۱) در برآورد رسوب ماهانه دارای کمترین ارزش در تعیین میزان تولید رسوب روزانه منطقه می‌باشد.

تولید رسوب و اهمیت آنها در انجام بهترین اقدامات مدیریتی از دیگر یافته‌های این تحقیق است. همچنین انجام تحقیقات مشابه در سایر حوضه‌های کشور و ارزیابی نقش سایر پارامترهای دخیل در تولید رسوب به منظور جمع‌بندی نهایی در تهیه مدل‌های ریاضی منطقه‌ای از پیشنهادهاى منتج از بررسی موجود می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر می‌توان جمع‌بندی نمود که انتخاب پارامترهای مستقل بیشتر زمینه‌های ارزیابی اهمیت آنها در تولید رسوب را فراهم نموده، اگر چه در نهایت به تعداد محدودی پارامتر دست یافته شود. افزایش دقت تهیه مدل رسوب به واسطه همگن بندی مناطق و دستیابی به پارامترهای مهمتر و مؤثرتر در

جدول ۱۰- برآورد مقایسه ای میانگین تولید رسوب معلق روزانه در زیرحوضه‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های منتخب

مدل شماره ۱۲ (برای منطقه همگن ۲)		مدل شماره ۱۱ (برای منطقه همگن ۱)		مدل شماره ۴ (برای کل زیرحوضه‌ها)		رسوب مشاهده ای (ton/day)	کد ایستگاه
مقدار خطای نسبی (%)	رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	رسوب برآوردی (ton/day)		
0/01	45/90	-	-	0/42	45/71	45/90	۴۲-۰۰۱
-	-	0/01	2639/31	0/01	2639/18	2639/00	۴۲-۰۰۳
-	-	0/03	387/91	0/03	387/70	387/80	۴۲-۰۰۵
-	-	0/03	182/15	0/21	181/71	182/10	۴۲-۰۰۷
-	-	0/01	997/56	0/03	997/22	997/50	۴۲-۰۰۹
-	-	0/01	425/55	0/12	424/98	425/50	۴۲-۰۰۹
0/11	68/17	-	-	0/15	67/99	68/10	۴۲-۰۳۵
4/20	5/10	-	-	12/89	4/26	4/89	۴۲-۰۳۹
0/13	166/72	-	-	0/33	165/95	166/50	۴۲-۰۴۷
0/51	23/22	-	-	2/90	22/43	23/10	۴۲-۰۶۱
0/01	200/58	-	-	0/34	199/91	200/60	۴۲-۰۶۳
0/06	115/37	-	-	0/41	114/83	115/30	۴۲-۰۶۵
10/32	3/09	-	-	19/02	2/27	2/80	۴۲-۱۰۱
35/19	0/86	-	-	100/00	0/00	0/64	۴۲-۱۱۲

جدول ۱۱- ضرایب استاندارد متغیرهای موجود در معادلات وایازی مربوط به مدل‌های نهایی

شماره مدل	متغیر	ضرایب استاندارد (Beta)
۱۱	نمره زمین شناسی	۰/۲۷۲
	دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال	۰/۸۳۸
	نمره ناهمواری	-۰/۵۰۹
	نسبت طول آبراهه اصلی به طول حوضه	۰/۵۱۰
۱۲	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال	-۰/۱
	درصد اراضی کشاورزی	۰/۹۵۷
	درصد اراضی مرتعی	-۱/۱۱۸
	طول آبراهه اصلی	-۰/۵۷۷
	نمره زمین شناسی	-۰/۲۰۴
	دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال	۱/۲۴۱
	نمره ناهمواری	-۱/۸۸۵
	نسبت طول آبراهه اصلی به طول حوضه	۰/۸۶۶

صادقی، س.ح.ر، شجاعی، غ.ر. و مرادی، ح.ر. (۱۳۸۴الف). ارتباط کاربردی اراضی با فرسایش خاک در زیرحوزه مندربجان در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود، نشریه آب و آبخیز، ۱۷(۴): ۲۳-۱۷.

صادقی، س.ح.ر، مرادی، ح.ر، مزین، م. و وفاخواه، م. (۱۳۸۴ب). کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدلسازی بارش-رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسلیان)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۳): ۸۱-۹۰.

عرب‌خدری، م. (۱۳۸۲). وضعیت رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز ایران، نشریه داخلی علمی و پژوهشی آبخیز، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۱: ۴-۶.

عرب‌خدری، م. و زرگر، ا. (۱۳۷۴). برآورد تولید رسوب در بخش شمالی البرز با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۲۹: ۲۲-۲۶.

غیائی، ن، غفاری، ع، عرب‌خدری، م. و حاتمی، ح. (۱۳۸۱). مقایسه روش‌های برآورد برخی از ویژگی‌های هندسی آبخیزها از نقطه نظر اثر آنها بر سیل‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، ۷۰ ص.

فتوحی اردکانی، ا. (۱۳۸۱). کتاب آموزشی SPSS.10 (ترجمه)، انتشارات شایگان، ۴۴۸ص.

فریفته، ج. (۱۳۷۰). تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶۸ص.

فیض‌نیا، س. (۱۳۷۴). مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۳۷: ۹۵-۱۱۶.

قدیمی‌عروس‌محله، ف. و امین‌سبحانی، ا. (۱۳۷۸). تعیین الگوی توزیع آماری رسوب معلق حوزه آبریز دریاچه نمک، پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴: ۹۴-۹۹.

قنواتی، ع. (۱۳۷۸). مدلسازی هیدروژئومورفولوژیک سیلاب و رسوب (نمونه موردی حوزه رودخانه‌های زهره و خیرآباد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، ۱۷۳ص.

کارآموز، م. و عراقی‌نژاد، ش. (۱۳۸۴). هیدرولوژی پیشرفته، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۴۶۴ص.

کریم‌خانی، ف. (۱۳۷۶). بررسی رفتارهای فرسایشی پادگانه‌های کواترنر در حوزه آبخیز طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، ۱۸۹ص.

- 1- Sediment Rating Curve
- 2- Regression
- 3-Multiple Regression
- 4-Kolmogorov-Smirnov
- 5-Factor Analysis
- 6- Clustering
- 7- Relative Error
- 8- Root Mean Square Error
- 9- Coefficient of Efficiency

۵- مراجع

امینی، ا. (۱۳۷۶). بررسی کارایی روش‌های مختلف مدیریت در اراضی لسی آبخیز قره‌تیکان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۸(۲): ۱۰-۱۸.

اسماعیلی، ن. و مهدوی، م. (۱۳۸۱). بررسی دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات معلق در آبراهه‌های حوضه سد زاینده‌رود، مجله منابع طبیعی ایران، ۳(۳): ۲۹۵-۳۰۴.

تلوری، ع. (۱۳۸۱). رابطه رسوبدهی معلق با برخی از ویژگی‌های آبخیز در سرشاخه‌های کرخه و دز در استان لرستان، پژوهش و سازندگی، ۵۶(۵۷): ۵۶-۶۱.

حکیم‌خانی، ش. (۱۳۷۷). ارائه مدل رگرسیونی چند متغیره بر اساس عوامل مؤثر بر رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۱۲ص.

دادرسی، ا. (۱۳۷۹). بررسی نقش پوشش گیاهی، شیب و مساحت حوزه در تولید رسوب (مطالعه موردی حوزه آبخیز فیله خاصه زنجان)، مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش و رسوب، دانشگاه لرستان، شهریور ۱۳۷۹: ۳۲۳-۳۲۴.

رستمی، م، اردشیر، ع، ابریشم‌چی، ا، مرادی، م. ح. و عرب‌خدری، م. (۱۳۸۱). پیش‌بینی رسوب معلق حوزه‌های فاقد آمار با مقایسه روش‌های خوشه‌بندی آماری و فازی، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ الی ۱۰ بهمن، ج اول، صفحات ۹ تا ۱۷.

زرگر، ا. (۱۳۸۰). راهنمای جامع SPSS، انتشارات بهینه، ۵۸۴ص.

شرکت آمارپردازان (۱۳۷۷). راهنمای کاربران SPSS، جلد ۱ و ۲، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، ۴۲۴ و ۵۳۳ص.

- مقدم، م.، محمدی شوطی، س.ا. و آقائی سربرزه، م. (۱۳۷۳). آشنایی با روشهای آماری چندمتغیره (ترجمه)، انتشارات پیشتاز علم، ۲۰۸ ص.
- مهدوی، م. (۱۳۷۸). هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ ص.
- مهرسرشت، ب. (۱۳۷۵). تحلیل منطقه‌ای بار معلق در سرشاخه‌های رودخانه کرخه، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات)، ۹۳ ص.
- میرزایی، م.ر.، عرب‌خداری، م.، فیض‌نیا، س. و احمدی، ح. (۱۳۸۴). مقایسه روش‌های آماری برآورد رسوب معلق رودخانه‌ها، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸ (۲): ۳۰۱-۳۱۴.
- نجفی، د.ع. (۱۳۸۲). اولویت بندی زیرحوزه‌های آبخیز اصفهان و سیرجان در تولید رسوب با استفاده از تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، ۷۵ ص.
- وروانی، ج. (۱۳۸۰). آنالیز ناحیه‌ای رسوب معلق در حوزه آبخیز گرگانرود و بررسی رسوبدهی سرشاخه‌های اصلی سد وشمگیر، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، ۲۰۳ ص.
- وزارت جهاد سازندگی (۱۳۷۵). مهندسين مشاور جامع ایران، نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز ابرقو-سیرجان.
- وزارت کشاورزی (۱۳۷۶). مهندسين مشاور یکم، مطالعات جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوزه‌های آبخیز زاینده رود و اردستان، جمع بندی مطالعات، معاونت برنامه و بودجه.
- وزارت نیرو (۱۳۶۸ الف). طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز ابرقو-سیرجان، مهندسين مشاور جاماب.
- وزارت نیرو (۱۳۶۸ ب). طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز زاینده رود، مهندسين مشاور جاماب.
- وزارت نیرو (۱۳۷۷). بولتن وضعیت منابع آب کشور، شماره ۱۶، سازمان تحقیقات منابع آب.
- وفاخواه، م. (۱۳۷۹). طرح تحقیقاتی تجزیه و تحلیل ناحیه‌ای رسوب در منطقه شمال (مازندران و گرگان)، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، ۱۰۰ ص.
- وفاخواه، م. (۱۳۸۱). ارائه مدل ریاضی جهت برآورد رسوب در منطقه شمال (مازندران و گرگان)، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ الی ۱۰ بهمن، ج اول، صفحات ۱۴۷ تا ۱۵۹.
- Arnold, J.G., Birchet, M.D., Williams, J.R., Smith, W.F. and McGill, H.N. (1987). "Modeling the effects of urbanization on basin water yield and reservoir sedimentation", *Water Resources Bulletin*, 23(6), pp. 1101-1107.
- Bini, C., Gemignani, S. and Zilocchi, L. (2006). "Effect of different land use on soil erosion in the pre-alpine fringe (North-East Italy): Ion budget and sediment yield", *Sciences of the Total Environment*, 369(1-3), pp. 433-440.
- Chen, C.N., Tsai, C.H. and Tsai, C.T. (2006). "Simulation of sediment yield from watershed by physiographic soil erosion-deposition model", *Journal of Hydrology*, 327(3-4), pp. 293-303.
- Das, G. (2000). *Hydrology and soil conservation engineering*, Prentice-Hall of India Private Limited Pub., 489p.
- Hallsforth, E.G. (1987). *Anatomy, physiology and psychology of erosion*, John Wiley and Sons Pub., 176p.
- Linsley, R.K. and Franzini, J.B. (1979). *Water Resources Engineering*, McGraw Hill, 716p.
- Mahmoudzadeh, A. (1996). The use of farm dams to determine the effect of land use and lithology on catchment sediment yields, PhD Dissertation, Univ. of New South Wales, School of Geography, Australia, 254p.
- Narayana, V.V.D. (2002). *Soil and water conservation research in India*, Indian Council of Agricultural Research Pub., 454 p.
- Nearing, M.A. (1998). Why soil erosion models over-predict small soil losses and under-predict large soil losses, TEKTRAN: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Rashidi, D. (1997). Erosion assessment using remote sensing and geographical information system applied to Shahrchi catchment; West Azarbaijan Province; North West of Iran, MSc Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, Netherlands, 60p.
- Restrepo, J.D., Kjerfve, B., Hermelin, M. and Restrepo, J.C. (2006). "Factors controlling sediment yield in a major South American drainage basin: the Magdalena River, Colombia", *Journal of Hydrology*, 316 (1-4), pp. 213-232.
- Rey, F. (2003). "Influence of vegetation distribution on sediment yield in forested marly gullies", *CATENA*, 50(2-4), pp. 549-562.
- Sadeghi, S.H.R. and Singh, J.K. (2001). "Prioritization of Sub-watersheds in Generation of Total Sediment Yield using Routing Model", *Proceedings 3rd International Conference on Land Degradation*, Sep. 17-21, Brazil, S3-006.

- Sediment Initiative Conference*, Nov. 12-15, Sudan, 13.
- Wheater, C.P. and Cook, P.A. (2000). *Using statistics to understand the environment*, Routledge pub., 245p.
- Singh, V.P. (1992). *Elementary Hydrology*, Prentic-Hall, India, 973 p.
- Suresh, R. (2000). *Soil and water conservation engineering*, A.K. Jain Pub., 951 p.
- Walling, D.E. (2006). "The changing sediment loads of the world's rivers", *Proceedings International*

تاریخ دریافت مقاله: ۵ بهمن ۱۳۸۲

تاریخ اصلاح مقاله: ۱ مهر ۱۳۸۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹ دی ۱۳۸۵