Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۸۵
Volume 2, No. 3, Winter 2007 (IR-WRR)
۵۱-۶۵

تحلیل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق درحوضه 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 از۱۰ 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

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

Regional Analysis of Suspended Sediment Estimation in Esfahan and Sirjan Watersheds

S.H.R. Sadeghi[1], D.A. Najafi[2] and M. Vafakhah[3]

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 estimatin in Esfahan and Sirjan watersheds, located in central Iran and comprise 99300 Km^2 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

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

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

هر ساله مقدار زیادی خاک از سطح حوضه‌های کشور توسط عوامل مختلف خصوصا 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.

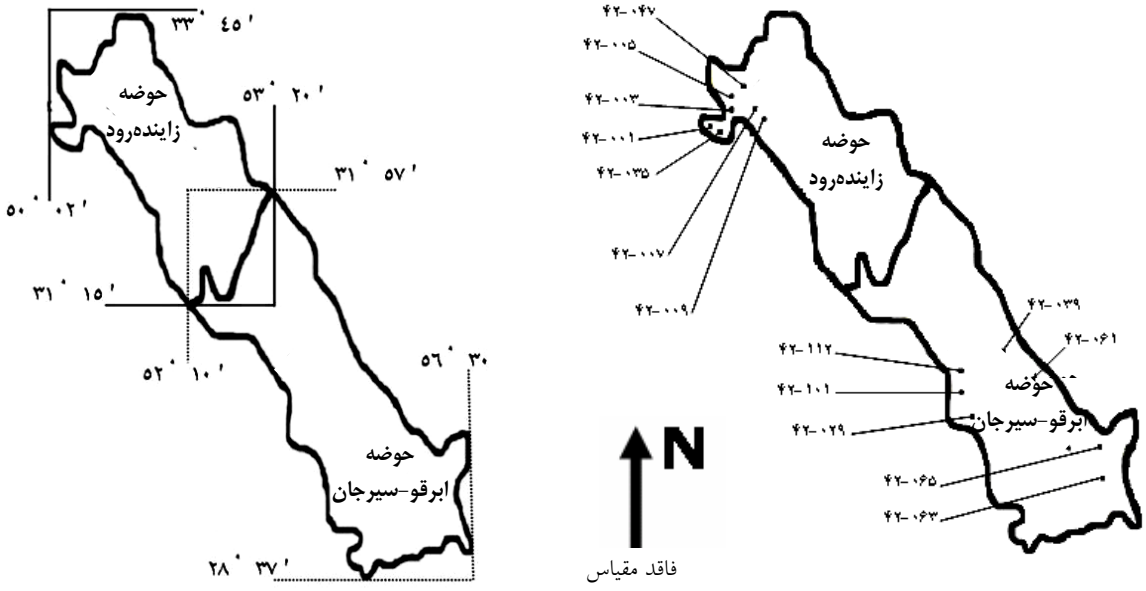
برای برآورد رسوب معلق زیرحوضه‌ها و نیز تعیین عوامل مؤثر در آن روابط زیادی توسط محققین مختلف ارائه شده است. چنانکه در روابط و مطالعات مختلف عوامل گوناگونی نظیر خاک و زمین‌شناسی زیرحوضه‌ها (Linsley and Franzini, 1979؛ Mahmoudzadeh, 1996؛ Rashidi, 1997؛ حکیم خانی، ۱۳۷۷؛ قدیمی عروس محله و سبحانی، ۱۳۷۸؛ وروانی، ۱۳۸۰ و تلوری، ۱۳۸۱)، عوامل فیزیوگرافی (Linsley and Franzini,1979؛ Chen et al., 2006؛ Restrepo et al. 2006 ؛ عرب خدری و زرگر، ۱۳۷۴؛ مهرسرشت، ۱۳۷۵؛ قدیمی عروس محله و سبحانی، ۱۳۷۸؛ قنواتی، ۱۳۷۸؛ دادرسی، ۱۳۷۹ و عرب‌خدری، ۱۳۸۲)، عامل کاربری اراضی و پوشش گیاهی (Linsley and Franzini, 1979؛ Arnold et al., 1987؛ Mahmoudzadeh, 1996؛ Rey, 2003؛ 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؛ Hallsworth, 1987؛ Narayana, 2002؛ Walling, 2006؛ Restrepo et al., 2006؛ عرب‌خدری و زرگر، ۱۳۷۴؛ حکیم خانی، 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.



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

www.SID.ir

Archive of SID

حوضه زاینده‌رود 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:

ـ 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 لحظه ای 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.

ـ جمع آوری اطلاعات و ویژگی‌ها

در این مرحله کلیه نقشه‌های مورد نیاز شامل نقشه‌های توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ای، زمین شناسی و کاربری اراضی حوضه در مقیاس۱:۲۵۰۰۰۰ به همراه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۱:۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ جمع آوری 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 کرپیچ، طول حوضه، ضریب گراولیوس، 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، ۲۵، 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 زمین شناسی (نمره حساسیت به فرسایش) (فیض نیا، 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. طبعا 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.

ـ آماده سازی 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 سنجه رسوب[1] گردید. تهیه معادلات سنجه 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. نرم افزار مزبور بر اساس برازش بهترین معادله وایازی[2] 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[3] 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-اسمیرنف[4] استفاده گردید (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷ و فتوحی اردکانی، ۱۳۸۱).

www.SID.ir

Archive of SID

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[5] 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[6] 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. طبعا 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 ضریب تبیین(R^2) قابل قبول در سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد، مدل‌های برتر با ارزیابی شاخص‌های خطای نسبی[7] (RE)، مجذور میانگین مربعات خطا[8] (RMSE) ، ضریب کارایی[9] (C_E) و با استفاده از روابط ذیل انتخاب شدند(نجفی، ۱۳۸۲):

$$RE = \left| \frac{Y_e - Y_o}{Y_o} \right| \qquad (۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Y_o - Y_e)^2}{n}} \qquad (۲)$$

$$C_E = \frac{\frac{1}{n}\sum_1^n (Y_o - \bar{Y}_o)^2 - \frac{1}{n}\sum_1^n (Y_o - Y_e)^2}{\frac{1}{n}\sum_1^n (Y_o - \bar{Y}_o)^2} \qquad (۳)$$

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.

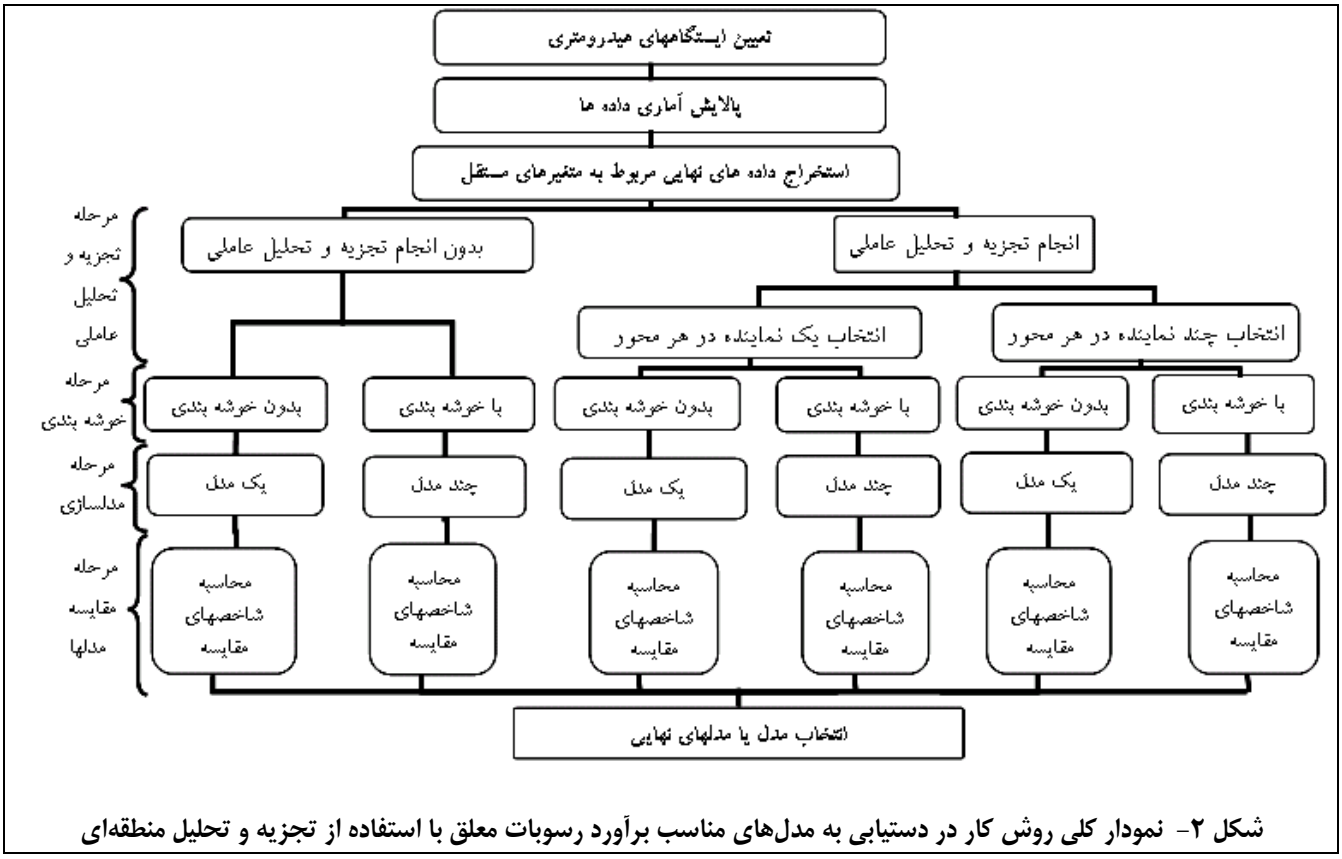
۳- نتایج

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

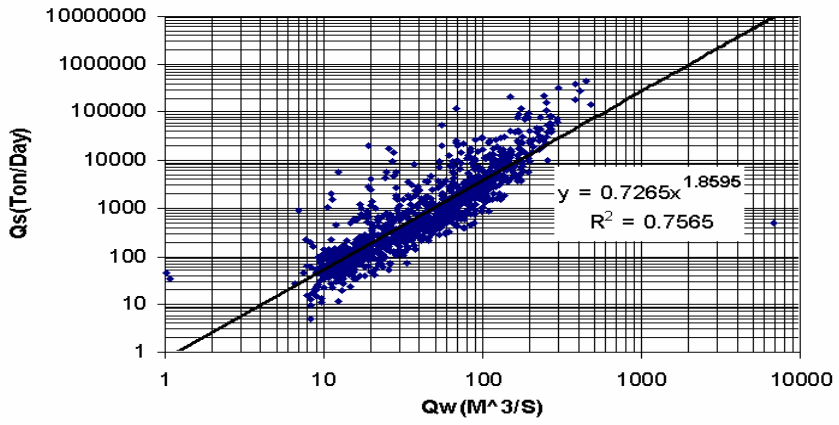
www.SID.ir

Archive of SID

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 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.



شکل ۲- نمودار کلی روش کار در دستیابی به مدل‌های مناسب برآورد رسوبات معلق با استفاده از تجزیه و تحلیل منطقه‌ای



شکل ۳- منحنی سنجه رسوب ایستگاه قلعه شاهرخ

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر / کد ایستگاه	متغیرهای فیزیوگرافی												
	مساحت (Km^2)	محیط (Km)	متوسط شیب حوضه (٪)	جهت شیب (٪)					زمان تمرکز (کالیفرنیا)(h)	زمان تمرکز (کرپیچ)(h)	فراوانی آبراهه	طول حوضه (Km)	ضریب گراولیوس
				بی‌جهت	غرب	شرق	جنوب	شمال					
۴۲-۰۰۱	۴۳۰/۰	۷۲/۲۵۰	۵۶/۳۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۴/۹۹۷	۵۵/۰۰۰	۳/۵۰۰	۱/۴۱۵	۰/۰۱۸	۲۷/۰۰۰	۰/۹۷۱
۴۲-۰۰۳	۱۹۱۷/۵	۱۸۱/۲۵۰	۳۷/۹۰۰	۳/۰۰۰	۱۰/۳۲۶	۹/۳۸۷	۴۵/۸۰۰	۳۱/۵۰۵	۷/۲۸۰	۲/۹۵۹	۰/۰۲۶	۵۳/۰۰۰	۱/۱۶۷
۴۲-۰۰۵	۱۶۰۰/۰	۱۴۱/۷۵۰	۲۷/۹۰۰	۱۲/۰۰۰	۱۶/۳۰۰	۰/۰۰۱	۳۰/۲۰۰	۴۱/۴۰۰	۳/۹۵۰	۳/۷۰۴	۰/۰۱۵	۳۴/۵۰۰	۰/۹۹۹
۴۲-۰۰۷	۵۰۵۰/۰	۳۴۵/۲۵۰	۲۹/۳۰۰	۱۱/۰۰۰	۸/۷۶۰	۵/۵۰۰	۳۹/۲۰۰	۳۴/۵۰۰	۱۰/۸۷۰	۴/۷۶۳	۰/۰۲۴	۸۳/۷۵۰	۱/۳۷۰
۴۲-۰۰۹	۵۷۶۶/۰	۳۶۰/۲۵۰	۲۸/۸۰۰	۱۰/۰۰۰	۱۳/۱۰۰	۸/۶۴۰	۳۵/۸۰۰	۳۱/۶۰۰	۱۴/۱۰۰	۵/۱۳۲	۰/۰۲۲	۹۳/۷۵۰	۱/۳۳۸
۴۲-۰۲۹	۱۰۱۱/۵	۱۲۰/۰۰۰	۱۰/۴۰۰	۱۸/۰۰۰	۴۸/۰۰۰	۲۴/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۸۴۰	۲/۹۹۱	۰/۰۰۷	۶/۵۰۰	۱/۰۶۰
۴۲-۰۳۵	۳۲/۰	۱۴/۲۵۰	۴۹/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۴/۹۹۷	۵۵/۰۰۰	۰/۷۸۰	۰/۶۱۱	۰/۰۹۴	۹/۲۵۰	۰/۷۱۰
۴۲-۰۳۹	۴۷/۷	۳۰/۵۰۰	۱۴/۷۰۰	۱۲/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۷/۰۰۰	۶۱/۰۰۰	۱/۴۴۰	۱/۱۵۷	۰/۱۰۵	۱۱/۷۵۰	۱/۲۴۵
۴۲-۰۴۷	۱۱۱/۹	۴۹/۲۵۰	۲۵/۶۰۰	۱۶/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۵۹/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۱/۳۶۰	۱/۲۲۲	۰/۰۴۵	۱۹/۵۰۰	۱/۳۱۳
۴۲-۰۶۱	۴۶/۳	۳۲/۰۰۰	۱۷/۱۰۰	۱۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۹۹۰	۱/۲۸۴	۰/۰۸۶	۱۲/۵۰۰	۱/۳۲۶
۴۲-۰۶۳	۱۲۰/۰	۱۸/۷۵۰	۱۶/۴۰۰	۲۰/۰۰۰	۲۴/۰۰۰	۳۲/۰۰۰	۲۴/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۷۵۰	۰/۵۹۷	۰/۰۳۳	۷/۲۵۰	۰/۴۸۳
۴۲-۰۶۵	۲۱۰/۲	۶۶/۰۰۰	۹/۶۰۰	۲۹/۹۹۹	۲۱/۰۰۰	۲۱/۰۰۰	۲۸/۰۰۰	۰/۰۰۱	۲/۷۸۰	۲/۰۳۲	۰/۰۳۳	۳۴/۲۵۰	۱/۲۸۴
۴۲-۱۰۱	۹/۱	۱۳/۰۰۰	۱۶/۴۰۰	۴/۹۰۰	۰/۰۰۱	۱/۰۰۱	۴۷/۵۰۰	۴۷/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۴۰۱	۰/۳۲۹	۵/۲۵۰	۱/۲۱۳
۴۲-۱۱۲	۲۲/۶	۲۰/۲۵۰	۲۴/۳۰۰	۵/۰۰۰	۳۱/۵۰۰	۳۱/۵۰۰	۳۲/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۶۶۰	۰/۶۴۲	۰/۱۳۳	۷/۰۰۰	۱/۲۰۱

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر / کد ایستگاه	متغیرهای فیزیوگرافی												
	شیب آبراهه اصلی (٪)	طول آبراهه اصلی (Km)	تراکم زهکشی (Km/Km^2)				ضریب انشعاب‌پذیری	طول آبراهه اصلی به طول حوضه	ضریب پیچان‌رودی	نسبت ناهمواری	نمره ناهمواری	فاصله مرکز ثقل حوضه تا خروجی به طول آبراهه اصلی	فاصله مرکز ثقل حوضه تا خروجی (Km)
			آبراهه درجه ۳	آبراهه درجه ۲	آبراهه درجه ۱	کل حوضه							
۴۲-۰۰۱	۳۷/۹	۳۲/۷۵۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۱۰۵	۲/۲۵۰	۱/۲۱۳	۱/۳۱۰	۴۶/۶۰۲	۱۲۶/۰۰۰	۰/۳۸۲	۱۲/۵۰۰
۴۲-۰۰۳	۲۳/۰	۶۶/۵۰۰	۰/۰۲۴	۰/۰۵۸	۰/۰۸۷	۰/۱۶۹	۷/۸۵۰	۱/۲۵۵	۱/۳۱۰	۲۷/۹۰۷	۲۵۳/۵۰۰	۰/۳۵۷	۲۳/۷۵۰
۴۲-۰۰۵	۵/۰	۴۱/۵۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۳۳	۰/۰۶۴	۰/۱۰۷	۴/۳۸۰	۱/۲۰۳	۲/۰۷۵	۱۰۲/۰۰۰	۱۹۰/۹۹۵	۰/۴۱۶	۱۷/۲۵۰
۴۲-۰۰۷	۱۵/۸	۱۰۲/۲۵۰	۰/۰۲۳	۰/۰۴۴	۰/۰۹۷	۰/۱۶۴	۴/۴۵۰	۱/۲۲۱	۱/۲۵۱	۵۱/۳۳۳	۳۱۵/۷۰۰	۰/۳۷۹	۳۸/۷۵۰
۴۲-۰۰۹	۲۱/۲	۱۳۰/۵۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۴۱	۰/۰۹۳	۰/۱۵۹	۴/۰۷۰	۱/۳۹۲	۱/۴۲۶	۴۰/۷۰۰	۳۲۳/۵۶۵	۰/۳۵۴	۴۶/۲۵۰
۴۲-۰۲۹	۶/۲	۳۵/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۲/۰۰۰	۱/۰۹۴	۱/۱۶۷	۱۳/۵۶۳	۵/۲۰۸	۲/۰۵۹	۱۴/۰۰۰
۴۲-۰۳۵	۲۶/۸	۹/۲۵۰	۰/۰۰۱	۰/۰۶۳	۰/۱۴۸	۰/۲۱۱	۲/۰۰۰	۱/۰۰۰	۳/۰۸۳	۲۷۰/۰۰۰	۲۸۴/۸۵۰	۰/۲۷۰	۲/۵۰۰
۴۲-۰۳۹	۱۱/۷	۱۴/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۱۵	۰/۵۲۴	۰/۶۳۹	۴/۰۰۰	۱/۱۹۱	۱/۲۴۴	۸۰/۸۵۱	۶۰۷/۰۵۰	۰/۴۴۶	۶/۲۵۰
۴۲-۰۴۷	۱۴/۱	۱۶/۵۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۰۱	۰/۲۳۷	۰/۳۳۸	۴/۰۰۰	۰/۸۴۶	۱/۱۷۹	۹۲/۵۶۴	۶۱۰/۰۹۰	۰/۷۲۷	۱۲/۰۰۰
۴۲-۰۶۱	۷/۴	۱۲/۷۵۰	۰/۰۰۱	۰/۱۵۷	۰/۲۰۵	۰/۳۶۲	۳/۰۰۰	۱/۰۲۰	۱/۰۶۳	۸۷/۴۴۰	۳۹۵/۶۶۶	۰/۵۲۹	۶/۷۵۰
۴۲-۰۶۳	۱۶/۳	۷/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۳۳	۰/۰۶۳	۰/۰۹۶	۳/۰۰۰	۰/۹۶۶	۱/۱۶۷	۸۶/۶۶۷	۶۲/۴۰۰	۰/۵۷۱	۴/۰۰۰
۴۲-۰۶۵	۸/۸	۲۵/۲۵۰	۰/۰۰۱	۰/۰۸۰	۰/۲۴۳	۰/۳۲۳	۶/۰۰۰	۰/۷۳۷	۱/۱۲۲	۴۴/۹۴۴	۳۲۳/۰۰۰	۰/۴۹۵	۱۲/۵۰۰
۴۲-۱۰۱	۲۸/۲	۵/۵۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۹۲	۰/۷۱۲	۰/۹۰۴	۲/۰۰۰	۱/۰۴۸	۱/۱۵۸	۲۴۰/۰۰۰	۸۱۳/۶۰۰	۰/۴۵۵	۲/۵۰۰
۴۲-۱۱۲	۱۵/۵	۷/۵۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۳۳	۰/۴۳۱	۰/۵۶۴	۲/۰۰۰	۱/۰۷۱	۱/۱۵۴	۱۵۱/۷۲۴	۶۲۰/۴۰۰	۰/۵۰۰	۳/۷۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر / کد ایستگاه	متغیرهای فیزیوگرافی				کاربری اراضی (٪)				متغیرهای اقلیمی			
	اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل (m)	ارتفاع متوسط حوضه (m)	ارتفاع حداقل (m)	ارتفاع حداکثر (m)	سایر	جنگل	مرتع	کشاورزی	حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال (mm)	ضریب خشکی دومارتن	درجه حرارت متوسط سالیانه (°C)	بارندگی متوسط سالیانه (mm)
۴۲-۰۰۱	۱۲۰۰/۰	۲۸۴۱/۰	۲۳۰۰/۰	۳۶۰۰/۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۱	۹۹/۰۰۰	۰/۰۰۱	۹۴/۸۲۰	۸۷/۹۱۱	۷/۰۰	۱۴۹۴/۴۸۰
۴۲-۰۰۳	۱۵۰۰/۰	۲۶۴۹/۰	۲۱۰۰/۰	۳۶۰۰/۰	۲/۰۰۰	۲/۵۰۰	۶۴/۱۰۰	۱۸/۳۰۰	۵۷/۵۲۰	۳۰/۸۲۲	۸/۴۵	۵۶۸/۶۶۰
۴۲-۰۰۵	۱۷۸۵/۰	۲۳۳۹/۰	۲۱۳۰/۰	۳۹۱۵/۰	۲/۱۹۰	۰/۰۰۱	۲۸/۰۰۰	۶۹/۸۰۰	۴۳/۸۲۰	۲۴/۸۷۴	۹/۰۰	۴۷۲/۶۱۰
۴۲-۰۰۷	۱۹۲۵/۰	۲۴۵۰/۰	۱۹۹۰/۰	۳۹۱۵/۰	۲/۵۰۰	۶/۹۰۰	۵۲/۰۰۰	۳۷/۵۰۰	۳۹/۴۰۰	۱۵/۷۴۶	۹/۲۰	۳۰۲/۳۳۰
۴۲-۰۰۹	۲۰۳۵/۰	۲۴۲۰/۰	۱۸۸۰/۰	۳۹۱۵/۰	۰/۰۰۱	۶/۰۰۰	۵۶/۵۰۰	۳۶/۶۰۰	۵۸/۸۳۰	۲۰/۹۵۶	۱۰/۱۱	۴۲۱/۴۳۰
۴۲-۰۲۹	۴۳۴/۰	۲۲۵۰/۰	۱۹۶۰/۰	۲۳۹۴/۰	۱/۲۰۰	۸۷/۸۰۰	۱۱/۰۰۰	۱/۰۰۱	۴۳/۱۶۰	۱۲/۲۸۵	۱۲/۵۰	۲۷۶/۴۲۰
۴۲-۰۳۵	۱۳۵۰/۰	۲۶۰۰/۰	۲۲۵۰/۰	۳۶۰۰/۰	۰/۵۰۰	۰/۰۰۱	۹۹/۵۰۰	۰/۰۰۱	۹۲/۵۶۰	۸۴/۲۳۴	۷/۵۰	۱۴۷۴/۱۰۰
۴۲-۰۳۹	۹۵۰/۰	۲۶۵۰/۰	۲۳۰۰/۰	۳۲۵۰/۰	۱/۵۰۰	۱۷/۵۰۰	۸۱/۰۰۰	۰/۰۰۱	۴۷/۲۴۰	۱۷/۳۳۰	۱۱/۰۰	۳۶۳/۹۳۰
۴۲-۰۴۷	۱۸۰۵/۰	۲۵۸۵/۰	۲۱۱۰/۰	۳۹۱۵/۰	۱/۸۰۰	۱۳/۲۰۰	۵۸/۰۰۰	۲۷/۰۰۰	۴۶/۰۶۰	۲۳/۲۰۹	۸/۶۳	۴۳۲/۲۹۰
۴۲-۰۶۱	۱۰۹۳/۰	۲۶۵۰/۰	۲۳۵۰/۰	۳۴۴۳/۰	۰/۹۰۰	۱۲/۱۰۰	۸۷/۰۰۰	۰/۰۰۱	۴۶/۲۳۰	۱۶/۰۰۸	۱۲/۲۵	۳۵۶/۱۸۰
۴۲-۰۶۳	۶۵۰/۰	۲۴۰۰/۰	۲۲۰۰/۰	۲۸۵۰/۰	۱/۰۷۰	۰/۰۰۲	۹۸/۹۰۰	۰/۰۰۱	۲۸/۳۶۰	۶/۷۷۵	۱۲/۵۰	۱۵۲/۴۳۰
۴۲-۰۶۵	۱۰۰۰/۰	۲۴۵۰/۰	۲۱۰۰/۰	۳۱۰۰/۰	۱/۳۰۰	۱۱/۷۰۰	۸۷/۰۰۰	۰/۰۰۱	۳۱/۹۷۰	۱۰/۴۷۹	۱۳/۵۰	۲۴۶/۲۶۰
۴۲-۱۰۱	۹۰۰/۰	۲۷۲۵/۰	۲۲۰۰/۰	۳۱۰۰/۰	۰/۷۰۰	۲۴/۳۰۰	۷۵/۰۰۰	۰/۰۰۱	۵۴/۸۷۰	۱۹/۰۶۴	۱۱/۲۵	۴۰۵/۱۱۰
۴۲-۱۱۲	۱۱۰۰/۰	۳۰۰۰/۰	۲۵۰۰/۰	۳۶۰۰/۰	۰/۹۰۰	۳۴/۱۰۰	۶۵/۰۰۰	۰/۰۰۱	۴۳/۰۸۰	۱۷/۲۶۵	۱۰/۰۰	۳۴۵/۳۰۰

ادامه جدول ۱- متغیرهای مستقل زیرحوضه‌های منتخب

متغیر / کد ایستگاه	متغیرهای هیدرولوژی (m^3/s)								زمین‌شناسی
	دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت‌های مختلف (سال)						دبی متوسط ۵ ماهه مهر تا بهمن	دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد	دبی متوسط سالیانه	مقاومت به فرسایش سازندها
	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲			
۴۲-۰۰۱	۳۵/۷۰	۳۴/۱۰	۳۲/۴۰	۳۱/۸۰	۲۹/۶۰	۲۷/۱۰	۲۲/۲۰	۴/۵۶۹	۱۲/۷۰۰	۸/۸۵۰	۷/۴۰۰
۴۲-۰۰۳	۹۷۶/۰۰	۸۶۷/۷۰	۷۵۸/۵۰۰	۷۲۳/۱۰	۶۱۱/۴۰	۴۹۵/۰۰	۳۱۹/۱۰	۱۲/۰۰۲	۷۰/۹۴۰	۳۸/۳۱۰	۶/۱۰۰
۴۲-۰۰۵	۹۱۱/۳۰	۵۶۴/۹۰	۳۳۹/۱۰۰	۲۸۵/۳۰	۱۶۰/۷۰	۸۳/۶۰	۲۷/۰۰	۴۵/۴۵۶	۶/۶۵۰	۳/۶۸۰	۲/۲۰۰
۴۲-۰۰۷	۲۲۹/۹۰	۲۱۲/۵۰	۱۹۵/۰۰	۱۸۹/۲۰	۱۷۱/۲۰	۱۵۲/۵۰	۱۲۴/۱۰	۲۲/۳۹۰	۲۰/۴۹۰	۳۴/۶۹۰	۵/۰۰۰
۴۲-۰۰۹	۲۷۴/۴۰	۲۳۹/۸۰	۲۰۸/۰۰	۱۹۸/۳۰	۱۶۹/۷۰	۱۴۳/۰۰	۱۰۹/۳۰	۲۷/۱۵۵	۵۹/۹۶۰	۵۱/۸۰۰	۵/۰۰۰
۴۲-۰۲۹	۱۸۱/۹۰	۱۴۹/۵۰	۱۱۹/۹۰	۱۱۱/۰۰	۸۴/۸۰	۶۰/۸۰	۳۱/۰۰	۰/۷۷۷	۱/۶۴۰	۱/۰۶۰	۴/۴۸۰
۴۲-۰۳۵	۹۱/۸۰	۸۸/۱۰	۸۳/۹۰	۸۲/۵۰	۷۷/۵۰	۷۱/۵۰	۵۹/۹۰	۲/۶۵۵	۱۹/۶۶۰	۱۱/۸۴۰	۷/۱۰۰
۴۲-۰۳۹	۹۲/۱۰	۷۹/۰۰	۶۵/۹۰	۶۱/۸۰	۴۸/۷۰	۳۵/۶۰	۱۷/۴۰	۰/۲۱۲	۰/۵۷۰	۰/۲۹۰	۱۰/۴۰۰
۴۲-۰۴۷	۵۴/۴۰	۴۴/۵۰	۳۴/۹۰	۳۲/۰۰	۲۳/۰۰	۱۴/۷۰	۴/۸۰	۰/۵۲۳	۰/۴۷۰	۰/۳۳۰	۵/۱۰۰
۴۲-۰۶۱	۵۱/۵۰	۴۷/۹۰	۴۳/۹۰	۴۲/۵۰	۳۷/۸۰	۳۲/۰۰	۲۱/۰۰	۰/۴۴۴	۰/۷۰۰	۰/۴۵۰	۵/۰۰۰
۴۲-۰۶۳	۸۵/۶۰	۷۴/۲۰	۶۲/۷۰	۵۹/۰۰	۴۷/۴۰	۳۵/۶۰	۱۸/۷۰	۱/۵۱۰	۱/۰۸۰	۰/۶۱۰	۲/۳۰۰
۴۲-۰۶۵	۳۰۰/۵۰	۲۴۷/۰۰	۱۹۶/۴۰	۱۸۰/۸۰	۱۳۴/۵۰	۹۱/۸۰	۴۱/۰۰	۱/۲۳۵	۲/۳۵۰	۱/۳۸۰	۸/۵۰۰
۴۲-۱۰۱	۱۷۴/۵۰	۱۴۲/۲۰	۱۱۱/۳۰	۱۰۱/۶۰	۷۲/۸۰	۴۵/۹۰	۱۴/۶۰	۰/۰۸۵	۰/۱۷۰	۰/۰۹۰	۵/۵۰۰
۴۲-۱۱۲	۲۰/۶۰	۱۳/۶۰	۸/۷۰	۷/۴۰	۴/۵۰	۲/۵۰	۱/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۱۹۰	۰/۰۷۰	۵/۴۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- معادلات مربوط به منحنی‌های سنجه رسوب ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد ایستگاه	معادله منحنی سنجه رسوب	R^2
چهلگرد	۴۲-۰۰۱	$Q_S=۲/۱۵۱۵Q_W^{۱/۲۱۳}$	**0/55**
قلعه شاهرخ	۴۲-۰۰۳	$Q_S=۰/۷۲۶۵Q_W^{۱/۸۵۹}$	**0/76**
اسکندری	۴۲-۰۰۵	$Q_S=۹/۹۴۵Q_W^{۱/۳۲۹}$	**0/89**
سد زاینده رود(تنظیمی)	۴۲-۰۰۷	$Q_S=۴/۱۰۲Q_W^{۱/۰۵۵}$	**0/54**
پل زمانخان	۴۲-۰۰۹	$Q_S=۰/۴۱۴Q_W^{۱/۸۸۲}$	**0/58**
بند پایین	۴۲-۰۲۹	$Q_S=۱۰/۰۸۴Q_W^{۱/۳۶۵}$	**0/71**
تونل دوم(دره در)	۴۲-۰۳۵	$Q_S=۱/۹۲۲Q_W^{۱/۲۷۱}$	**0/72**
مدوار	۴۲-۰۳۹	$Q_S=۷/۵۳۳Q_W^{۱/۲۷۵}$	**0/72**
مندرجان	۴۲-۰۴۷	$Q_S=۲۰/۱۸۳Q_W^{۱/۳۸۱}$	**0/88**
آبدرمیان	۴۲-۰۶۱	$Q_S=۱۳/۰۵۵Q_W^{۱/۳۸۶}$	**0/78**
رمرزج	۴۲-۰۶۳	$Q_S=۲۴/۰۹۶Q_W^{۱/۴۴۴}$	**0/84**
سوچ	۴۲-۰۶۵	$Q_S=۱۸/۷۲۱Q_W^{۱/۵۲۵}$	**0/92**
کرخنگان	۴۲-۱۰۱	$Q_S=۱۴/۴۴۹Q_W^{۰/۹۹۷}$	**0/89**
نیر پشتکوه	۴۲-۱۱۲	$Q_S=۱۲/۶۱۷Q_W^{۱/۴۳۶}$	**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	۹
طول آبراهه اصلی حوضه	حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال	نمره ناهمواری	دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال	درصد اراضی کشاورزی	درصد اراضی مرتعی	نمره زمین شناسی	ارتفاع متوسط حوضه	طول آبراهه اصلی به طول حوضه

حالت دوم : انتخاب چند نماینده در هر محور								
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
طول آبراهه اصلی، دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد	حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، شیب متوسط حوضه، درصد جهت جنوبی	نمره ناهمواری، تراکم کل زهکشی	دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال	درصد اراضی کشاورزی، شیب آبراهه اصلی	درصد اراضی مرتعی	نمره زمین شناسی	ارتفاع متوسط حوضه	طول آبراهه اصلی به طول حوضه

جدول ٤- نتایج تحلیل خوشه ای در سه حالت مختلف (کدهای ایستگاه رسوب سنجی نشان دهنده زیرحوضه‌ها می باشند)

بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی	منطقه	۱	۴۲-۰۰۳	۴۲-۰۰۵	۴۲-۰۰۷	۴۲-۰۰۹	روش برتر انتخاب شده: Ward				
	همگن	۲	۴۲-۰۰۱	۴۲-۰۲۹	۴۲-۰۳۵	۴۲-۰۳۹	۴۲-۰۴۷	۴۲-۰۶۱	۴۲-۰۶۳	۴۲-۰۶۵	۴۲-۱۰۱	۴۲-۱۱۲
انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب یک نماینده در هر محور	منطقه	۱	۴۲-۰۰۳	۴۲-۰۰۵	۴۲-۰۰۷	۴۲-۰۰۹	۴۲-۰۲۹	روش برتر انتخاب شده: ارتباط کامل (دورترین همسایه)				
	همگن	۲	۴۲-۰۰۱	۴۲-۰۳۵	۴۲-۰۳۹	۴۲-۰۴۷	۴۲-۰۶۱	۴۲-۰۶۳	۴۲-۰۶۵	۴۲-۱۰۱	۴۲-۱۱۲	
بدون انجام تجزیه و تحلیل عاملی و انتخاب چند نماینده در هر محور	منطقه	۱	۴۲-۰۰۳	۴۲-۰۰۵	۴۲-۰۰۷	۴۲-۰۰۹	روش برتر انتخاب شده: ارتباط متوسط (بین گروه‌ها)					
	همگن	۲	۴۲-۰۰۱	۴۲-۰۲۹	۴۲-۰۳۵	۴۲-۰۳۹	۴۲-۰۴۷	۴۲-۰۶۱	۴۲-۰۶۳	۴۲-۰۶۵	۴۲-۱۰۱	۴۲-۱۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٦- مدل‌های وایازی بدست آمده از روش‌های مختلف

شماره مدل	مدل	R^2	روش برتر انجام وایازی 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_1: بارندگی متوسط سالانه، X_4: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، X_5: درصد اراضی کشاورزی، X_6: درصد اراضی مرتعی، X_7: درصد اراضی جنگلی، X_8: درصد سایر کاربری‌ها، X_9: ارتفاع متوسط حوضه، X_{10}: ارتفاع حداقل حوضه، X_{15}: درصد شیب متوسط حوضه، X_{16}: طول آبراهه اصلی، X_{17}: درصد شیب آبراهه اصلی، X_{18}: ضریب گراولیوس، X_{19}: طول حوضه، X_{26}: تراکم زهکشی آبراهه درجه ۳، X_{28}: درصد اراضی با جهت جنوبی، X_{32}: نمره زمین شناسی، X_{34}: دبی متوسط ۴ ماهه اسفند تا خرداد، X_{37}: دبی پیک با دوره بازگشت ۵ سال، X_{39}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال، X_{40}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۵ سال، X_{42}: دبی پیک با دوره بازگشت ۱۰۰ سال، X_{44}: ضریب پیچان رودی، X_{46}: نمره ناهمواری، X_{47}: طول آبراهه اصلی به طول حوضه، X_{49} فراوانی آبراهه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مدل‌های وایازی بدست آمده از روش‌های مختلف

شماره مدل	مسیرهای مدل‌سازی طبق نمودار کلی روش کار اجرایی		تعداد متغیر	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		۱۳	۷۰۷/۹۴	۹/۷۸	۰/۴۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۰۸۸۱۸۶۰۱۱	۱۲۳۰۴/۵۸	۶۹۶/۳۵	۰/۲۱
۵	انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یک نماینده در هر محور– بدون خوشه‌بندی		۴	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		۱۳	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	منطقه همگن ۱	۳	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۵۸۹/۲۷	۲۵/۹۰	۲۴۳/۴۴	۰/۹۵۸
۸		منطقه همگن ۲	۹	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	منطقه همگن ۱	۳	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۵۷۴/۷۸	۲۵/۵۸	۲۴۳/۶۸	۰/۹۶
۱۰		منطقه همگن ۲	۹	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	منطقه همگن ۱	۴	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۶۹۳/۰۴	۲۴/۰۸	۲۲۱/۰۸	۰/۹۶
۱۲		منطقه همگن ۲	۸	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		تعداد متغیر	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		۱۳	۷۰۷/۹۳۵	۹/۷۸	۰/۴۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۲۰۸۸۱۸۶۰۱۱	۱۲۳۰۴/۵۸	۶۹۶/۳۵	۰/۲۱
۱۱	با انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یک نماینده در هر محور– انجام خوشه‌بندی	منطقه همگن ۱	۴	۰/۰۰۰	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۶۹۳/۰۴	۲۴/۰۸	۲۲۱/۰۸	۰/۹۶
۱۲		منطقه همگن ۲	۸	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_1: بارندگی متوسط سالانه، X_4: حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال، X_5: درصد اراضی کشاورزی، X_6: درصد اراضی مرتعی، X_7: درصد اراضی جنگلی، X_8: درصد سایر کاربری‌ها، X_{10}: ارتفاع حداقل حوضه، X_{16}: طول آبراهه اصلی، X_{18}: ضریب گراولیوس، X_{19}: طول حوضه، X_{24}: تراکم زهکشی آبراهه درجه ۱، X_{28}: درصد اراضی با جهت جنوبی، X_{32}: نمره زمین شناسی، X_{37}: دبی پیک با دوره بازگشت ۵ سال، X_{39}: دبی پیک با دوره بازگشت ۲۰ سال، X_{42}: دبی پیک با دوره بازگشت ۱۰۰ سال، X_{44}: ضریب پیچان رودی، X_{46}: نمره ناهمواری، X_{49} فراوانی آبراهه

www.SID.ir

Archive of SID

٤- بحث و جمع بندی

در این تحقیق به ترتیب۳۰، 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 خدری 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 صرفا 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 می دهد 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 وایازی شامل پسرو، حذفی و روش ورود تمام متغیرها می باشد. غیاثی و همکاران (۱۳۸۱) در مطالعه نقش ویژگی‌های هندسی آبخیزها بر سیل‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف و همچنین صادقی و همکاران (۱۳۸۴ب) در مدلسازی بارش–رواناب حوضه کسیلیان به ترتیب روش پسرو و روش گام به گام و پسرو را بهترین روش برای تهیه مدل‌های وایازی معرفی نموده‌اند. در جای دیگر وفاخواه (۱۳۷۹) جهت ارائه مدل‌های مناسب وایازی 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 حطا در مدلسازی فرآیندهای طبیعی (Das, 2000 و صادقی و همکاران، ۱۳۸۴ب) 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 وایازی 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 ۰۰۳–۴۲، ۰۰۵–۴۲، ۰۰۷–۴۲، ۰۰۹–۴۲ و ۰۲۹–۴۲ 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 موثر در رسوبزایی می‌باشند. در این مورد می‌توان به تأثیر دبی اوج بر مقدار تولید رسوب (Das, 2000) و نقش موثر 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 تاکیدات مهرسرشت (۱۳۷۵) و تلوری (۱۳۸۱) در توانایی مساحت، طول، محیط حوضه و ضریب شکل گراولیوس در برآورد رسوب ماهانه حوضه‌های مورد بررسی همخوانی کامل ندارد. در زیرحوضه‌های ۰۰۱–۴۲، ۰۳۵–۴۲، ۰۳۹–۴۲، ۰۴۷–۴۲، ۰۶۱–۴۲، ۰۶۳–۴۲، ۰۶۵–۴۲، ۱۰۱–۴۲ و۱۱۲–۴۲ 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 می باشند که تا حدودی با نظر صادقی و همکاران (۱۳۸۴الف) در رابطه با ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوزه مندریجان (ایستگاه ۰۴۷–۴۲) در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود مطابقت دارد. عدم تغییرپذیری زیاد مساحت و همچنین وجود اطلاعات تفضیلی دقیق‌تر از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه در هر یک از مناطق همگن را می توان به عنوان دلیلی بر عدم حضور عامل مساحت در روابط نهایی به حساب آورد. از طرفی دامنهٔ زیاد تغییر در نمره ناهمواری، تنوع وسعت مراتع در مقایسه با سایر کاربری‌ها (جدول ۱) و همچنین نقش موثر 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 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 پیشنهادهای منتج از بررسی موجود می‌باشد.

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

کد ایستگاه	رسوب مشاهده ای (ton/day)	مدل شماره ۴ (برای کل زیرحوضه‌ها)		مدل شماره ۱۱ (برای منطقه همگن ۱)		مدل شماره ۱۲ (برای منطقه همگن ۲)	
		رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)
۴۲-۰۰۱	**45/90**	**45/71**	**0/42**	–	–	**45/90**	**0/01**
۴۲-۰۰۳	**2639/00**	**2639/18**	**0/01**	**2639/31**	**0/01**	–	–
۴۲-۰۰۵	**387/80**	**387/70**	**0/03**	**387/91**	**0/03**	–	–
۴۲-۰۰۷	**182/10**	**181/71**	**0/21**	**182/15**	**0/03**	–	–
۴۲-۰۰۹	**997/50**	**997/22**	**0/03**	**997/56**	**0/01**	–	–
۴۲-۰۲۹	**425/50**	**424/98**	**0/12**	**425/55**	**0/01**	–	–
۴۲-۰۳۵	**68/10**	**67/99**	**0/15**	–	–	**68/17**	**0/11**
۴۲-۰۳۹	**4/89**	**4/26**	**12/89**	–	–	**5/10**	**4/20**
۴۲-۰۴۷	**166/50**	**165/95**	**0/33**	–	–	**166/72**	**0/13**
۴۲-۰۶۱	**23/10**	**22/43**	**2/90**	–	–	**23/22**	**0/51**
۴۲-۰۶۳	**200/60**	**199/91**	**0/34**	–	–	**200/58**	**0/01**
۴۲-۰۶۵	**115/30**	**114/83**	**0/41**	–	–	**115/37**	**0/06**
۴۲-۱۰۱	**2/80**	**2/27**	**19/02**	–	–	**3/09**	**10/32**
۴۲-۱۱۲	**0/64**	**0/00**	**100/00**	–	–	**0/86**	**35/19**

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

پی‌نوشت‌ها

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 قره تیکان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۴(۲):۱۰-۱۸.

اسماعیلی، ن. و مهدوی، م.(۱۳۸۱). بررسی دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات معلق در آبراهه‌های حوضه سد زاینده رود، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵(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 و۵۷):۵۶-۶۱.

حکیم خانی، ش.(۱۳۷۷). ارائه مدل رگرسیونی چند متغیره بر اساس عوامل موثر بر رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۱۲ ص.

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.، ابریشم چی، ا.، مرادی، م. ح. و عرب خدری، م.(۱۳۸۱). پیش بینی رسوب معلق حوزه‌های فاقد آمار با مقایسه روشهای خوشه بندی آماری و فازی، مجموعه مقالات ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۸ الی ۱۰ بهمن، ج اول، صفحات ۹ تا ۱۷.

زرگر، ا. (۱۳۸۰). راهنمای جامع SPSS. ۱۰ ، انتشارات بهینه، ۵۸۴ ص.

شرکت آمارپردازان (۱۳۷۷). راهنمای کاربران SPSS. ۶ ، جلد ۱ و ۲، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، ۴۲۴ و۵۳۳ ص.

صادقی، س.ح.ر.، شجاعی، غ.ر. و مرادی، ح.ر. (۱۳۸۴الف). ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوزه مندریجان در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود، نشریه آب و آبخیز، ۱(۴):۱۷-۲۳.

صادقی، س.ح.ر.، مرادی، ح.ر.، مزین، م. و وفاخواه، م.(۱۳۸۴ب). کارآیی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدلسازی بارش-رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسیلیان)، 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.

غیاثی، ن.، غفاری، ع.، عرب خدری، 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 کمّی در ژئومورفولوژی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۶۸ص.

فیض نیا، س.(۱۳۷۴). مقاومت سنگها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷:۹۵-۱۱۶.

قدیمی عروس محله، ف. و امین سبحانی، 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)، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، ۱۷۳ص.

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

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، ۴۰۱ص.

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.، عرب‌خدری، 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). مهندسین مشاور جامع ایران، نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز ابرقو- سیرجان.

وزارت کشاورزی (۱۳۷۶). مهندسین 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، مهندسین مشاور جاماب.

وزارت نیرو(۱۳۶۸ ب). طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز زاینده رود، مهندسین 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.

Hallsworth, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir