Archive of SID

مجله دانش آب و خاک/ جلد 21 شماره 2/ سال 1390

تعیین نواحی همگن توزیع مکانی بار معلق در حوضه آبریزرودخانه آجی‌چای

محمدعلی قربانی[1*]، احمد فاخری‌فرد[2]، سمیرا نعمتی[3] و سمیرا طلوعی[3]

تاریخ دریافت: 88/5/2 تاریخ پذیرش: 88/12/8

1و2- دانشیار و استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: Cusp2004@yahoo.com

چکیده

تعداد کم ایستگاههای رسوب سنجی و محدودیت تعداد سالهای دارای آمار ، تجزیه و تحلیل بار رسوب رودخانه‌ها را با مشکل مواجه کرده است. از این رو استفاده از روشهائی همچون تحلیل منطقه‌ای جهت دستیابی به مدل‌های مناسب برآورد بار رسوبی ضروری به نظر می‌رسد. تحلیل منطقه‌ای عبارتست از کاربرد داده‌های برداشت شده از محل‌های مشخص و تعمیم آنها به تمام سطح یک ناحیه. تحلیل منطقه‌ای رسوب شامل دو مرحله است: 1- تعیین عرصه‌های همگن 2- استنتاج مدل منطقه‌ای بار معلق رسوب برای مناطق همگن که این مدل‌ها در برگیرنده خصوصیات محلی و ضرایب منطقه‌ای برای زیر حوضه‌های مورد مطالعه می‌باشد. با هدف دستیابی به چنین مدل‌هایی این مطالعه در حوضه رودخانه آجی چای با وسعت حدود 13853 کیلومتر مربع انجام شده است. در این مطالعه میانگین تولید رسوب روزانه زیرحوضه‌ها به عنوان متغیر وابسته و 14 ویژگی فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی مربوط به 10 زیر حوضه منتخب با طول دوره آماری 34 سال بعنوان متغیرهای مستقل انتخاب شده و پس از تعیین مناطق همگن مدل ریاضی برآورد رسوب معلق در هر منطقه همگن بر اساس پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی به همراه میزان خطای هر مدل پیشنهاد شده است .

واژه‌های کلیدی: آجی چای، توزیع مکانی، رسوب معلق، مدل ریاضی، مناطق همگن

www.SID.ir

Archive of SID

Determining Homogeneous Regions of Spatial Distribution of Suspended Load in Aji-Chai River Basin

MA Ghorbani[1*], A Fakheri Fard[2], S Nemati[3] and S Tolouei[3]

Received: 24 July 2009 Accepted: 27 February 2010
[1,2] Assoc. Prof. and Prof., Water Engin. Dept., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[3] Former Graduate Student, Water Engin. Dept., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
*Corresponding author: E-mail: Cusp2004@yahoo.com

Abstract

Deficit of sediment measuring stations and limited number of years containing historical data, have made it difficult to analyze the river's sediment load. Hence, using methods such as regional analysis to access suitable models to estimate the sedimentary load seems to be necessary. Regional analysis of sediment consists of two parts;1) determining homogeneous areas and 2) deriving regional models of sediment suspended load of homogeneous regions that involve local characteristics and regional coefficients for the sub-basins being studied. In order to access such models, this study has been conducted in Aji-Chai River basin with area of some 13853 Km^2. In the present study, the mean daily sediment production of the sub-basins and 14 physiographic and hydrologic characteristics related to 10 selected sub-basins with 34 years of statistical period were selected as dependent and independent variables, respectively. After determining homogeneous regions a mathematical model for predicting suspended sediment load at each homogeneous region was proposed based on physiographic and hydrologic parameters together with amount of error of each model.

Keywords: Aji-Chai, Homogeneous regions, Mathematical model, Spatial distribution, Suspended sediment

مقدمه

امروزه فرسایش خاک بعنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او بشمار می‌آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی شود خاکها به تدریج فرسایش یافته، حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. مسئله فرسایش خاک در کشور ما همواره معضل و مشکل اساسی در راه توسعه طرح‌های منابع آب و آبخیزداری محسوب شده است . در تمامی این طرح‌ها آگاهی از چگونگی وضعیت فرسایش خاک و میزان رسوبدهی حوضه مورد نظر از اهمیت بسزائی برخوردار است. طرح‌هائی که بدون توجه به این موضوع به مرحله اجرا در آمده‌اند پس از مدتی کارائی خود را از دست داده و از نظر اقتصادی خسارات فراوانی به سرمایه‌های کشور وارد کرده‌اند. رسوبدهی حوضه‌ها ناشی از عوامل اقلیمی، زمین شناسی، پوشش گیاهی و خصوصیات مرفومتری حوضه بالادست

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد. در مناطقی که رودخانه‌ها دارای آمار رسوب می‌باشند می‌توان وضعیت رسوبدهی حوضه بالادست آن را بررسی نمود. مسلم که 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 روش‌هائی برای برآورد علمی و دقیق تولید رسوب در حوضه‌های کشور به منظور کنترل این فرایند امری ضروری است .روش‌های تجزیه و تحلیل منطقه‌ای به واسطه امکان تهیه مدل‌های مناسب برآورد رسوب معلق و شناسائی عوامل دخیل در رسوبزائی زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه اندازه گیری می‌توانند در این زمینه موثر باشند. هدف از آنالیز منطقه‌ای تعمیم اطلاعات نقاط اندازه گیری در قالب روابط ریاضی بین خصوصیات فیزیکی و اقلیمی حوضه و میزان رسوب به مناطق همگن هیدرولوژیکی است .برای برآورد رسوب معلق زیر حوضه‌ها و نیز تعیین عوامل موثر در آن روابط زیادی توسط محققین مختلف ارائه شده است. در روابط و معادلات مختلف عوامل گوناگونی نظیر فیزیوگرافی (عرب خدری و زرگر 1374، مهرسردشت 1375، قدیمی عروس‌محله و سبحانی 1378، قنواتی 1378، دادرسی 1379، عرب خدری 1382، وفاخواه 1381، رستریپو و همکاران 2006 و چن و همکاران 2006)، خاک و زمین‌شناسی زیرحوضه (حکیم خانی 1377، قدیمی عروس‌محل و سبحانی 1378، وروانی1380، وتلوری 1381، رشیدی 1997) و متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی (هالس ورث2006، والینگ 2006، نارایانا 2002، عرب خدری و زرگر 1374، حکیم خانی 1377، اسماعیلی و مهدوی 1381 و تلوری 1381) مقدار انتقال رسوب را در حوضه‌ها کنترل می‌کند. پروسر و همکاران (2001) مدل‌های منطقه‌ای رسوبدهی ویژه و رسوبدهی کل را ارائه نمودند که عوامل مساحت حوضه، شاخص هیپسومتری، طول زهکشی، فاصله افقی بین خروجی و دورترین نقطه حوضه و حداکثر اختلاف ارتفاع حوضه در معادلات بکار رفت .در این تحقیق نیز سعی شده است جهت تهیه مدل برآورد منطقه‌ای تولید رسوب معلق در حوضه رودخانه آجی چای ضمن معرفی و شناسایی عوامل مهم بر تولید رسوب، مناطق همگن مشخص شده و مدل ریاضی منطقه‌ای برآورد بار معلق ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

مشخصات و موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه آجی چای با وسعتی معادل 13853 کیلومترمربع در محدوده ´30-°45 تا ´45-°47 طول شرقی و ´45-°37 تا ´30-°38 عرض شمالی گسترده شده و بیش از25 درصد مساحت کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه را می‌پوشاند. حوضه آبریز آجی‌چای از دامنه‌های 3800 متری ارتفاعات جنوبی سبلان سرچشمه می‌گیرد. به طوری که در ابتدای حوضه با بهم پیوستن تعدادی جویبار و مسیل رودخانه بیوک چای تشکیل می‌یابد، در واقع این رودخانه آخرین حد حوضه آبریز آجی چای و یال شرقی آن هم مرز با حوضه آبریز رودخانه آقلاغان (نیرچای) بوده که این رودخانه یکی از سرشاخه‌های دره رود و جز حوضه آبریز ارس می‌باشد.

تعیین مناطق همگن

در راستای تهیه مدل منطقه‌ای برآورد رسوب معلق در حوضه آجی چای مراحل زیر انجام گردید.

الف) انتخاب ایستگاه‌ها و آماده‌سازی داده‌ها

در این تحقیق طول دوره آماری وکنترل نسبی کفایت اطلاعات با استفاده از آزمون Hurst (کارآموز و عراقی‌نژاد 1384)، پراکنش جغرافیایی ایستگاهها و تنوع مساحت حوضه، بررسی و نهایتاً ده ایستگاه هیدرومتری انتخاب گردید. اطلاعات وآمار دبی جریان، رسوب و پارامترهای هواشناسی حوضه‌ها و ایستگاه‌های منتخب از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی اخذ گردیدند. طول آماری مورد استفاده 34 سال (از سال آبی 51-1350 لغایت 84-1383) می‌باشد. در سال‌هایی که آمار ناقص بوده، با

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از روش‌های مرسوم (میانگین‌گیری و استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های معرف و در برخی موارد با ترسیم نمودار پراکنش اقدام به حذف داده‌های پرت) بازسازی و تکمیل گردید. مشخصات جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌ها در جدول 1 و مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری نیز در جدول 2 منعکس شده است. در این مطالعه، ایستگاه‌هایی که دارای آمار ناقص بودند با استفاده از دبی متوسط روزانه و استفاده از منحنی سنجه رسوب تکمیل ودر نهایت میزان رسوب معلق ایستگاههای مورد مطالعه برآورد گردید.

جدول 1- مختصات جغرافیائی و ارتفاع ایستگاههای مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع متر
ونیار	46°-24´	38°-07´	1460
زرنق	47°-14´	38°-00´	1600
خواجه	46°-11´	38°-20´	1500
آخولا	46°-02´	38°-01´	1312
سهزاب	47°-39´	37°-59´	1855
نهند	46°-29´	38°-08´	1596
مهربان	47°-07´	38°-04´	1550
مرکید	47°-01´	38°-11´	1520
لیقوان	46°-26´	37°-50´	2150
بستان آباد	46°-50´	37°-51´	1725

ب) تعیین مناطق همگن بر اساس روش‌های مختلف آنالیز خوشه‌ای

تجزیه کلاستر یا خوشه‌ای از روش‌های آماری چند متغیره است که برای یافتن شباهت بین اعضای موجود در یک مجموعه بکار می‌رود و بر اساس تحقیقات انجام یافته عمدتاً در مباحث مرتبط با مسائل مهندسی و هیدرولوژیکی کاربرد دارد. در این تحقیق نیز از بین روش‌های موجود از روش تجزیه کلاستر جهت همگن‌بندی استفاده گردید. در تجزیه کلاستر معمولا p صفت بر روی n فرد یا ماده اندازه‌گیری می‌شود و یک ماتریس n×p از داده‌های خام تشکیل می‌شود. سپس ماتریس داده‌های خام به ماتریس شباهت یا فاصله تبدیل شده و با استفاده از یکی از تکنیک‌های طبقه‌بندی، گروه‌بندی انجام می‌پذیرد. هدف از تجزیه کلاستر دسته‌بندی داده‌هاست. بطوریکه گروههای موجود در هر دسته بیشترین شباهت را بهم داشته باشند. برای محاسبه فاصله‌ها در ماتریس داده‌های خام از معیار فاصله اقلیدسی[1] که بیش از سایر روابط کاربرد دارد و به شکل زیر تعریف می‌شود، استفاده گردید.

$$d^2_{rs} = \sum_{j=1}^{p} (x_{rj} - x_{sj})^2 \qquad [1]$$

در این رابطه d^2_{rs} مربع فاصله اقلیدسی ردیف r ام و s ام در ماتریس داده‌های x به ترتیب به صورت $(X_{s1}, X_{s2}, X_{s3}, \ldots X_{sn})$ و $(X_{r1}, X_{r2}, X_{r3}, \ldots X_{rn})$ می‌باشد. از بین روش‌های مختلف برای تجزیه کلاستر از روش حداقل واریانس[2] ، همسایگی دور[3]، همسایگی نزدیک[4] و حذفی[5] که کاربرد وسیعی دارند جهت تجزیه کلاستر و همگن‌بندی پارامترها استفاده شده است. (راموس 2001).

در روش حداقل واریانس Ward فاصله بین دو کلاستر بر مبنای مجموع مربعات عناصر دو کلاستر محاسبه می‌شود و در هر مرحله آن دو کلاستری در هم ادغام می‌شوند که دارای مجموع مربعات کمتری باشند. به همین دلیل آن را روش حداقل واریانس[6] نامگذاری کرده‌اند.

[1] Euclidean distance
[2] Ward's minimum variance method
[3] Complet linkage method
[4] Single linkage method
[5] Deleting stepwise
[6] Minimum variance

www.SID.ir

Archive of SID

جدول2- میزان رسوب مشاهداتی و خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های منتخب جهت تحلیل منطقه‌ای

مشخصات - نام ایستگاه	ونیار	زرنق	خواجه	آخولا	سهزاب	نهند	مهربان	مرکید	لیقوان	بستان آباد
میانگین رسوب روزانه 50- 84 (تن بر روز)	9254/63	1902/31	466/22	17834/56	3661	147/03	224/67	4460/12	136/81	916/41
لگاریتم تولید رسوب معلق	3/97	3/28	2/67	4/25	3/56	2/17	2/35	3/65	2/14	2/96
ارتفاع متوسط وزنی (متر) X_1	1942/5	1961/2	1891/3	1923/2	2792/9	2188/6	2237	1947/4	2740/4	2029/7
طول شاخه اصلی رودخانه (متر) X_2	227/2	35	49	262/3	27/2	41/2	50/5	204/1	14/5	34/9
شیب متوسط حوزه به روش هورتن (درصد) X_3	13/3	10/3	12/1	14/4	20/7	22/6	11/7	11/8	33/1	9/1
شیب خالص شاخه اصلی رودخانه (درصد) X_4	0/3	1/71	1/01	0/24	5/7	2/23	1/98	0/3	4/07	2/4
مساحت حوزه (کیلومتر مربع) X_5	7723	210/9	398/6	10103	85/5	219/2	456/5	5619	77	575
میانگین بارش 40-82 (سامتی متر) X_6	19/48	16/55	21/26	22/69	25/49	18/30	24/98	10/99	27/42	35/64
حاصلضرب مساحت در شیب رودخانه X_7	2316/99	360/64	402/59	2424/72	487/35	488/82	903/87	1685/76	313/39	1380/00
میا نگین دبی 50-84 (متر مکعب بر ثانیه) X_8	41/94	6/57	7/15	84	2/09	9/94	3/62	71/77	1/92	2/8
محیط حوضه (کیلومتر) X_9	529	83	98	580	61	97	98	386	33	115
ضریب گراویلیوس X_{10}	1/69	1/6	1/4	1/6	1/8	1/8	1/3	1/5	1/3	1/4
ارتفاع حداکثر از سطح دریا (متر) X_{11}	3882	2947	2827	3882	3882	2820	3000	3882	3540	3700
ارتفاع حداقل از سطح دریا (متر) X_{12}	1458	1580	1480	1380	1850	1596	1550	1480	2150	1725
اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل (متر) X_{13}	2424	1367	1347	2502	2032	1224	1450	2402	1390	1975
زمان تمرکز بر اساس رابطه کرپیچ (ساعت) X_{14}	24/5	3/8	5/26	28/5	2/38	4/43	5/25	21/7	1/26	3/04

اگر C_K و C_J دو کلاستر باشند که در یکدیگر ادغام شده و کلاً کلاستر C_M را تشکیل داده باشند، فاصله بین کلاستر جدید و کلاستر C_L به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{JM} = \frac{(n_J + n_K) \times d_{JK} + (n_L + n_J) \times d_{JL} - n_J \times d_{KL}}{n_J + n_M} \quad [2]$$

در رابطه فوق d_{KL} فاصله بین کلاسترهای K و L می‌باشد (رومرو و همکاران 1999). در روش نزدیکترین همسایگی کلاسترها از طریق نزدیک‌ترین اعضا به هم ملحق می‌شوند و در روش دورترین همسایگی کلاسترها از طریق دورترین اعضا به هم می‌پیوندند. در روش حذفی تمام اعضا یک کلاستر در نظر گرفته می‌شود و آزمون همگنی برای کل اعضا انجام می‌پذیرد در صورتی که نتیجه آزمون، همگنی را نشان بدهد کل ایستگاه‌ها در یک کلاستر قرار می‌گیرد در غیر این صورت ایستگاه‌ها تک به تک از کلاستر کلی استخراج، و آزمون همگنی انجام می‌پذیرد تا به همگنی مطلوب برسد در این صورت اعضای باقیمانده یک کلاستر همگن را تشکیل می‌دهند. اعضای خارج شده یک خوشه مجدداً در نظر گرفته می‌شوند و آزمون همگنی انجام می‌پذیرد در صورت همگن بودن اعضای استخراج شده یک کلاستر را تشکیل می‌دهند. در غیر اینصورت مجددا یک یک از این کلاستر اعضا استخراج و آزمون همگنی انجام می‌پذیرد تا کلاستر دوم حاصل گردد.

www.SID.ir

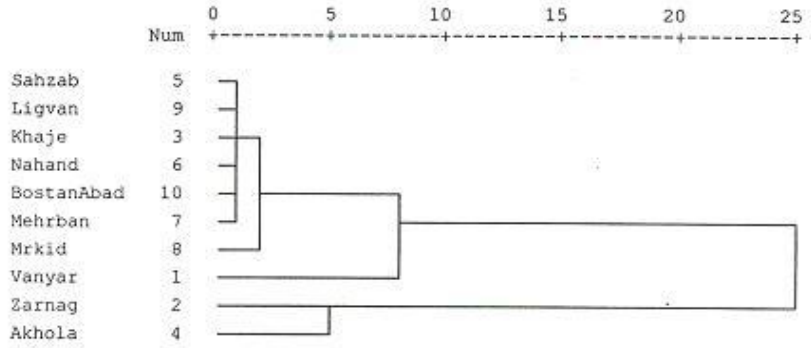
Archive of SID

پ) رگرسیون چند متغیره

تحلیل رگرسیون توصیف کننده مجموعه‌ای از روش‌های آماری است که بعنوان پایه‌ای برای استنباط روابط میان کمیت‌ها در یک سیستم علمی بکار گرفته می‌شود. مدل عبارتست از درک و مشاهده تحلیل گر از مکانیزمی است که داده‌ها را تولید کرده و تحلیل رگرسیون روی آن صورت می‌گیرد.

نتایج و بحث

کلیه داده‌های استفاده شده در این تحقیق شامل 14 متغیر فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی بعنوان متغیر مستقل و مقادیر رسوب روزانه بعنوان متغیر وابسته برای 10 ایستگاه انتخابی با طول دوره آماری مشترک 34 سال می‌باشد. پس از بررسی ارتباط بین مقادیر دبی و رسوب نیز معادلات سنجه رسوب برای ایستگاههای مختلف تهیه گردید. با توجه به روش کار ارائه شده، نرمال بودن کلیه داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف (فتوحی اردکانی 1381) کنترل و توزیع نرمال آنها تایید و در ادامه تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انجام گردید.نتایج مربوط به دندروگرام‌ها در شکل 1 ارائه شده است. از روی نمودار شاخه‌ای می-توان در هر سطح دلخواه گروه ها را مشخص نمود. در این مطالعه ایستگاهها به دو گروه همگن تقسیم گردید که ایستگاههای [10و9و7و6و5و3] در یک کلاستر و ایستگاههای [1،2،4،8] نیز در یک کلاستر جای گرفتند. همچنین در ادامه مطالعه برای کلاسترهای ایجاد شده آزمون همگنی انجام گرفت و نتایج مربوط به آزمون همگنی در جدول 3 آورده شده است. نتایج خوشه‌بندی ایستگاه‌ها به روش‌های مختلف سلسله مراتبی بیانگر مشابه بودن کلاسترهای حاصل از این روشها می باشد. کلاسترهای حاصل یعنی (3و5و 6و7و9و10) باحذف عضو(3) و (1و2و4و 8) با حذف اعضای (1 و8) به ترتیب به اعداد همگنی 0/04 و 0/032 می‌رسند که درسطح 95% احتمال معنی دار می‌باشد و همچنین با کاربرد روش حذفی کل ایستگاه‌ها با حذف عضو3 به عدد همگنی 3/23 می‌رسد که باز در سطح 95% معنی‌دار می‌باشد. یکی از فرضیات رگرسیون خطی عدم وجود هم خطی شدید یا همبستگی داخلی قوی بین متغیرهای مستقل است و این مساله ممکن است اثراتی از قبیل حذف هر دو متغیر مستقل که همبستگی بالایی با هم دارند، متفاوت بودن ضرایب رگرسیونی با واقعیت و غیره را به دنبال داشته باشد.



شکل 1- دندروگرام مناطق همگن بر اساس میزان رسوب و خصوصیات فیزیوگرافی در حوضه آبریز آجی چای

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- نتایج تست همگنی کلاسترها

کلاستر	روش کلاستر بندی	تعداد کل	شماره ایستگاهای حذفی در تست همگنی	مقدار همگنی	مقدار همگنی با حذف ایستگاه مربوطه در ستون 4	مقدار همگنی معنی‌داری در سطح اعتماد 5%	مقدار همگنی معنی‌داری در سطح اعتماد 1%
[3،5،6،7،9،10]	حداقل واریانس	6	3	24/33	0/04	13/28	126/5
[1،2،4،8]	همسایگی دور و نزدیک	4	(1/8)	25/84	0/032	3/84	6/64
[2،3،5،6،7،8،9،10،1]	حذفی	10	(4)	35/59	3/23	20/09	131/1

برای جلوگیری از این مساله ترکیباتی از متغیرهای مستقل تهیه شدند که در سطح 5 درصد دارای همبستگی معنی‌دار نبودند. در مرحله بعد بین ترکیبات مزبور و متغیر وابسته (تولید رسوب معلق) با استفاده از روش رگرسیون پسرو و پیشرو روابطی در سه حالت مختلف: 1) کلیه ایستگاه‌ها به صورت همگن در نظر گرفته شود، 2) ایستگاه‌های شماره (3،5،6،7،9،10) و ایستگاه‌های (1،2،4،8) به صورت همگن در نظر گرفته شود، 3) ایستگاههای شماره(1،2،3،5،6،7،8،9،10) به صورت همگن در نظر گرفته شود، برقرار شد که نتایج مربوط به آنها در جدول 4 و جدول 5 آورده شده است. نتایج حاصله از جدول 4 نشان می‌دهد در شرایطی که ایستگاههای شماره (5،6،7،9،10) به صورت همگن در نظر گرفته می‌شوند ضریب تعیین 0/99 است که نسبت به ضریب تعیین حاصل شده در حالتی که ایستگاههای شماره (1،2،3،5،6،7،8،9،10) به صورت همگن در نظر گرفته شود، از دقت بالاتری برخوردار است.

جدول 4- نتایج مدل های رگرسیونی در هرسه حالت متفاوت مناطق همگن به روش پسرو و پیشرو

شماره مدل	ترکیب مدل همگن برای ایستگاهها	روش رگرسیون چند گانه	مدل منتخب	R^2
1	کلیه ایستگاهها به صورت همگن در نظر گرفته شود.	پسرو	$\log Q_s = -23.64 - 2\log X_3 + 6.2\log X_{10} + 7.9\log X_{11}$	0/81
		پیشرو	$\log Q_s = -14.45 + 5.4\log X_{13}$	0/76
2	ایستگاههای شماره (5،6،7،9،10) به صورت همگن در نظر گرفته شود.	پسرو	$\log Q_s = -19.2 - 3.1\log X_6 + 8.2\log X_{13}$	0/99
		پیشرو	$\log Q_s = -19.2 - 3.1\log X_6 + 8.2\log X_{13}$	0/91
3	ایستگاههای شماره (1،2،3،5،6،7،8،9،10) به صورت همگن در نظر گرفته شود.	پسرو	$\log Q_s = -19.78 - 1.94\log X_3 + 5.8\log X_{10} + 6.79\log X_{11}$	0/85
		پیشرو	$\log Q_s = -10.63 - 1.49\log X_3 + 3.2\log X_{10} + 4.28\log X_{11}$	0/71

با کاربرد روش رگرسیون پسرو و پیشرو که متغیرهای اختلاف ارتفاع حداکثر و حداقل (X_{13}) و میانگین بارش (X_6) جهت محاسبه دبی رسوب انتخاب می‌کند معادله رگرسیونی در دو حالت پیشرو و پسرو حاصل گردید که با ضریب تعیین $R^2 = 0.99$ و $R^2 = 0.91$ تطابق مناسبی را با داده‌های مشاهداتی

www.SID.ir

Archive of SID

رسوب نشان می‌دهند. چنانچه کل ایستگاه‌ها بجز ایستگاه 4 که درروش حذفی بعنوان ایستگاه پرت تشخیص داده شد بصورت یک خوشه همگن در نظر گرفته شود، رابطه رگرسیونی از طریق روش پسرو و پیشرو، متغیرهای ارتفاع حداکثر(X_{11})، ضریب تراکم گراولیوس(X_{10}) و شیب متوسط حوضه(X_3) را برای محاسبه رسوب انتخاب می‌کند.

نتایج به دست آمده از تحلیل نشان می‌دهد که سطح اطمینان گروه‌بندی مناطق همگن بیش از 99 درصد بوده و هر دو نوع خوشه‌بندی از نظر آماری معنی‌دار است. در مدل شماره1 متوسط و حداکثر خطای نسبی به روش پسرو به ترتیب 7/83 ، 16/38 و به روش پیشرو 10/1، 29/93 و در مدل شماره 3 متوسط و حداکثر خطای نسبی به روش پسرو به ترتیب 8/45، 20/1 و در روش پیشرو 12/4، 26/19 حاصل گردید و این در حالی است که در مدل شماره 2 متوسط و حداکثر خطای نسبی به روش پسرو پیشرو به ترتیب 6/38، 14/8 می‌باشد که نسبت به مدل‌های شماره 1 و 3 خطای کمتری را نشان می‌دهد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن ایستگاههای سهزاب، نهند، مهربان، لیقوان و بستان‌آباد بصورت یک خوشه همگن، می‌توان مقادیر رسوب حوضه را برآورد نمود.

جدول 5- نتایج ارزیابی مدل‌های منتخب و مقادیر خطای نسبی برآورد رسوب معلق به روش پسرو و پیشرو

نام ایستگاه	روش	لگاریتم رسوب مشاهده‌ای (ton/day)	مدل شماره 1		مدل شماره 2		مدل شماره 3	
			لگاریتم رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	لگاریتم رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)	لگاریتم رسوب برآوردی (ton/day)	مقدار خطای نسبی (%)
ونیار	پیشرو	3/97	3/87	2/48	4/54	12/68	3/79	4/77
	پسرو		3/87	2/52	4/54	12/68	3/75	5/77
زرنق	پیشرو	3/28	2/52	29/93	2/33	14/43	3/36	2/49
	پسرو		3/00	9/35	2/72	20/44	3/01	8/78
خواجه	پیشرو	2/67	2/49	7/20	2/33	14/43	3/00	10/93
	پسرو		2/36	13/18	2/33	14/43	2/42	10/30
آخولا	پیشرو	4/25	3/94	7/77	4/45	4/45	3/66	16/21
	پسرو		3/65	16/38	4/45	4/45	3/54	20/09
سهزاب	پیشرو	3/56	3/46	3/12	3/55	0/36	3/59	0/66
	پسرو		3/65	2/46	3/55	0/36	3/54	0/79
نهند	پیشرو	2/17	2/26	4/27	2/19	1/20	2/94	26/19
	پسرو		2/48	12/63	2/19	1/20	2/52	13/93
مهربان	پیشرو	2/35	2/66	11/68	2/38	1/07	3/03	22/27
	پسرو		2/39	1/69	2/38	1/07	2/44	3/49
مرکید	پیشرو	3/65	3/85	5/19	4/28	14/80	3/70	1/30
	پسرو		3/65	0/10	4/28	14/80	3/55	2/78
لیقوان	پیشرو	2/14	2/56	16/66	2/10	1/70	2/66	19/69
	پسرو		2/06	3/92	2/10	1/70	2/05	4/33
بستان آباد	پیشرو	2/96	3/39	12/59	3	1/17	3/68	19/52
	پسرو		3/53	16/06	3	1/17	3/45	14/25

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این تحقیق 14 متغیر مستقل فیزیوگرافی به منظور تخمین متغیر وابسته میانگین رسوب معلق روزانه استفاده شد. و این در حالی است که عرب خدری و زرگر (1374) 11 ویژگی، حکیم خانی (1377) 19 ویژگی، وفاخواه(1381) 14 ویژگی به عنوان متغیرهای مستقل مدنظر قرار داده‌اند. در برخی از مطالعات نیز صرفا به بررسی ارتباط تغییر تولید رسوب تنها با یک یا دو متغیر پرداخته شده است (والینگ 2006).

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان جمع‌بندی نمود که انتخاب پارامترهای مستقل بیشتر زمینه‌های ارزیابی اهمیت آنها در تولید رسوب را فراهم نموده است. اگر چه در نهایت به تعداد محدودی پارامتر دست یافته شود. افزایش دقت تهیه مدل رسوب به واسطه همگن‌بندی مناطق و دستیابی به پارامترهای مهم‌تر و موثرتر در تولید رسوب و اهمیت آنها در انجام بهترین اقدامات مدیریتی از دیگر یافته‌های این تحقیق است. همچنین انجام تحقیقات مشابه در سایر حوضه-های کشور و ارزیابی نقش سایر پارامترهای دخیل در تولید رسوب به منظور جمع‌بندی نهایی در تهیه مدل-های ریاضی منطقه‌ای از پیشنهادهای منتج از بررسی موجود می‌باشد.

منابع مورد استفاده

اسماعیلی ن و مهدی م، 1381. بررسی دبی موثر جهت انتقال رسوبات معلق در آبراهه های حوضه سد زاینده رود، مجله منابع طبیعی ایران. شماره 55 صفحه‌های 295-304.

تلوری ع، 1381. رابطه رسوبدهی معلق با برخی ویژگی های آبخیز در سر شاخه‌های کرخه و دز در استان لرستان، مجله پژوهش و سازندگی. شماره‌های 56 و 57 صفحه‌های 56-61.

حکیم خانی ش، 1377. ارائه مدل رگرسیون چند متغیره بر اساس عوامل موثر بر رسوبدهی معلق حوزه های آبخیز دریاچه ارومیه، پایاننامه کارشناسی ارشد آبخیز داری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

دادرسی ا، 1379. بررسی نقش پوشش گیاهی، شیب و مساحت حوزه در تولید رسوب (مطالعه موردی حوضه آبخیز فیله خاصه زنجان)، صفحه‌های 322-324. مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش و رسوب، شهریور 1379. دانشگاه کردستان.

عرب خدری م و زرگر ا، 1374.برآورد تولید رسوب در بخش شمالی البرز با استفاده از مدل های رگرسیونی، مجله پژوهش و سازندگی. شماره 29 صفحه‌های 22-26.

عرب خدری م، 1382 . وضعیت رسوبدهی معلق حوزه های آبخیز ایران، نشریه داخلی علمی و پژوهشی آبخیز، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیز داری. شماره 11 صفحه‌های 4-6.

فتوحی اردکانی ا، 1381. کتاب آموزشی Spss10. ترجمه. انتشارات کانون نشر علوم، تهران.

قدیمی عروس محله ف و امین سبحانی ا، 1378 . تعیین الگوی توزیع آماری رسوب معلق حوزه آبریز دریاچه نمک، پژوهش و سازندگی، شماره 44 صفحه‌های 94-99.

www.SID.ir

Archive of SID

قنواتی ع، 1378. مدلسازی هیدروژئومورفولوژیک سیلاب و رسوب (نمونه موردی حوزه رودخانه‌های زهره و خیر آباد)، پایاننامه کارشناسی ارشد جغرافیایی طبیعی، دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس.

مهرسرشت ب، 1375. تحلیل منطقه‌ای بار معلق در سرشاخه‌های رودخانه کرخه، پایاننامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی.

وروانی ج، 1380. آنالیز ناحیه ای رسوب معلق در حوزه آبخیز گرگانرود و بررسی رسوبدهی سرشاخه‌های اصلی سد وشمگیر، پاییاننامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

وفاخواه م، 1381. ارائه مدل ریاضی جهت برآورد رسوب در منطقه شمال (مازندران و گرگان)، صفحه‌های 147-159 مجموعه مقالات ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه بهمن 1381، دانشگاه شهید چمران اهواز.

Chen CN, Tsai CH and Tsai CT, 2006. Simulation of sediment yield from watershed by physiographic soil erosion-deposition model. Journal of Hydrology 327(3-4): 293-303.

Hallsworth EG, 1987. Anatomy. Physiology and Psychology of Erosion. John Wiley and Sons Pub. Chichester, England

Narayana VVD, 2002. Soil and water conservation research in India. Indian Council of Agricultural Research Pub. Publications and Information Division.

Prosser IP, Rutherfurd ID, Olley JM, Young WJ, Wallbrink PJ, and Moran CJ 2001. Largescale patterns of erosion and sediment transport in river networks, with examples from Australia. Marine and Freshwater Research 52: 81-99.

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 Science, Enschede, Netherlands.

Ramos MC, 2001. Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. Journal of Hydrology 57:123–138.

Restrepo JD, Kjerfve B, Hermelin M and Restrepo JC, 2006. Factors controlling sediment yield in a major south American drainage basin: the Magdalena River, Colombia, Journal of Hydrology 316: 213-232.

Romero R, Summer G, Ramis C, and Genoves A, 1999. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. Int J Climatol 19:765–785.

Walling DE, 2006. The changing sediment loads of the world's rivers, Pp: 41-46, Proceedings International Sediment Initiative Conference Nov. 12-15, Sudan.

www.SID.ir