تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال نهم، شماره ۲، پائیز ۱۳۹۲
Volume 9, No. 2, Fall 2013 (IR-WRR)
۸۴-۸۷

یادداشت فنی

ارزیابی روند رسوبدهی و بررسی ارتباط آن با مقادیر بارش و دبی سالانه در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره لرستان

مهدی مردیان [۱*]، واحد بردی شیخ [۲]، علی نجفی‌نژاد [۲] و جواد وروانی [۳]

چکیده

فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی در نیم قرن اخیر به‌طور چشمگیر بر رژیم آبدهی و رسوبدهی رودخانه‌ها اثر گذاشته است. شفاف‌سازی این تغییرات در سری‌های زمانی معمولاً با انجام آزمون روند صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه در تحقیقات داخلی به موضوع بررسی روند رسوبدهی رودخانه‌های کشور کمتر پرداخته شده است، در این تحقیق روند رسوبدهی سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره لرستان و ارتباط احتمالی آن با روند مقادیر بارش و دبی جریان در سری زمانی سالانه در دوره آماری ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۲مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این تحقیق از آزمون پارامتریک رگرسیون خطی ساده و آزمون ناپارامتریک من- کندال در محیط نرم‌افزار آماری R 2.6.0 استفاده شد. نتایج هر دو آزمون، روند منفی را در سری‌های میانگین سالانه رواناب و رسوب ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تیره نشان داد؛ اما این روند منفی فقط در خروجی حوضه معنی‌دار بود. از طرفی مقادیر میانگین بارش سالانه در طی دوره مطالعاتی روند منفی داشت که معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میانگین مقادیر آبدهی و رسوبدهی سالانه در خروجی حوضه رودخانه تیره در طول دوره مطالعاتی رو به کاهش بوده است؛ هر چند که مقادیر بارش سالانه روند نزولی معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. به احتمال قوی عوامل درون حوضه‌ای همانند افزایش سطح زیر کشت، بالا رفتن جذب و ربایش متناسب با تغییرات کاربری اراضی، افت سفره‌های آب زیرزمینی و عملیات بیو- مکانیکی حفاظت آب و خاک در دامنه‌ها و آبراهه‌ها از جمله مواردی هستند که روند کاهش آبدهی و رسوبدهی رودخانه تیره را به دنبال داشته‌اند.

کلمات کلیدی: آزمون رگرسیون خطی، آزمون من- کندال، رودخانه تیره لرستان، روند رسوبدهی، سری زمانی سالانه

تاریخ دریافت مقاله: ۱۸ بهمن ۱۳۹۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۳ دی ۱۳۹۱

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری- ایران

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان- گرگان- ایران

۳- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک- اراک- ایران

*- نویسنده مسئول

Technical Note

Trend Analysis of Sediment Yields in Relation with Annual Precipitation and Discharge in the Main Tributaries of the Tireh River, Lorestan Province, Iran

M. Mardian [1], V. B. Sheikh [2], A. Najafinejad [2] and J. Varvani [3]*

Abstract

Human activities and climate change have dramatically affected discharge and sediment regime of the rivers in the past half century. Detection of these changes in time series is usually carried out using trend analysis tests. Literature review indicated that there is little information on the sediment discharge trends across the Iran. Therefore, in this research the sediment yield trend in the main tributaries of the Tireh River in the Lorestan province and its likely relationship with variation in annual time series of precipitation and discharge have been investigated during the period of 1975 through 2004. To this end, the parametric test of simple linear regression and the non-parametric test of Mann-Kendall have been applied on hydro-climatological timeseries of the study area using the R statistical package (Version 2.6.0.). The results of both tests indicated that despite no significant decreasing trend in the main tributaries of the Tireh River basin, a significant decreasing trend has been observed in the outlet of whole basin for both discharge and sediment yield. However, no significant decreasing trend for the annual precipitation of the basin has been observed and no major dam or reservoirs have been constructed within the basin. Therefore, other factors were considered which may have influenced the discharge and sediment yield regime of the basin. It appeared that expansions of the agricultural lands, decline in the water table which in turn increase the initial abstraction and recharge rate of hydrologic components, as well as the implementation of bio-mechanical soil and water conservation practices on hillslopes and check dams across the headwater courses are the main causes of decreasing trends of discharge and sediment yield in the Tireh River basin of the Lorestan province.

Keywords: Sediment yield trend, Annual time series, Simple linear regression test, Mann-Kendall test, Lorestan Tireh River.

Received: February 7, 2012
Accepted: December 23, 2012

1- Ph.d.Student of Watershed Management Engineering, Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Arak, Iran. Email: mehdimardian@gmail.com

2- Associate Professor., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Assistant Prof., Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

*- Corresponding Author

۱- مقدمه

ایجاد زیرساخت‌های توسعه و سایر فعالیت‌های اقتصادی ناشی از اقدامات انسانی باعث تغییرات مهم در سیستم طبیعی یک آبخیز می‌شود. این‌چنین تغییرات به موازات تغییرات اقلیمی بر رژیم آبدهی و به تبع آن بر رژیم رسوبدهی رودخانه‌ها اثرگذار خواهد بود. طبق نظر James (2004) از مهمترین عوامل ناشی از فعالیت‌های انسانی که بر تغییرات رسوبدهی رودخانه‌ها اثرگذارند می‌توان به دخل و تصرف اراضی برای توسعه کشاورزی، احداث سدها، تغییر در مسیر رودخانه‌ها و سایر سیستم‌های انتقال آب اشاره کرد. Walling (2008) اشاره دارد که تغییرات رسوبدهی در اکثر رودخانه‌ها در ارتباط با تغییرات زیست محیطی پیش‌روی آنهاست. به‌گونه‌ای که افزایش بار رسوب بعضی از رودخانه‌ها در ارتباط با دخل و تصرف اراضی و اختلال و آشفتگی آبخیز بالادست آنهاست. اما کاهش رسوبدهی در رودخانه‌های دیگر در ارتباط با احداث سد و اجرای برنامه‌های موفق حفاظت خاک و کنترل رسوب است. کما اینکه در هر دو حالت تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند نقش موثری داشته باشد.

شفاف‌سازی تغییرات رسوبدهی در سری‌های زمانی با تعیین روند انجام می‌شود. روند در واقع تغییرات منظم و یکنواخت سری زمانی است که در آن مقدار میانگین متحرک افزایش و یا کاهش می‌یابد. در این خصوص Kallache et al. (2004) اشاره دارند که تشخیص روند و بررسی تغییرات آن، در پیش‌بینی فرایندهای مرتبط با آبخیز، بازسازی داده‌ها و کالیبراسیون مدل‌ها می‌تواند به‌خوبی کاربرد داشته باشد و ارتباط بین آنها می‌تواند کمک شایانی به افزایش توانایی‌ها در استراتژی‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها کند. با توجه به اینکه در تحقیقات داخلی به موضوع روند رسوبدهی رودخانه‌های کشور کمتر پرداخته شده است، در این تحقیق یک ارزیابی از روند رسوبدهی سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره لرستان مطابق با تغییرپذیری روند مقادیر میانگین بارش و دبی جریان در سری زمانی سالانه در دستور کار قرار گرفته است. شفاف‌سازی تغییرات روند رژیم آبدهی و رسوبدهی در برنامه‌های بلندمدت پایش رسوب، در نهایت راه‌کارهای صحیح مدیریت منابع آب و خاک را به‌دنبال خواهد داشت.

۲- روش تحقیق

برای ارزیابی روند آبدهی و رسوبدهی، پنج ایستگاه اندازه‌گیری دبی- رسوب در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره شامل مروک، بیاتون، رحیم‌آباد، آبسرده و درود انتخاب شدند. برای ارزیابی روند بارش نیز ایستگاه‌های بارانسنجی درود، بروجرد و آستانه که دارای آمار بلند مدت هستند، انتخاب شدند. به دلیل اینکه بستر رودخانه تیره مروک از سال ۱۳۸۲ دستخوش ساخت و ساز دو سد مخزنی کمال صالح و مروک قرار گرفته است، طول دوره آماری مورد مطالعه از ابتدای تأسیس ایستگاه‌ها یعنی از سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ تا ۸۲-۱۳۸۱ انتخاب شد. سپس مقادیر مربوط به بارش کل سالانه (میلی‌متر)، دبی متوسط سالانه (مترمکعب بر ثانیه)، دبی حداکثر سالانه (مترمکعب بر ثانیه)، و حجم کل آبدهی سالانه (مترمکعب) برای هر یک از سال‌های دوره آماری ایستگاه‌های مطالعاتی مشخص گردید.

پس از بازسازی نواقص آماری و بررسی صحت مقادیر بارش و دبی جریان، اقدام به محاسبه رسوبدهی هر یک از سال‌های آماری با استفاده از منحنی سنجه رسوب شد. در ابتدا با استفاده از داده‌های متناظر دبی- رسوب، منحنی‌های سنجه یک خطی، چند خطی و حد وسط دسته‌ها ترسیم شد. در مرحله بعد برای دستیابی به برآوردهای نا اریب و یا با اریب کم، ضرایب اصلاحی در معادلات منحنی‌های سنجه اثر داده شد. Cohn et al. (1992) و Kao et al. (2005) مهمترین و پر کاربردترین ضرائب اصلاحی را فائو[1] (FAO)، تخمین‌گر شبه بیشینه درست نمایی[2] (QMLE)، ضریب اصلاحی غیرپارامتری (Smearing)، برآوردگر نا اریب با حداقل واریانس[3] (MVUE) و کائو (β) عنوان کرده‌اند که در این تحقیق به کار گرفته شدند. بر اساس انواع منحنی سنجه و فاکتورهای اصلاحی فوق، برای هر ایستگاه ۱۲ معادله سنجه سالانه و ۲۴ معادله سنجه فصلی تهیه شد که با استفاده از سه شاخص مربع میانگین خطاها، خطای حداکثر و صحت، این معادلات ارزیابی شدند و معادله بهینه از رتبه-بندی مقادیر شاخص‌های ارزیابی استخراج گردید. سپس با قرار دادن مقدار دبی روزانه هر ایستگاه در معادله سنجه بهینه، بار معلق برای هر یک از روزهای دوره آماری ۲۸ ساله (۵۵-۱۳۵۴ تا ۸۲-۱۳۸۱) برآورد شد. در نهایت با جمع بار معلق تمام روزهای سال، بار معلق رسوب همان سال محاسبه گردید.

برای ارزیابی روند از دو آزمون رگرسیون خطی و من- کندال استفاده شد. به‌کارگیری این دو آزمون در کنار هم می‌تواند نتایج را شفاف‌تر بازگو کند. براساس نظر Zhang et al. (2006) آزمون رگرسیون خطی برای تست معنی‌داری روند در دوره آماری بلند مدت داده‌ها کارائی خوبی دارد و آزمون من- کندال جزییات تغییرات روند در دوره‌های مختلف زمانی را به‌خوبی آنالیز می‌کند که به توزیع نرمال داده‌ها احتیاجی ندارد. از این رو پس از این‌که مقادیر بارش سالانه، دبی متوسط سالانه، دبی حداکثر سالانه، و حجم آبدهی و رسوبدهی معلق سالانه برای هر یک از سال‌های دوره آماری محاسبه شد، در محیط نرم‌افزار آماری R 2.6.0، ابتدا آزمون نرمالیته انجام گرفت و

سپس به ارزیابی روند پرداخته شد. نرمالیته داده‌ها با استفاده از آزمون‌های Shapiro-Wilk در سطح اطمینان ۹۵ درصد و q-q plot براساس نمایش گرافیکی صورت گرفت. پس از نرمال کردن داده‌ها، با استفاده از دو آزمون رگرسیون خطی و من- کندال در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد به ارزیابی روند پرداخته شد.

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج حاصل از ارزیابی روند با استفاده از دو آزمون رگرسیون خطی (a برابر شیب خط روند) و من- کندال (مقدار z) را برای پارامترهای دبی و رسوب نشان می‌دهد. طبق نتایج این جدول بر اساس آزمون رگرسیون خطی، روند منفی در تمامی پارامترهای ایستگاه‌ها، بجز دبی حداکثر سالانه ایستگاه آبسرده، مشاهده می‌شود. اما از این بین، دبی حداکثر سالانه ایستگاه بیاتون، و رسوبدهی معلق ایستگاه‌های بیاتون و درود دارای روند نزولی معنی‌دار می‌باشند. همانطور که اشاره شد در آزمون رگرسیون خطی که یک روش پارامتریک است بایستی داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند. با توجه با اینکه مقادیر دبی حداکثر سالانه ایستگاه رحیم‌آباد و لگاریتم آنها نرمال نشدند، لذا آزمون رگرسیون خطی بر روی آن اعمال نشد. نتایج دو آزمون من- کندال و رگرسیون خطی شبیه هم بودند. دبی حداکثر سالانه ایستگاه بیاتون و رسوبدهی معلق ایستگاه درود توسط هر دو آزمون روند منفی معنی‌دار را نشان دادند. علاوه بر این، دبی حداکثر سالانه ایستگاه رحیم‌آباد و دبی متوسط و رسوبدهی معلق ایستگاه درود نیز روند نزولی معنی‌دار را در سطح ۹۵ درصد و با استفاده از آزمون من – کندال نشان دادند.

با توجه به اینکه تغییرپذیری رژیم آبدهی و رسوبدهی بالادست حوضه در بلندمدت خروجی حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نتایج بصورت نمودار خطی برای خروجی حوضه (ایستگاه درود) در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج این نمودار و همچنین نتایج جدول ۱ ملاحظه می‌شـــود که روند کاهش رسوبدهی در خروجی حوضه رودخانه تیره مطابق با روند کاهش آبدهی بوده است. در جدول ۲ نتایج روند داده‌های بارش ایستگاه‌های مطالعاتی آمده است. طبق نتایج این جدول، روند کاهشی در میانگین بارش حوضه ملاحظه نمی‌شود. بلکه در ۷۵ درصد ایستگاه‌ها، روند مشاهده شده مثبت می‌باشد، بطوریکه در ایستگاه آستانه این روند افزایشی حتی در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است.

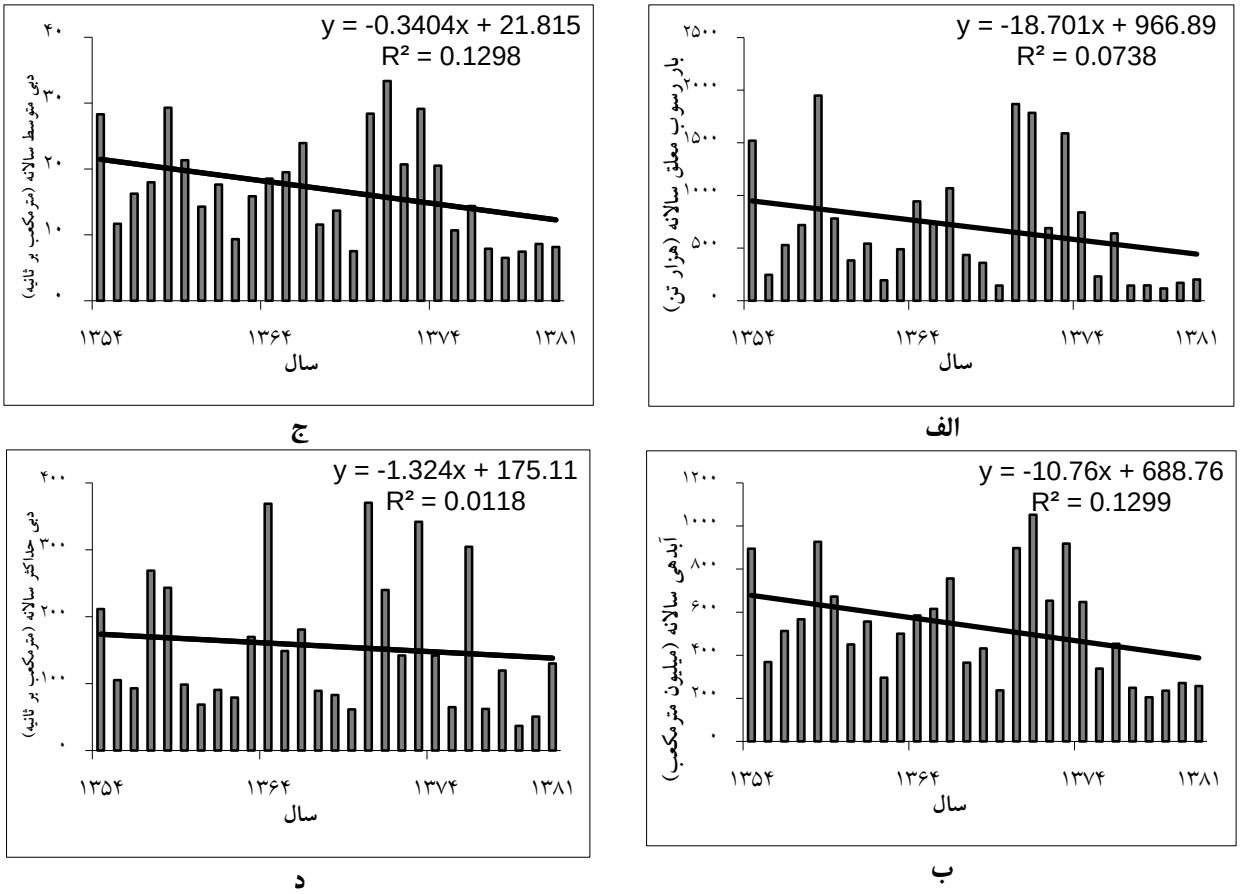
۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، اگرچه روند منفی آبدهی و رسوبدهی در سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره در طی دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۲ معنی‌دار نبود، اما در خروجی حوضه این روند منفی کاملا معنی‌دار است. این در حالی است که مقادیر میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های مطالعاتی روند صعودی را نشان می‌دهند. از طرفی در دوره مطالعاتی، هیچگونه سازه مهندسی همچون سد یا مخازن ذخیره آب که تأثیر عمیقی بر کاهش آبدهی داشته باشند احداث نشده است. پس بدون شک عوامل درون حوضه‌ای و مدیریتی همانند افزایش سطح زیر کشت متناسب با تغییرات کاربری اراضی، افزایش جذب و ربایش آب در ارتباط با افت سفره‌های آب زیرزمینی و تغذیه آبخوان، و عملیات بیو- مکانیکی حفاظت آب و خاک در دامنه‌ها و اقدامات آبخیزداری دیگر، مهمترین مواردی هستند که بر روند کاهش آبدهی و رسوبدهی رودخانه تیره اثرگذار بوده‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که با انجام پژوهش‌هایی میزان تغییرات درون حوضه‌ای و اعمال مدیریتی و تعیین سهم نسبی هر کدام از این تغییرات بر روی روند آبدهی و رسوبدهی منطقه مورد مطالعه صورت گیرد. علاوه بر این احداث سدهای مخزنی ضمن اینکه بر روند آبدهی و رسوبدهی حوضه تیره اثرگذار خواهند بود، بر روند اندازه ذرات بار رسوبی نیز تأثیر خواهند داشت. به طوری که رسوبات درشت در مخزن سد به دام می‌افتند و رسوبات ریزتر انتقال می‌یابند. همچنین بایستی به افزایـــش ظرفیت انتقال رسوب و افزایش قدرت کنش جریان در پایین دست سازه نیز اشاره کرد. زیرا به دلیل تله‌اندازی رسوبات در مخزن سد، جریان در پایین‌دست سد از قدرت کنش بیشتری برخوردار است که اقدامات حفاظت فرسایش کناری رودخانه‌ای اهمیت می‌یابد.

جدول ۱- مقادیر شیب و z روند در آزمون‌های آماری

ایستگاه مطالعاتی	دبی متوسط		دبی حداکثر		حجم آبدهی		رسوبدهی معلق	
	a	z	a	z	a	z	a	z
مروک	-۰/۰۶۸	-۰/۱۵۹	-۰/۰۱۱	-۰/۰۵۳	-۲/۱۵	-۰/۱۵۹	-۰/۰۳۵	-۰/۱۳۸
بیاتون	-۰/۰۰۸	-۰/۱۶۹	*-۰/۰۷۰	*-۰/۳۲۸	-۰/۲۶۸	-۰/۱۶۹	*-۰/۰۵۷	-۰/۲۴۹
رحیم‌آباد	-۰/۰۴۳	-۰/۱۶۴	---	*-۰/۳۱۷	-۱/۳۶۶	-۰/۱۶۴	-۰/۲۲۰	-۰/۱۶۴
آبسرده	-۰/۰۰۸	-۰/۰۳۷	۰/۰۲۸	۰/۲۴۹	-۰/۲۵۱	-۰/۰۳۷	-۰/۰۰۲	-۰/۰۲۶
درود	-۰/۳۴۰	*-۰/۲۷	-۰/۰۱۶	-۰/۱۸۳	-۱۰/۷۶	*-۰/۲۷	*-۰/۰۴۳	*-۰/۲۶۵

* سطح اعتماد ۹۵ درصد



شکل ۱- تغییرات زمانی سالانه پارامترهای مطالعاتی در ایستگاه درود

جدول ۲- نتایج روند در ایستگاه‌های بارانسنجی محدوده رودخانه تیره

ایستگاه مطالعاتی	آزمون رگرسیون خطی (شیب)	آزمون من-کندال (Z آماره)
بروجرد	۲/۹۳۹	۰/۱۲۵
درود	-۵/۱۹۳	-۰/۱۳۸
آستانه	* ۷/۱۲	* ۰/۲۸۶
متوسط بارش حوضه	۱/۶۲۲	۰/۱۰۶

پی‌نوشت‌ها

1- Food and Agriculture Organization
2- Quasi-maximum likelihood estimator
3- Minimum variance unbiased estimator

۵- مراجع

Cohn AT, Dana LC, Edward JG, Linda DZ , Roubert MS (1992) The validity of a simple statistical model for estimating fluvial constituent loads: An empirical study-involving nutrient loads entering Chesapeake Bay. Water resources Research 28(9): 937-942.

James LA (2004) Decreasing sediment yields in northern California: vestiges of hydraulic gold-mining and reservoir trapping, Sediment Transfer through the Fluvial System (Proceedings of the Moscow Symposium), IAHS Publ. 288, 10.

Kallache M, Rus H , Krop J (2004) Trend assessment of correlated data, Potsdam Institute for Climate Impact Research, 6.

Kao ShJ, Lee TY , Milliman JD (2005) Calculating highly fluctuated suspended sediment fluxes from mountainous rivers in Taiwan. TAO. 16:(3): 653-675.

Walling DE (2008) The changing sediment loads of the world's rivers. Land Reclamation, 39: 3–20.

Zhang Q, Xu C, Becker S , Jiang T (2006) Sediment and runoff changes in the Yangtze River basin during past 50 years. Journal of Hydrology 331: 511– 523.