محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

بررسی رسوب معلق وارد شده به تالاب انزلی از ایستگاه نوخاله

محبوبه فلاح[۱]، حسینعلی بهرامی[۲*]، حسین اسدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۲]استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی فرسایش خاک، رسوب‌دهی است که بررسی مقدار رسوب تولید شده و رواناب حوضه‌های آبخیز برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک، از مهم‌ترین چالش‌های جدی مدیریت منابع آب و خاک در ایران محسوب می‌شوند. هدف از تحقیق حاضر، براورد رسوب خروجی از ایستگاه هیدرومتری نوخاله واقع بر رودخانه پسیخان به عنوان مهم‌ترین رودخانه ورودی به تالاب انزلی در طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵) است. به این منظور، منحنی سنجه رسوب به چهار روش یک خطی، دو خطی، حد وسط دسته‌ها و فائو ترسیم و به‌منظور انتخاب بهترین مدل از شاخص ضریب تبیین استفاده شد. سپس با بهره‌گیری از روش بهتر و با استفاده از دبی روزانه جریان، بار رسوب معلق برای کل دوره آماری ابتدا به‌صورت روزانه و سپس میانگین بلند مدت ماهانه و سالانه برآورد شد. نتایج نشان داد که منحنی سنجه به روش حد وسط دسته‌ها دارای بالاترین میزان ضریب تبیین (۰/۸۵) و بهترین قابلیت پیش بینی را دارا است. در نتیجه این مدل به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین شد. همچنین، بیشترین و کمترین رسوب‌دهی معلق ماهانه در طی این سال‌ها، به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه‌های آبان و مرداد رخ داده است. در واقع، حدود ۶۴ درصد از رسوب معلق سالانه طی ماه‌های شهریور، مهر، آبان، آذر از حوضه منتقل شد و بیشترین میزان رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله به ترتیب در طی سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ به میزان ۱۷۳۸۸۳، ۱۵۹۲۳۱و ۱۵۳۵۷۹ تن در سال رخ داده است.

کلمات کلیدی: پسیخان، فرسایش، منحنی سنجه رسوب.

مقدمه

فرسایش آبی خاک به عنوان مهم‌ترین عامل در تخریب اراضی در بیشتر نقاط جهان، پیامدهای زیادی به دنبال دارد. یکی از مهم-ترین پیامدهای منفی آن رسوب‌دهی است که شناسایی و بررسی نوع و مقدار رسوب تولید شده از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین ارزیابی خطرات فرسایش خاک و انتقال رسوب امری مهم و ضروری برای توسعه روش‌های ممانعت از فرسایش به‌منظور مدیریت پایدار اراضی و منابع آبی است. عربخدری (۱۳۹۵) بیان کرد که میزان فرسایش کشور در حدود یک میلیارد تن در سال می‌باشد که حدود یک سوم آن به صورت رسوب معلق در آبراهه‌ها جریان می‌یابد. از آنجایکه بخش عمده رسوب حمل شده به وسیله اکثر رودخانه‌ها را بار معلق تشکیل می‌دهد و بار کف نیز معمولا از آبراهه‌ها تامین می‌شود؛ رسوبات معلق برای کسب شناخت اولیه از فرسایش حوضه‌های قابل استفاده هستند. برای برآورد رسوب‌دهی معلق، معمولا به دلیل کافی نبودن تعداد اندازه‌گیری غلظت در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی محاسبه رسوب‌دهی به روش‌های درون-یابی منطقی نیست به این دلیل، این‌کار برا اساس روش برون‌یابی یعنی تلفیق منحنی‌سنجه رسوب[1] و آمار جریان انجام می‌شود. در این روش، منحنی سنجه رسوب با استفاده از داده‌های غلظت و دبی متناظر با آن ترسیم، سپس از تلفیق این منحنی و آمار جریان روزانه، بار معلق رودخانه در طول دوره آماری برآورد می‌شود (عربخدری و همکاران، ۱۳۸۷). عربخدری (۱۳۸۴) در پژوهشی تولید رسوب را در ۲۰۹ ایستگاه ایران محاسبه و آنها را از نظر رسوب‌دهی اولویت‌بندی کرد. این پژوهشگر ۱۴ حوزه با رسوب‌دهی معلق ویژه بیش از ۱۰۰۰ تن در کیلومتر مربع در سال را معرفی کرد که هیچ یک از ایستگاه‌های واقع در حوزه ساحلی خزر در این دسته قرار نمی‌گیرند. این عدم حضور، نقش پوشش گیاهی

* ایمیل نویسنده مسئول: bahramih@modares.ac.ir

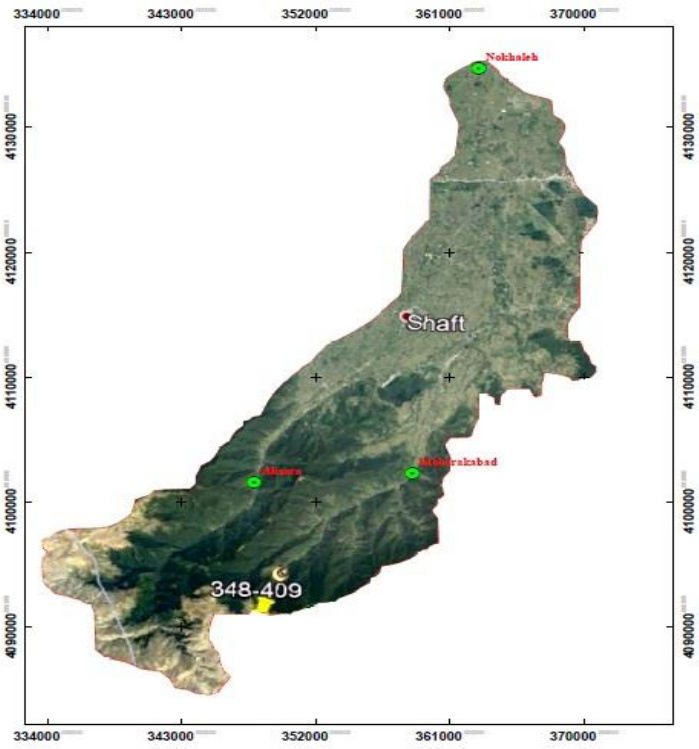
[1]- Sediment Rating Curve

را در کاهش فرسایش روشن می‌کند. گرامی لوشابی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر نوسانات زمانی فرسایندگی باران بر تغییرات فصلی رسوب‌دهی معلق را در حوزه کسیلیان بررسی کردند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که فرسایندگی باران و رسوب‌دهی تغییرات فصلی شدیدی دارند و نیز بیشترین مقدار رسوب‌دهی در این حوضه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت رخ داده است. از آنجایی‌که اطلاعات دقیق و صحیح از فرسایش و میزان رسوب در کشور ما بسیار کم است و در بین اندازه‌گیری‌ها و برآوردهای انجام شده نیز اختلافات زیادی مشاهده می‌شود و نیز تخمین مقدار رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز برای مقابله با خطرات ناشی از تجمع رسوب در سازه‌های آبی و مخازن سدها از هدف‌های اساسی در مدیریت منابع آب است، از این‌رو در این مطالعه، سعی بر آن شد تا با بررسی معادله سنجه رسوب در ایستگاه هیدرومتری نوخاله واقع بر رودخانه پسیخان به عنوان مهم‌ترین رودخانه ورودی به تالاب انزلی، مدلی بهینه جهت برآورد بار رسوب معلق معرفی گردد. همچنین، بار رسوب معلق برای کل دوره آماری به‌صورت میانگین بلند مدت ماهانه و سپس سالانه محاسبه شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز رودخانه پسیخان ایستگاه نوخاله

این رودخانه یکی از رودخانه‌های مستقل حوضه آبریز دریای خزر بوده و به زیر حوضه تالاب انزلی تعلق دارد. دو شاخه اصلی و کوهستانی آن، رود امامزاده ابراهیم (چوبر) و سیاهمزگی است که هر دو از ارتفاعات کوه لاته برهنه که ارتفاعی حدود ۲۸۶۷ متر دارد، سرچشمه می‌گیرند. این ارتفاعات در ۴۴ کیلومتری شهرستان شفت واقع شده است. دو شاخه مذکور در جهت شمال- شمال شرقی جریان یافته و درحدود ۱۹کیلومتری جنوب غرب شهر رشت، نزدیک روستای صیقل کومه به هم پیوسته و رودخانه پسیخان را تشکیل می‌دهد. حوضه آبخیز رودخانه پسیخان و زیر حوضه‌های آن در محدوده مختصات جغرافیایی ۸ °۴۱ تا °۴۱۳۴ طول شرقی و ۵۴ °۳۶ تا ۲۷ °۳۷ عرض شمالی قرار گرفته است. تقریباً نیمی از حوضه آبریز رودخانه را مناطق هموار و دشت که عمدتاً نیز دارای کاربری کشاورزی می‌باشد و نیمی دیگر در بالادست، مناطق کوهستانی و دارای کاربری غالب جنگل و مراتع متراکم تشکیل می‌دهد. طول اصلی رودخانه پسیخان از سرشاخه سیاهمزگی تا تالاب انزلی ۹۹/۵ کیلومتر است و وسعت حوضه آبریز آن حدود ۷۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد. میانگین ارتفاع آن ۴۷۵/۷ متر می‌باشد. محل ایستگاه نمونه‌برداری با نام نوخاله در روستای نوخاله با عرض جغرافیایی ۱۰ ۲۰ °۴۱ شرقی و طول جغرافیایی ۲۱ ۲۷ °۳۶ شمالی واقع شده است (شکل ۱). اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از اداره آب منطقه‌ای استان گیلان به دست آمده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه نوخاله در حوضه پسیخان

منحنی سنجه رسوب

برای به دست آوردن منحنی سنجه‌های رسوب در ایستگاه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از معادله (۱) مقدار بار رسوب معلق روزانه محاسبه شد.

$$Qs = 0.0864CQd \quad (۱)$$

Qs: بار رسوب معلق (تن در روز)، C غلظت متوسط رسوب معلق (میلی‌گرم بر لیتر) و Qd دبی جریان روزانه (مترمکعب بر ثانیه) است.
برای به دست آوردن منحنی سنجه‌های رسوب نیاز به اطلاعات بلند مدت رسوب و دبی است که برای ایستگاه نوخاله از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ استفاده شده است. بعد از محاسبه بار رسوب معلق (Qs)، رابطه بین دبی و بار رسوب معلق با استفاده از چهار روش یک خط، دو خط، کلاس-بندی (حدوسط دسته‌ها) و FAO مورد بررسی قرار گرفت (راهنمای محاسبه باررسوب معلق و بستررودخانه، نشریه شماره ۵۹۰). بر اساس دقت هر روش بهترین روش انتخاب شد و با استفاده از رابطه به دست آمده، میزان رسوب معلق طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ به‌صورت روزانه برآورد شد و سپس میانگین ماهانه (بلندمدت) و سالانه محاسبه گردید.

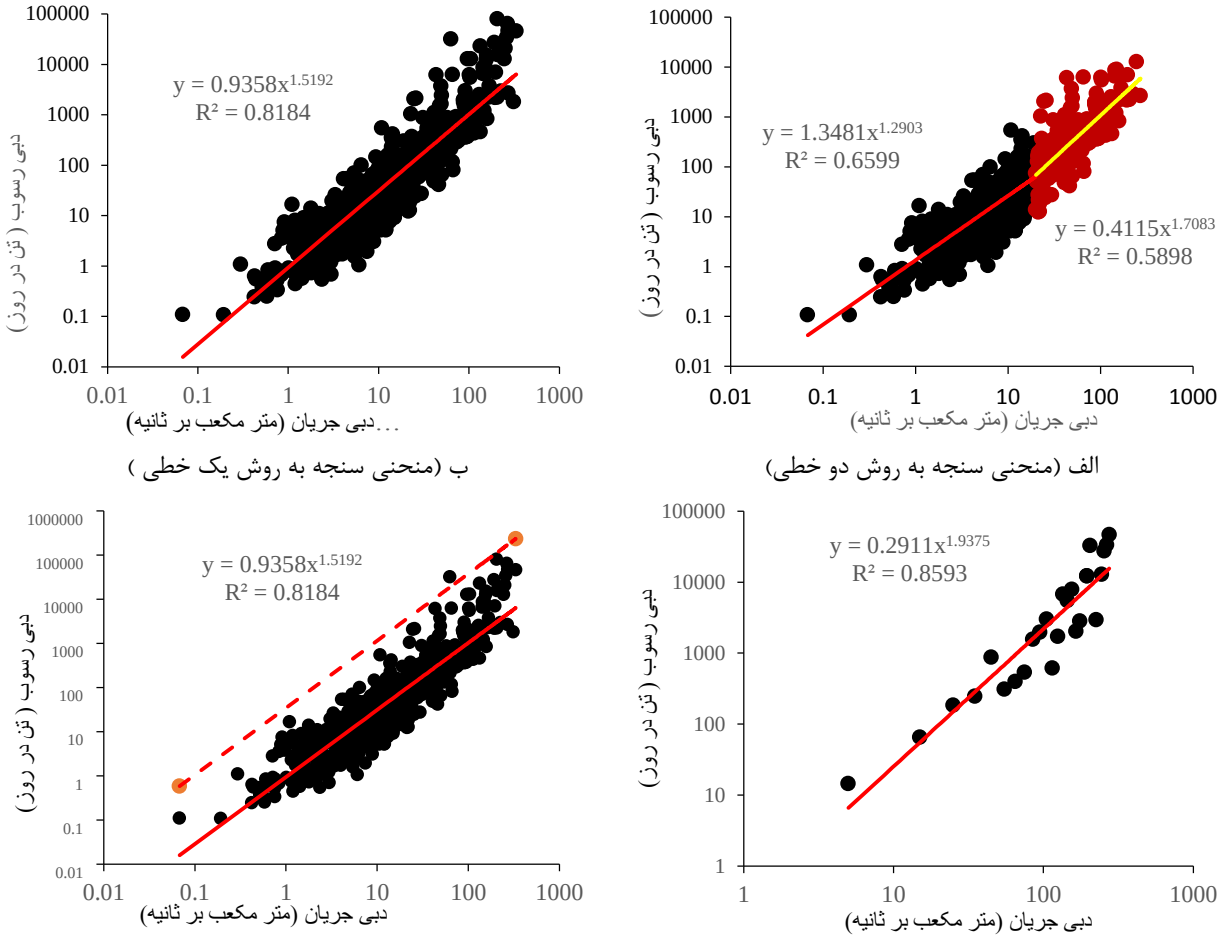
نتایج و بحث

منحنی سنجه رسوب و رسوب‌دهی معلق حوضه

در شکل شماره ۲ (الف تا د) منحنی‌های سنجه رسوب برازش شده، آمده است. همانگونه که نتایج نشان داده‌اند روش کلاس‌بندی یا حد وسط دسته‌ها دارای خطای کمتری نسبت به روش‌های دیگر است. علت برتری و دقت روش کلاس‌بندی هم کم شدن تعداد نقاط است و در رگرسیون به طور معمول با کاهش تعداد اطلاعات احتمال یکنواختی و پراکندگی آنها کاهش یافته و رگرسیون دارای دقت مناسب‌تری

خواهد بود (رضایی، ۱۳۹۷) و بهترین قابلیت پیش‌بینی را دارا است، در نتیجه این مدل به عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق با ضریب تبیین ۰/۸۵ از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین گردید.

همچنین اعظمی و همکاران (۱۳۸۴) نیز برای برآورد بار معلق جریان پایه و سیلابی ایستگاه خروجی سد ایلام، از منحنی سنجه حدوسط دسته‌ها در تلفیق با آمار جریان روزانه استفاده کردند و ضریب تبیین منحنی سنجه رسوب ۰/۹۵ معرفی شده است. در مطالعات بسیار زیادی نشان داده شده است که روش تلفیق جریان روزانه و منحنی سنجه حد وسط دسته‌ها، دقیق‌تر و صحیح‌تر از سایر روش‌ها است و بهترین قابلیت پیش بینی را در برآورد رسوب دارد (اعظمی و همکاران، ۱۳۸۴؛ میرزایی و همکاران، ۱۳۸۲).



الف (منحنی سنجه به روش دو خطی)

ب (منحنی سنجه به روش یک خطی)

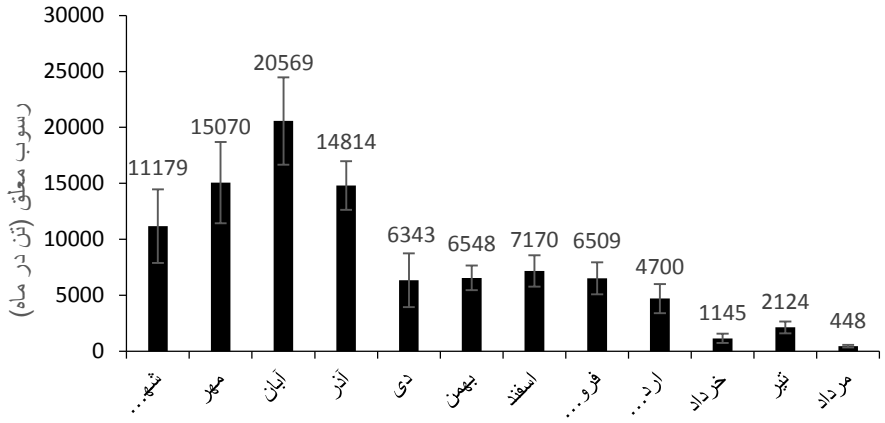
ج (منحنی سنجه به روش حد وسط)

د (منحنی سنجه یک خطی به روش FAO)

شکل ۲. منحنی سنجه‌های رسوب به روش‌های مختلف

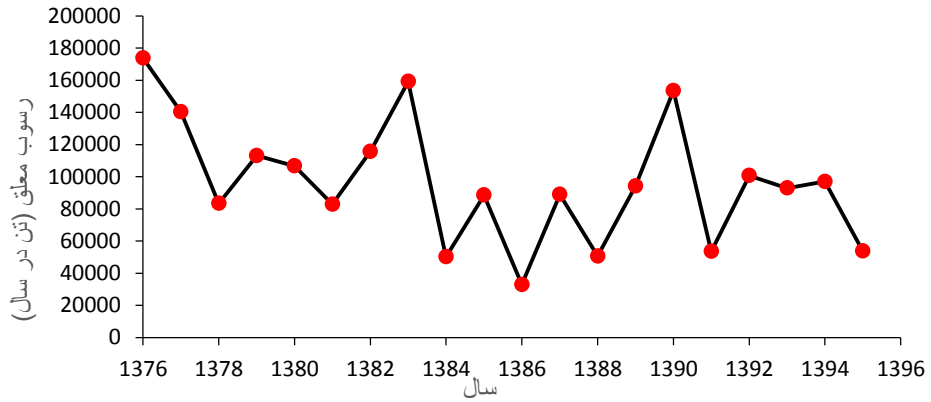
با استفاده از رابطه به دست آمده از روش کلاس‌بندی ، ابتدا میزان رسوب معلق خروجی طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ به‌صورت روزانه برآورد شد و سپس میانگین ماهانه (شکل ۳) و سالانه (شکل ۴) محاسبه گردید. با توجه به شکل ۳، حداکثر و حداقل رسوب‌دهی معلق حوضه در طی این سال‌ها به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه‌های آبان و مرداد رخ داده است. در واقع در این حوضه، بارش به‌صورت باران از ماه شهریور شروع شده و در پاییز به حداکثر مقدار خود می‌رسد و به دلیل بارش زیاد باران و عدم پوشش گیاهی کافی در سطح حوضه در طی فصل پاییز، مقدار زیادی از خاک حوضه توسط رواناب وارد رودخانه پسیخان شده است که حداکثر این مقدار در ماه آبان بوده است. همچنین، با توجه به واقع شدن حوضه پسیخان در ارتفاعات، ریزش برف و یخبندان ۴ تا ۵ ماه از سال این منطقه را فرا می‌گیرد و منطقه را

تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. با افزایش ارتفاع و کاهش دما غالباً نزولات جوی در ارتفاعات فوقانی به شکل برف می‌باشد و در زمستان نیز به سبب یخبندان در ارتفاعات و ریزش برف و کاهش دبی رودخانه، میزان رسوب خروجی نسبت به فصل پاییز کاهش چشمگیری دارد. این درحالی است که با وجود ذوب برف از ماه فروردین، به علت افزایش دما، کاهش بارندگی و نیز افزایش پوشش گیاهی به‌صورت متراکم و نیمه متراکم در این حوضه، از مقدار رسوب خروجی از سطح حوضه در طی ماه‌های فروردین تا مرداد به شدت کاسته شده است که کمترین مقدار آن در ماه مرداد بوده است.



شکل ۳. میانگین ماهانه رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله برای سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۹۵

با نوجه به شکل ۴، بیشترین میزان رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۰ به میزان ۱۷۳۸۸۳، ۱۵۹۲۳۱و ۱۵۳۵۷۹ تن در سال رخ داده است و کمترین مقدار آن مربوط به سال ۱۳۸۶ به میزان ۳۲۹۱۰ تن در سال است. در واقع مقادیر متفاوت رسوب معلق خروجی از این ایستگاه حاکی از تغییرات الگوی بارش برف و باران و نیز پوشش گیاهی در طی این سال‌ها می‌باشد.



شکل ۴. رسوب معلق خروجی از ایستگاه نوخاله برای سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

انجام این مطالعه با هدف بررسی تغییرات رسوب‌دهی معلق در طی دوره آماری از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ در حوضه آبخیز رودخانه پسیخان ایستگاه نوخاله صورت گرفت. نتایج نشان داد که به منظور برآورد بار رسوب معلق خروجی حوضه منحنی سنجه حدوسط با بالاترین ضریب تبیین (۰/۸۵) به‌عنوان مناسب‌ترین مدل برآورد رسوب معلق از میان مدل‌های مورد بررسی تعیین شد. این در حالی است که روش دو خطی پایین‌ترین ضریب تبیین (۰/۵۸) را به خود اختصاص داده است. همچنین تغییرات ماهانه رسوب‌دهی معلق در طی این دوره آماری در

این حوضه نشان داد که حداکثر و حداقل رسوب‌دهی معلق در ماه‌های آبان و مرداد به ترتیب با مقدار حدود ۲۰۵۶۹ و ۴۴۸ تن در ماه رخ داده است که علت آن را می‌توان درصد بالای بارش باران طی فصل پاییز و کاهش پوشش گیاهی در این فصل در این منطقه دانست که منجر به افزایش رسوب خروجی از حوضه در این زمان شده است. در صورتیکه علت خروج اندک رسوب معلق در مرداد ماه و نیز طی فصل تابستان به علت پوشش گیاهی بالا و همچنین بارش بسیار اندک در این فصل است. همچنین نتایج نشان داد که حدود ۶۴ درصد از رسوب معلق سالانه طی ماه‌های شهریور، مهر، آبان و آذر و در حدود ۳۶ درصد از رسوب معلق در طی باقی ماه‌ها از حوضه منتقل شده است که اهمیت نمونه‌برداری بیشتر و زمان‌بندی شده را در طی این ماه‌ها نشان می‌دهد.

منابع

اعظمی، ع.، نجفی نژاد، ن. و عربخدری، م. ۱۳۸۴. ارزیابی مدل‌های هیدرولوژیکی در برآورد بار معلق رسوبی جریان پایه و سیلابی در حوزه سد ایلام. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، کرج، ایران.

گرامی لوشابی، ز.، عربخدری، م.، اسدی، ح. و بیات، ر. ۱۳۹۵. نوسانات زمانی فرسایندگی باران بر تأثیر تغییرات فصلی رسوب‌دهی معلق (مطالعه‌ی موردی :حوزه کسیلیان). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز، ۱۴ (۷)،۱۶۷-۱۷۶.

عربخدری، م. ۱۳۹۵ .تدقیق ارقام فرسایش آبی و تعیین مقدار مجاز آن در کشور، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

عربخدری، م.، ولی خوجینی، الف.، حکیم خانی، س .، چرخابی، الف. ح. و تلوری، الف. ۱۳۸۷. تخمین و نقشه برداری تولید رسوب در ایران. برآورد و نقشه برداری رسوب برای ایران. ۶۹۲.

عربخدری، م. ۱۳۸۴. بررسی رسوبات معلق درحوضه رودخانه ایران. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۱: ۵۱-۶۰.

رفاهی، ح. ۱۳۹۴. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۴ ص.

رضایی.ح. ۱۳۹۷. برآورد هدررفت خاک و تولید رسوب در حوضه ناورود در استان گیلان با استفاده از مدل WATEM/SEDEM، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.

میرزایی، م.، عربخدری، م. و فیض نیا، س. ۱۳۸۲. مقایسه روش¬های آماری برای ارزیابی رسوبات معلق در رودخانه¬ها. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸: ۳۰۱-۳۱۵

Asadi, H. 2016. Estimation of Sediment, Organic Carbon, and Phosphorous Loads from Pasikhan River into Anzali Wetland, Iran. International Journal of Environmental Protection. 6. 129-133.

Water Erosion, Flood, Soil and Water Conservation

Investigation of Suspended Sediment Load from Nokhaleh Station into Anzali Wetland

Fallah[1], M., Bahrami[2*], H.A., Asadi[3], H.

[1]P.hD Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran

[2]Full Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran

[3] Associate Prof, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Tehran University, Iran

Abstract

One of the most important negative consequences of soil erosion is sedimentation. Assessment of sediment yield and runoff at the watershed scale are one of the most important challenges in the management of soil and water resources for the optimal use of these resources in Iran. The purpose of the current study was to investigate the suspended sediment yield and sediment rating curves at Nokhaleh Hydrometric Station located on the river Pasikhan as the most important river entering Anzali lagoon in a 20-year period (1996-2016). 4 methods of linear, multi-linear, median of classes, FAO correction coefficient were used, and to select the best model, the determination coefficient (R^2) was applied. By using the best method and daily flow discharges, the estimation of daily suspended sediment yield was done for all years, then the average monthly and annual suspended sediment yield were estimated. The results showed that the sediment rating curve using the median of classes had the highest efficiency and R^2 (0.85). It also demonstrated the highest potential for the prediction of suspended sediment. Furthermore, the maximum and minimum suspended sediment yield were about 20569.3 and 448 tons/month in November and August, respectively. In fact, around 64 % of annual sediment yield has been transported during four months of September, October, November, and December. The highest amounts of suspended sediment yield from Nokhaleh station were 173883, 159231 and 153579 tons per year in 1997, 2004 and 2012, respectively.

Keywords: Erosion, Pasikhan, Sediment Rating Curves.

* Corresponding author, Email: bahramih@modares.ac.ir