



ارزیابی روش‌های مختلف منحنی سنجه در برآورد بار رسوب معلق رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه هراز، ایستگاه کره‌سنگ)

حدیثه شیردل، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری*

علیرضا عمادی، دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

*تلفن نویسنده اصلی: ۰۱۱۳۳۶۸۷۵۷۴، پست الکترونیکی: Shirdel.hadis92@yahoo.com

چکیده

رسوب یکی از بزرگترین مشکلات بهره‌برداری از منابع آب سطحی می‌باشد. از روش‌های رایج برای برآورد بار معلق رودخانه‌ها استفاده از روش‌های برون‌یابی یا روش‌های منحنی سنجه است. در این پژوهش با برقراری رابطه رگرسیونی بین داده‌های دبی جریان و دبی رسوب و شبیه‌سازی آن بر اساس روش‌های USBR و FAO، منحنی‌های سنجه رسوب ایستگاه کره‌سنگ در رودخانه هراز مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور تعیین مناسب‌ترین مدل، شاخص‌های آماری حداقل میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین استفاده شد. همچنین مقادیر بار رسوب معلق درازمدت سالانه با تلفیق مدل‌های پیشنهادی و روش‌های دبی جریان نظیر منحنی تداوم جریان، دبی متوسط روزانه و دبی متوسط ماهانه برآورد شد. نتایج نشان داد تلفیق مدل حد وسط دسته‌ها با روش USBR با دبی متوسط روزانه مدل مناسب می‌باشد.

کلید واژه‌ها: بار معلق، منحنی سنجه رسوب، مدل آماری، رودخانه هراز

۱- مقدمه

رسوبگذاری در سازه‌های هیدرولیکی یکی از مسائل مهم زیست محیطی بوده که در تمام دنیا مورد بحث قرار گرفته است و به عنوان یک مسأله مهم تلقی می‌گردد. به طور کلی رسوباتی که همراه با آب حرکت می‌کنند به سه دسته بار بستر، بار معلق و بار شسته تقسیم می‌شوند. برآورد صحیح بار رسوب معلق که یک جریان مشخص قادر به حمل آن است یکی از موضوعات اصلی پژوهش رسوب می‌باشد که در بسیاری از پروژه‌های مهندسی مانند برنامه‌ریزی و طراحی منابع ذخیره آب، مورفولوژی، تغییرات بار معلق رودخانه، برآورد بار معلق سالانه برای آبنگیزهای رودخانه، طراحی و نگهداری کانال‌های آبیاری پایدار، حفاظت سواحل و لایروبی کانال‌ها حائز اهمیت است [۱]. برای برآورد بار رسوب معلق روش‌های متعددی وجود دارد که با توجه به وضعیت آمار منطقه مورد بررسی، یک یا چند روش بکار گرفته می‌شود و پس از مقایسه نتایج حاصله، یکی از آنها برای آن حوزه پیشنهاد می‌گردد [۲]. در اکثر موارد در این روش‌ها از رابطه ۱ که یک رابطه توانی بین دبی جریان و دبی رسوب معلق بوده و به منحنی سنجه رسوب معروف است استفاده می‌شود.



$$Q_s = aQ_w^b$$

(۱)

در این رابطه Q_s دبی مواد رسوبی معلق بر حسب تن بر روز، Q_w دبی جریان آب بر حسب متر مکعب بر ثانیه و a و b ضرایب معادله بوده و با رسم خط بهترین برازش بدست می‌آید [۳].

پیری (۱۳۸۲) در پژوهشی دریافت که تفکیک داده‌ها بر اساس ماه‌های خشک و مرطوب و کلاسه‌بندی مقادیر دبی جریان برای حوزه معرف امامه، کمترین میزان خطا را در بردارد [۴]. رستمی و اردشیر (۱۳۸۰) بار معلق هشت ایستگاه هیدرومتری در رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد روش تلفیق منحنی سنجه رسوب حد وسط دسته‌ها با دبی متوسط روزانه روش مناسب برآورد بار معلق می‌باشد [۵]. پوراغنیائی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از روش‌های منحنی سنجه تک‌خطی، دو خطی، فصلی و روش تعدیل با رسوبی (FAO) مقادیر رسوب رودخانه صیدون در استان خوزستان را برآورد کرده و نتایج بدست آمده را با روش پسیاک مورد مقایسه قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد روش تعدیل بار رسوبی، روش مناسبی می‌باشد [۶]. حقیق پدرام و بارانی (۱۳۸۶) در پژوهشی نشان دادند رسوب ورودی به مخزن سد با استفاده روش متوسط دسته‌ها و همچنین تفکیک آمار به صورت ماه‌های خشک و تر بالاترین میزان همبستگی را دارد [۷]. میرزائی (۱۳۸۱) در مقایسه روش‌های آماری برآورد بار معلق رودخانه گرگان‌رود به این نتیجه رسید که روش‌های مختلف برآورد بار رسوب گاهی تا ۱۳ برابر نسبت به یکدیگر اختلاف دارند. در این پژوهش حدود ۵۵ درصد از بار رسوبی در کمتر از ۰/۰۴ درصد زمانی حمل شده است که نشان دهنده اهمیت رویدادهای سیل و نمونه‌برداری از غلظت آن‌ها می‌باشد [۸]. کیا و همکاران (۱۳۹۱) از روش‌های مختلف به ارزیابی مدل‌های مختلف منحنی سنجه در برآورد بار رسوب معلق در ایستگاه قرآن طالار واقع در رودخانه بابل‌رود بر اساس کلاسه‌بندی دبی و تفکیک زمانی داده‌ها پرداختند و مدل حد وسط را به عنوان بهترین مدل انتخاب کردند [۹]. هورowitz^۱ (۲۰۰۲) در رودخانه می‌سی‌سی‌پی دریافت که به منظور بهترین ارزیابی بار رسوب معلق سالانه در یک دوره بیست ساله می‌توان از منحنی‌های سنجه رسوب استفاده نمود [۱۰]. در پژوهش فیلیپس^۲ و همکاران (۱۹۹۹) در پروژه لوئیس^۳ روش متوسط زمانی بیشترین دقت را داشته است. دقت این روش با افزایش فواصل نمونه‌برداری به طور معنی‌داری کاهش یافت [۱۱]. بالامورگان^۴ (۱۹۸۹) سه نوع منحنی سنجه را مورد مطالعه قرار داد. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که این روش‌ها منجر به برآورد کمتر رسوبات معلق سالانه با مقدار بیش از ۵۰ درصد مقدار واقعی خواهد شد بدین منظور یک فاکتور تصحیح را برای تعدیل و استفاده از داده‌های دبی ناپیوسته ارائه نمود [۱۲].

در این پژوهش برآورد بار رسوب معلق ایستگاه هیدرومتری و رسوب سنجی کره‌سنگ روی رودخانه هراز مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این پژوهش محاسبه بار رسوب معلق با استفاده از روش‌های منحنی سنجه یک‌خطی، چندخطی، حد وسط دسته‌ها، پرآب و کم‌آب، دبی کلاسه، ماهانه و فصلی و انتخاب بهترین روش در بین روش‌های بکار گرفته شده در این رودخانه است.

¹ Horowitz

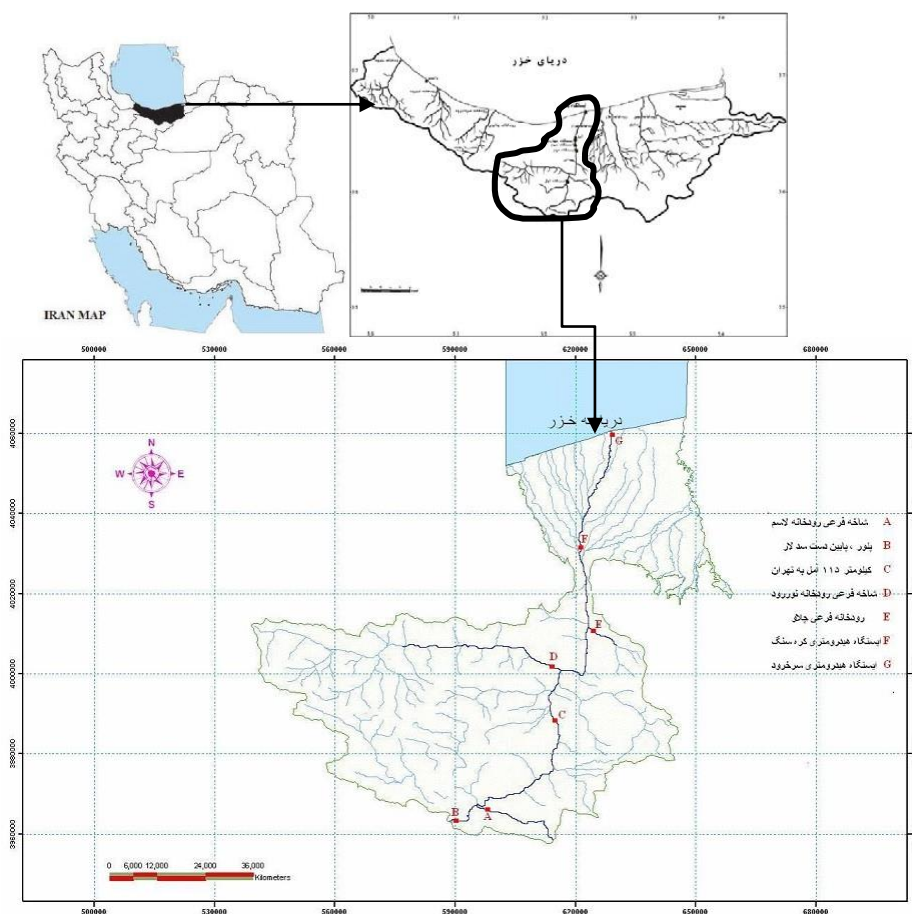
² Phillips

³ LOIS: Land-Ocean Interaction Study

⁴ Balamurugan

۲- مواد و روش‌ها

ایستگاه کره‌سنگ بر روی رودخانه هراز در طول $22^{\circ} 52'$ شرقی و عرض $36^{\circ} 16'$ شمالی با ارتفاع ۲۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد که شکل ۱ موقعیت جغرافیایی رودخانه و ایستگاه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این پژوهش از آمار روزانه رسوب معلق (تن در روز)، دبی جریان (متر مکعب در ثانیه) و بارش (میلی‌متر) این ایستگاه طی دوره آماری ۱۳۴۷ الی ۱۳۹۳ که شامل ۱۳۰۶ داده متناظر رسوب، دبی و بارش می‌باشد استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه کره‌سنگ در رودخانه هراز

روش‌های رگرسیون آماری

روش USBR

در این روش، یک رابطه ریاضی (معمولاً غیرخطی) بین بار رسوبی معلق رودخانه و آبدهی آن برقرار می‌شود. در عمل با توجه به داده‌های دبی جریان و دبی رسوب متناظر با آن، هر دو سری داده به صفحه مختصات لگاریتمی منتقل شده و خط بهترین برازش بر مبنای روش حداقل مربعات از میان آنها عبور داده می‌شود و رابطه ۱ بین دو متغیر برقرار می‌گردد. برای تعیین مقادیر a و b در چنین معادلاتی به روش کمترین مربعات خطا از روابط ۲ و ۳ استفاده می‌شود [۱۳].



$$\text{Log} a = \frac{\sum \log Q_s - b \sum \log Q_w}{N} \quad (2)$$

$$\text{Log} b = \frac{N \sum \log Q_w \cdot \log Q_s - \sum \log Q_w \cdot \sum \log Q_s}{N \sum (\log Q_w)^2 - (\sum \log Q_s)^2} \quad (3)$$

روش FAO

در روش FAO برای تعدیل ارقام و نزدیک تر شدن مقادیر برآورد شده به مقادیر مشاهداتی، توصیه شده است که در معادله سنج رسوب بجای ضریب a از ضریب a' که ضریب تعدیل فائو نام دارد، استفاده شود. مطابق رابطه ۴ ضریب تعدیل فائو برابر است با:

$$a' = \frac{\overline{Q_s}}{\overline{Q_w}^b} \quad (4)$$

که در آن $\overline{Q_s}$ متوسط داده‌های دبی رسوب معلق و $\overline{Q_w}$ متوسط داده‌های دبی جریان می‌باشد. سایر محاسبات این روش عیناً مانند روش USBR است و در واقع شکل تعدیل یافته‌ای از آن می‌باشد [۶].

مدل‌های پیشنهادی

منحنی سنج یک خطی و چندخطی

در روش یک خطی، بهترین رابطه همبستگی و در چند خطی، چنانچه وضعیت پخشیدگی داده‌ها اقتضا کند بجای یک منحنی بر مبنای دسته‌بندی دبی رودخانه، چند منحنی سنج از میان داده‌های اندازه‌گیری شده عبور داده می‌شود. لازم است که خطوط برازش داده شده ضریب همبستگی رگرسیون قابل قبولی داشته باشند [۱۳].

مدل منحنی سنج ماهانه، سالانه و فصلی

در این روش برآورد دبی رسوب بر اساس تفکیک داده‌ها به صورت ماهانه، سالانه و فصلی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و برای هر یک از آنها یک رابطه مجزا برازش داده می‌شود.

مدل حد وسط دسته‌ها

از آنجا که تعداد نمونه‌های برداشت شده دبی رسوب در مواقع سیلابی بسیار کم بوده و در مواقع کم آبی رودخانه‌ها زیاد می‌باشد، لذا در برازش منحنی با احتساب کل آمار، رابطه تعیین شده برای دبی‌های پائین بهترین بهترین برآورد را داشته اما در برآورد دبی‌های بالا دچار مشکل می‌شود. بنابراین برای افزایش سهم دبی‌های بالا، یکی از روش‌ها این است که دبی‌ها را دسته‌بندی کرده، متوسط هر دسته را تعیین نموده و بین متوسط دسته‌های دبی جریان و متوسط دسته‌های دبی رسوب همبستگی ایجاد شود [۷].

مدل کلاسه‌بندی دبی

در این مدل، داده‌های دبی و رسوب با توجه به مقادیر دبی روزانه و میانگین دبی سالانه کلاسه‌بندی می‌شوند. در مدل بدون تفکیک داده‌ها تمامی داده‌ها بدون در نظر گرفتن زمان اندازه‌گیری وضعیت هیدروگراف جریان و یا مقدار دبی کلاسه مورد بررسی قرار می‌گیرند. مدل تفکیک داده‌ها بر اساس ماه‌های سیلابی و غیرسیلابی: در این مدل، ماه‌هایی که



میانگین دبی ماهانه آن‌ها بیشتر و کمتر از میانگین دبی سالانه باشد به ترتیب در بخش ماه‌های سیلابی و غیرسیلابی دسته‌بندی شده و برای هر دسته رابطه رگرسیونی جداگانه‌ای ارائه می‌شود. در مدل تفکیک داده‌ها بر اساس کلاسه‌بندی دبی، داده‌هایی که دبی جریان آن‌ها از نصف میانگین دبی سالانه کمتر است تحت عنوان مدل A و داده‌هایی که دبی جریان آن‌ها از نصف میانگین دبی سالانه بیشتر و از دو برابر آن کمتر است تحت عنوان مدل B و داده‌هایی که دبی جریان آن‌ها از دو برابر میانگین دبی سالانه بیشتر است، مدل C نامگذاری شده و برای هر دسته رابطه رگرسیونی جداگانه‌ای طراحی می‌شود [۱۳].

سنجش دقت مدل‌ها

به منظور انتخاب مدل مناسب، از شاخص مجموع مربعات خطا، میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین که به ترتیب به صورت روابط ۵، ۶ و ۷ می‌باشند، استفاده شد.

$$SSE = \sum (\log Q_{sio} - \log Q_{sic})^2 \quad (5)$$

$$MSE = \frac{SSE}{n} \quad (6)$$

$$R^2 = \frac{(\sum (\log Q_{sic} - \log \bar{Q}_{sic}) (\log Q_{sio} - \log \bar{Q}_{sio}))^2}{\sum (\log Q_{sic} - \log \bar{Q}_{sic})^2 \cdot \sum (\log Q_{sio} - \log \bar{Q}_{sio})^2} \quad (7)$$

که در این روابط، SSE مجموع مربعات خطا، MSE میانگین مربعات خطا، R^2 ضریب تبیین، Q_{sio} دبی بار معلق اندازه‌گیری شده بر حسب تن بر روز، Q_{sic} دبی بار معلق محاسبه شده بر حسب تن بر روز، \bar{Q}_{sio} میانگین بار معلق اندازه‌گیری شده بر حسب تن بر روز \bar{Q}_{sic} میانگین بار معلق محاسبه شده بر حسب تن بر روز و n تعداد داده‌ها در هر بخش از مدل می‌باشد [۳].

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با برقراری رابطه رگرسیونی بین داده‌های دبی جریان و دبی رسوب در مرحله کالیبره و شبیه‌سازی آن بر اساس روش حداقل مربعات خطا و طبق روش‌های USBR و FAO برای هر یک از مدل‌های پیشنهادی در مرحله صحت‌سنجی، پارامترهای منحنی سنج رسوب و شاخص‌های آماری مدل‌ها محاسبه شد. در جداول ۱ و ۲ به ترتیب پارامترهای آماری روش‌های USBR و FAO ارائه شده است.



جدول ۱- پارامترهای آماری بر اساس مدل‌های مختلف USBR

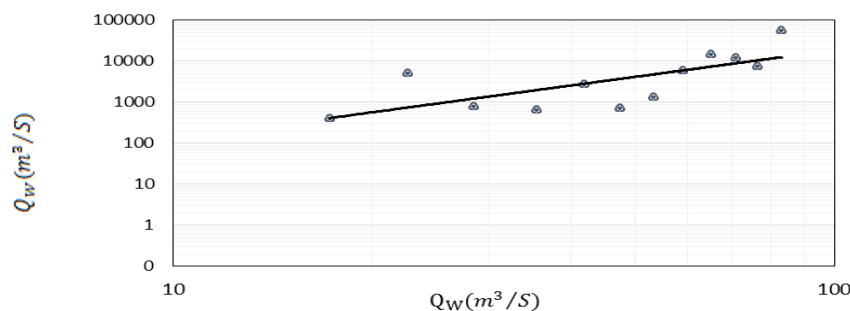
مدل	تفکیک داده‌های دبی	ضریب تبیین R^2	a	b	مجموع مربعات خطا (SSE)	میانگین مربعات خطا (MSE)
بدون تفکیک	کل داده ها	۰/۷۰	۰/۶۱	۲/۱۹	۲۳۰/۷۶	۰/۲۲
یک خطی	یک سال	۰/۶۶	۱۱/۹۲	۱/۵۲	۱/۴۳	۰/۱۲
حد وسط	کل داده ها	۰/۷۳	۰/۸۵	۲/۱۷	۱/۸۹	۰/۰۶
ماهانه	کل داده ها	۰/۷۱	۰/۸۵	۲/۱۱	۸۰/۷	۰/۱۹
سالانه	کل داده ها	۰/۶۷	۱۰/۵	۱/۵۵	۴/۳۸	۰/۰۹
فصلی	پاییز	۰/۳۵	۰/۱۳	۲/۶۴	۳۳/۸۵	۰/۱۹
	زمستان	۰/۴۸	۰/۲۶	۲/۵۱	۱۸/۱۶	۰/۱۴
	بهار	۰/۶۰	۸/۲۶	۱/۵۱	۹۲/۹۲	۰/۱۹
	تابستان	۰/۳۱	۱/۹۰	۱/۸۵	۷۵/۵۶	۰/۳۵
دبی کلاسه	A	۰/۴۵	۰/۰۱	۵/۲۳	۷/۹۶	۰/۱۸
	B	۰/۶۴	۰/۶۱	۲/۱۸	۲۰۶/۰۷	۰/۲۳
	C	۰/۳۳	۲/۴۲	۱/۸۸	۱۴/۷۶	۰/۱۵
سیلابی و غیر	سیلابی	۰/۶۰	۰/۹۲	۲/۰۸	۱۰۳/۹۷	۰/۱۹
سیلابی	غیر سیلابی	۰/۲۲	۰/۲۱	۲/۵۸	۱۲۶/۰۶	۰/۲۵

جدول ۱- پارامترهای آماری بر اساس مدل‌های مختلف FAO

نام مدل	تفکیک داده‌های دبی	مجموع مربعات خطا (SSE)	میانگین مربعات خطا (MSE)
بدون تفکیک	کل داده ها	۳۹۴/۵۳	۰/۳۸
یک خطی	یک سال	۰/۲۷	۰/۰۳
حد وسط	کل داده ها	۳/۷۹	۰/۰۲
ماهانه	کل داده ها	۱۳۰/۱۵	۰/۳۱
سالانه	کل داده ها	۵/۱۹	۰/۱۱
فصلی	پاییز	۶۲/۷	۰/۳۶
	زمستان	۲۹/۴۵	۰/۲۲
	بهار	۱۲۱/۱۷	۰/۲۴
	تابستان	۱۶۸/۵۹	۰/۷۷
دبی کلاسه	A	۱۲/۱۴	۰/۲۸
	B	۳۵۶/۳۳	۰/۴۰
	C	۱۸/۵۶	۰/۱۹
سیلابی و غیر	سیلابی	۱۳۹/۵	۰/۲۶
سیلابی	غیر سیلابی	۳۰۸/۰۴	۰/۶۲



بر اساس نتایج ارائه شده در جداول ۱ و ۲ مدل حد وسط دسته‌ها دارای حداقل میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین بالاتری می‌باشد. ضرایب a و b به ترتیب ۰/۸۵ و ۲/۱۷ می‌باشند. می‌توان اظهار داشت در بین روش‌های مورد استفاده، به عنوان کاراترین مدل برای ایستگاه کره‌سنگ می‌باشد. در این روش از داده‌های دبی جریان و رسوب معلق میانگین‌گیری می‌شود، لذا تأثیر دبی‌های پائین کمتر بوده و در دبی‌های بالا خطای برآورد کمتری دیده می‌شود. شکل ۲ منحنی سنجه رسوب در مدل حد وسط دسته‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- منحنی سنجه رسوب در مدل حد وسط دسته‌ها

در جدول ۳ نتایج برآورد بار رسوب معلق درازمدت سالانه با تلفیق مدل‌های پیشنهادی و روش‌های دبی جریان (منحنی تداوم جریان، دبی متوسط روزانه و دبی متوسط ماهانه) بر اساس روش‌های USBR و FAO ارائه شده است. طبق این جدول، روش دبی متوسط روزانه بهتر از دو روش دیگر بار معلق درازمدت سالانه را برآورد می‌کند. بنابراین روش تلفیق مدل حد وسط دسته‌ها به روش با دبی متوسط روزانه به عنوان مدل مناسب معرفی می‌گردد.

جدول ۳- برآورد درازمدت رسوب معلق سالانه با مدل‌های پیشنهادی و روش‌های مختلف دبی جریان

بار رسوب معلق سالانه براساس روش‌های دبی جریان (تن در سال)				تفکیک داده‌های دبی	مدل
دبی متوسط ماهانه		دبی متوسط روزانه			
FAO	USBR	FAO	USBR		
۸۴۲۱۱/۸	۳۳۶۱/۹	۱۵۴۴۹۷	۶۱۶۶۵/۳	کل داده‌ها	بدون تفکیک
۲۱۹۲۳/۹	۲۰۲۵۸	۲۰۵۴۳/۲	۱۸۹۸۲/۳	یک سال	یک خطی
۹۹۸۷۸/۲	۴۴۷۵۵/۶	۱۸۰۷۳۳	۸۱۰۰۴/۸	کل داده‌ها	حد وسط
۸۳۲۹۵/۵	۳۷۶۹۸/۱	۱۴۲۶۱۳/۳	۶۴۵۴۴/۳	کل داده‌ها	ماهانه
۱۷۳۲۹۷/۴	۱۰۹۲۷۰/۴	۱۳۷۶۵۵/۶	۱۲۸۲۴۶/۳	کل داده‌ها	سالانه
۹۶۴۱۳/۲	۴۴۴۸۵/۱	۱۹۲۵۱۷/۳	۸۰۰۰۵/۴	کل داده‌ها	فصلی
۴۰۵۶۴۳/۲	۱۵۱۲۶۸/۷	۳۳۷۳۶۸/۳	۱۲۵۸۱۰/۸	A	دبی کلاسه
۸۵۰۸۱/۲	۳۲۹۹۱/۸	۱۵۴۷۸۵/۵	۶۰۰۲۰/۹	B	
۹۱۸۹۶/۶	۵۸۲۵۴/۴	۱۳۱۹۶۸/۵	۸۳۶۵۶/۵	C	
۱۲۸۹۹۷/۴	۳۱۹۲۶/۵	۳۳۴۶۲۴/۱	۸۲۸۱۸/۴	سیلابی	سیلابی و غیر سیلابی
۶۸۳۹۲/۹	۳۰۷۵۸/۸	۱۱۴۳۱۸/۳	۶۳۱۱۳/۶	غیر سیلابی	



نتایج مدلی که در آن داده‌ها به دو دسته ماه‌های سیلابی و غیرسیلابی تقسیم شده‌اند نشان می‌دهد که میزان انتقال رسوب در ماه‌های سیلابی نسبت به ماه‌های غیرسیلابی بیشتر می‌باشد، چرا که در ماه‌های غیرسیلابی دبی جریان کم بوده و اغلب در حالت پایه می‌باشد و حداقل تأثیر را بر میزان فرسایش خواهد داشت. اما در مقابل در ماه‌های سیلابی، افزایش دبی جریان، فرسایش آبراه‌های بیشتری را در پی خواهد داشت که با نتایج هیدرئولاد و همکاران [۳] در برآورد بار رسوب دو ایستگاه هیدرومتری سیرا و بیلقان حوزه آبخیز سد مخزنی امیرکبیر (کرج) مطابقت دارد.

با جمع‌بندی نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف رگرسیون آماری، می‌توان دریافت که منحنی سنج رسوب بدون تفکیک نمودن داده‌ها همواره با مقداری خطا همراه است. بنابراین، استفاده از متوسط دسته‌های دبی، کلاسه‌بندی دقیق و تفکیک زمانی داده‌ها می‌تواند به کاهش خطای برآورد دبی رسوب کمک نماید. همچنین بهره‌گیری از دبی متوسط روزانه بجای دبی متوسط ماهانه و منحنی تداوم جریان و تلفیق آن با مدل بهینه، بار معلق درازمدت سالانه را بهتر برآورد خواهد نمود.

۴- مراجع

- [1] Cigizoglu, K. (2003). Estimation and forecasting of daily suspended sediment data by multi-layer perceptions. *Advances in Water Resources*. 27: 185-195.
- [2] Khozestan. Power and Water Organization. (2006). A review of phase one studies on hydroelectric power plant. Sadat Hosseini of Izeh. Ministry of Energy. 250 pp. (In Persian)
- [3] Heydarnejad, M., S. Golmaei, A. Mosaedi and M.Z. Ahmadi. (2004). Optimized sediment load estimation model (Case Study: inlet and outlet of Karaj Hydrometric stations). *Bulletin of Khazar Agricultural Sciences and Natural Resources*. 2(6): 54-67. (In Persian)
- [4] Piri, A. (2003). Optimization of flow and sediment discharge relation in Moarref Ename Basin. MSc Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. 120 pp. (In Persian)
- [5] Rostami, M. and A. Ardeshir. (2001). A suggestion method to improve suspended sediment load estimation in rivers. 3rd Conference on Hydraulic of Sediment. Tehran University, 8 pp. (In Persian)
- [6] Pour Aghniaei, M.J., M. Domiri Ganji, A. Yousef Pour and B. Ghermezcheshmeh. (2008). Review on estimation methods for suspended load (Case Study: Seydon Basin). *Iran-Water Resources Research*, 3(3): 73-75. (In Persian)
- [7] Pedram, I. and G.A. Barani. (2007). Evaluation of suspended sediment in dams reservoirs with separation of wet and dry periods (case study: Zayanderood dam), Iran. 6th Hydraulic Conference, Shahrekord University, 7 pp. (In Persian)
- [8] Mirzaei, M. (2002). Comparison of statistical method of suspended load estimation in rivers (Case study: Gorganrood river). MSc Thesis. University of Tehran, 130 pp. (In Persian)
- [9] Kia, E. and Emadi, A. (2012). Comparison of Statistical Methods for Long-Term Suspended Sediment Yield Estimation (Case Study: Babolrood River). *Journal of Watershed Management Research* 4(8): 15-26. (In Persian)
- [10] Horowitz, A.J. (2002). The use of rating (transport) curves to predict suspended sediment concentration: a matter of temporal resolution. *Turbidity and other sediment surrogates Workshop*. U.S. Geological Survey. 3 pp.



[11] Phillips, J., B. Webb, D. Walling and G. Leeks. (1999). Estimating the suspended sediment loads of rivers in the LOIS study area using infrequent samples. *Hydrological Processes*, 13(7): 1035-1050.

[12] Balamurugan, G. (1989). The use of suspended sediment rating curves in Malaysia: some preliminary considerations. *Pertanika*, 12(3): 367-376.

[13] Youssefvand, F. (2004). Suggestion of a method for estimation of suspended load in rivers (case study: Ghresoo river). MSc Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 138 pp. (In Persian)