

## تأثیر احداث سد لار در تغییرات هیدرولیکی و بار رسوب معلق آن بر آبزیان رودخانه هراز

عباس غلامی<sup>۱</sup>، مهدی وفاخواه<sup>۲</sup> و شعبان نجفپور<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیات علمی دانشگاه شمال، آمل، استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، <sup>۳</sup>استادیار پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۹

### چکیده

امروزه فرسایش خاک در تمام جهان به عنوان خطری برای رفاه بشر و حیات او شناخته شده است. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر احداث سد مخزنی لار بر روی تغییرات هیدرولیکی و بار رسوب معلق آن بر آبزیان رودخانه هراز است. برای انجام این تحقیق، از داده‌های دبی آب و دبی رسوب ایستگاه لار-پلور در پائین دست این سد در سال‌های قبل از احداث سد (۱۳۴۷ تا ۱۳۵۹) و بعد از احداث آن (۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) استفاده گردید. نتایج نشان داد، دبی آب و رسوب معلق در سال‌های قبل از احداث سد، دبی آب و مواد رسوبی پایین بوده ولی بعد از احداث سد، ارتباط خوبی بین دبی و مواد رسوبی مشاهده گردید. بهر حال، با افزایش رهاسازی رسوب، به مرور زمان بار رسوب گذاری افزایش یافته و با خروج رسوبات و تکرار خروجی گل ولای روی تغذیه ماهیان کفزی خوار در مناطق پایین دست رودخانه تأثیر دارد.

**واژه‌های کلیدی:** رسوب معلق، دبی آب، فون آبی، سد لار

### مقدمه

می‌رود. ذرات جامد حمل شده به وسیله روان آب‌های سطحی دارای اثرات متفاوتی است. وجود چنین ذراتی در آب‌های سطحی خسارات مالی مستقیم و قابل ملاحظه‌ای نظیر افزایش هزینه تصفیه آب برای مصارف خانگی، صنعتی یا کشاورزی به بار می‌آورد. بعضی از اثرات نظیر کاهش نفوذ نور در آب منجر به کاهش فتوسنتز در گیاهان آبی می‌گردد (هادسون، ۱۳۶۸). در سال‌های اخیر سدهای متعددی در نقاط مختلف کشور جهت تولید برق و شبکه‌های آبیاری با هزینه زیادی ایجاد شده است، ولی شدت فرسایش در بیشتر آبخیزها به حدی است که عمر اکثر سدها به یک صد سال نیز نمی‌رسد (نخجوانی، ۱۳۵۱). در سال ۱۹۸۵، سد Dashidaira، مجهز به خروجی روی رودخانه توپوما

فعالیت‌های انسانی (مانند تغییرات کاربری زمین و ساخت سد) و تغییرات اقلیمی در یک منطقه سیلابی می‌تواند باعث افزایش رسوب بار کف و تغییرات رواناب شود که دارای مراحل دینامیکی پیچیده‌ای می‌باشد (Crooks و Davis، ۲۰۰۱؛ Xu، ۱۹۹۶؛ Leopold و همکاران، ۱۹۶۴؛ Shumm، ۱۹۷۷). مناطق آبخیز و آبخیز کره خاکی در هر سال به طور متوسط نزدیک به ۷۶ میلیارد تن خاک را بر اثر فرسایش از دست می‌دهد. با توجه به شرایط متفاوت خاک در نقاط مختلف کره زمین، مقدار فرسایش در کلیه نقاط یکسان نیست. برای مثال؛ در اروپا از هر هکتار ۰/۸۴ تن و در آفریقا ۷/۱۵ تن خاک در یکسال تحت شرایط مختلف فرسایش یافته و از بین

\*مسئول مکاتبه: najafpour\_s@yahoo.com

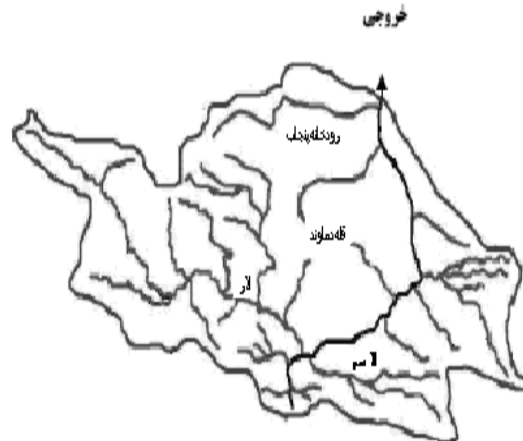
زاین ساخته شد. شش سال بعد (۱۹۹۱)، خروج رسوبات سد با فشار زیاد از سد سبب گردید که تعداد ماهیان کفزی خوار سال به سال با افزایش گل‌ولای زیاد در قسمت پایین دست سد کاهش یابد (Tazaki, ۲۰۰۳). در حفاظت از خاک‌های حوزه آبخیز، رودهایی که بر روی آنها سد احداث گردید نسبت به رودهایی که بر روی آنها سد بسته نشده به منظور جلوگیری از فرسایش خاک باید عملیات جدی و موثرتر و حفاظت بیشتر صورت پذیرد، زیرا وجود سد در واقع یک صافی است که مانع عبور مواد محموله آب می‌شود (کردوانی، ۱۳۷۳). در اواخر بهار ۲۰۰۱، آب سد Dashidaira بواسطه افزایش غلظت بالای سیلیکات و مواد معدنی جاذب آب، غلظت اکسیژن محلول به ۱ تا ۲ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته و ورود این آب به منطقه پایین دست رودخانه سبب مرگ ماهیان کفزی خوار، زندگی ماهی پهن که از خلیج توایما جمع‌آوری شده گردید. در حوزه آبخیز رود کرج که مساحت آن ۷۴۶ کیلومتر مربع است، سالانه ۶۰۰ تن خاک از هر کیلومتر مربع آن فرسایش می‌یابد و به این طریق موجب کاهش ظرفیت و طول عمر آن می‌شود (انصاری، ۱۳۴۳). اندازه‌گیری‌های مختلف باتی‌متریکی روی چند سد مخزنی کشور مانند سفیدرود، کرج و دز، ضریب بار کف را در حدود ۲۰ درصد بار معلق نشان داده است (مهدوی، ۱۳۷۱). رواناب و رسوب بار کف تاثیرات مشخصی را در مورفولوژی مناطق سیلابی از نظر زمانی و مکانی آشکار می‌سازد که باعث حفاظت از اکوسیستم‌های مناطق سیلابی در امتداد مکان‌های الحاق این سطوح می‌شود (Chen و همکاران، ۲۰۰۱؛ Gupta, ۱۹۹۹). در بررسی Vanoni (۱۹۹۷)، تاثیر غلظت در دبی‌های بالا برای بهبود کیفیت منحنی سنجه رسوب و برآورد صحیح‌تر رسوب‌دهی نشان داد. پراکندگی نقاط حول منحنی سنجه رسوب سبب ایجاد تقریب در برآورد رسوب‌دهی می‌شود. در ارتباط با روش‌های استفاده از دبی جریان شیوه‌های مختلفی وجود دارد. تعدادی به‌طور

مستقیم از آمار دبی روزانه استفاده کرده و در بسیاری از موارد، آمار جریان روزانه ناقص می‌باشد. با توجه به امکان برآورد دبی ماهانه براساس آمار ایستگاه‌های مجاور، در روش برخی از پژوهشگران (جاماب، ۱۳۶۸) پیشنهاد گردید که بر اساس آمار روزانه موجود در ۵ سال خیلی خشک تا خیلی مرطوب، رسوب روزانه مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در مطالعه دیگری طرخورانی، ۱۳۸۰، با استفاده از معادله سنجه رسوب با معیارهای اقلیمی و هیدرولوژیکی مدل‌های متعدد روابط دبی آب و رسوب در حوزه ليقوان تبریز را مورد آزمون قرار داد. نتیجه حاصله نشان داد، تفکیک داده‌ها بر اساس وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی سبز و با در نظر گرفتن مراحل هیدروگراف جریان رودخانه نقش مهمی در برآورد بار معلق سالانه از طریق منحنی سنجه رسوب دارد. در برخی از رودخانه‌ها، گونه خاصی از ماهی در اوایل بهار هر سال تولیدمثل طبیعی داشته و نیز جهت بقای نسل در برخی از مکان‌ها مواد غذایی فراوانی را پنهان نموده، لذا در صورت رهاسازی آب از سدهای مخزنی بواسطه وجود رسوبات بستر سد، امکان صدمه-رسانی به غذاهای ذخیره شده و بچه ماهی‌ها وجود دارد. در گزارش (Asselman, ۲۰۰۰)، ارزیابی منحنی‌های سنجه رسوب در رودخانه راین و سرشاخه‌های آن، در زمینه خطاها و اشتباهات بارهای رسوبی آن ت مطالعه صورت گرفته است. در این گزارش (Horowitz, ۲۰۰۲)، با استفاده از منحنی‌های سنجه رسوب، پیش‌بینی بار رسوب معلق در رودخانه می‌سی‌سی‌پی ارائه گردید. لذا، بهترین ارزیابی بار رسوب معلق سالانه در یک دوره ۲۰ ساله رودخانه می‌سی‌سی‌پی از منحنی‌های سنجه رسوب استفاده گردید. مقادیر کل رسوب حمل شده بوسیله رودخانه‌های جهان توسط کارشناسان مختلف صورت گرفته است (Chernikoff و Venkatarishnan, ۱۹۹۵؛ Ludwig و Probst, ۱۹۹۸؛ Walling و Eisma, ۱۹۹۸) که به ترتیب مقادیر

### مواد و روش‌ها

منطقه حفاظت شده لار بین استان‌های تهران و مازندران و در موقعیت ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است و مساحت آن در حدود ۳۱۰۰۰ هکتار می‌باشد.

رسوبات  $10^9 \times 17/564$ ،  $10^9 \times 10$ ،  $10^9 \times 16$ ،  $10^9 \times 22$  - ۲۲ تن در سال را گزارش نموده‌اند (Xu, ۲۰۰۲). اولین هدف این پژوهش تاثیر احداث سد مخزنی لار بر روی دبی رسوب رودخانه هراز بوده است.



نقشه ۱- موقعیت منطقه حفاظت شده لار

در این تحقیق، روابط رگرسیونی بین دبی آب و دبی رسوب در قبل از احداث سد با بعد از احداث آن مقایسه و بررسی گردید و با استفاده از نرم افزار Excel داده‌های دبی آب در مقابل دبی رسوب در چندین سال از ایستگاه لار-پلور ارزیابی گردید. در این تحقیق، میانگین دبی متوسط سالانه ایستگاه‌ها و همچنین میانگین رسوب معلق متوسط سالانه ایستگاه‌ها برای مقایسه بهتر و نحوه افزایش یا کاهش بار معلق رسوب نیز مقایسه شده است. در مرحله بعد، میانگین کل دبی آب و دبی رسوب معلق در سال‌های قبل از احداث سد (۱۳۴۷ تا ۱۳۵۹) با میانگین کل دبی آب و رسوب معلق در سال‌های بعد از احداث سد مورد مقایسه قرار گرفت. در مطالعه این داده‌ها، تاثیر دبی رسوب معلق در میزان بار رسوبی این آبخیز و تغییرات هیدرولوژیکی ارزیابی مشخص می‌گردد.

در این تحقیق، داده‌های دبی آب و دبی رسوب مربوط به ایستگاه لار-پلور از سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۸۰ از شرکت تحقیقات منابع آب تهیه گردید. در این مطالعه، رابطه بین دبی آب و دبی رسوب معلق در سال‌های قبل از احداث (۱۳۴۷-۱۳۵۹) و بعد از سال‌های احداث سد لار (۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت تا تاثیر احداث این سد بر روی ویژگی‌های حمل رسوب به رودخانه هراز مشخص نمود. از آنجا که قدرت حمل بار کف در ارتباط با حمل مواد معلق است، بنابراین، بار کف رودخانه ضریبی از بار معلق است که می‌تواند بین ۱۰ تا ۵۰ درصد آن را شکل دهد. اندازه‌گیری‌های مختلف باتی‌متریک روی چند سد مخزنی کشور مانند سفیدرود، کرج و دز، ضریب بار کف را در حدود ۲۰ درصد بار معلق نشان داده است (مهدوی، ۱۳۷۱).

## نتایج و بحث

۱۳۵۵ که به آخرین سال از احداث سد باشد، رسید. در صورتی که در سالهای بعد از احداث سد ضرایب  $R^2$  به صورت یک روند کلی بالاتر می باشد که نشان دهنده رابطه قوی تر این ضریب در سالهای بعد از احداث سد می باشد (جدول ۱).

بررسی ها نشان می دهد، ضرایب تعیین ( $R^2$ ) معادلات همبستگی در سالهای قبل از احداث سد بصورت یک روند کلی کمتر از ضرایب تعیین در سالهای بعد از احداث سد می باشد، به صورتی که این ضرایب از ۰/۵۱ در سال ۱۳۴۷ به مقدار ۰/۲۱ در سال

جدول ۱- معادلات همبستگی و ضرایب تعیین منحنی سنجه رسوب ایستگاه لار- پلور از سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۸۰

سال	معادله همبستگی	ضریب $R^2$
۱۳۴۷	$y = 5137 \ln x - 9905/5$	۰/۵۱۳۹
۱۳۴۸	$y = -2338/4 \ln x + 9180/5$	۰/۰۱۴۳
۱۳۴۹	$y = -27/759 \ln x + 157/77$	۰/۱۲۷۴
۱۳۵۱	$y = 8/9845 \ln x + 28/48$	۰/۰۰۱۸
۱۳۵۲	$y = 10/94 \ln x - 18143$	۰/۲۳۸۲
۱۳۵۳	$y = 186/4 \ln x - 2610/6$	۰/۰۸۳۷
۱۳۵۴	$y = 5361/2 \ln x - 16121$	۰/۱۸۲۴
۱۳۵۵	$y = 6833/5 \ln x - 19402$	۰/۲۱۱۷
۱۳۶۰	$y = 32/027 \ln x - 24/8887$	۰/۹۹۴۶
۱۳۶۳	$y = 24/43 \ln x - 24/387$	۰/۳۲۰۵
۱۳۶۵	$y = 88/984 \ln x - 45/43$	۰/۴۰۱۲
۱۳۶۶	$y = 229/6 \ln x - 338/04$	۰/۹۴۹۶
۱۳۶۷	$y = 19/626 \ln x + 211/29$	۰/۰۱۳۱
۱۳۶۸	$y = 107/07 \ln x + 83/981$	۰/۸۱۵۹
۱۳۶۹	$y = 31/865 \ln x + 38/713$	۰/۸۴۷۴
۱۳۷۰	$y = 130/01 \ln x + 95/015$	۰/۴۰۹۲
۱۳۷۱	$y = 55/953 \ln x + 154/3$	۰/۱۳۵۹
۱۳۷۲	$y = 376/99 \ln x - 424/1$	۰/۹۳۶۵
۱۳۷۳	$y = 377/2 \ln x - 324/03$	۰/۵۱۱۳
۱۳۷۴	$y = 174/41 \ln x - 165/22$	۰/۷۸۱۳
۱۳۷۵	$y = 174/64 \ln x - 184/02$	۰/۳۰۴۷
۱۳۷۶	$y = 0/539 \ln x + 0/2822$	۰/۰۳۵۶
۱۳۷۷	$y = 2724 \ln x + 0/5949$	۰/۳۳۷۳
۱۳۷۸	$y = 21/418 \ln x + 60/8$	۰/۰۲۷۳
۱۳۷۹	$y = -27/759 \ln x + 157/77$	۰/۱۲۷۴
۱۳۸۰	$y = 0/0748 \ln x + 0/2504$	۰/۵۱۳۹

شده است که می‌توان تاثیر ساخت این سد را در کاهش میزان دبی رودخانه و بالطبع کاهش بار رسوب معلق حمل شده توسط آن و نقش تنظیمی سد پی برد (جدول ۲). معادلات همبستگی سال‌های قبل و بعد از احداث سد در شکل‌های ۱ و ۲ به همراه مقایسه دبی آب و رسوب و همچنین مقادیر آنها در جدول ۳ گزارش گردید.

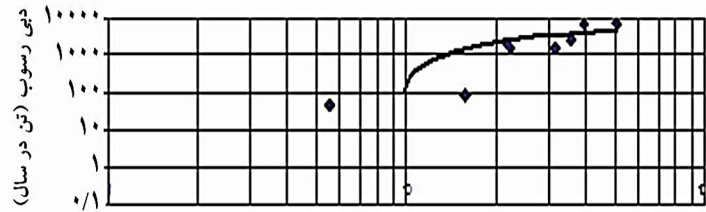
همچنین به منظور مقایسه کلی و بهتر رابطه بین دبی آب و دبی رسوب اقدام به میانگین‌گیری دبی آب و دبی رسوب در سال‌های مورد بررسی با اولویت سال‌های قبل و بعد از احداث سد شده است (جدول ۲). در سال‌های قبل از احداث سد با توجه به زیاد بودن دبی آب، دبی رسوب نیز به صورت کلی دارای مقدار بیشتری می‌باشد. اما در سال‌های بعد از احداث سد با توجه به کاهش مقدار دبی آب، دبی رسوب نیز کمتر

جدول ۲- میانگین دبی آب و دبی رسوب از سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۸۰

سال	دبی آب	دبی رسوب
۱۳۴۷	۳۹/۲۸	۷۰۵۹/۰۲
۱۳۴۹	۲۱/۸۸	۱۹۹۱/۰۴
۱۳۵۰	۱۵/۷۳	۸۱/۲۷
۱۳۵۱	۵/۵۴	۴۳/۷۶
۱۳۵۲	۳۱/۳۱	۱۵۸۰/۷۲
۱۳۵۳	۲۲/۲۵	۱۵۳۶/۰۲
۱۳۵۴	۳۵/۶۲	۲۴۸۹/۴۹
۱۳۵۵	۵۰/۴۴	۶۷۴۳/۶۵
۱۳۵۹ (سال احداث سد)	۰/۲۶	۱/۷۸
۱۳۶۰	۱۷/۸۲	۶۴/۹۸
۱۳۶۳	۱۲/۵۴	۲۶/۲۹
۱۳۶۵	۱۶/۵۵	۱۶۷/۷۲
۱۳۶۶	۲/۲۴	۱۳۷/۰۹
۱۳۶۷	۱۹/۳۰	۲۶۰/۹۲
۱۳۶۸	۷/۳۰	۹۸/۸۵
۱۳۶۹	۳/۸۶	۲۷/۸۰
۱۳۷۰	۴/۱۰	۱۳۶/۹۰
۱۳۷۱	۳/۶۱	۹۲/۱۸
۱۳۷۲	۸/۹۱	۲۳۴/۳۶
۱۳۷۳	۴/۸۵	۱۳۷/۴۰
۱۳۷۴	۵/۷۱	۷۷/۳۸
۱۳۷۵	۱۱/۲۶	۱۷۹/۵۵
۱۳۷۶	۰/۹۵	۰/۲۶
۱۳۷۷	۴/۵۹	۰/۸۲
۱۳۷۸	۶/۱۷	۶۷/۱۵
۱۳۷۹	۴۱/۰۴	۲
۱۳۸۰	۰/۶۵	۰/۲۱

جدول ۳ - معادلات همبستگی و ضرایب تعیین میانگین دبی آب و دبی رسوب در سال‌های قبل و بعد از احداث سد لار

ضریب تعیین	معادله همبستگی	سال‌های قبل از احداث سد ۱۳۴۷-۱۳۵۹
۰/۵۵۹۱	$y = 29/53 \ln x - 6636/1$	
۰/۱۱۹۶	$y = 27/008 \ln x + 46/235$	سال‌های بعد از احداث سد ۱۳۶۰-۱۳۸۰

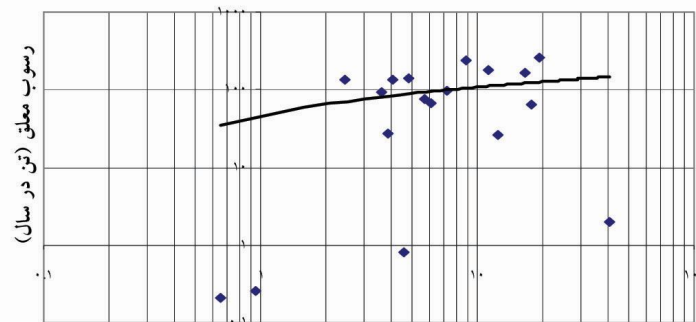


$$y = 2953/4 \ln(x) - 6636/1$$

دبی آب به مترمکعب بر ثانیه

$$R^2 = 0/5591$$

شکل ۱- مقایسه دبی آب با دبی رسوب در ایستگاه لار-پلور در سال‌های قبل از احداث سد لار (۱۳۴۷ تا ۱۳۵۹).



$$y = 27/008 \ln(x) + 46/235$$

دبی آب به مترمکعب بر ثانیه

$$R^2 = 0/1196$$

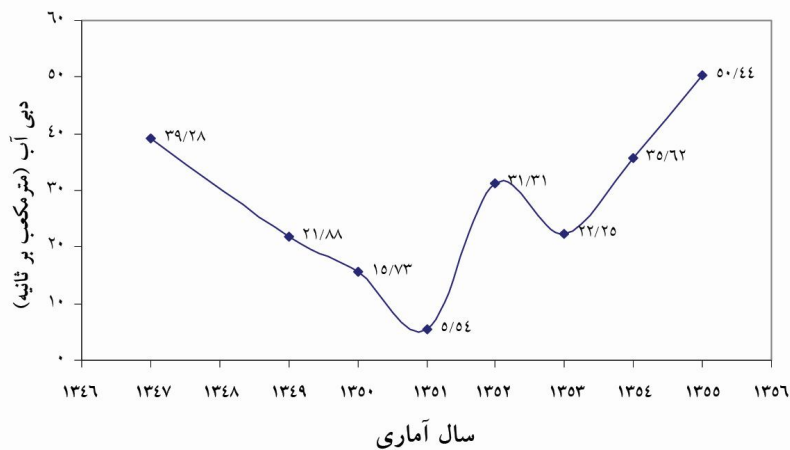
شکل ۲- مقایسه دبی آب با دبی رسوب در ایستگاه لار-پلور در سال‌های بعد از احداث سد لار (۱۳۶۰-۱۳۸۰)

۱۳۸۰، ضرایب همبستگی بجز موارد استثنائی به صورت کلی بالاتر بوده و این حالت نشان‌دهنده رابطه قوی‌تر بین دبی آب و دبی رسوب می‌باشد. روند افزایشی ضریب تعیین بدون در نظر گرفتن استثنائات نشان‌دهنده نقش تنظیمی سد لار و روابط همبستگی بالاتر دبی آب و دبی رسوب در ایستگاه لار (پلور- پائین دست سد) باشد. از مقایسه دبی آب و دبی رسوب در سال‌های قبل و بعد از احداث سد (جدول ۲) نیز می‌توان به نتایج دیگری رسید. در سال‌های قبل از احداث سد (۱۳۴۷)

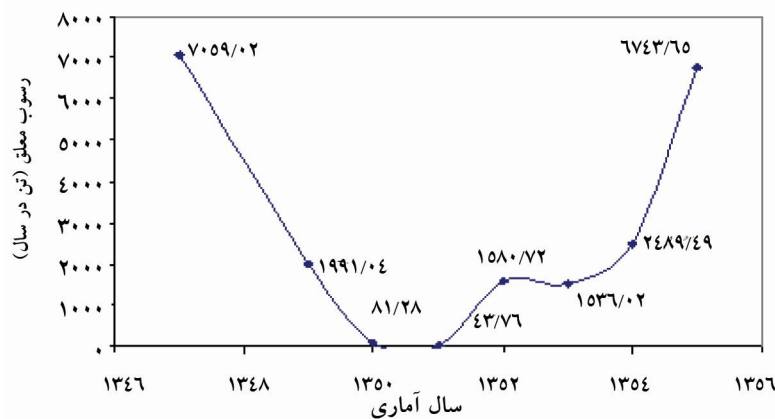
ضریب همبستگی در سال ۱۳۴۷ تا سال ۱۳۵۹ دارای تغییرات زیادی بوده به صورتی که ضرایب همبستگی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۴۹ به ترتیب برابر ۰/۵۱، ۰/۰۱ و ۰/۱۳ و نیز در سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۵ به ترتیب برابر ۰/۰۱، ۰/۲۴، ۰/۰۹، ۰/۱۸ و ۰/۲۱ بوده است. این نتایج نشان‌دهنده آن است که در سال‌های قبل از احداث سد، دبی آب و دبی رسوب به صورت کلی دارای ضرایب همبستگی پائینی می‌باشند در صورتی که در سال‌های بعد از احداث سد یعنی از سال ۱۳۶۰ تا سال

کاهش ضریب تعیین، اقدام به میانگین‌گیری کل دبی آب و دبی رسوب و مطابق با آن تشکیل معادلات همبستگی و ضرایب تعیین در سال‌های قبل و بعد از احداث سد طبق جدول ۳ نشان‌دهنده کم بودن ضریب تعیین در قبل از احداث سد یعنی ۰/۵۶ نسبت به بعد از احداث سد یعنی ۰/۱۲ بوده است.

تا ۱۳۵۹) معمولاً دبی آب در این ایستگاه بیشتر از سال‌های بعد از احداث سد (۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) بوده است. دبی رسوب به صورت یک نتیجه‌گیری کلی در سال‌های قبل از احداث بیشتر از سال‌های بعد از احداث آن نشان‌دهنده نقش تنظیمی این سد در تله‌اندازی رسوب و تغییر رژیم هیدرولیکی جریان رودخانه بوده است. به‌منظور بررسی و مقایسه کلی روند افزایش یا



شکل ۳- تغییرات دبی آب در سال‌های قبل از احداث سد لار (۱۳۵۵-۱۳۴۷)



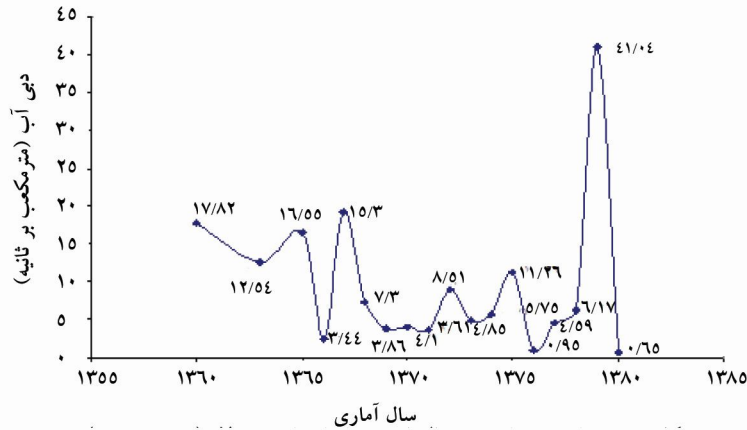
شکل ۴- تغییرات دبی رسوب معلق در ایستگاه لار- پلور در سال‌های قبل از احداث سد لار (۱۳۵۵-۱۳۴۷).

۵۰/۴۴ متر مکعب بر ثانیه و کمترین مقدار دبی مربوط به سال ۱۳۵۱ با ۵/۵۴ متر مکعب بر ثانیه مشاهده گردید. در همین دوره، مقدار بار رسوب معلق نیز از ۷۰۵۹/۰۲ تن در سال ۱۳۴۷ به ۴۳/۷۶ تن در سال ۱۳۵۱ کاهش شدید یافته و سپس همگام با روند افزایشی دبی

مطابق شکل ۳، دبی آب از ۳۹/۲۸ متر مکعب بر ثانیه در سال ۱۳۴۷ به ۵/۵۴ متر مکعب بر ثانیه در سال ۱۳۵۱ کاهش یافته و سپس در یک دوره افزایشی دبی بسیار مناسبی تا بیش از ۵۰ متر مکعب بر ثانیه نیز ثبت گردیده است. بیشترین مقدار دبی در سال ۱۳۵۵ با

سال‌های بعد از احداث سد، روند تغییرات دبی آب و رسوب معلق نیز دارای تغییرات زیادی می‌باشد. شکل ۵ روند تغییرات دبی آب در سال‌های بعد از احداث سد (۱۳۶۰-۱۳۸۰) را نشان می‌دهد.

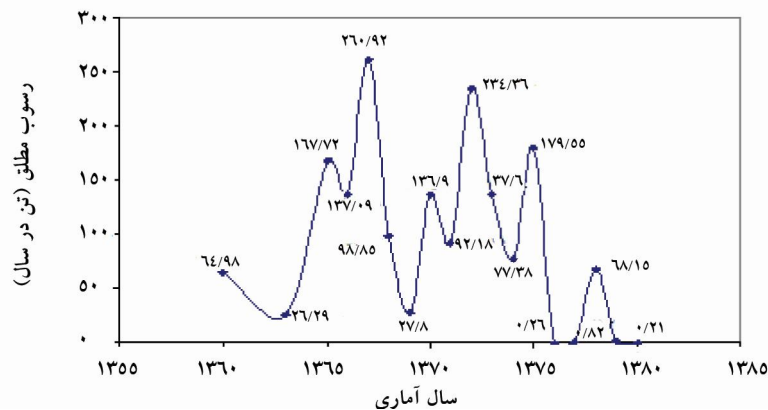
تا سال ۱۳۵۹، افزایش دبی رسوب معلق تا  $6743/65$  تن در سال را نشان می‌دهد (شکل ۴). شکل‌های ۳ و ۴ همبستگی کامل مقدار دبی آب و دبی رسوب معلق را در سال‌های قبل از احداث سد را نشان می‌دهد.



شکل ۵- تغییرات دبی آب در سال‌های بعد از احداث سد لار (۱۳۶۰-۱۳۸۰).

شکل ۶، روند تغییرات رسوب معلق در ایستگاه لار-پلور در سال‌های بعد از احداث سد (۱۳۶۰-۱۳۸۰) را نشان می‌دهد.

در شکل ۵، بیشترین مقدار دبی آب مربوط به سال ۱۳۷۹ با  $41/04$  مترمکعب بر ثانیه و کمترین مقدار دبی مربوط به سال ۱۳۷۶ با  $0/70$  مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.



شکل ۶- تغییرات دبی رسوب معلق در ایستگاه لار-پلور در سال‌های بعد از احداث سد لار (۱۳۶۰-۱۳۸۰)

(۲۰۰۳). تحقیق اخیر نشان داد با رسوب رها شده از طریق سد لار به رودخانه هراز احتمالاً می‌تواند صدمات جدی‌تری را به منابع کفزی وارد نماید. تغییرات و نوسانات هرز آب و رسوب بار کف در حوزه آبخیز رودخانه بزرگ یانگ‌تسه قابل توجه می‌باشد (Lu و همکاران، ۲۰۰۳). تجزیه و تحلیل سیل و هرز آب سالیانه قسمت بالادست رودخانه یانگ‌تسه بواسطه بار

مطابق شکل ۶، بیشترین مقدار رسوب معلق نیز مربوط به سال ۱۳۷۶ با  $260/92$  تن در سال و کمترین مقدار رسوب معلق مربوط به سال ۱۳۸۰ با  $0/21$  تن در سال می‌باشد. پژوهش انجام شده در ژاپن نشان می‌دهد که در قسمت پایین‌دست رودخانه توئوما مقدار خسارت وارده به منابع آبی و جانوران آبی خسارت زیادی را وارد نموده است (Tazaki و همکاران،



استفاده از روش فوق (منحنی‌های سنجه رسوب) دسترسی پیدا نمود. با توجه به اینکه ساخت سد باعث تغییر رژیم هیدرولیکی جریان و حمل رسوبات سبب می‌گردد که ظرفیت ذخیره آب مخزن کاهش یافته و نیز در نهایت سبب کم شدن عمر مفید سد می‌گردد. بنابراین، جهت جلوگیری از شسته شدن خاک‌های این حوزه، عملیات مربوط به آبخیزداری و حفاظت خاک در بالادست این سد به صورت کامل‌تری پیشنهاد می‌گردد. جلوگیری از چرای بی‌رویه کاشت گیاهان سازگار با شرایط اکولوژیکی منطقه می‌تواند اثر بسیار مفیدی در جلوگیری از هدر رفت خاک‌های با ارزش حوزه و کم شدن فرسایش خاک و در نهایت جلوگیری از پر شدن سریع سد نماید. در ماه‌های سرد و برفی رودخانه دارای رژیم بارشی است و با توجه به اینکه برف با عکس‌العمل هیدرولوژیکی کند خود باعث تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌شود، خطری جدی از این لحاظ محسوب نمی‌شود اما از اواخر اسفند و طی فصل بهار با توجه به ذوب برف این حوزه و اضافه شدن بارش‌های بهاری که باعث تسریع ذوب برف‌ها می‌شود، خطر جدی‌تری محسوب می‌شود. بنابراین برنامه‌ریزی و انجام امور مربوط به حفاظت خاک و مدیریت سد باید مدنظر قرار گیرد. مطالعات انجام شده از آب رها شده توسط سد داشیداریا نشان داد که آبشش‌ها بر اثر خاک رس چسبنده رها شده از سد دستخوش تغییرات آسیب بافتی و تغییرات شیمیایی گردیده است (Tazaki و همکاران، ۲۰۰۳)، لذا با توجه به پرورش ماهیان سرد آبی در رودخانه هراز و رها سازی رسوبات از سد لار احتمالاً می‌تواند در پرورش ماهیان و آبیان بستر رودخانه اختلال ایجاد نماید.

رسوب بار کف قسمت بالادست رودخانه دارای تغییرات قابل ملاحظه نبوده و این مورد شاید بواسطه تغییرات و نقش‌پذیری آنها از بار کف در دو شاخه رودخانه‌های جیان لیجیانگ و جینشا مدنظر قرار گرفته است (Yang و همکاران، ۲۰۰۲). بررسی مدل بهینه برآورد رسوب در ایستگاه هیدرومتری سد کرج نشان داد که رابطه بین رسوب معلق و دبی آب مستقیم بوده و با افزایش دبی میزان رسوب معلق نیز افزایش یافته است (حیدرنژاد، ۱۳۸۳). بررسی انتقال رسوب در حوزه آبخیز گوداوری نشان داد که با استفاده از یک مدل، داده‌ها را به دو دسته ماه‌های پرآب و کم‌آب تقسیم نمود. انتقال رسوب در ماه‌های پرآب نسبت به ماه‌های کم‌آب به مراتب بیشتر بوده و نیز در ماه‌های کم‌آب، دبی دارای جریان بسیار کم بوده و اغلب حداقل تاثیر را بر میزان فرسایش خواهد گذاشت. اما در ماه‌های پرآب، دبی دارای جریان فزاینده و فرسایش آبراه‌های بیشتری را در پی خواهد داشت (Bishkam و Sbramanian، ۱۹۹۸). برآورد بار معلق ۸ ایستگاه هیدرومتری در رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود نشان داد که با چند روش مختلف محاسبه و در نهایت روش تلفیق منحنی سنجه رسوب حدوسط دسته‌ها و دبی متوسط روزانه به عنوان روش مناسب جهت برآورد بار معلق ارزیابی گردید (رستمی و اردشیر، ۱۳۸۰). مطالعه انجام شده (Jain، ۲۰۰۱) نشان داد، با توسعه منحنی‌های سنجه رسوب به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی، حجم رسوب در رودخانه می‌سی‌سی‌پی در آمریکا مبادرت ورزید. بهترین ارزیابی بار رسوب معلق سالانه در یک دوره بیست ساله در رودخانه می‌سی‌سی‌پی با

## منابع

۱. انصاری، ا. ۱۳۴۳. اصول حفاظت خاک، انتشارات سازمان جنگل‌بانی ایران.
۲. جاماب (شرکت مهندسی مشاور). ۱۳۶۸. طرح جامع آب کشور، حوزه آبریز دریاچه ارومیه، وزارت نیرو، ۲۹۸ ص.
۳. حیدرنژاد، م. ۱۳۸۳. ارائه مدل بهیبه برآورد رسوب و حجم رسوب‌گذاری در دو سد مخزنی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران، ۱۹۳ ص.

۴. رستمی، م. و اردشیر، ع. ۱۳۸۰. ارائه روشی برای بهبود برآورد بار رسوب معلق رودخانه‌ها، سومین کنفرانس هیدرولیک رسوب، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ص ۸-۱.
۵. طرخورانی، ح. ۱۳۸۰. بهینه‌سازی روابط دبی آب و دبی رسوب در حوزه معرف ليقوان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۶. کردوانی، پ. ۱۳۷۳. حفاظت خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
۷. مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم.
۸. نخجوانی، ف. ۱۳۵۱. مبارزه با فرسایش و اصلاح آبخیزها، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول.
۹. هادسون، ن. ۱۳۶۸. حفاظت خاک، ترجمه حسین قدیری.
10. Asselman, N.E.M. 2000. Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, 234, 228-248.
11. Bishkam, G., and Subramanian, V. 1998. Sediment transport of Godavari River basin and its controlling factors, *Journal of Hydrology*, 101:275-290
12. Chen, Z.Y., Li, J.F., Shen, H.T., and Wang, Z.H. 2001. Yangtze River of China: Historical analysis of discharge variability and sediment flux. *Geomorphology*. 41, 77-91.
13. Chernikoff, S., and Venkatakrishnan, R. 1995. *Geology*. Worth Publishers, New York. 593pp.
14. Crooks, S., and Davies, H. 2001. Assessment of land use change in the Thames basin and its effect on the flood regime of the river. *Phys. Chem. Earth* 26, 7-8.
15. Eisma, D. 1998. *Intertidal deposits: River mouths, tidal flats and coastal lagoons*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 459pp.
16. Gupta, A., Kale, V.S., and Rajaguru, S.N. 1999. The Narmada River, India, through space and time. In: *Varieties of Fluvial Form* (ed. by A.J. Miller and A. Gupta), 114-143. Wiley, Chichester, UK.
17. Horowitz, A.J. 2002. The use of rating (transport) curves to predict suspended sediment concentration: A matter of temporal resolution. *Turbidity and other surrogate workshop*. April 30-May 2, 2002, Reno, NV. 3p.
18. Jain, S.K. 2001. Development of integrated sediment rating curves using ANNs, *Journal of hydraulic engineering*, 127:30-37.
19. Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P. 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco, USA.
20. Lu, X.X., Ashmore, P., and Wang, J. 2003. Sediment load mapping in a large river basin: the Upper Yangtze, China. *Environmental Modeling and Software* 18, 339-353.
21. Ludwig, W., and Probst, J.L. 1998. River Sediment discharge to the oceans. Present-day controls and globe budgets. *American journal of sciences* 298, 265-295.
22. Schumm, S. 1977. *The fluvial system*. Wiley, New York, USA.
23. Tazaki, K., Sato, K.M., Vander Gaast, S., and Morikawa, T. 2003. Effects of clay-rich river-dam sediments on downstream fish and plant life; *Clay Minerals*; 38(2), 243-253
24. Vanoni, V.A. 1977. *Sedimentation engineering*. A.S.C.E., 745p.
25. Walling, D.E., and Webb, B.W. 1981. The reliability of suspended sediment load data. In: *Erosion and sediment transport* (Proc. of Florence Symp. June 1981), IAHS. Publ., No. 133, pp. 177 - 194.
26. Xu, J.X. 1996. Wandering braided river channel pattern developed under quasi-equilibrium: an example from the Hanjiang River, China. *J. Hydrol.* 181, 85-103.
27. Xu, J.X. 2002. Complex behaviors of natural sediment-carrying stream flow and the geomorphological implications. *Earth Surf. Processes and Landf.* 27, 749-758.
28. Yang, S.L. Zhao, Q.Y., and Igor, M. 2002. Temporal variation in the sediment load of Yangtze River and the influences of human activities. *Journal of flood engineering*, 263:56-71.