مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۷
صفحات: ۱۴ - ۱

اثر احداث سد بر تغییرات شاخص‌های جریان سیلاب و کم‌آبی در جنوب دریاچه ارومیه

فریبا اسفندیاری درآباد[۱]، رئوف مصطفی‌زاده*[۲]، رضا شاهمرادی[۳]، علی نصیری خیاوی[۴]

چکیده

رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. سدها ازجمله مهم‌ترین ساختارهای دست‌ساز انسانی در طول رودخانه هستند که می‌توانند تغییرهای عمده‌ای را در رودخانه و درنهایت در کل حوضه زهکشی، پدیدآورند. ازاین‌رو هدف از پژوهش، بررسی آماری میزان تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان تحت تأثیر سد (دوره‌های قبل و بعد از احداث سد) با استفاده از آزمون T مستقل در برخی از رودخانه‌های دریاچه ارومیه می‌باشد. بدین منظور ابتدا نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در چهار گروه اصلی جریان‌های اوج، تغییرپذیری جریان، جریان‌های حداقل و تداوم جریان موردمحاسبه قرار گرفت. سپس میزان تأثیر احداث سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بر روی شاخص‌های هیدرولوژیک جریان با استفاده از آزمون T مستقل بررسی شد. بر اساس نتایج می‌توان گفت در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۱۰، ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری ساری‌قامیش بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند. احداث سد، موجب تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان شده است که می‌تواند اثر منفی بر روی گونه‌های گیاهی و جانوری داشته باشد. پس بررسی مطالعاتی که در خصوص فعالیت‌های انسانی (از قبیل احداث سد) می‌باشد امکان اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را فراهم می‌سازد و می‌تواند در بهینه‌سازی بهره‌برداری از رودخانه‌ها نقش مهمی را ایفاء کند.

واژگان کلیدی: آزمون T مستقل، تغییرپذیری جریان، شدت اوج‌گیری، جریان‌های کم، اثر سد، جریان تنظیم شده.

۱ - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی esfandyari@uma.ac.ir
۲ - استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول) raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
۳ - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی reza.shahmoradi1371nse@gmail.com
۴ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی alikhiavi72@gmail.com

مقدمه

در سطح جهان برنامه‌های گسترده‌ای باهدف احیای رودخانه‌ها و تخصیص آب برای تأمین پایدار خدمات اکوسیستم‌های آبی اجرا می‌شود (ون‌لوی[1] و همکاران، ۲۰۱۳). رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. برقراری تعادل در شبکه‌های زهکشی به عوامل مختلفی وابسته است و تعادل برقرارشده نیز در هرلحظه و در هر مقطع زمانی، ممکن است به هم بخورد. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی و حضور ساختارهای مختلف دست‌ساز انسان در رودخانه‌ها، تغییرهای عمده‌ای را به وجود آورده است. با توجه به ارتباط نزدیک رودخانه‌ها و جوامع انسانی، اکوسیستم رودخانه‌ها نسبت به تنش‌ها و فعالیت انسانی آسیب‌پذیر شده و تغییرهای زیادی در رودخانه ایجادشده است. بااین‌حال تخریب در اثر دخالت و فعالیت‌های انسان، باعث شده است که ارائه مؤثر و پایدار خدمات رودخانه‌ها (شرب، تصفیه آب، انرژی برقابی، جذب مواد آلی، چرخه مواد غذایی، تفریح و زیستگاه گیاهان و جانوران) مختل گردد (خروشی عیسی‌لو، ۱۳۹۵). سدها ازجمله مهم‌ترین ساختارهای دست‌ساز انسانی در طول رودخانه‌ها هستند که می‌تواند تغییرهای عمده‌ای را در سیستم رودخانه و درنهایت در کل حوضه آبخیز، پدید آورند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷؛ مارستون[2] و همکاران، ۲۰۰۵). ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسانی بر روی رژیم جریان رودخانه‌ها در سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت منابع آب حائز اهمیت می‌باشد. از طرفی اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشورهایی مانند ایران موجب شده است که عملیات سدسازی به‌عنوان شیوه‌های مهندسی و با استفاده از فناوری‌های جدید، برای تنظیم و به هنگام سازی جریان آب، بهره‌برداری زراعی و آشامیدن و دیگر کاربردها موردتوجه قرار گیرد. سدسازی در کشور ما دارای پیشینه‌ای تاریخی است و در این دوران می‌تواند تنها راه‌حل بحران کم‌آبی در کشور باشد؛ شیوه‌ای که در بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای توسعه‌یافته رهاشده است (محتشمی وهمکاران، ۱۳۹۳). احداث سد توسط انسان به‌منظور بهره‌برداری از منابع آب در طول هزاران سال در حال اجرا است و از سال ۱۹۵۰ شایع شده است (نیلسون[3] وهمکاران، ۲۰۰۵؛ لهنار[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ژانگ[5] و همکاران، ۲۰۱۷). رشد اقتصاد جهانی از یک‌سو و سازگاری با تغییرهای آب و هوایی از سوی دیگر منجر به توسعه سدسازی شده است که با توجه به نیازهای مصرف منابع آب و انرژی‌های تجدید پذیر همچنان باقی‌مانده است (وورلدبانک[6]، ۲۰۱۱). احداث سد، به‌طوراساسی به‌واسطه نیازهای اجتماعی و اقتصادی، ازجمله مصرف آب خانگی، آبیاری، کنترل سیل، ناوبری و تولید برق‌آبی و نیاز به استفاده کامل از ویژگی منابع آب جریان است (ICOLD[7], 2007). اگرچه ساخت سد باعث رشد سریع اقتصاد منطقه می‌شود، از طرفی سدها ناگزیر سیستم‌های طبیعی رودخانه را از طریق تأثیرهای گسترده خود بر پارامترهای هیدرولوژیکی جریان طبیعی

[1] - Van Looy
[2] - Marston
[3] - Nillson
[4] - Lehnar
[5] - Zhang
[6] - World Bank
[7] - International Commission on Large Dams (ICOLD)

تغییر می‌دهند (پوف[1] و همکاران، ۱۹۹۶؛ لهنار و همکاران، ۲۰۱۱). سدها با توجه به آن‌که دارای مزایای زیادی هستند، معایبی هم دارند و با برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت مناسب می‌توان آن را کاهش داد. محل احداث سدها باید به‌گونه‌ای باشد که ازلحاظ توپوگرافی، زمین‌شناسی، در دسترس بودن مواد ساخت‌وساز تعیین شود. سدهای بزرگ باید به‌عنوان یک طرح بزرگ منطقه‌ای ثبت شود به‌طوری‌که تمامی جنبه‌های مرتبط با ساخت سد ازجمله شرایط زیست‌محیطی در آن رعایت شده باشد (مهتا[2] و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طورکلی جریان‌های تغذیه‌شده توسط سدها به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده برای سیستم‌های طبیعی رودخانه در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان‌مثال، اختلال فیزیکی جریان‌های بالا و پایین، به‌طورمستقیم فرآیندهای دینامیکی رسوب‌ها و جریان‌های مواد مغناطیسی را تغییر داده و سپس باعث تغییر در ساختار و زیستگاه رودخانه می‌شود و درنتیجه جوامع بیولوژیکی و اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بون و آرتینگتون[3]، ۲۰۰۲). ارزیابی تغییرات جریان در درک اثرات عمیق سدها بر روی سیستم‌های طبیعی رودخانه و برای بهینه‌سازی نقش تنظیم سدها مهم است (پوف و همکاران، ۲۰۰۷؛ ووروسمارتی[4] و همکاران، ۲۰۱۰؛ آرتینگتون و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعه‌های قبلی بر تغییرهای مقدار جریان درنتیجه احداث سد و مقررات تمرکز کرده و نگرانی اصلی آن این است که مقررات سد بر کاهش جریان تأثیرگذار است (فیتزهوگ و ووگل[5]، ۲۰۱۱؛ گریل[6] وهمکاران، ۲۰۱۵). بااین‌حال، علاوه بر مقدار جریان، دیگر شاخص‌های مربوط به جریان از قبیل فراوانی، مدت‌زمان، زمان‌بندی و نرخ تغییر به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان اجزای جریان اصلی از دهه ۱۹۹۰، زمانی که یک رژیم جریان هیدرولوژیکی برای مطالعات پیش‌رو درزمینه ی سازه‌های هیدرولوژیکی پیشنهاد شد، تغییر کرده است (ریشتر[7] وهمکاران، ۱۹۹۶). تمام این مؤلفه‌ها نقش مهمی در بهره‌برداری از منابع آب، فرآیندهای بیوشیمیایی، زیست‌محیطی و حفظ یکپارچگی اکوسیستم طبیعی رودخانه ایفا می‌کنند (کنارد[8] و همکاران، ۲۰۱۰؛ آرتینگتون، ۲۰۱۲). بنابراین، ارزیابی منابع آب مربوط به سدها باید شامل ارزیابی رژیم کل جریان باشد تا بتواند دامنه دقیق‌تر تغییرهای هیدروگراف را به دست آورد و پایه و اساس هیدرولوژیک دقیق‌تری را برای درک مکانیسم‌هایی که تغییرهای رودخانه و سیستم‌های زیست‌محیطی را کنترل می‌کنند فراهم آورد. روشن است که قوانین احداث سد در چند دهه پایدار نیستند و تغییرهای زمانی در مقررات سد در حال تشخیص و ارزیابی است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). در راستای ارزیابی تغییرهای جریان رودخانه‌ها، پژوهش‌های متعددی در داخل کشور صورت پذیرفته است که تعدادی از این مطالعه‌ها ذکر گردیده است. پیری و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تأثیر احداث سد در جابه‌جایی مسیر و تغییر الگوی رودخانه اهرچای استان آذربایجان شرقی با استفاده از GIS[9] و سنجش‌ازدور پرداختند که نتایج حاکی از کاهش دبی‌های سیلابی در دوره پس از احداث سد می‌باشد و هم‌چنین رودخانه از شکل

[1] - Poff
[2] - Mehta
[3] - Buun and Arthington
[4] - Vorosmarty
[5] - Fitzhugh and Vogel
[6] - Grill
[7] - Richter
[8] - Kennard
[9] - Geographic Information System (GIS)

سینوسیته خود کاسته و به سمت مستقیم‌تر شدن پیش می‌رود. مقدسی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر اقدام-های مکانیکی بر دبی اوج آبخیز سد بوستان با استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز پرداختند؛ نتایج حاکی از این بود که در اثر انجام اقدام‌های مکانیکی، باوجود اینکه مخازن پر از رسوب می‌باشد، دبی اوج به‌طور متوسط ۱/۷۹ درصد نسبت به عدم انجام این اقدام‌ها کاهش‌یافته که در صورت تخریب نشدن برخی از سازه‌ها، میزان این کاهش به ۵/۹۵ درصد می‌رسید. آذرنگ و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی اثرهای احداث سدهای بزرگ بر شرایط جریان و پارامترهای هیدرولیکی رودخانه کرخه با استفاده از مدل HEC-RAS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پارامترهای هیدرولیکی به ازای دبی‌های مشخص قبل و بعد از ساخت سد محاسبه گردیده است و نشان‌دهنده کاهش چشمگیر آن پارامترها در اثر احداث سد می‌باشد. خروشی عیسی‌لو وهمکاران (۱۳۹۶)، باهدف ارزیابی تغییرهای زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه‌های استان اردبیل، ضمن تهیه نقشه تغییرهای مکانی سلامت رودخانه در سطح استان، به این نتیجه رسیدند که حدود ۱۳ رودخانه از ۲۴ رودخانه موردمطالعه دارای روند زمانی کاهشی درجه سلامت هیدرولوژیک هستند و این کاهش در دوره‌های اخیر بسیار بیشتر از گذشته بوده است. هم‌چنین در خارج از کشور تحقیق‌های متعددی در خصوص ارزیابی تغییرات خصوصیت‌های هیدرولوژیک جریان انجام‌گرفته است. چن و همکاران (۲۰۱۰)، در رودخانه دونگ‌جیانگ در جنوب چین، به تغییرهای هیدرولوژیکی جریان ناشی از احداث سد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث سدها موجب تغییرهای قابل‌توجه هیدرولوژیکی می‌شوند و به‌شدت تعادل جریان رودخانه را برهم می‌زنند؛ هم‌چنین در اثر احداث سد، میزان تغییر یا بی‌نظمی در شاخص‌های هیدرولوژیک جریان افزایش‌یافته است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، در حوضه شرقی رودخانه در چین به‌منظور ارزیابی اثر احداث سد بر روی جریان رودخانه بر اساس تغییر هیدرولوژیک، به این نتیجه رسیدند که ساخت‌وسازها موجب کاهش اندازه جریان آب‌شده است. زو و لیانگ[1] (۲۰۱۵)، در استان هنان (Henan Province) در چین، به بررسی اثرهای سد روی رژیم جریان رودخانه شایینگ[2] با استفاده از رویکرد دامنه تغییرهای (RVA[3]) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث سدها تغییرهای زیادی روی رژیم جریان رودخانه داشته است. سوجکا[4] و همکاران (۲۰۱۶)، ارزیابی اثرهای احداث سد بر تغییرهای هیدرولوژیکی جریان رودخانه پووا با استفاده از IHA و رویکرد دامنه تغییرپذیری (RVA) را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که سد مخزنی تأثیر متوسطی بر رژیم هیدرولوژیک رودخانه داشته است. ساخت مخزن تأثیر مثبت بر تأمین جریان‌های کمینه دارد که برای حفاظت از زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای اهمیت دارد؛ هم‌چنین موجب کاهش کنترل سیل‌ها می‌شود. با توجه به این‌که اکثریت‌قریب‌به‌اتفاق از سیستم‌های رودخانه‌ای جهان تحت کنترل و جریان آب قرار می‌گیرند و بیشتر رودخانه‌های جهان تحت تأثیر سدها قرار دارند (گراف[5]، ۱۹۹۹؛ نیلسون و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی اثرهای گزارش‌شده از سدها مربوط به تخریب

[1] - Zou and Liang
[2] - Shaying
[3] - Range of Variability Approach
[4] - Sojka
[5] - Graf

زیستگاه، کاهش بهره‌وری، کاهش دامنه توزیع و تغییرهای ثبت‌شده برای ترکیب جمعیت آبزیان است (کاتالانو[1] و همکاران، ۲۰۰۷؛ اسلاوسکی[2] و همکاران، ۲۰۰۸). سازه‌های هیدرولیکی ازجمله سدها، جریان طبیعی رودخانه را به جریان تنظیمی تبدیل کرده و باعث تغییرهای گسترده‌ای در جریان رودخانه‌ها می‌شوند. به‌بیان‌دیگر، با احداث سدهای مخزنی زمینه تغییرهای مضاعف بر شرایط رودخانه‌ها به‌خصوص در پایین‌دست این سازه‌ها به وجود می‌آید. می‌توان ادعا کرد که بهره‌برداری از سدهایی با مخازن حجیم اثرهای فراوانی بر شرایط جریان در پایین‌دست رودخانه‌ها دارد (آذرنگ و همکاران، ۱۳۹۴). در حوضه دریاچه ارومیه، تعداد ۶۷ سد توسط وزارت نیرو (۲۴ سد مهم و ۴۳ سد کوچک) و تعداد ۵۰ سد کوچک نیز توسط جهاد کشاورزی احداث شده است. از میان ۲۴ سد مهم حوضه، ۱۳ سد بزرگ ساخته‌شده و در حال بهره‌برداری است. سهم استان آذربایجان غربی از حجم مخازن سدها و آب تنظیم‌شده در حدود ۷۴ درصد است. این سهم برای استان‌های آذربایجان شرقی و کردستان به ترتیب ۲۱ و ۵ درصد می‌باشد (یاسی، ۱۳۹۶). حدود ۹۰ درصد آب‌های سطحی حوضه دریاچه ارومیه توسط ۲۴ سد مهم حوضه، کنترل و مصرف می‌گردد. درحالی‌که احیای دریاچه ارومیه نیازمند ورود جریان‌های قابل‌توجه از رودخانه‌های پیرامون آن است (یاسی، ۱۳۹۶). بنابراین این پژوهش باهدف بررسی تأثیر احداث سد بر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان (در چهار گروه جریان‌های اوج، جریان‌های حداقل، تغییرپذیری جریان و تداوم جریان) در بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون T مستقل صورت پذیرفته است.

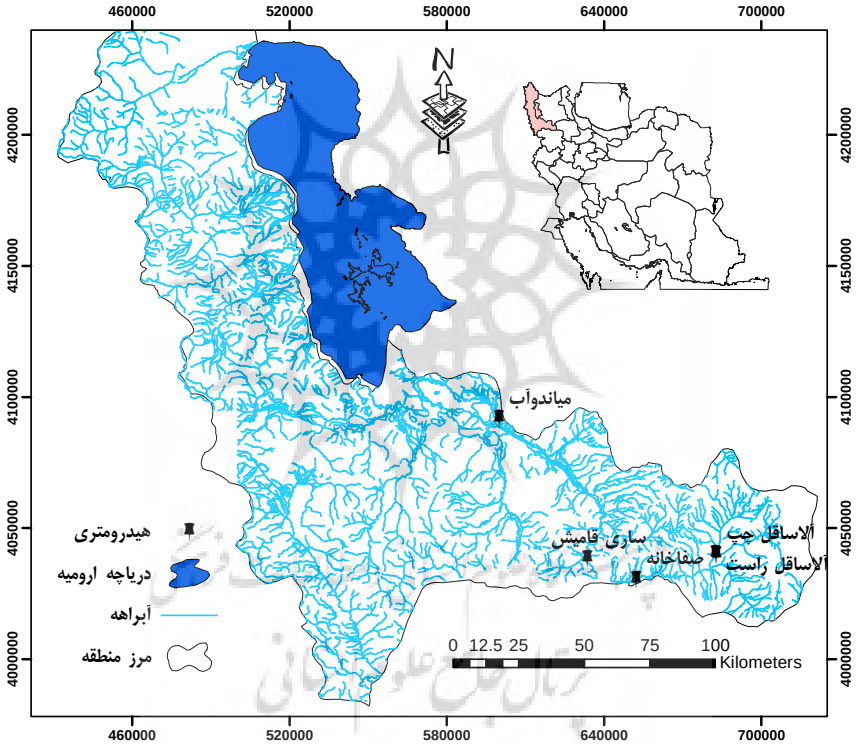
داده‌ها و روش‌ها

خصوصیت‌های منطقه موردمطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه، در شمال غرب ایران، با مساحت حدود ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع، یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان را در برمی‌گیرد. رودخانه زرینه‌رود که در جلگه جنوبی دریاچه ارومیه قرار دارد و مساحت حوضه آبخیز این رودخانه در حدود ۱۱۸۵۰ کیلومترمربع می‌باشد. هم‌چنین رودخانه ساروق‌چای یکی از زیر حوضه‌ها و شاخه‌های اصلی زرینه‌رود است که مساحت آن در حدود ۲۲۵۲ کیلومترمربع می‌باشد (عبدالهی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در حال حاضر، بخش عظیمی از گستره آبی این دریاچه خشک گردیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب آب آن نسبت به دوره‌های پرآبی دریاچه تا ۱۳۸۶ کم شده و دریاچه نسبت به کمینه تراز بوم شناسانه خود با کمبود بیش از ۱۲ میلیارد مترمکعب مواجه است (ساداء ۱۳۹۴). مهم‌ترین منابع تأمین آب دریاچه، بارش مستقیم روی دریاچه و رواناب‌های ورودی از رودخانه‌های حوضه به آن می‌باشد (ساداء ۱۳۹۴). شکل (۱) مربوط به موقعیت سدها و ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. اختصاص جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌های ایران یکی از چالش‌های اصلی مدیریت و تخصیص منابع آب است. حفاظت چرخه زیست‌بوم در سامانه‌های آبی، نیازمند تخصیص حقابه معینی

[1] - Catalano
[2] - Slawski

تحت عنوان جریان زیست‌محیطی به رودخانه‌ها و آب‌های پذیرنده (تالاب‌ها، دریاچه‌ها و دریاها) است. اختصاص حقابه جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها، صرف‌نظر از وجود یا عدم وجود سد یک ضرورت است؛ که در تعامل با دیگر تخصیص‌ها (مانند شرب، کشاورزی و صنعت) باید مدنظر قرار گیرد (شاعری‌کریمی و همکاران، ۲۰۱۴). طرح‌های توسعه منابع آب و گسترش زمین‌های فاریاب کشاورزی باعث تخلیه آب‌های زیرزمینی دشت‌ها و کاهش جریان‌های سطحی و زیرسطحی به سمت دریاچه ارومیه گردیده است. هم‌چنین توسعه زمین‌های کشاورزی و احداث سدها در بالادست حوضه و برداشت و مصرف بی‌رویه آب (مجاز و غیرمجاز) همچنان ادامه دارد (یاسی، ۱۳۹۶).



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز عموقین در استان اردبیل و واحدهای هیدرولوژیکی موردمطالعه

روش تحقیق

در این پژوهش، تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در اثر احداث سد (دوره‌های قبل و بعد از احداث سد) در برخی از رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون آماری T مستقل موردبررسی قرار گرفت. داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه گردید که طول دوره آماری داده‌ها، سال‌های آبی ۱۳۹۱-۱۳۳۴ می‌باشد. پس از جمع‌آوری اطلاعات دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه موردمطالعه، ابتدا جهت تعیین موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد و پس از بررسی موقعیت ایستگاه‌ها و سدهایی که بر روی آن‌ها تأثیر گذاشته است، برای

ثبت درمجموع پنج ایستگاه هیدرومتری تحت تأثیر سد مشخص گردید. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد در دریاچه ارومیه در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱: اطلاعات مربوط به برخی از ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد در دریاچه ارومیه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	نام سد	سال بهره‌برداری	نام رودخانه
۱	شاخه چپ آلاسق	۰۳-۴۷	۲۹-۳۶	۱۳۵۰	احمدآباد	۱۳۹۱	ساروق‌چای
۲	شاخه راست آلاسقل	۰۲-۴۷	۲۴-۳۶	۱۷۰۰	گوگردچی	۱۳۸۸	ساروق‌چای
۳	صفاخانه	۴۲-۴۶	۳۵-۳۶	۱۷۰۰	گوگردچی	۱۳۸۸	ساروق‌چای
۴	میاندوآب زرینه‌رود	۰۲-۴۶	۵۴-۳۶	۱۳۸۰	نوروزلو	۱۳۴۶	زرینه‌رود
۵	ساری‌قامیش	۲۹-۴۶	۲۹-۳۶	۱۴۳۴	شهید کاظمی	۱۳۵۰	زرینه‌رود

در مرحله بعد، نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در نرم‌افزار Excel بر اساس داده‌های دبی در چهار گروه جریان‌های اوج[1]، جریان‌های حداقل[2]، تداوم جریان[3] و تغییرپذیری جریان[4] موردمحاسبه قرار گرفت و تغییرهای شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در اثر وقوع سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد که جزء اهداف اصلی تحقیق است، مشخص شد. جدول (۲) نشان‌دهنده تعداد، نوع و مشخصات نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک استفاده‌شده در برخی از ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه

شماره	خصوصیت جریان	شاخص	علامت اختصاری	واحد	توضیحات
۱	Peak flows	دبی حداکثر یک‌روزه	M×1d	m^3/km^2	متوسط حداکثر دبی‌های روزانه در طول دوره
۲	Average	دبی متوسط روزانه	Avg	[days]	متوسط دبی‌های روزانه در طول دوره
۳	Minimum	دبی حداقل یک‌روزه	Min	[days]	حداقل دبی‌های روزانه در طول دوره
۴	Low flows	دبی حداقل هفت‌روزه	Mn7d	m^3/km^2	متوسط حداقل دبی‌های هفت‌روزه در طول دوره
۵	Low flows	تعداد روزهای صفر	ZeroD	[days]	متوسط تعداد روزهای جریان با دبی صفر
۶	Flow duration	دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q10	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۱۰ درصد ایام سال جریان دارد
۷	Flow duration	دبی ۵۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q50	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۵۰ درصد ایام سال جریان دارد
۸	Flow duration	دبی ۷۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q75	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۷۵ درصد ایام سال جریان دارد
۹	Flow duration	دبی ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q95	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۹۵ درصد ایام سال جریان دارد

[1] - Peak flows
[2] - Low flows
[3] - Flow duration
[4] - Flow variability

۱۰	Flow variability	متوسط ضریب تغییرات سالانه	CV_Day	[–]	متوسط ضریب سالانه از تغییر در مقادیر جریان روزانه انحراف استاندارد تقسیم‌بر میانگین
۱۱	Flow variability	انحراف معیار	STDEV	STDEV	انحراف معیار دبی‌های روزانه
۱۲	Flow variability	چولگی	Skew	[–]	معیار آماری تقارن در توزیع داده‌های جریان روزانه
۱۳	Flow variability	کشیدگی	Kurt	[–]	معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است
۱۴	Flow variability	شدت اوج‌گیری	Rate of rising	m^3/s	میانگین تفاوت‌های مثبت بین دبی روزانه متوالی
۱۵	Flow variability	شدت فروکش	Rate of falling	m^3/s	میانگین تفاوت‌های منفی بین دبی روزانه متوالی
۱۶	Flow variability	تعداد اوج‌گیری	Rising Days	Day	تعداد روزهایی با دبی صعودی
۱۷	Flow variability	تعداد فروکش	Rising Days	Day	تعداد روزهایی با دبی نزولی
۱۸	Flow variability	شاخص عکس‌العمل	Flash	[–]	شاخص عکس‌العمل که نشان‌دهنده تغییرات روزانه به‌طور متوسط در رودخانه تقسیم‌بر متوسط جریان رودخانه در طول دوره آماری
۱۹	Flow variability	متوسط زمان بیش‌تر بودن جریان رودخانه از متوسط درازمدت	TQmean	[–]	عدم تقارن توزیع فراوانی رودخانه اما با حساسیت کم‌تر از ضریب انحراف

جهت ارزیابی میزان تأثیر سد بر روی تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان از آزمون T مستقل[1] در نرم‌افزار SPSS Statistics 15 استفاده گردید.

آزمون T مستقل

برای ارزیابی میزان یکسان بودن و نبودن میانگین نمونه‌ای با میانگین جامعه در حالتی به‌کار می‌رود که انحراف معیار جامعه مجهول باشد، چون توزیع t (رابطه ۱) در مورد نمونه‌های کوچک با استفاده از درجات آزادی تعدیل می‌شود، می‌توان از این آزمون برای نمونه‌های بسیار کوچک استفاده نمود. هم‌چنین این آزمون مواقعی که خطای استاندارد جامعه نامعلوم و خطای استاندارد نمونه معلوم باشد، کاربرد دارد. برای به‌کاربردن این آزمون، متغیر موردمطالعه باید در مقیاس فاصله‌ای و شکل توزیع آن نرمال باشد. برای انجام آزمون t، متغیر موردمطالعه باید در مقیاس فاصله‌ای باشد. تشریح نتایج آزمون T مستقل به این صورت است که اگر مقدار Sig (سطح معناداری) کمتر یا مساوی ۰/۰۵ باشد؛ بدین معنی است که اختلاف معناداری بین دو گروه موردمطالعه وجود دارد. این در حالی است که اگر Sig (سطح معناداری) بیشتر از ۰/۰۵ باشد یعنی اختلاف معناداری بین دو گروه موردمطالعه وجود ندارد (فی و پروسچان[2]، ۲۰۱۰؛ دریک[3] و همکاران، ۲۰۱۷).

[1] - Independent Sample T-Test
[2] - Fay and Proschan
[3] - Derrick

رابطه (۱)
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n-1}}$$

که در آن، s خطای استاندارد توزیع نمونه‌ای، $\bar{x}$ میانگین برآورد شده نمونه‌ای، μ میانگین جامعه و n تعداد نمونه می‌باشد. در این تحقیق، شاخص‌های هیدرولوژیک مرتبط با جریان رودخانه‌ای در هرکدام از ایستگاه‌های هیدرومتری، بر اساس سال بهره‌برداری سدها، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد با استفاده از آزمون یادشده ارزیابی شد و در ادامه نتایج مورد تفسیر قرار گرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از آزمون T مستقل، میزان تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان تحت تأثیر احداث سد در برخی از رودخانه‌های دریاچه ارومیه در چهار گروه جریان‌های اوج، جریان‌های حداقل، تداوم جریان و تغییرپذیری جریان در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد موردبررسی قرار گرفت. به‌طورکلی ۱۹ شاخص هیدرولوژیک که در چهار گروه یادشده قرار دارند شامل شاخص‌های Max، Mean، Min، Min7Q، Zero Days، Q10، Q50، Q70، Q95، CV، Stdev، Skew، Kurtosis، Rate of Rising، Rate of Falling، Number of Rising، Number of Falling، Flashinnes و TQMean در نرم‌افزار EXCEL موردمحاسبه قرار گرفتند و سپس با استفاده از آزمون T مستقل، تغییرات شاخص‌های یادشده در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد مورد ارزیابی قرار گرفت؛ که نتایج هر یک از شاخص‌ها در جداول (۳) تا (۷) ارائه‌شده است.

جدول ۳: نتایج مربوط به شاخص ماکزیمم در گروه جریان‌های اوج در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Max	-1.04	0.31	0.596	0.58	-0.101	0.92	1.067	0.36	1.43	0.157

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴: نتایج مربوط به شاخص میانگین در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Mean	0.48	0.63	1.354	0.24	0.167	0.847	3.671	0.00**	0.221	0.826

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۵: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Min	-4.3	0.00**	1.112	0.00**	0.984	0.336	0.676	0.52	-2.54	0.00**
Min7Q	-0.4	0.66	1.884	0.12	0.163	0.877	0.888	0.39	0.111	0.912
Zero Days	0	0	-1.84	0.08	-0.02	0.981	4.149	0.00**	-1.18	0.241

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۶: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه تداوم جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Q10	-0.29	0.77	0.55	0.59	1.413	0.173	2.27	0.05*	1.574	0.12
Q50	0.058	0.07	0.536	0.6	1.754	0.138	0.758	0.47	-3.39	0.00**
Q75	-6.11	0.00**	3.566	0.01**	2.779	0.11	0.525	0.63	-3.64	0.00**
Q95	-6.16	0.00**	3.128	0.00**	2.97	0.07	-0.91	0.46	-3.05	0.00**

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۷: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه تغییرپذیری جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
CV	0.693	0.5	-0.84	0.4	-1.53	0.247	1.475	0.2	3.593	0.00**
Stdev	-0.26	0.8	0.333	0.74	-0.48	0.636	-0.70	0.55	-1.533	0.13
Skew	-2.93	0.01**	-2.43	0.02*	-0.33	0.744	-0.73	0.53	-1.147	0.26
Kurtosis	-1.16	0.26	-0.39	0.97	0.259	0.798	-0.41	0.72	-1.981	0.54
Rate of rising	-0.86	0.4	0.203	0.84	-0.63	0.583	-1.48	0.15	1.465	0.15
Rate of Falling	-0.16	0.87	-1.11	0.33	0.067	0.947	0.726	0.54	-2.873	0.00**
Number of rising	0.299	0.77	0.518	0.65	0.758	0.517	-0.72	0.54	-1.425	0.16
Number of Falling	0.299	0.77	0.518	0.65	-0.75	0.517	-0.13	0.91	1.94	0.00**
Flashinnes	1.566	0.13	-0.09	0.93	-1.91	0.176	-0.13	0.91	5.333	0.00**
TQMean	0.299	0.77	-0.51	0.65	0.758	0.517	-0.72	0.54	-1.425	0.16

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

در جدول‌های (۳) تا (۷)، برای پنج ایستگاه تحت تأثیر سد، سطح معنی‌داری شاخص‌ها، بدین‌صورت است که اگر Sig (معناداری) شاخص‌ها کمتر از ۰/۰۵ باشد با یک ستاره و اگر کمتر از ۰/۰۱ باشد با دوستاره در بالای آن و اگر بیشتر از ۰/۰۵ باشد بدون هیچ علامت خاصی مشخص گردیده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مقادیر Sig می‌توان گفت که در سطح ۱ درصد در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. این در حالی است که در سطح ۵ درصد، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بین مقادیر شاخص‌های دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان و چولگی تفاوت معنادار وجود دارد. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری ساری‌قامیش بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش، باهدف مقایسه آماری شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد در برخی از رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون T مستقل صورت پذیرفته است. بدین منظور ابتدا نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در چهار گروه اصلی جریان‌های اوج، تغییرپذیری جریان، جریان‌های حداقل و تداوم جریان موردمحاسبه قرار گرفت. سپس میزان تأثیر احداث سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بر روی شاخص‌های هیدرولوژیک جریان با استفاده از آزمون T مستقل بررسی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان کرد که در سطح ۱ درصد در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. این در حالی است که در سطح ۵ درصد، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بین مقادیر شاخص‌های دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان و چولگی تفاوت معنادار وجود دارد. شاخص‌های معنی‌دار برای هر ایستگاه بیان‌کننده آن است که تفاوت معنی‌داری ازلحاظ جریان رودخانه در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد در ایستگاه موردنظر وجود دارد. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری سارینا بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان گفت که احداث سد به‌عنوان یک سازه انسانی، عاملی تأثیرگذار بر جریان طبیعی رودخانه‌ها هست که یک تفاوت معناداری بین دوره‌های قبل و بعد از احداث سد را موجب شده است. هم‌چنین احداث سدها در رودخانه‌های موردمطالعه، موجب تغییرهای قابل‌توجه در شاخص‌های هیدرولوژیکی جریان شده‌اند؛ که به‌شدت تعادل جریان رودخانه را برهم می‌زنند و هم‌چنین در اثر احداث سد، میزان تغییر یا بی‌نظمی در شاخص‌های هیدرولوژیک جریان افزایش‌یافته است و با نتایج جن و همکاران (۲۰۱۰) و زو و یانگ (۲۰۱۵) در یک راستا است. این در حالی است که سوجکا و همکاران (۲۰۱۶) به اثر مثبت عملیات احداث سد بر تنظیم جریان اشاره نموده‌اند که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد.

در حالت کلی می‌توان گفت که احداث سدهای احمدآباد، گوگردچی، نوروزلو و شهید کاظمی بوکان موجب تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان طبیعی رودخانه‌های موردمطالعه شده است؛ که این امر می‌تواند اثر منفی بر روی تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه داشته باشد. هم‌چنین از عوامل اصلی ایجاد تغییرهای غیراصولی در رودخانه‌ها، دخل و تصرف انسانی به حدود بستر و حریم رودخانه‌ها می‌باشد؛ که به‌طورمعمول سبب بروز مسائل و مشکلاتی گردیده است و تبعات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی آن گاهی تا مدت‌ها قابل لمس می‌باشد و از طرفی احیای دریاچه ارومیه نیازمند ورود جریان‌های قابل‌توجه رودخانه‌های پیرامون می‌باشد. با توجه به اینکه سدها، جریان طبیعی رودخانه را به جریان تنظیمی تبدیل کرده و باعث تغییرهای گسترده‌ای در جریان رودخانه‌ها می‌شوند؛ بنابراین ضرورت دارد که تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان ناشی از احداث سد در برنامه‌ریزی‌های استفاده از جریان سطحی و نیز ملاحظات زیست‌محیطی اثرهای سدها مدنظر قرار گیرد. به همین دلیل بررسی مطالعاتی که در

خصوص فعالیت‌های انسانی (از قبیل احداث سد) می‌باشد امکان اتخاذ تصمیم‌گیری‌های جامع مدیریتی را فراهم می‌سازد و می‌تواند در بهینه‌سازی بهره‌برداری‌ها از رودخانه‌ها نقش مهمی را ایفاء کند.

منابع

آذرنگ، فرهنگ؛ تلوری، عبدالرسول؛ صدقی، حسین و شفاعی بجستان، محمود (۱۳۹۴). اثرات احداث سدهای بزرگ بر شرایط جریان و پارامترهای هیدرولیکی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه کرخه پایین‌دست سد مخزنی)، آب‌وخاک، شماره ۱، صص ۲۷-۱۱.

بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵). بررسی نحوه تأثیر سد سهند بر تغییر مورفولوژی بستر جریان رودخانه قرنقو، بر ویژگی‌های فرسایشی و رسوب زایی آن (مطالعه موردی؛ حوضه قرنقوچای، دامنه‌های شرقی کوهستان سهند (شمال غرب ایران))، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، صص ۲۲۰-۱۹۹.

پیری، زهرا؛ رضایی مقدم، محمدحسین و عاشوری، محمد (۱۳۹۱). بررسی تأثیر احداث سد در جابه‌جایی مسیر و تغییر الگوی رودخانه با استفاده از GIS و سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: رودخانه اهر چای)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۵، شماره ۴، صص ۱۲-۱.

خروشی عیسی‌لو، سعید؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعلی عوری، اباذر و رئوف، مجید (۱۳۹۶). ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل، اکو هیدرولوژی، شماره ۲، صص ۳۹۳-۳۷۹.

خروشی عیسی‌لو، سعید؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعلی‌عوری، اباذر و رئوف، مجید (۱۳۹۵). سلامت رودخانه، اهمیت و کاربردهای آن، ترویج و توسعه آبخیزداری، دوره ۴، شماره ۱۳، صص ۴۰-۳۵.

سادا (۱۳۹۴). دریاچه ارومیه: علل خشکی و تهدیدات احتمالی، گزارش کمیته اجتماعی- فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه (سادا)، تهران، شهریور ۱۳۹۴، صص ۳۷-۱، (http://ulrp.sharif.ir).

عبدالهی‌پور، آرمان؛ معظمی گودرزی، صابر و ذاکری نیری، محمود (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای در شبیه‌سازی جریان روزانه رود ساروق‌چای با استفاده از شبیه IHACRES، مهندسی منابع آب، سال ۸، صص ۷۲-۵۹.

محتشمی، نازیلا. صالح، ایرج؛ نظری، محمدرضا و رفیعی، حامد (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌های زیست‌محیطی احداث سد البرز در استان مازندران با استفاده از روش آزمون انتخاب، اقتصاد کشاورزی، دوره ۸، شماره ۴، صص ۱۵۳-۱۲۷.

مقدسی، نفیسه؛ بردی شیخ، واحد؛ نجفی‌نژاد، علی و کریمی‌راد، ایمان (۱۳۹۳). تأثیر اقدامات مکانیکی بر دبی اوج آبخیز سد بوستان با استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۸، شماره ۳، صص ۳۳۸-۳۳۲.

یاسی، مهدی (۱۳۹۶). مدیریت رودخانه‌ها و سدها در تأمین و هدایت آب به دریاچه ارومیه، پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲، شماره ۱، صص ۷۶-۵۹.

Arthington, A.H. (2012). Environmental Flows Saving Rivers in the Third Millennium. University of California Press, Berkeley, CA, 1-406.

Bunn, S.E., Arthington, A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management, 30(4), 492–507.

Catalano, M.J., Bozek, M.A., Pellett, T.D. (2007). Effects of dam removal on the fish assemblage structure and spatial distributions in the Baraboo River, Wisconsin. North American Journal of Fisheries Management, 27, 519–530.

Chen, Y.D., Yang, T., Xu, C.Y., Zhang, Q., Chen, X., Hao, Z.C. (2010). Hydrologic Alteration Along with the Middle and Upper East River (Dongjiang) Basin, South China: a visually enhanced mining on the results of the RVA method, 9-18.

Derrick, B., Toher, D., White, P. (2017). How to compare the means of two samples that include paired observations and independent observations: A companion to Derrick, Russ, Toher, and White (2017)". The Quantitative Methods for Psychology, 13(2), 120–126. DOI:10.20982/tqmp.13.2.p120.

Fay, M.p., Proschan, M.A. (2010). "Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules", Statistics Surveys, 4, 1–39. DOI:10.1214/09-SS051. PMC 2857732 Freely accessible. PMID 20414472.

FitzHugh, T.W., Vogel, R.M. (2011). The impact of dams on flood flows in the United States. River Research and Applications, 27(10), 1192-1215.

Graf, W.L. (1999). Damnation: a geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts, Water Resources Research, 35 (4), 1305–1311.
Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C., Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. Environmental Research Letters, 10(1), 1-16.
ICOLD, (2007), Dams and the World's Water, International Commission on Large Dams, 1-64...
Kennard, M.J., Mackay, S.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Marsh, N. (2010a). Quantifying uncertainty in the estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. River Research and Applications, 26(2), 137–156.
Kennard, M.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Machay, S.J., Stein, J.L., Marsh, N. (2010b). Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management. Freshwater Biology, 55, 171–193.
Lehner, B., Reidy, L.C.A., Revenga, C., Fekete, B., Vörösmarty, C.J., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J., Rödel, R., Sindorf, N., Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 494-542.
Marston, R.A., Mills, J.D., Wrazien, D.R., Bassett, B., and Splinter, D.K. (2005). Effects of Jackson Lake Dam on the Snake River and its floodplain, Grand Teton National Park, Wyoming, USA, Geomorphology, 71, 79-98.
Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems, Science, 308, 405–408.
Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bioscience, 47,769–784.
Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D., Pepin, D., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. Proceeding of the. National Academy of Science of the USA, 104, 5732–5737.
Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P. (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems, Conservation Biology, 1163-1174.
Shaerikarimi, S., Yasi, M., Eslamian, S. (2012). Use of hydrological methods for the assessment of environmental flow in a river reach". International Journal of Environmental. Science and Technology, 9(3),549- 558.
Slawski, T.M., Veraldi, F.M., Pescitelli, S.M., Pauers, M.J. (2008). Effects of tributary spatial position, urbanization, and multiple low-head dams on warm water fish community structure in a Midwestern stream, North American Journal of Fisheries Management, 28, 1020–1035.
Sojka, M., Jaskula, J., Wischer-Dysarz, J., and Dysarz, T. (2016). Assessment of dam construction impact on hydrological regime changes in lowland river – A case of study: the Stare Miasto reservoir located on the Powa River, Journal of Water and Land Development, 30(1), 119-125.
Van Looy, K., Tormos, Th., Souchon Y. (2013). Disentangling dam impacts in river networks, Ecological Indicators, 37, 10-20.
Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity, Nature, 467, 555–561.
Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Chen, X. (2015). Evaluation of Ecological Instream Flow Using Multiple Ecological Indicators with Consideration of Hydrological Alterations, Journal of Hydrology, 529, 711-722.
Zhang, Y., Shao, Q. and Zhao, T. (2017). Comprehensive assessment of dam impacts on flow regimes with consideration of interannual variations, Journal of Hydrology, 1-47.
Zou, Q., Liang, S.H. (2015). Effects of Dams on River Flow Regime Based on IHA/RVA. Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources, IAHS Publications, 368, 1-6.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Research Article

The Effect of Dam Construction on flood and low flow Indices in South of Lake Urmia

Fariba Esfandyari Darabad[1], Raoof Mostafazadeh*[2], Reza Shahmoradi[3], Ali Nasiri Khiavi[4]

Received: 20-12-2017 Revised: 01-02-2018 Accepted: 16-04-2018

Abstract

Rivers are the naturally dynamic features of the landscape that exhibit different characteristics at specific times and in different places as the response of different environmental factors. Dams are among the most important man-made structures along the rivers that can make major changes in the river regime and ultimately in the entire drainage basin. Therefore, the purpose of this study was to investigate the change of hydrological flow indexes under the dam effect (pre and post-dam periods) using an Independent T-test in southern rivers of Lake Urmia. For this attempt, at first, nineteen hydrological indicators of the flow discharge were calculated in four main groups including Peak flows, Flow variability, Low flows, and Flow duration. Then, the effect of dam construction on pre-and post-dam periods before and after the construction of the dam on the hydrological parameters of the flow was analyzed using an independent T-test. According to the results, the values of 1-day minimum discharge, average daily flow in the period after the construction of the dam were significantly different in the period after the construction of the dams. Also, the amount of flow at 10, 50, 75, and 95% exceedance levels were different based on Flow Duration Curves constructed for pre and post dam periods. Meanwhile, the number of days zero flow, skewness, average annual coefficient of variation, Falling rate, Falling days, Flashinnes index, had a significant difference compared to the period before the construction of the dams. Also, the effect of dam construction on the five studied stations, the lowest effects of dam construction was related to Alasagle-Rast hydrometric station and the Sariqamish hydrometric station had the most effect under the dam construction. Construction of the dams has the effect of changing the hydrological parameters of the river region, which can harm plant and animal species. Therefore, the effects of human activities (such as dam construction) provide the possibility of making logical management decisions that can play an important role in optimizing the exploitation of rivers.

Keywords: Independent T-test, Flow Variability, Rate of Rising, Low Flows, Dam effect, Regulated flow.

[1]- Associate Prof, Dept of Natural Geography, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
[2]*- Assist. Prof., Natural Resources Dept of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
[3]- Master of Geomorphology in Environmental Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
[4]- M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

References

References (in Persian)

Abdollahi-Pour, A., Moazami-Goudarzi, S., Zakeri-Nayeri, M. (2015). Evaluation of Three Algorithms for the Daily Hydrological Modeling of the Sarough Chai Basin Using the Satellite Precipitation Products and Applying the IHACRES Model. Water Resources Engineering, 8, 59-72. [In Persian]

Amini, H., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2019). Hydrological drought response of regulated river flow under the influence of the dam reservoir in Ardabil Province. Journal of the Earth and Space Physics, 45(2), 473-486. [In Persian]

Azarang, F., Telvari, A.R., Sedghi, H., Shafaie-bajestan, M. (2017). Large dam effects on flow regime and hydraulic parameters of the river (Case study: Karkheh river, downstream of reservoir dam). Journal of Water and Soil 31 (1). 11-27. [In Persian]

Bayati Khatibi, M. (2006). Investigating the effect of Sahand Dam on changing the morphology of Qarnqu river bed on its erosion and sedimentation characteristics (Case study; Qaranqu basin, eastern slopes of Sahand mountain (northwest of Iran). Geography and Development Iranian Journal, 11, 199-220. [In Persian]

Esfandyari-Darabad, F., Mostafazadeh, R., Shahmoradi, R., Nasiri Khiavi, A. (2020). Investigating the Effect of Bukan's Dam Construction on Hydrological Indices of Zarrinehrood River Based on the Flow Duration Curve. Water and Soil Science, 29(4), 147-159. [In Persian]

Khorooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2016). River health, importance, and applications. Extension and Development of Watershed Management, 4(13), 35-40. [In Persian]

Khorooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2017). Spatiotemporal assessment of the hydrologic river health index variations in Ardabil Province Watersheds. Ecohydrology, 2, 379-393. [In Persian]

Moghaddasi, N., Sheikh, V.B., Najafinejad, A., Karimirad, I. (2016).Effect of mechanical measures on peak flow of Boostan Dam Watershed using Watershed Modeling System. Watershed Engineering and Management, 8(3), 332-338. [In Persian]

Mohtashami, N., Saberm I., Nazari, M.R., Rafiee. (2015). Evaluation of Environmental Damage of Alborz Dam in Mazandaran By using the Choice Experiment Approach. Agricultural Economics, 8(4), 127-153. [In Persian]

Piri, Z., Rezaie Moghadam., M., Ashouri, M. (2012). Assessment of The Effect of Dam Construction River pattern And Pass changes Using GIS & RS (Case Study: AHAR CHAI River). Geography and Environmental Planning, 25(4), 1-12. [In Persian]

Sada. (2015). Urmia Lake: Causes of drought and possible threats, report of the Socio-Cultural Committee of Urmia Lake Rehabilitation Headquarters (Sada). Tehran, September 2015, 1-37, (http://ulrp.sharif.ir). [In Persian]

Yasi, M. (2017). Rivers and dam management in water supply and management to Lake Urmia. Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2(1), 59-76. [In Persian]

References (in English)

Arthington, A.H. (2012). Environmental Flows Saving Rivers in the Third Millennium. University of California Press, Berkeley, CA, 1-406.

Bunn, S.E., Arthington, A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management, 30(4), 492–507.

Catalano, M.J., Bozek, M.A., Pellett, T.D. (2007). Effects of dam removal on the fish assemblage structure and spatial distributions in the Baraboo River, Wisconsin. North American Journal of Fisheries Management, 27, 519–530.

Chen, Y.D., Yang, T., Xu, C.Y., Zhang, Q., Chen, X., Hao, Z.C. (2010). Hydrologic Alteration Along with the Middle and Upper East River (Dongjiang) Basin, South China: a visually enhanced mining on the results of the RVA method, 9-18.

Derrick, B., Toher, D., White, P. (2017). How to compare the means of two samples that include paired observations and independent observations: A companion to Derrick, Russ, Toher, and White (2017)". The Quantitative Methods for Psychology, 13(2), 120–126. DOI:10.20982/tqmp.13.2.p120.

Fay, M.p., Proschan, M.A. (2010). "Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules", Statistics Surveys, 4, 1–39. DOI:10.1214/09-SS051. PMC 2857732 Freely accessible. PMID 20414472.

FitzHugh, T.W., Vogel, R.M. (2011). The impact of dams on flood flows in the United States. River Research and Applications, 27(10), 1192-1215.

Graf, W.L. (1999). Damnation: a geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts, Water Resources Research, 35 (4), 1305–1311.

Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C., Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. Environmental Research Letters, 10(1), 1-16.

ICOLD, (2007), Dams and the World's Water, International Commission on Large Dams, 1-64...

Kennard, M.J., Mackay, S.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Marsh, N. (2010a). Quantifying uncertainty in the estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. River Research and Applications, 26(2), 137–156.

Kennard, M.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Machay, S.J., Stein, J.L., Marsh, N. (2010b). Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management. Freshwater Biology, 55, 171–193.
Lehner, B., Reidy, L.C.A., Revenga, C., Fekete, B., Vörösmarty, C.J., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J., Rödel, R., Sindorf, N., Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 494-542.
Marston, R.A., Mills, J.D., Wrazien, D.R., Bassett, B., and Splinter, D.K. (2005). Effects of Jackson Lake Dam on the Snake River and its floodplain, Grand Teton National Park, Wyoming, USA, Geomorphology, 71, 79-98.
Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems, Science, 308, 405–408.
Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bioscience, 47,769–784.
Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D., Pepin, D., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. Proceeding of the. National Academy of Science of the USA, 104, 5732–5737.
Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P. (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems, Conservation Biology, 1163-1174.
Shaerikarimi, S., Yasi, M., Eslamian, S. (2012). Use of hydrological methods for the assessment of environmental flow in a river reach". International Journal of Environmental. Science and Technology, 9(3),549- 558.
Slawski, T.M., Veraldi, F.M., Pescitelli, S.M., Pauers, M.J. (2008). Effects of tributary spatial position, urbanization, and multiple low-head dams on warm water fish community structure in a Midwestern stream, North American Journal of Fisheries Management, 28, 1020–1035.
Sojka, M., Jaskula, J., Wischer-Dysarz, J., and Dysarz, T. (2016). Assessment of dam construction impact on hydrological regime changes in lowland river – A case of study: the Stare Miasto reservoir located on the Powa River, Journal of Water and Land Development, 30(1), 119-125.
Van Looy, K., Tormos, Th., Souchon Y. (2013). Disentangling dam impacts in river networks, Ecological Indicators, 37, 10-20.
Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity, Nature, 467, 555–561.
Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Chen, X. (2015). Evaluation of Ecological Instream Flow Using Multiple Ecological Indicators with Consideration of Hydrological Alterations, Journal of Hydrology, 529, 711-722.
Zhang, Y., Shao, Q. and Zhao, T. (2017). Comprehensive assessment of dam impacts on flow regimes with consideration of interannual variations, Journal of Hydrology, 1-47.
Zou, Q., Liang, S.H. (2015). Effects of Dams on River Flow Regime Based on IHA/RVA. Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources, IAHS Publications, 368, 1-6.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی