

تأثیر احداث سد بر شاخص‌های هیدرولوژیکی سد شمیل و نیان استان هرمزگان

محمد کاظمی^{۱*}، مصطفی ذبیحی سیلابی^۲، سودابه قره‌محمودلی^۳، عاطفه جعفرپور^۴، فریبرز محمدی^۵

۱. استادیار پژوهشکده هرمز دانشگاه هرمزگان

۲. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، حفاظت خاک و آب دانشگاه تربیت مدرس

۵. استادیار گروه مهندسی آب مجتمع آموزش عالی میناب، ایران

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۱۰/۱۱؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۱۱/۱۱؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

چکیده

ارزیابی اثرات احداث سازه‌های آبی از جمله سدها بر تغییرات رژیم رودخانه به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آبی ضرورت دارد. از این‌رو در پژوهش پیش رو، اثرات احداث سد شمیل و نیان استان هرمزگان بر شاخص‌های هیدرولوژیکی و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی رودخانه شمیل با استفاده از شاخص‌های هیدرولوژیکی IHA ارزیابی و تحلیل شده است. نتایج ارزیابی‌ها نشان می‌دهد احداث سد شمیل و نیان باعث تغییر رژیم جریان شده است، به طوری که بعد از احداث سد شمیل و نیان، دبی جریان فقط در اواسط آبان تا اواخر بهمن‌ماه هم‌زمان با برداشت محصولات خارج فصل در استان هرمزگان کاهش یافته و در بقیه ماه‌ها دبی جریان رودخانه شمیل افزایش یافته است. همچنین سد شمیل و نیان با ذخیره حجم سیلاب ورودی نقش مهمی در مدیریت سیلاب داشته و حجم آب حاصل از سیلاب‌های با دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال را به‌خوبی کنترل کرده است. از سوی دیگر، روند سیلاب‌های کوچک بعد از احداث سد منظم شده‌اند، به طوری که دبی اوج سیلاب‌های کوچک در دوره قبل از احداث سد ۸۰/۲۳ و در دوره بعد از احداث سد ۷۵/۵۰ متر مکعب بر ثانیه است و حدود ۶ درصد کاهش یافته است. تعداد روزهای جریان کمینه از ۲۹۴ روز قبل از احداث سد به ۳۰۱ روز بعد از احداث سد رسیده است. از طرفی، شاخص زمان‌بندی جریان حد پایین نشان داد کمترین حد جریان از روز ۴۶ در دوره قبل از احداث سد به ۲۷۵ روز در دوره بعد از احداث سد تغییر داشته است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به عنوان مبنایی برای مدیریت پایدار منابع آب رودخانه شمیل مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: سد مخزنی، متغیرهای اقلیمی، روند، RVA، EFCs.

مقدمه

یکی از پایه‌های مهم اساسی در توسعه جوامع بشری آب است. با این حال با افزایش جمعیت و تغییرات آب‌وهوایی، کمبود آب به یکی از مشکلات جدی در اغلب نقاط جهان به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. در این خصوص، رودخانه‌ها یکی از منابع آب مصرفی هستند که برای مدیریت بهتر این منابع، اطلاع از روند دبی آن‌ها و عوامل ایجادکننده تغییرات آن ضروری است. جریان رودخانه‌ای، به عنوان یکی از پارامترهای مهم در هیدرولوژی با منابع آب در ارتباط متقابل است. همچنین، تغییرات در دبی جریان به چالش‌های اساسی برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب تبدیل شده است [۱ و ۲]. رودخانه‌ها سامانه‌های بازی هستند که همواره تلاش می‌کنند تا به تعادل نسبی در حوضه‌های آبخیز برسند [۳]. از سوی دیگر، علاوه بر ارائه خدمات متعدد در زمینه شرب، صنعت، کشاورزی و توریسم برای بشر، از عوامل اصلی پویایی بوم‌سازگان^۱ نیز هستند [۴]. رژیم طبیعی جریان رودخانه، یک عامل اولیه در تعیین ساختار و عملکرد بوم‌سازگان‌های آبی و حاشیه رودخانه‌ها است که وضعیت کلیدی زیستگاه درون کانال رودخانه، سیلاب‌دشت و غیره را کنترل می‌کند. از این رو تغییرات در رژیم جریان می‌تواند بسیاری از این ویژگی‌های زیستگاه را تغییر دهد و به پیوستگی بوم‌سازگان آسیب رساند [۵]. با این حال، یکی از راه‌های مقابله با مسئله کمبود و نیز استفاده بهینه از منابع آب، احداث سد روی رودخانه‌هایی با آبدی قابل توجه است و به همین دلیل، احداث سدهای بزرگ و کوچک و همچنین احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی بر رودخانه‌ها به منظور تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت بسیار مطرح است. از طرفی، طی چند دهه اخیر ارزیابی محیط زیستی احداث سد در بیشتر کشورهای جهان بسیار ضروری و مورد توجه واقع شده است [۱]. در این راستا، اثرات سدسازی بر حسب اینکه محل مورد نظر در بالادست مخزن، پایین‌دست مخزن، یا در خود آن واقع شده باشد، متفاوت است. هر چند تأمین آب شهری و کشاورزی، تولید انرژی برق‌آبی و جلوگیری از سیلاب از مزایای ساخت سدها است، اما در ساخت سدها اثرات منفی نیز وجود دارد که با ارزیابی دقیق

می‌تواند شناسایی شود و با اقدامات لازم تأثیر منفی آن‌ها را کاهش داد. به طور معمول، آثار احداث سدها بر مناطق پایین‌دست به مراتب پیچیده است که از تغییرات بلندمدت ناشی از تغییر در جریان رودخانه به وجود می‌آید و از مهم‌ترین آن‌ها تغییر مکان جوامع است [۳ و ۶]. از این رو، ساخت سدها می‌تواند موجب تغییر رژیم جریان طبیعی با تأثیر بر اندازه، بسامد^۲، تداوم، زمان‌بندی و تغییر در میزان جریان و نیز تغییر رسوب، مقدار مواد غذایی، انرژی و تنوع موجودات زنده شود. با توجه به اینکه تغییر رژیم‌های جریان در چارچوب فرایند ساخت‌وساز به تخریب گسترده محیط زیستی و از دست رفتن تنوع بیولوژیکی منجر می‌شود [۷]، نیاز به ارزیابی‌های کمی تغییرات هیدرولوژیکی و میزان انحراف از ویژگی‌های رژیم جریان طبیعی است که بر اثر فعالیت‌های انسان از جمله ساخت سد ایجاد می‌شود. همچنین نیازمند بررسی پیامدهای زیستی هیدرولوژیک IHA^۳ و حمایت از مدیریت بوم‌سازگان و برنامه‌های احیا است. شاخص‌های هیدرولوژیک باید برای بیان ویژگی‌های جریان رودخانه استفاده شوند، تا بتوان از آن‌ها در زمینه عرضه و تقاضای آب استفاده شود. به دلیل وجود عدم قطعیت در پارامترهای هیدرولوژیکی و نیز پیچیدگی و ارتباط عوامل جریان رودخانه‌ای، محاسبه برخی از این پارامترها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری دشوار هستند [۷]. بنابراین، از روش‌های اصلی برای شناسایی تأثیر ساخت سد در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها، شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی (IHA) است که توسط حفاظت محیط زیست آمریکا تهیه شده است. شاخص‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در روش IHA توسط Richter و همکاران [۸] توسعه داده شده است [۹]. IHA معیارهایی را برای مقایسه ویژگی‌های هیدرولوژیکی در دو دوره زمانی قبل و بعد از آثار مداخلات انسانی و تغییر اقلیم در محدوده تغییرات (RVA)^۴ ارائه می‌دهد [۸].

پژوهش‌های متنوعی در خارج و داخل کشور با اهداف مختلف از جمله تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی^۵ پس از فعالیت‌های انسانی و همچنین تغییر اقلیم انجام شده است. در این

2. Frequency
3. Indicators of Hydrologic Alterations (IHA)
4. Range of Variability Approach
5. Environmental Flow Components

1. Ecosystem

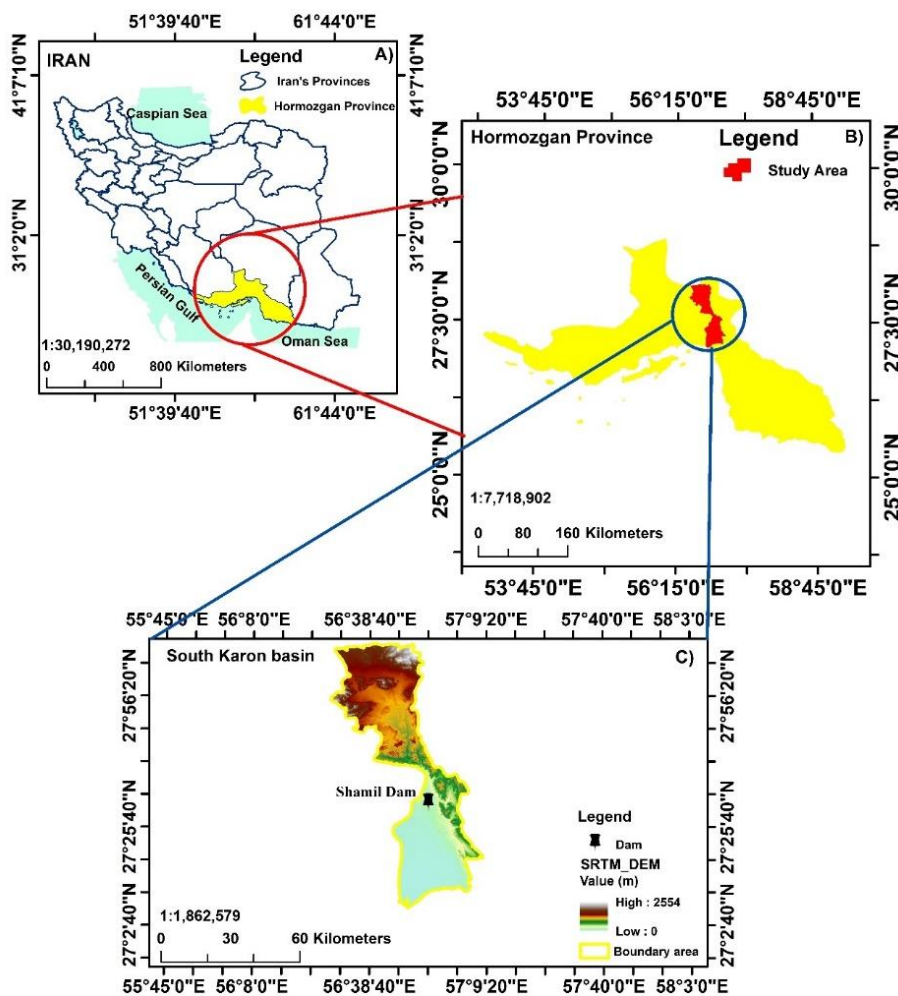
است. در پژوهشی دیگر دای چینی و همکاران [۱۵] اثرات احداث سد بر شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز گرگانرود استان گلستان را بررسی کردند. تحلیل تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیکی جریان ماهانه نشان داد در ایستگاه اوغان تحت تأثیر سد بوستان حدود ۳۰ درصد، در ایستگاه‌های گنبد و قزاقلی تحت تأثیر سد گلستان به ترتیب حدود ۵۲ و ۳۰ درصد و در ایستگاه آق‌قلا در پایین دست سد و شمشگیر ۴۹ درصد مقدار دبی جریان رودخانه در دوره‌های بعد از احداث سدها کاهش داشته است. همچنین، نادری و همکاران [۱۶] به تحلیل تغییرات رژیم جریان آب رودخانه‌ای در حوضه آبخیز حبله‌رود استان تهران پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد بعد از سال ۱۹۹۰ اکثر شاخص‌های هیدرولوژیکی تنزل در وضعیت جریان رودخانه حبله‌رود را نشان می‌دهند، به طوری که متوسط آبدهی در تمام ماه‌های سال و مقدار جریان پایه حوضه کاهش یافته است. با توجه به مطالب بیان شده، بررسی اثرات سدها بر جریان هیدرولوژیکی رودخانه از جنبه بوم‌شناختی و محیط زیستی و مدیریت منابع آب دارای اهمیت زیادی است. بر همین اساس در پژوهش حاضر اثرات احداث سد شمیل و نیان به عنوان یکی از سدهای مهم استان هرمزگان بر تغییرات هیدرولوژیکی و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی رودخانه شمیل پرداخته شد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در مدیریت منابع آب منطقه مورد استفاده مدیران مربوطه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

حوضه آبریز سد شمیل نیان در ناحیه غربی حوضه آبریز بندرعباس سدیج واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۱۱۱ و ۲۶۰۱ متر از سطح دریا و مساحت آن ۱۹۴۷ کیلومترمربع است. مقدار متوسط سالانه بارش در این محدوده ۲۱۸۸ میلی‌متر و میانگین دما ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد است. همچنین، مقدار آب سطحی ورودی به حوضه برابر با ۲/۲۸ مترمکعب در ثانیه معادل ۷۱/۸۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است [۱۷]. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

میان، Song و همکاران [۱۰] به تحلیل تغییرات هیدرولوژیکی جریان ۳۵ ایستگاه هیدرومتری کشور چین تحت تأثیر احداث سد پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد رژیم‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها در چین با آبیگری مخزن سد با میانگین درجه تغییرپذیری کلی ۵۲ درصد تغییر می‌کنند. در پژوهشی دیگر Mezger و همکاران [۱۱] تغییرات هیدرولوژیکی پایین دست سدها در رودخانه کشور اسپانیا را ارزیابی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد تمامی رودخانه‌های مورد مطالعه تغییرات قابل توجهی در بزرگی و زمان‌بندی جریان‌ها پس از ساخت سد داشتند. از سوی دیگر، یک روند کاملاً همگن در حوضه‌های خشک مشاهده شد که میانگین جریان سالانه و جریان شدید سالانه به طور قابل توجهی کاهش یافت. Islam و همکاران [۱۲] نیز به ارزیابی بند Farakka در تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه Padma بنگلادش پرداختند. یافته‌های پژوهش یادشده نشان داد میانگین دبی طی فصل خشک (ژانویه تا مه) روند منفی معناداری داشته است. همچنین، Panditharathne و همکاران [۱۳] بررسی روندها، تشخیص نقاط تغییر و تغییر دبی جریان و ارتباط بین بارندگی و جریان را در حوضه آبخیز Nilwala سریلانکا را انجام دادند. تجزیه و تحلیل روند بارندگی، روندهای آماری معناداری کمی را در مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه نشان داد. تجزیه و تحلیل محدوده تغییرپذیری نیز نشان داد دبی متوسط کمتر از جریان‌های محیط زیستی است. در داخل کشور نیز خسروی و همکاران [۱۴] به طبقه‌بندی و تعیین تغییرات رژیم جریان آب رودخانه خرمارود استان گلستان با استفاده از شاخص‌های هیدرولوژیکی IHA پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد فعالیت‌های انسانی در حوضه تیل‌آباد سبب کاهش مقادیر جریان‌های کم، دبی حداقل و میانگین ماهانه، مدت زمان تداوم جریان، تعداد پالس‌های جریان‌های زیاد، مدت زمان تداوم سیلاب‌های کوچک و بزرگ، میانگین حداقل جریان‌های یک، هفت و ۹۰ روزه و همچنین میانگین حداکثر جریان‌های هفت و ۹۰ روزه در هر سال آبی شده است. از سوی دیگر، سبب افزایش مقدار و فراوانی دبی اوج سیلاب‌های کوچک و بزرگ، تعداد روزهای جریان با دبی صفر، فراوانی جریان‌های خیلی کم و میانگین حداکثر جریان یک‌روزه در هر سال آبی شده



شکل ۱. موقعیت قرارگیری سد شمیل- نیان در کشور و استان هرمزگان

هیدرومتری تحت تأثیر سد بررسی شد. پس از بررسی موقعیت ایستگاه‌ها، بررسی طول دوره آماری ایستگاه‌های هیدرومتری با توجه به زمان بهره‌برداری و دوره زمانی قبل از بهره‌برداری از سد شمیل مد نظر قرار گرفت. با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد ایستگاه شمیل در پایین دست سد شمیل و نیان از حیث طول دوره آماری و زمان بهره‌برداری از سد شمیل و نیان (سال ۱۳۹۱) ایستگاه مناسب برای ارزیابی اثرات احداث سد یادشده است. درخور یادآوری است که در ایستگاه هیدرومتری رودخانه شمیل مقادیر دبی در این رودخانه برداشت شده است. با این حال، طی دوره آماری (۱۳۷۱-۱۳۸۰) دبی جریان ایستگاه یادشده ثبت نشده است. از همین رو به منظور جلوگیری از خطای حاصل از بازسازی داده‌ها، طول دوره آماری (۱۳۷۱-۱۳۸۰) نادیده گرفته شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری مطالعاتی، شاخص‌های تغییر

روش پژوهش

به منظور انجام پژوهش حاضر، ابتدا آمار بارش، دما و تبخیر و تعرق از ایستگاه‌های باران‌سنجی محدوده مورد مطالعه و حدود تأثیر آن دریافت شد. سپس داده‌های ایستگاه‌های یادشده از حیث طول دوره و نواقص آماری بررسی و طول دوره آماری مشترک (۱۳۶۱-۱۳۹۶) با توجه به موجودیت داده‌ها برای بررسی روند داده‌های بارندگی، دما و تبخیر و تعرق ایستگاه‌های اطراف محدوده مطالعاتی انتخاب شد. در گام بعد بررسی روند داده‌های بارندگی، دما و تبخیر و تعرق با استفاده از روش من-کندال در محیط نرم‌افزار MATLAB مورد بررسی قرار گرفت [۱۸].

از سوی دیگر، به منظور بررسی شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Google Earth موقعیت ایستگاه‌های

شکل ۲ نیز تغییرات ماهانه دبی جریان رودخانه شمیل در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد شمیل و نیان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ می‌توان دریافت دبی جریان از اواسط آبان‌ماه تا اواخر بهمن‌ماه بعد از احداث سد نسبت به دوره قبل از احداث سد کاهش یافته است. در صورتی که در بقیه ماه‌های سال دبی جریان بعد از احداث سد افزایشی بوده است. از آنجا که در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی تغییر معناداری از لحاظ بارندگی، تبخیر از سطح آزاد آب و دما رخ نداده است، می‌توان دریافت که تغییرات افزایشی دبی جریان در اکثر ماه‌های سال حاصل تغییرات اقلیمی نبوده است و عوامل انسانی از جمله احداث سد شمیل و نیان عامل اصلی این تغییرات هستند که با نتایج پژوهش Jayakumar و Kumar [۲۰] هم‌خوانی دارد. ایشان بیان داشتند که تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه Krishna ناشی از فعالیت‌های انسانی بوده و عوامل اقلیمی در این تغییرات نقشی نداشته‌اند. از سوی دیگر این نتایج با نتایج پژوهش نادری و همکاران [۱۶] و خسروی و همکاران [۱۳] هم‌خوانی ندارد. در پژوهش‌های یادشده تغییرات دبی جریان در تمامی ماه‌های بعد از احداث سد کاهشی بوده است. در صورتی که در پژوهش حاضر تغییرات کاهشی بعد از احداث سد تقریباً در سه ماه مشاهده شد. با بررسی بارندگی ایستگاه‌های مطالعاتی مشخص شد در سه ماه آذر، دی و بهمن مقدار بارندگی در محدوده ایستگاه‌های مطالعاتی حدود ۵۸ تا ۶۵ درصد کل بارندگی سال است. از سوی دیگر، بررسی‌ها نشان داد برداشت محصولات خارج فصل در استان هرمزگان از اواخر آبان‌ماه و هم‌زمان با شروع بارندگی در منطقه مورد مطالعه شروع می‌شود. بر این اساس، می‌توان ادعان کرد که با آغاز فصل برداشت محصولات کشاورزی، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی کاهش می‌یابد. از همین‌رو با کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش مقدار بارندگی در بازه زمانی یادشده، رهاسازی آب از سد کاهش می‌یابد و با توجه به افزایش بارش‌ها حجم آب ذخیره‌شده در پشت سد شمیل و نیان افزایش می‌یابد. از همین‌رو، آب ذخیره‌شده در ماه‌های کم‌بارش رهاسازی می‌شود.

هیدرولوژیک و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی با استفاده از نرم‌افزار IHA برآورد و تحلیل شد. با استفاده از شاخص‌های IHA امکان مقایسه تغییرات جریان رودخانه در قبل و بعد از احداث سد وجود دارد. بنابراین، با استفاده از شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیک می‌توان پنج ویژگی اساسی رژیم جریان را بررسی کرد که شامل مقدار، تداوم، زمان‌بندی، فراوانی و میزان نوسانات هستند [۷ و ۱۹]. با استفاده از IHA، تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیکی جریان رودخانه در محل سد در دوره بعد از احداث سد و تعداد ۳۳ متغیر هیدرولوژیکی برای بررسی تغییرات هیدرولوژیکی محاسبه و نمایش دقیق از رژیم هیدرولوژیکی برای ارزیابی تغییرات هیدرولوژیکی و همچنین اثرات احداث سد مورد بررسی قرار گرفته است [۵]. همچنین، مقادیر ۳۴ شاخص جریان محیط زیستی تحت تأثیر سد شمیل برآورد و پنج ویژگی اساسی رژیم جریان محیط زیستی شامل جریان‌های حداقل ماهانه^۱، جریان‌های حد پایین^۲، پالس‌های بالای جریان^۳، سیلاب‌های کوچک^۴ و سیلاب‌های بزرگ^۵ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات احداث سد شمیل و نیان بر شاخص‌های تغییرات هیدرولوژیکی و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی رودخانه شمیل استان هرمزگان انجام شده است. در همین راستا، نتایج مربوط به بررسی روند تغییرات بارندگی، دما و تبخیر در مقیاس سالانه با استفاده از آزمون من-کندال و شیب سن در جدول ۱ و مقادیر تغییرات ۳۳ شاخص هیدرولوژیکی در ایستگاه هیدرومتری شمیل و نیان در جدول ۲ ارائه شده است.

از نتایج حاصل از جدول ۱ می‌توان دریافت در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی تغییر معناداری ($p > 1\%$) از لحاظ بارندگی، تبخیر از سطح آزاد آب و دما رخ نداده است. با این حال تغییرات کاهشی جزئی در میزان بارندگی (ایستگاه نیان) و تغییر افزایشی جزئی (ایستگاه تخت) در مقدار تبخیر از سطح آزاد در دوره آماری ۳۵ ساله رخ داده است.

1. Low Monthly Flows
2. Extreme Low Flows
3. High Flow Pulses
4. Small Floods
5. Large Flood

جدول ۱. نتایج حاصل از آزمون من کندال و شیب سن برای ایستگاه‌های مطالعاتی

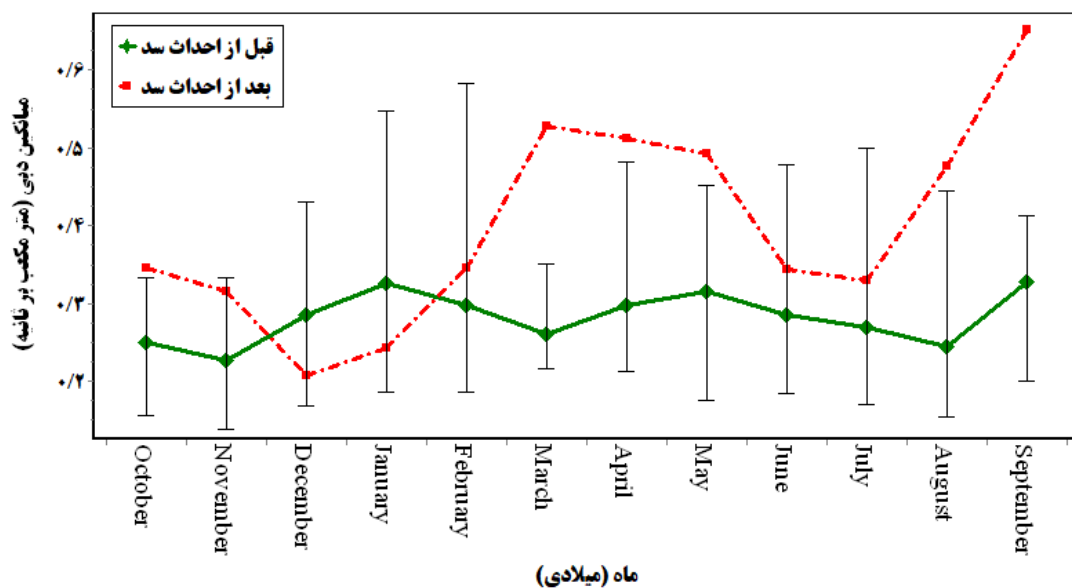
شیب	کد ایستگاه	روند بارندگی سالانه	ایستگاه
.	۰۲۷-۲۷	روند کاهشی در سطح ۹۹٪	نیان
.	۰۲۶-۲۷	فاقد روند معنادار	فاریاب
.	۰۰۸-۲۷	فاقد روند معنادار	تخت
.	۱۷۲-۲۷	فاقد روند معنادار	چاه خرگ
شیب	کد ایستگاه	روند تیخیزاز سطح آزاد آب	ایستگاه
-۰/۰۳۸۳	۰۲۶-۲۷	فاقد روند معنادار	فاریاب
۰/۲۳۶۹	۰۰۸-۲۷	روند افزایشی معنادار در سطح ۰/۹۹	تخت
-۰/۰۰۷۴	۱۰۶-۲۷	فاقد روند معنادار	سرخا
شیب	کد ایستگاه	روند دما سالانه	ایستگاه
.	۰۲۶-۲۷	فاقد روند معنادار	فاریاب
.	۰۰۸-۲۷	فاقد روند معنادار	تخت
.	۱۰۶-۲۷	فاقد روند معنادار	سرخا

جدول ۲. نتایج پارامترهای IHA برای ایستگاه هیدرومتری شمیل قبل و بعد از احداث سدهای شمیل و نیان

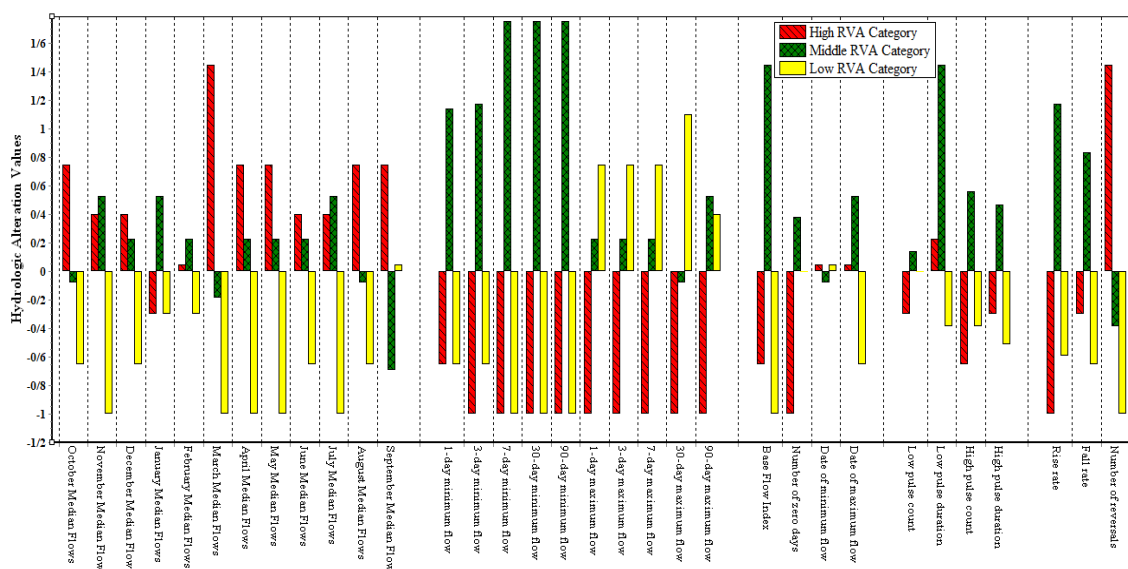
پارامترهای تغییرات هیدرولوژیکی (IHA)	وضعیت جریان قبل از احداث سد (۱۹۸۱-۲۰۱۱)		وضعیت جریان بعد از احداث سد (۲۰۱۲-۲۰۲۰)		اهداف RVA	درصد تغییرات هیدرولوژیکی
	محدوده تغییرات		محدوده تغییرات			
	میان	حد پایین حد بالا	میان	حد پایین حد بالا		
گروه ۱						
اکتبر (مهر)	۰/۲۵	۰/۰۴	۱/۴۷	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۰۸
نوامبر (آبان)	۰/۲۳	۰/۰۴	۱/۸۶	۰/۳۲	۰/۱۴	۰/۵۳
دسامبر (آذر)	۰/۲۹	۰/۰۴	۵/۴۲	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۲
ژانویه (دی)	۰/۳۳	۰/۰۴	۴/۴۰	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۵۳
فوریه (بهمن)	۰/۳۰	۰/۰۴	۱۲/۸۰	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۲۲
مارس (اسفند)	۰/۲۶	۰/۰۴	۷/۰۰	۰/۵۳	۰/۲۲	-۰/۱۹
آوریل (فروردین)	۰/۳۰	۰/۰۷	۶/۹۰	۰/۵۱	۰/۲۱	۰/۲۲
می (اردیبهشت)	۰/۳۲	۰/۰۶	۶/۹۰	۰/۴۹	۰/۱۸	۰/۲۲
ژوئن (خرداد)	۰/۲۹	۰/۰۳	۶/۹۰	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۵۳
جولای (تیر)	۰/۲۷	۰/۰۶	۶/۹۰	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۰۸
اوت (مرداد)	۰/۲۵	۰/۰۳	۶/۹۰	۰/۴۸	۰/۱۵	-۰/۰۸
سپتامبر (شهریور)	۰/۳۳	۰/۰۳	۶/۹۰	۰/۶۵	۰/۲۰	-۰/۶۹
گروه ۲						
کمینه یک‌روزه	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۵۵	۰/۰۸	۰/۰۱	۱/۱۴
کمینه سه‌روزه	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۵۷	۰/۰۸	۰/۰۳	۱/۱۷
کمینه هفت‌روزه	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۵۹	۰/۰۹	۰/۰۴	۱/۷۵
کمینه ۳۰ روزه	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۷۸	۰/۱۵	۰/۰۸	۱/۷۵
کمینه ۹۰ روزه	۰/۲۵	۰/۰۴	۶/۳۳	۰/۱۸	۰/۱۲	۱/۷۵
بیشینه یک‌روزه	۶۳/۳۲	۱/۹۴	۳۸۹/۵۰	۲۰/۱۰	۳۰/۶۴	۰/۲۲
بیشینه سه‌روزه	۲۶/۵۶	۰/۷۰	۲۷۸/۱۰	۷/۱۹	۱۲/۱۵	۰/۲۲
بیشینه هفت‌روزه	۱۲/۷۷	۰/۳۴	۱۶۶/۹۰	۳/۷۶	۶/۱۹	۰/۲۲
بیشینه ۳۰ روزه	۳/۳۵	۰/۱۵	۵۲/۵۴	۲/۱۲	۲/۷۰	-۰/۰۸
بیشینه ۹۰ روزه	۱/۴۸	۰/۱۱	۲۵/۴۹	۱/۲۷	۱/۲۱	۰/۵۳
تعداد روزهای صفر	۰	۰	۱۸	۰	۰	۰/۳۷
شاخص جریان پایه	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۵۳	۰/۱۷	۰/۰۶	۱/۴۴
گروه ۳						
زمان وقوع جریان کمینه	۲۹۴	۳۳	۳۶۰	۳۰۱	۳۶۳	-۰/۰۸۳
زمان وقوع جریان بیشینه	۲۴	۱	۳۶۱	۳۰	۳۲۶	۰/۵۲۸
گروه ۴						
تعداد پالس‌های کم	۱/۵	۰	۲۰	۲	۷	۰/۱۴
مدت زمان پالس‌های کم	۵	۱	۱۱۰/۵	۶/۷۵	۴۷	۱/۴۴
تعداد پالس‌های بالا	۵/۵	۱	۱۴	۸	۱۱	۰/۵۵
مدت زمان پالس‌های بالا	۴/۷۵	۱	۳۲	۴	۱۰	۰/۴۶
گروه ۵						
میزان نوسانات افزایشی دبی	۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۴/۶۲	۰/۰۳۸	۰/۰۶۸	۱/۱۷
میزان نوسانات کاهشی دبی	-۰/۰۳۴	-۰/۴۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۳۸	-۰/۰۶۸	۰/۸۳
تعداد برگشت جریان	۴۰	۹	۱۲۸	۵۴	۷۸	-۰/۳۸

شاخص‌های مورد بررسی در گروه سوم نیز شامل زمان وقوع جریان بیشینه و کمینه است. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که زمان وقوع جریان حداقل و حداکثر افزایشی بوده است، به طوری که جریان کمینه از ۲۹۴ روز به ۳۰۱ روز و جریان بیشینه از ۲۴ به ۳۰ روز رسیده است. تعداد و مدت زمان پالس‌های کم و زیاد را نیز پارامترهای گروه چهارم را تشکیل می‌دهد. بررسی تغییرات پارامترهای یادشده نشان داد تعداد پالس‌های کم و بالای جریان در دوره قبل از احداث سد (به ترتیب برابر ۱/۵ و ۵/۵) کمتر از بعد از احداث سد (به ترتیب برابر ۲ و ۸) است که با نتایج Legleiter و همکاران [۲۲]، Zou و Liang [۴] و Zhang و همکاران [۲۳] هم‌راستا نیست. همچنین نتایج بیانگر آن بود که مدت زمان پالس‌های کم جریان بعد از احداث سد افزایشی بوده، در صورتی که مدت زمان پالس‌های بالای جریان بعد از احداث سد کاهش یافته است. بررسی تغییرات میزان نوسانات افزایشی، کاهش دبی جریان و تعداد برگشت جریان پس از احداث سد شمیل در شکل ۲ نشان می‌دهد میزان نوسانات افزایشی جریان در دوره بعد از احداث سد افزایش و میزان نوسانات کاهش بعد از احداث سد کاهش داشته است. در شکل ۳ تغییرات ۳۳ شاخص هیدرولوژیکی تحت تأثیر سد شمیل ارائه شده است.

نتایج پارامترهای هیدرولوژیکی گروه دوم شامل جریان‌های حداقل و حداکثر (یک‌روزه، سه‌روزه، هفت‌روزه، ۳۰ روزه و ۹۰ روزه)، روزهای صفر جریان و شاخص جریان پایه (حداقل دبی جریان هفت‌روزه تقسیم بر میانگین دبی سالیانه) در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج پژوهش این گروه نشان می‌دهد جریان‌های حداقل و حداکثر در دوره قبل از احداث سد بیشتر از دوره بعد از احداث سد است. با این حال، شاخص روزهای صفر جریان در دوره‌های مورد مطالعه تغییر نداشته است. در پژوهش نادری و همکاران [۱۷] نیز تعداد روزهای صفر جریان در آباد و همکاران [۲] تعداد روزهای با جریان صفر افزایش یافته است. از سوی دیگر، نتایج نشان داد شاخص جریان پایه نیز در دوره بعد از احداث سد بیشتر از دوره قبل از احداث بوده است. تحلیل نتایج پارامترهای هیدرولوژیکی گروه دوم نشان می‌دهد احداث سد شمیل باعث اثر مثبت بر جریان دبی رودخانه شمیل شده است. نتایج حاصل با ارزیابی‌های صورت گرفته در استان اردبیل بر سد یامچی [۱]، سد گتوند در استان خوزستان [۱۶] و سد Komardanga در اندوزی [۲۱] متفاوت است. در پژوهش‌های یادشده احداث سدهای یامچی، گتوند و Komardanga باعث اثر منفی بر دبی جریان جریان رودخانه‌های بالخلوچای، کارون و Punarbhaba شده بود.



شکل ۲. تغییرات ماهانه دبی جریان رودخانه شمیل در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد شمیل و نیان



شکل ۳. نمودار درجه تغییرات ۳۳ پارامتر IHA در ۳ طبقه هدف RVA برای ایستگاه هیدرومتری شمیل

نتایج جریان محیط زیستی با استفاده از پارامترهای EFC نتایج پنج گروه مؤلفه‌های جریان محیط زیستی با کمک نرم‌افزار IHA7 در جدول ۳ ارائه شده است که این پارامترها وضعیت پایداری بوم‌شناختی رودخانه را نشان می‌دهند. بر اساس نتایج جدول ۳ گروه اول (میانگین مقادیر جریان‌های کم ماهانه) نشان می‌دهد در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه و سپتامبر جریان حداقل ماهانه بعد از احداث سد کاهش و در ماه‌های دیگر افزایش می‌یابد. از آنجا که جریان‌های حداقل تأثیر چشم‌گیری بر تنوع و فراوانی موجودات زنده در رودخانه‌ها دارند. کاهش این جریان‌ها در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه و سپتامبر می‌تواند باعث کاهش تنوع زیستی رودخانه شمیل شود. پارامترهای گروه دوم (جریان حد پایین) که در چهار دسته پیک جریان، مدت زمان، زمان بندی و فراوانی تقسیم می‌شود، نشان می‌دهند دبی اوج جریان حد پایین در دوره بعد از احداث سد روند افزایشی داشته است. همچنین متوسط زمان جریان حد پایین قبل از دوره احداث سد ۲ روز و بعد از احداث سد ۶ روز بوده است. شاخص زمان بندی جریان حد پایین نشان می‌دهد کمترین حد جریان در دوره قبل از احداث سد در روز ۴۶ از سال اتفاق افتاده و در دوره بعد از احداث سد پایین‌ترین حد جریان در روز ۲۷۵ اتفاق افتاده است. این در حالی است که فراوانی در دوره بعد از احداث سد کاهشی و صفر است.

با توجه به نتایج حاصل از شکل ۳ می‌توان دریافت برای اکثر شاخص‌های هیدرولوژیکی گروه اول، فراوانی دسته بالا و متوسط افزایش و فراوانی دسته پایین کاهش یافته است. در حالی که برای جریان‌های حداقل (یک‌روزه، سه‌روزه، هفت‌روزه، ۳۰ روزه و ۹۰ روزه) فراوانی دسته بالا و پایین کاهش و فراوانی دسته متوسط افزایش یافته است. در همین ارتباط برای جریان‌های حداکثر (یک‌روزه، سه‌روزه، هفت‌روزه، ۳۰ روزه و ۹۰ روزه) فراوانی دسته بالا افزایش و فراوانی دسته‌های متوسط و کم افزایش یافته است. در صورتی که برای شاخص جریان پایه، تعداد روزهای صفر، زمان وقوع جریان بیشینه، میزان نوسانات افزایشی و کاهشی دبی، فراوانی دسته متوسط افزایش و فراوانی دسته بالا و پایین کاهش یا تغییراتی نداشته است. بررسی پژوهش‌های مرتبط نشان داد در بسیاری از مطالعات تأثیر سد بر میزان تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیکی و مؤلفه‌های جریان محیط زیستی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی متفاوت است. از سوی دیگر، بررسی‌ها نشان داد سازه‌های انسان‌ساخت از جمله سدسازی می‌تواند از طریق کاهش یکپارچگی و افزایش ازهم‌گسیختگی منطقه بر عملکرد سیمای سرزمین تأثیر بگذارد و در نتیجه آن ساختار و عملکرد بوم‌سازگان را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۳. مقادیر متوسط پارامترهای جریان زیستی (EFC) در ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه

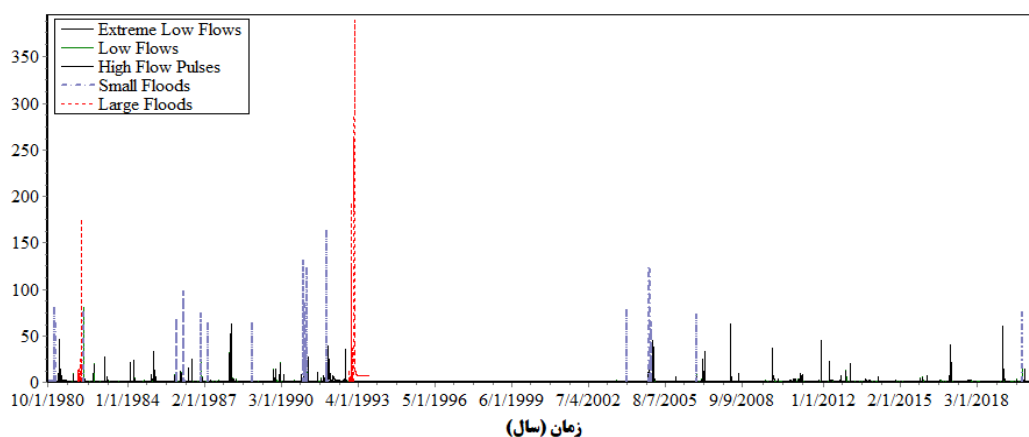
پارامترهای جریان محیط زیستی (EFC)	پارامترهای هیدرولوژیکی	قبل از احداث سد (۱۹۸۱-۲۰۱۱)	بعد از احداث سد (۲۰۱۲-۲۰۲۰)
جریان حداقل ماهانه (میانگین یا میانۀ جریان‌ها)	اکتبر (مهر) (متر مکعب بر ثانیه)	۰/۲۲	۰/۲۷
	نوامبر (آبان)	۰/۲۱	۰/۱۸
	دسامبر (آذر)	۰/۲۰	۰/۱۹
	ژانویه (دی)	۰/۲۳	۰/۲۲
	فوریه (بهمن)	۰/۱۹	۰/۳۵
	مارس (اسفند)	۰/۲۴	۰/۳۷
	آوریل (فروردین)	۰/۲۶	۰/۲۹
	می (اردیبهشت)	۰/۲۵	۰/۳۲
	ژوئن (خرداد)	۰/۲۶	۰/۲۴
	جولای (تیر)	۰/۲۲	۰/۲۹
	اوت (مرداد)	۰/۲۱	۰/۳۴
سپتامبر (شهریور)	۰/۲۴	۰/۱۸	
جریان حد پایین	پیک جریان (متر مکعب بر ثانیه)	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸
	مدت زمان (تعداد روز)	۲	۶
	زمان بندی (تاریخ پیک جریان)	۴۶	۲۷۵
	فراوانی (تعداد رویداد)	۰/۵	۰
پالس جریان زیاد	پیک جریان (متر مکعب بر ثانیه)	۴	۱/۱۴
	مدت زمان (تعداد روز)	۲/۷۵	۳
	زمان بندی (تاریخ پیک جریان)	۴۸/۲۵	۱۶
	فراوانی (تعداد رویداد)	۵/۵	۸
	نرخ افزایش	۲/۰۶	۰/۴۲
نرخ کاهش	-۲/۰۰	-۰/۱۶	
سیلاب‌های کوچک	پیک جریان (متر مکعب بر ثانیه)	۸۰/۲۳	۷۵/۵
	مدت زمان (تعداد روز)	۵/۵	۱۱
	زمان بندی (تاریخ پیک جریان)	۹	۶
	فراوانی (تعداد رویداد)	۰	۰
	نرخ افزایش	۷۴/۱۰	۷/۴۹
نرخ کاهش	-۲۶/۹۳	-۳۷/۵۱	
سیلاب‌های بزرگ	پیک جریان (متر مکعب بر ثانیه)	۲۸۱/۷۰	-
	مدت زمان (تعداد روز)	۱۹۱/۵	-
	زمان بندی (تاریخ پیک جریان)	۳۹/۵	-
	فراوانی (تعداد رویداد)	۰	۰
	نرخ افزایش	۳/۸۱	-
	نرخ کاهش	-۵۷/۸۲	-

کاهش پارامترهای دبی اوج، زمان بندی، نرخ افزایشی و نرخ کاهشی در دوره بعد از احداث سد است. مقدار فراوانی در سیلاب کوچک بدون تغییر و صفر بوده است. با این حال سیلاب‌های بزرگ بعد از احداث سد اتفاق نیفتاده است. از این رو می‌توان دریافت سد شمیل با ذخیره و تنظیم جریان‌های با دبی بالا، باعث متعادل شدن جریان خروجی و کاهش سیلاب‌های بزرگ در مناطق پایین دست شده است. در شکل ۴ نیز مؤلفه‌های جریان محیط زیستی در کل

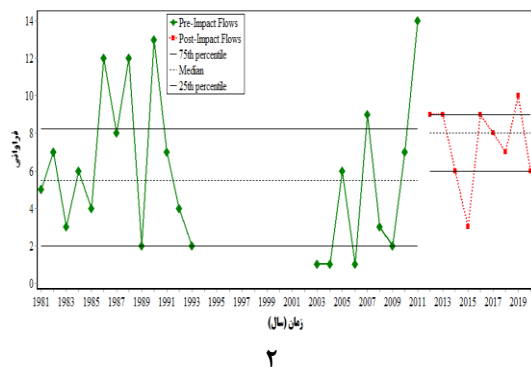
پارامترهای گروه سوم جریان محیط زیستی (پالس‌های جریان زیاد) در شش دسته تقسیم بندی می‌شوند. نتایج به دست آمده از دبی اوج جریان، زمان بندی و نرخ افزایش در دوره بعد از احداث سد کمتر از بعد از احداث سد است. در حالی که مدت زمان، فراوانی و نرخ کاهش پالس‌های جریان زیاد، افزایش داشته است. پارامترهای سیلاب‌های کوچک و سیلاب‌های بزرگ نیز مانند گروه سوم در شش دسته تقسیم بندی می‌شوند، بر اساس جدول ۳ نتایج نشان دهنده

انتقال دهد و باعث ترسیب این رسوبات و مواد مغذی در سیلابدشت شود [۲۴ و ۲۵]. در چنین حالتی علاوه بر فراهم شدن محیط و زیستگاه مناسب برای گیاهان و جانوران، امکان مهاجرت گونه‌های آبی و خشکی‌زی نیز میسر می‌شود [۱۶ و ۲۰]. بر همین اساس، می‌توان دریافت سد شمیل با اثر بر کاهش فراوانی سیلاب‌های بزرگ و کوچک، زمینه را برای تخریب‌های بوم‌شناختی سیلابدشت فراهم می‌سازد.

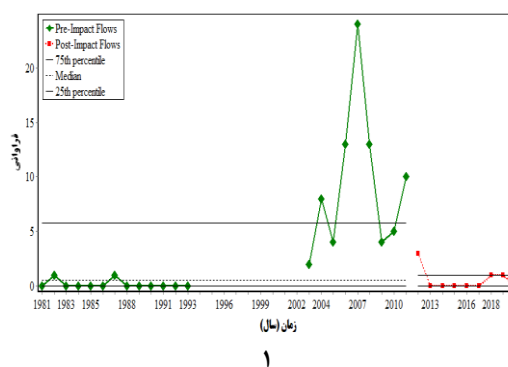
دوره آماری ارائه شده است. بر اساس این شکل، در دوره آماری قبل از احداث سد فراوانی سیلاب‌های بزرگ زیاد است که با نتایج پژوهش نادری و همکاران [۱۶] مطابقت دارد. با این حال، نتایج نشان داد بعد از احداث سد سیلابی با دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال در پایین دست سد شمیل ثبت نشده است. از آنجا که در مناطق نیمه خشک به جریان‌های با دبی زیاد نیاز است تا علاوه بر پر کردن مقطع عرضی، رسوبات ترسیب شده در سال‌های اخیر را



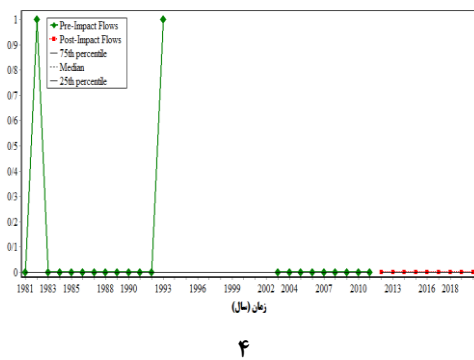
شکل ۴. نمودار مؤلفه‌های جریان محیط زیستی (EFC) در دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۲۰ میلادی



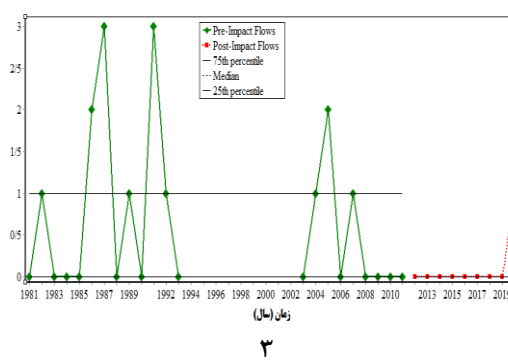
۲



۱



۴



۳

شکل ۵. مقادیر مؤلفه‌های محیط زیستی (EFC) به ترتیب (۱) فراوانی جریان‌های حد پایین؛ (۲) فراوانی پالس‌های جریان زیاد؛ (۳) فراوانی سیلاب‌های کوچک؛ (۴) فراوانی سیلاب‌های بزرگ

انتظار داشت با کم شدن مواد مغذی و رطوبت خاک در سیلاب‌دشت، کارکرد بوم‌سازگان‌های مختلف گیاهی و جانوری و زمینه برای نابودی این بوم‌سازگان‌ها در سیلاب‌دشت فراهم شود. در همین ارتباط با تمرکز بر نتایج پژوهش حاضر می‌توان نسبت به افزایش اثرات مثبت احداث سد شمیل اقدام و از اثرات مخرب آن کاست. با این حال، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی اثرات احداث سد شمیل بر بوم‌سازگان‌های جانوری و گیاهی سیلاب‌دشت رودخانه شمیل ارزیابی شود.

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از طرح با عنوان تأثیر احداث سد بر شاخص‌های هیدرولوژیکی سد شمیل و نیان استان هرمزگان در مرکز مطالعات و تحقیقات پژوهشکده هرمز دانشگاه هرمزگان است.

منابع

- [1]. Nasiri Khiavi A, Mostafazadeh R, Esmali A, Ghafarzadeh O, Golshan M. Changes in Environmental Flow Components under the Effect of Sabalan Dam in the Qarehsou River of Ardebil Province. *Journal of watershed management research*. 2019; 10(19): 85-94. [Persian]
- [2]. Esfandyari Darabad F, Mostafazadeh R, Shahmoradi R, Nasiri Khiavi A. The Analysis of the Changes of the Hydrological Flow Indices Affected by Dam Construction in Zarrinehrood and Saruqchai Rivers of West Azerbaijan Province. *Hydrogeomorphology*. 2019; 6 (18): 57-77. [Persian]
- [3]. Ghasemnezhad m, Shayan s, Yamani m. The effects of the construction of Gilan Gharb Reservoir Dam on the morphology of the Gilan Gharb River bed (in the upper reaches and reservoir of the dam). *Quantitative geomorphological research*. 2014; 2(1): 13-132. [Persian]
- [4]. Zou Q, Liang S.H. Effects of Dams on River Flow Regime Based on IHA/RVA. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*. 2015; 368: 275-280.
- [5]. Madadi H, Rahmatipour M, Sepahvand M.E. Investigating the effects of the construction of the Maron Dam on the Maron River with the RVA method in order to achieve sustainable development. *Sustainable development, sustainable future. Compact disc of the first national conference on sustainable development strategies*. 2011; March 20, Tehran. 8pp. [Persian]

با توجه به جدول ۳ و شکل ۵ می‌توان بیان کرد که دبی اوج سیلاب‌های کوچک در دوره قبل از احداث سد ۸۰/۲۳ و در دوره بعد از احداث سد ۷۵/۵۰ متر مکعب بر ثانیه است و پارامترهای مدت زمان حدود ۵ روز در قبل از احداث و ۸ روز بعد از احداث افزایش داشته است. پارامترهای زمان‌بندی و نرخ کاهش در دوره بعد از احداث سد کاهش یافته است. در حالی که نرخ افزایشی سیلاب‌های کوچک در دوره بعد از احداث سد روند افزایشی را نشان می‌دهد. نمودار روند فراوانی سیلاب‌های کوچک نیز در دوره قبل از احداث سد نامنظم و بعد از احداث سد منظم است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تغییرات شاخص‌های هیدرولوژیک و همچنین مؤلفه‌های جریان محیط زیستی رودخانه شمیل بر اثر احداث سد شمیل و نیان استان هرمزگان بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد رژیم جریان آب رودخانه شمیل تحت تأثیر احداث سد شمیل و نیان تغییر پیدا کرده است، به طوری که اغلب شاخص‌های هیدرولوژیک جریان تحت تأثیر احداث سد یادشده بهبود یافته‌اند. با این حال، نبود روند در داده‌های اقلیمی نشان داد تغییرات ایجاد شده در رژیم هیدرولوژیک ناشی از دخالت‌های انسانی است و عوامل اقلیمی نقشی در تغییر رژیم هیدرولوژیک نداشته یا تأثیر بسیار جزئی داشته‌اند. جریان‌های بیشینه و کمینه یک‌روزه نیز بعد از احداث سد به ترتیب کاهش و افزایش یافته‌اند. فراوانی پالس‌های بالای جریان و جریان‌های حد پایین و همچنین مدت زمان پالس‌های بالا و پایین نیز بعد از احداث سد یادشده کاهش یافته است. بعد از احداث سد شمیل فقط یک مورد سیلاب با دوره بازگشت کمتر از ۱۰ سال رخ داده است. در صورتی که سیلاب با دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال در پایین‌دست سد اتفاق نیفتاده است و سیلاب‌های رخ داده در بالادست سد توسط سد شمیل مهار شده‌اند. در چنین حالتی نتایج نشان داد احداث سد باعث کاهش جریان‌های حداقل در ماه‌های آبان، آذر، دی و شهریور شده است که می‌تواند باعث آسیب بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای و تنوع زیستی در ماه‌های یادشده شود. در چنین حالتی رسوبات و مواد مغذی فقط در بستر آبراهه ترسیب می‌شوند که باعث عدم گسترش سیلاب دشت می‌شوند. از همین‌رو، می‌توان

- [6]. Kumar A. U, Jayakumar K. V. Hydrological alterations due to anthropogenic activities in Krishna River Basin, India. *Ecological Indicators*, 2020; 108: 105663.
- [7]. Zangi darestani M, Abasnezhad A. Environmental impact assessment Safaroud Rabor dam on downstream areas. *Journal of environmental geology*. 2017; 10(37): 57-67. [Persian]
- [8]. Lu W, Lei H, Yang D, Tang L, Miao Q. Quantifying the impacts of small dam construction on hydrological alterations in the Jiulong River basin of Southeast China. *Journal of Hydrology*. 2018; 567: 382-392.
- [9]. Richter B. D, Baumgartner J. V, Braun D. P, Powell J. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management. An International Journal Devoted to River Research and Management*. 1998; 14(4): 329-340.
- [10]. Sojka M, Jaskuła J, Wicher-Dysarz J, Dysarz T. 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*. 2016; 30(1): 119-125.
- [11]. Song X, Zhuang Y, Wang X, Li E, Zhang, Y, Lu X, et al. Analysis of hydrologic regime changes caused by dams in China. *Journal of Hydrologic Engineering*. 2020; 25 (4): 05020003.
- [12]. Mezger G, del Tánago M. G, De Stefano L. Environmental flows and the mitigation of hydrological alteration downstream from dams: The Spanish case. *Journal of Hydrology*. 2021; 598: 125732.
- [13]. Islam A. R. M. T, Talukdar S, Akhter S, Eibek K. U, Rahman M. M, Pal S, et al. Assessing the impact of the Farakka Barrage on hydrological alteration in the Padma River with future insight. *Sustainability*. 2022;14 (9): 5233.
- [14]. Panditharathne R, Gunathilake M. B, Chathuranika I. M, Rathnayake U, Babel M. S, Jha M. K. Trends and Variabilities in Rainfall and Streamflow: A Case Study of the Nilwala River Basin in Sri Lanka. *Hydrology*. 2023; 10 (1): 8.
- [15]. Khosravi gh, Sadodin A, Ownegh M, Bahremand A, Mostafavi H. Classification and identification of changes in river flow regime using the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) Case study: (The Khormarud River-Tilabad Watershed- Golestan Province). *Ecohydrology*. 2019; 6(3): 651-671. [Persian]
- [16]. Daiechini F, Vafakhah M, Moosavi V. Impacts of the Golestan and Voshmgir Dams on Indicators of Hydrologic Alterations in the Gorganroud River Using Range of Variability Approach. *Ecohydrology*. 2020; 7(3): 595-607. [Persian]
- [17]. Naderi M, Sheikh V, Bahremand A, Bairam Komaki C, Ghangermeh A. Analysis of river flow regime changes using the Indicators of Hydrologic Alteration (Case study: Hableroud watershed). *Water and soil management and modeling*. 2022; 3(3): 1-19. [Persian]
- [18]. Shamil-Nyan dam basic studies report. Studies to determine the quantitative and qualitative boundaries of Minab (Esteghlal), Shamil and Niyan dams. Jamab Consulting Engineers Company. 2017; 36 pp. [Persian]
- [19]. Kendall M. G. Rank and product-moment correlation. *Biometrika*. 1949; 177-193.
- [20]. Madadi H, Ashrafzadeh M. R. The effect of Karkhe Dam on the spatial distribution pattern of riparian forests in Karkhe National Park. *Applied Ecology*. 2013; 1 (2): 1-13. [Persian]
- [21]. Talukdar S, Pal S. Impact of dam on flow regime and flood plain modification in Punarbhaba River Basin of Indo-Bangladesh Barind tract. *Water Conservation Science and Engineering*. 2018; 3(2): 59-77.
- [22]. Legleiter C. J. Downstream effects of recent reservoir development on the morphodynamics of a meandering channel: Savery Creek, Wyoming, USA. *River Research and Applications*. 2015; 31(10): 1328-1343.
- [23]. Zhang Q, Zhang Z, Shi P, Singh V.P, Gu X. Evaluation of ecological instream flow considering hydrological alterations in the Yellow River basin, China. *Global and Planetary Change*. 2018; 160: 61-74.
- [24]. Zhang Q, Gu X, Singh V. P, Chen X. Evaluation of ecological instream flow using multiple ecological indicators with consideration of hydrological alterations. *Journal of Hydrology*, 2015; 529: 711-722.
- [25]. Khatar B, Shokoohi A, Evaluating and Modifying the Texas Method as a Hydrologic Method for Prescribing Ecological Regime in Perennial Rivers. *Journal of water and soil resources conservation*. 2020; 9 (3): 31-46. [Persian]