

## بررسی تغییرات مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور ناشی از سیل‌های ۲۰۱۹ با استفاده از Google Earth Engine

ترانه علی‌بخشی<sup>۱</sup>، زهرا عزیزی<sup>۲\*</sup>، علیرضا وفايي نژاد<sup>۳</sup>، حسین آقامحمدی زنجیرآبادی<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

۳. دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

### چکیده

حوضه آبریز سد شهید عباسپور، قسمت اعظم حوضه آبریز کارون بزرگ است. حوضه یادشده در سال ۲۰۱۹ دو بار در معرض واقعه سیلاب قرار گرفته است. با توجه به اهمیت استراتژیک این حوضه و سیل‌های اخیر، در مطالعه حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و ۸ و محیط آنلاین Google Earth Engine و الگوریتم NDWI با هزینه و زمانی کم، به جداسازی پدیده آب از سایر پدیده‌ها به منظور بررسی تغییرات مساحت پهنه‌های آبی موجود در این حوضه طی ۲۰ سال اخیر پرداخته شده است. در مطالعه حاضر مساحت تمامی پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز سد شهید عباسپور محاسبه شده و بر اساس آن، تغییرات مساحت پهنه‌های آبی که حاصل از سیل‌های سال‌های اخیر است، به دست آمده است. تغییرات یادشده برای مدیریت منابع آبی، مدیریت بحران و دستیابی به توسعه پایدار منطقه کارآمد است. نتایج تحقیق نشان داد در حوضه یادشده، بیشترین حجم آب در سال ۲۰۱۹ وجود داشته و آبیگرها و سدها لبریز از آب شده‌اند، به گونه‌ای که با اختلاف زمانی یک ماه، ۲۵ کیلومترمربع به حجم آب‌های آنها افزوده شده است. بر این اساس، خطر جاری شدن سیل، مناطق مسکونی و زراعی را در بر گرفته است و نبود نظارت و توجه جدی به این موضوع، می‌تواند سبب ایجاد خسارت و آسیب‌های جبران‌ناپذیری در آینده نزدیک شود.

**کلیدواژگان:** حوضه آبریز سد شهید عباسپور، سیل، سنجش از دور، Google Earth Engine، NDWI.

## مقدمه

ضرورت بررسی تغییرات پهنه‌های آبی و میزان تأثیرگذاری این تغییرات بر محیط پیرامونی با توجه به آستانه بالای حساسیت زیست‌محیطی این پدیده، اهمیت زیادی دارد. حوضه آبریز سد شهید عباسپور، توان اکولوژیک بالقوه‌ای دارد. با در نظر گرفتن این قابلیت و از طرفی، بررسی تغییرات پهنه‌های آبی موجود در منطقه، می‌توان گامی مهم به منظور توسعه پایدار برداشت [۱].

حوضه آبریز سد شهید عباسپور، با داشتن جریان رودخانه‌های دائمی و بزرگ، کارکرد زیادی در چرخه حیاتی آب کشور داشته، و سهم درخور توجهی از اهداف توسعه پایدار در بخش آب و کشاورزی را به خود اختصاص داده است. این منابع عظیم آبی از سویی حجم آبی مطمئن و درخور توجهی دارند، و از سوی دیگر، مخاطراتی مانند وقوع سیلاب‌های مخرب و بزرگ را به دنبال دارند، که برای مدیریت هر چه بهتر این منابع باید چاره‌ای اندیشید. از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز سد شهید عباسپور، می‌توان کارون را به عنوان یکی از رودخانه‌های بزرگ ایران نام برد، که همه‌ساله حجم آب وسیعی را به سمت دریای خلیج فارس روانه می‌سازد. در این میان، ایجاد سد شهید عباسپور، با اینکه به عنوان یک عامل کنترلی مناسب تا حدود زیادی از پیدایش سیلاب جلوگیری کرده، اما خود به عنوان نوعی عامل غیر طبیعی در تغییرات مورفولوژیک رودخانه تأثیرگذار بوده است. بررسی تغییرات مساحت این پهنه آبی و دیگر پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز به محاسبات دقیق و کاربردی با استفاده از الگوریتمی مناسب و روشی کم‌هزینه با زمانی کم نیاز دارد.

هر انباشت درخور توجهی از آب، به طور کلی روی سطح یک سیاره مانند زمین را پهنه آبی می‌گویند. بیشتر پهنه‌های آبی به صورت طبیعی ایجاد می‌شوند، ولی بعضی از آنها ساخته دست بشر هستند. بعضی از پهنه‌های آبی می‌توانند هم طبیعی و هم ساخته بشر باشند. برای مثال، بیشتر مخازن سدها توسط مهندسان سدساز به وجود آمده‌اند، ولی بعضی دیگر آبگیرهایی طبیعی هستند که به عنوان اندوخته‌گاه آبی در نظر گرفته می‌شوند؛ یا مانند بعضی بندرگاه‌ها در محیط طبیعی خلیج‌ها به وجود آمده‌اند، ولی بعضی دیگر ساخت علم مهندسی هستند [۲].

پهنه آبی معمولاً به انباشت حجم زیادی از آب، مانند

اقیانوس‌ها و دریاها و دریاچه‌ها گفته می‌شود، اما می‌تواند شامل انباشت‌های کوچک آب، مانند آبگیرها و تالاب‌ها و چاله‌های آب نیز باشد. پهنه آبی فقط شامل آب‌های ساکن یا محاصره‌شده نیست، از این‌رو، رودها و جویبارها و کانال‌ها و دیگر پدیده‌های جغرافیایی که در آنها آب از محلی به محل دیگر جابه‌جا می‌شود نیز به عنوان پهنه‌های آبی در نظر گرفته می‌شوند. پهنه‌های آبی که قابل کشتی‌رانی هستند را آبراه می‌نامند. بعضی از پهنه‌های آبی مانند رودها و روانه‌ها، آب را جمع‌آوری و جابه‌جا می‌کنند، و بعضی دیگر مانند اقیانوس‌ها و دریاها، آب‌ها را انباشت می‌کنند. بنابراین، در مطالعه حاضر به محاسبه تمامی پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز سد شهید عباسپور، پرداخته شد.

امروزه تولید یک نقشه دقیق برای روند تغییرات مساحت پهنه آبی، یکی از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی و توسعه به شمار می‌آید. در دهه‌های گذشته، پایش تغییرات مساحت پهنه‌های آبی، در فاصله‌های زمانی مختلف به عنوان یک پژوهش زیربنایی مورد توجه واقع شده است، زیرا مساحت پهنه‌های آبی، ماهیتی دینامیکی داشته و مدیریت چنین محیط‌های اکولوژیکی حساسی، به کسب اطلاعات دقیق در فواصل زمانی مختلف نیاز دارد. افزایش کاهش مساحت پهنه‌های آبی کارکردی اساسی در برنامه‌ریزی منابع آبی دارد. از نظر زیست‌محیطی پهنه‌های آبی به دلیل داشتن اکوسیستم‌های حساس، اهمیت و ارزش زیادی دارند، بنابراین نیاز اساسی به ارزیابی و پایش این مناطق وجود دارد [۳ و ۴].

امروزه سنسجش از دور در علوم مختلف از جمله جغرافیا، زیست‌شناسی، هواشناسی، کشاورزی، مدیریت منابع آب و غیره کاربرد دارد. دسترسی آسان و ارزان به داده‌ها، دقت زیاد آنها، رقومی، جامع و گسترده بودن تصاویر، و برخورداری از تنوع طیفی فراوان از جمله ویژگی‌هایی است که سبب برتری سنسجش از دور، نسبت به دیگر روش‌های تأمین اطلاعات شده است. بنابراین، با استفاده از الگوریتم‌های موجود در سنسجش از دور، می‌توان گام بزرگی را در مدیریت منابع آب برداشت [۵ و ۶].

سامانه<sup>۱</sup> (GEE) از بهترین و قدرتمندترین سامانه‌های تخصصی سنسجش از دور تحت وب است، که در سال‌های

1. Google Earth Engine

۲۰۰۵ و نیز بهره‌گیری از اطلاعات جغرافیایی، فرایند تغییرات به‌وقوع پیوسته در سطح دریاچه ارومیه به وسیله استخراج نوار ساحلی را بررسی و تجزیه و تحلیل کرد [۹]. نتایج پژوهش ایشان نشان داد بیشترین میزان مساحت تحت پوشش آب دریاچه طی دوره مطالعه شده، مربوط به سال ۱۹۹۸، و کمترین مقدار آن مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی بوده است.

در پژوهش مشابه دیگری میکائیلی و همکاران از تصاویر ماهواره لندست سنجنده OLI و TM به منظور ارزیابی تغییرات پوشش بخش جنوبی دریاچه ارومیه، در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷، و شاخص NDVI و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده کردند [۱۰]. نتایج پژوهش آنها گویای افزایش درخور توجه در مساحت اراضی کشاورزی آبی، ۴۴/۱۳ و باغ، ۵۸/۱ بوده و همچنین از مساحت پهنه‌های آبی و مرتع به میزان ۵۸/۱ و ۹۴/۲۲ درصد کاسته شده است.

هاشمی تنگستانی و همکاران به آشکارسازی تغییرات کاربری، و پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان استان فارس در بازه زمانی ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۶ و از روش ترکیبی سنجنش از دور و سامانه اطلاعات مکانی، و الگوریتم بیشترین احتمال، تأثیر عامل مناطق نیمه‌خشک بر مساحت پهنه‌های آبی پرداختند [۱۱]. نتیجه کلی پژوهش آنها، نشان‌دهنده روند کاهش مساحت پهنه‌های آبی است و در رده‌بندی داده‌ها، ETM بیشترین و MSS کمترین دقت را دارد.

در تحقیقی مشابه، قادری و همکاران در پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب مقاله‌ای را با موضوع پایش تغییرات دریاچه ارومیه، در بازه ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ ارائه داده‌اند که طی تحقیق آنها، در آن بازه، دریاچه ارومیه با کاهش ۵۵ درصدی مواجه شده است [۱۲].

هشام ام و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تالاب دلتای نیل طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ بر اساس شاخص NDWI و MNDWI را بررسی کردند [۱۳]. نتایج پژوهش آنها نشان داد به علت مصارف کشاورزی، قسمت جنوبی تالاب ۴۲/۸ درصد از آب خود را از دست داده است.

کمال اوزر و همکاران طی پژوهشی سطح مخزن سد ارمنک در ترکیه را طی ۸ دوره تا زمانی که مخزن به ظرفیت کامل برسد، بر اساس مدل FEM اندازه‌گیری کردند [۱۴]. آنها از تغییرات شکل مخزن برآورد کردند که تغییرات دمای فصلی و افزایش خطی سطح آب، به

آخر، بسیاری از فرایندهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را آسان کرده است. مهم‌ترین مزیت این سامانه، تسهیل پردازش داده‌های سری زمانی است. در مطالعه یادشده با استفاده از داده‌های مربوط به تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ در این سامانه به پردازش سری زمانی ۲۰ ساله، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ محاسبات انجام شد.

در میان تمامی شاخص‌های متنوع تشخیص آب از سایر پدیده‌ها، شاخص آب تفاضلی نرمال‌شده NDWI از شاخص‌های جهانی شناخته شده است. این شاخص بر پایه این حقیقت است که باند طیفی آبی و قرمز، بیشترین جذب، و نور مادون قرمز نزدیک، کمترین جذب را از پدیده آب دارد. دامنه مقادیر NDWI بین -۱ تا +۱ است، و صفر به عنوان آستانه در نظر گرفته شد، به این صورت که اگر NDWI از صفر بیشتر باشد، نوع پدیده آب است و اگر کمتر از صفر باشد، آب نیست.

#### پیشینه تحقیق

ترابی و همکاران در تحقیقی، پایش وضعیت دریاچه بختگان و محیط اطراف آن در سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ را بررسی کردند [۷]. در پژوهش یادشده از تصاویر ماهواره لندست، و روش نظارت‌شده بیشترین شباهت، استفاده شد. همچنین، با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، کلاس‌ها طبقه‌بندی شد. در نتایج به‌دست آمده صحت کلی، و ضریب کاپا، به ترتیب ۸۹ درصد و ۰/۸۵ محاسبه شد. در پژوهش یادشده مساحت پهنه‌های آبی، به صورت چشمگیری کاهش یافته، و به سایر کلاس‌ها افزوده شده است.

قالیباف و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS، تغییرات مساحت پوشش زمین، و کاربری حوضه آبخیز دریاچه ارومیه از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ میلادی را بررسی کردند [۸]. نتایج پژوهش آنها نشان داد بیشترین کاهش مساحت کاربری، به ترتیب مربوط به پهنه‌های آبی و پوشش بیابانی، با کاهش ۱۳۸۳ و ۱۱۵۹ کیلومترمربع است. در ضمن، بیشترین افزایش مساحت کاربری و نسبت مساحت زمین‌های کشاورزی، مربوط به پهنه‌های آبی و مساحت اراضی زراعی و باغی است.

اصغری زمانی با استفاده از اطلاعات اسنادی و داده‌های سنجنش از دور مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸، ۲۰۰۲ و

شرقی مسجد سلیمان، واقع شده است. سد کارون ۱ بُتنی دوقوسی است، یعنی هم در طول و هم در ارتفاع قوس دارد. سدهای یک‌قوسی، فقط در طول قوس دارند. ارتفاع تاج سد از پی، ۱۸۸ متر و طول تاج آن ۳۸۵ متر است. عرض بدنه سد در پی ۲۸ متر و عرض تاج آن ۶ متر است. رقوم تاج سد ۵۴۲ متر از سطح دریاست و نوع سرریز آن شوت اسکی درپچه‌دار است. حجم مخزن آن ۳/۱۳۹ میلیون مترمکعب، مساحت دریاچه ۵۴/۸ کیلومترمربع و طول دریاچه ۷۵ کیلومتر است. این سد، از اولین سدهای ساخته‌شده در ایران و خاورمیانه است که ساخت بدنه آن در سال ۱۳۴۴ آغاز و تا سال ۱۳۵۴ ادامه داشت. منطقه سازمانی سد شهید عباسپور، کوشک نام دارد. حوضه اصلی آن، خلیج فارس در دریای عمان و حوضه فرعی آن، کارون بزرگ است.

نقشه حوضه آبریز سد شهید عباسپور از نقشه ۱،۲۵۰۰۰ توپوگرافی تهیه شد، که دستاورد آن حوضه آبریز بسیار وسیعی شد که از ۵ استان از جمله اصفهان، خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، چهارمحال بختیاری و فارس عبور می‌کند. مساحت حوضه آبریز ۲۶۷۷۶،۴۸۰۷۰۴ کیلومترمربع محاسبه شده و نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار Macro station رفرنس شده است. سپس، با توجه به محل سد، خط الرأس‌ها، قله‌ها، گردنه‌ها و آبریزها در محدوده حوضه آبریز ترسیم شده است. ترسیم محدوده حوضه آبریز از اولین خط الرأس در ارتفاع بالاتر از محل تاج سد شروع می‌شود و در امتداد خط الرأس ادامه می‌یابد. خط ترسیم باید به گونه‌ای باشد که همواره از خط الرأس‌ها، قله‌ها و گردنه‌ها عبور کند و محدوده‌هایی را شامل شود که آب‌های جاری در آنها از محل سد عبور کنند، خط ترسیمی در انتها به محل تاج سد می‌رسد و محدوده بسته‌ای را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

همان‌طور که مشخص است، حوضه آبریز سد شهید عباسپور، قسمت بزرگ حوضه آبریز کارون بزرگ را در بر دارد. این حوضه آبریز که از ۵ استان می‌گذرد، بخش‌های مختلفی از هر استان را در بر می‌گیرد، که عبارت‌اند از: استان کهگیلویه و بویراحمد، بخش‌های مرکزی بویراحمد، مرکزی دنا، کبگیان، پاتاوه، مارگون، دیشموک و از استان فارس، قسمت کوچکی از بخش مرکزی سپیدان و مرکزی ممسنی و از استان اصفهان، بخش‌های دناکوه، پادنا، مرکزی سمیرم، وردشت، و بخش کوچکی از مرکزی

تغییرات شکل مخزن مرتبط است. همچنین، داده‌های ژئودزیکی با تجزیه و تحلیل FEM مطابقت دارد.

لونت برای تعیین تغییر شکل در بستر سد آلتینکایا یک شبکه مرجع و ۱۱ نقطه شیء ساخت و اندازه‌گیری‌ها را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ در ۴ دوره انجام داد [۱۵]. در پژوهش یادشده اندازه‌گیری با استفاده از روش استاتیک GPS انجام شد. همچنین، از تحول وزنه‌برداری ITT و IWST حداقل مطلق جمع LAS روش آنالیز آزمون همگرایی، و فردریک برای تجزیه و تحلیل تغییر شکل دوبعدی استفاده شد.

اف ال زوانیو و همکاران برای کشف تغییرات محیطی مناطق ساحلی کشور رومانی در دریای سیاه، از سیستم سنجش از دور استفاده کرده و فرایند پردازش تصویر را به عنوان ابزاری اساسی در مطالعات محیطی ارزیابی کردند [۱۶]. کای چینگ دی و همکاران در دانشگاه اهایوی ژاپن، برای نقشه‌برداری ساحلی و شناسایی تغییرات نوار ساحلی، با استفاده از نوعی روش نقشه‌برداری نیمه‌اتوماتیک در ساحل دریاچه آری، از تصاویر ماهواره ایکانوس استفاده کردند [۱۷]. نتیجه مطالعه یادشده، استخراج دقیق خطوط ساحلی و تهیه نقشه تغییرات آن طی دوره مطالعه شده است.

در مطالعه دیگری استفان کیش سطح آب دریاچه‌های چکسون و فلوریدا را بر اساس عناصر اقلیمی بارش و تبخیر و با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی بررسی کرد [۱۸]. نتیجه مطالعه یادشده نشان داد می‌توان نوسان‌های دوره‌ای سطح آب دریاچه‌های یادشده را با فناوری‌های سنجش از دور به طور دقیق طی زمان، پایش و ارزیابی کرد.

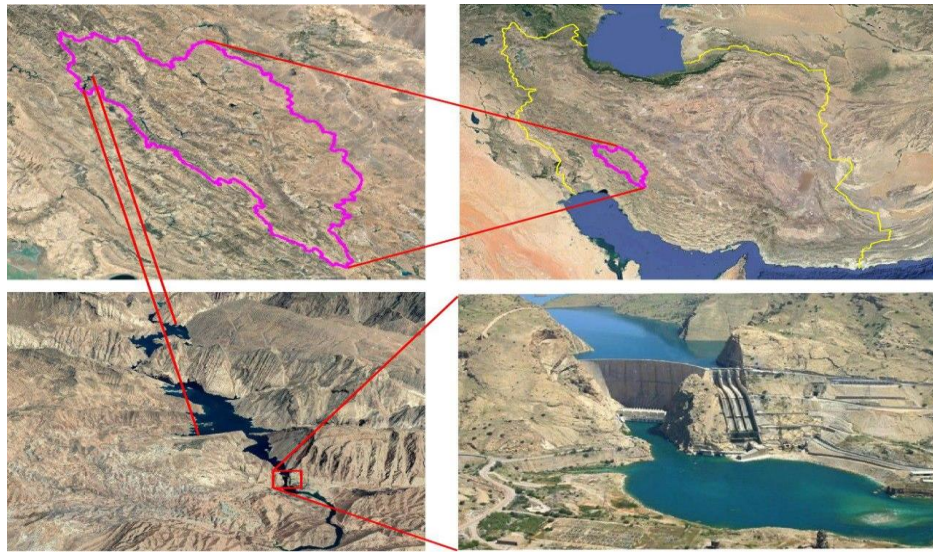
بی‌بیرام و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استانبول، نوار ساحلی بخش اروپایی شهر را مطالعه کردند [۱۹]. آنها تغییرات زمانی نوار ساحلی برای سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ را استخراج کرده و نقشه آن طی دوره مطالعه شده را ترسیم کردند.

## مواد و روش‌ها

سد شهید عباسپور یا سد کارون ۱ از بزرگ‌ترین سدهای ایران، روی رودخانه کارون در جنوب غربی ایران احداث شده است. این سد در ۳۲/۱۲ درجه شمالی، ۴۹/۶۲ درجه شرقی، در استان خوزستان و در ۵۰ کیلومتری شمال

مقدار مساحت حوضه آبریز کارون بزرگ ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع بوده و مقدار مساحت حوضه آبریز سد شهید عباسپور ۲۶۷۷۶ است. مقدار مساحت استان‌هایی که در حوضه آبریز سد شهید عباسپور قرار گرفتند: خوزستان ۳۹۹۲ کیلومتر مربع، کهگیلویه و بویر احمد ۲۵۵ کیلومتر مربع، اصفهان ۵۲۱۹ کیلومتر مربع، فارس ۱۳۶۵۴ کیلومتر مربع، چهارمحال و بختیاری (شکل ۲).

شهرضا و از استان چهارمحال بختیاری، بخش‌های فلارد، رودشت، مرکزی لردگان، منج، میانکوه، ناغان، خانه میرزا، گندمان، یلداچی، مرکزی اردل، بازفت، دوآب صمصامی، مرکزی بروجن، فرخ شهر، مرکزی کیار، مرکزی شهرکرد، جونقان، لاران، مرکزی فارسان، باباحیدر، مرکزی کوهرنگ، مرکزی بن، بخش کوچکی از مرکزی سامان و از استان خوزستان، بخش‌های دهدز، سوسن، مرکزی اینده، آبژدان، اندیکا، چلو و بخش کوچکی از شهمیون.



شکل ۱. محدوده مطالعه شده، مرز حوضه آبریز سد شهید عباسپور و موقعیت آن در ایران



شکل ۲. مرز حوضه آبریز سد شهید عباسپور در درون حوضه آبریز کارون بزرگ و ۵ استانی که در درون مرز حوضه آبریز سد وجود دارند و بخش‌های هر استان

NIR = باند مادون قرمز نزدیک

NDWI برای سنجنده OLI به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$NDWI = (band\ 3 - band\ 5) / (band\ 3 + band\ 5) \quad (2)$$

در نتیجه، عوارض آبی با ارزش رقومی مثبت بارز می‌شوند و گیاهان و خاک با ارزش رقومی صفر و منفی پنهان می‌شوند. از شاخص‌های طیفی دیگر، می‌توان از MNDWI, NDVI, WRI, NDMI, AWEI نام برد. از معیارهای کمی روش NDWI موارد زیر است:

TPR (true positive rate) 0.97, SPC (specialized palliative care) 1, PPV (positive predictive value) 1, NPV (negative predictive value) 0.98, CR (correct rate) 0.98, ER (error rate) 0.02, AUC (area under curve) 0.98

برای محاسبه این بخش ابتدا فایل حوضه آبریز سد شهید عباسپور وارد GEE شد و با استفاده از کدنویسی که یک مبنای کلی برای همه ماهواره‌ها دارد، محاسبات انجام شد. سپس، برای سال ۲۰۱۸ ماه‌های می، آوریل و مارس مساحت سطحی پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز سد شهید عباسپور محاسبه شد. همچنین، برای سال ۲۰۱۹ سه ماه یادشده پربارش برآورد شد و مساحت پهنه‌های آبی سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ با هم مقایسه شد. برای محاسبه میزان آب‌گرفتن ناشی از سیل دسامبر ۲۰۱۹ تصاویر این ماه برآورد شده و با ماه نوامبر ۲۰۱۹ مقایسه شد. با توجه به اینکه پهنه‌های آبی پدیده‌های متغیری هستند، سعی شده است تصویری که میانگین مساحت سطحی منطقه را نشان می‌دهد، تولید شود. با استفاده از زبان Java scrip که زبان GEE است، کدنویسی‌ها انجام شد. به همین منظور در ابتدای هر عنوانی که ایجاد شد، var قرار گرفت. چون لازم بود یک سری تصویر لندست تصحیح اتمسفری شده فراخوانی شود.

در GEE تمام تصاویر ماهواره‌ای از سنجنده‌های مختلف و به تفکیک کارایی و نوع تصحیح هر سنجنده قرار دارد و به صورت ID در برنامه وجود دارد، می‌توان در قسمت جست‌وجو آن‌ها را پیدا و معرفی کرد.

برای انجام پردازش، منطقه مد نظر از روی تصویر لندست معرفی شد. پس از آن، بازه زمانی مد نظر تعیین شده و تمامی تصاویری که در بازه زمانی تعیین شده از

این محاسبات با استفاده از روشی جدید در عرصه سنجنش از دور، یعنی سامانه GEE انجام شد. تا به امروز از این نوع محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند ENVI محاسبه می‌شد، که محاسبات هر یک از این پارامترها ماه‌ها به طول می‌انجامید، زیرا برای محاسبات تصاویر ماهواره‌ای، ابتدا باید تصحیح هندسی و اتمسفری انجام شود، تا از درصد خطاها کاسته شود. سپس، باید برای هر محاسبه تعداد زیادی پارامتر صورت گیرد، و تعداد زیادی تصویر با حجم زیاد تولید و طبقه‌بندی شود، تا در نهایت بتوان به یک تصویر نهایی دست پیدا کرد. این عملیات هم به زمان زیاد و هم به میزان زیاد حافظه ذخیره‌سازی برای تصاویر محاسبه شده نیاز دارد.

با استفاده از الگوریتم‌های موجود در سنجنش از دور و پارامترهای آماده موجود در GEE که مربوط به تغییرات مساحت هستند، می‌توان گام بزرگی را در مدیریت منابع آب و محیط اطراف آن برداشت. شاخص تفاضلی نرمال شده آب NDWI به منظور استخراج عوارض آبی تعریف شده است، که باندهای ۲ و ۴ تصاویر لندست ۸ را به کار می‌گیرد. شاخص NDWI برای استخراج آب با استفاده از باندهای ۳ و ۵ لندست ۷ تعریف شده است. حد آستانه صفر برای استخراج سطحی پیکره‌های آبی از ارزش‌های رقومی سطری لندست پیشنهاد شده است، به طوری که تمام مقادیر مثبت NDWI را به عنوان آب و مقادیر منفی را غیرآب طبقه‌بندی می‌کند. این شاخص، نخستین بار در سال ۱۹۹۶ توسط مک فیترز به منظور جداسازی عوارض آب‌های آزاد و بهبود بارزسازی آن‌ها در تصاویر رقومی سنجنش از دوری ارائه شده است.

NDWI یک نوع طبقه‌بندی بر اساس پردازش تصاویر و شاخص‌های طیفی است که دو بخش آب را از غیر آب جدا می‌کند و بر اساس نسبت موجود بین باندهای تصویر ماهواره‌ای میزان آبناکي بودن پیکسل را تخمین می‌زند و حد آستانه مناسب آن مقادیر مثبت است. و فرمول آن مطابق رابطه ۱ است.

$$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR) \quad (1)$$

NDWI = شاخص آب تفاضلی نرمال شده

GREEN = باند نور مرئی سبز

می‌دهند، که بین آنها سال ۲۰۰۶ بیشترین مساحت پهنه آبی را با مقدار ۲۶ کیلومتر مربع دارد.

شکل ۵ اختلاف مساحت پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز را در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ نمایش می‌دهد که بین آنها سال ۲۰۱۱ بیشترین مساحت پهنه آبی را با مقدار ۲۷ کیلومتر مربع دارد. شکل ۶ تصاویر اختلاف مساحت پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز را در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ نمایش می‌دهد، که بین آنها سال ۲۰۱۴ بیشترین مساحت پهنه آبی را با مقدار ۲۳ کیلومتر مربع دارد.

شکل ۷ تصاویر اختلاف مساحت پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز را در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ نمایش می‌دهد که بین آنها سال ۲۰۱۹ بیشترین مساحت پهنه آبی را با مقدار ۳۰ کیلومتر مربع دارد. شکل ۸ نشان داد ۲۰۱۹ پرآب‌ترین سال با مقدار مساحت ۳۰/۱۹ کیلومتر مربع و کم‌آب‌ترین سال مربوط به ۲۰۰۹ با مقدار مساحت ۶/۳۶ کیلومتر مربع است.

بارش سنگین و سیلاب بهار ۲۰۱۹ علت پرآبی این سال است. سپس، در شکل ۹ برای سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ سه ماه مارس، می و آوریل که بسیار پربارش بود و سیل عظیمی در سال ۲۰۱۹ به همراه داشت، مساحت پهنه‌های آبی مجزا برآورد شد، و برای این سه ماه یک تصویر میانه انتخاب شد که متوسط مقدار مساحت آن در سال ۲۰۱۹، ۲۲ کیلومتر مربع است.

برای سال ۲۰۱۸ هم مقدار متوسط مساحت در این سه ماه ۷ کیلومتر مربع حساب شد. در شکل ۱۰، change detection و مقایسه سال ۲۰۱۸ با ۲۰۱۹ انجام شد، که اختلاف مساحت، ۱۵ کیلومتر مربع برآورد شد. در تصویر change detection قسمت‌های سفیدرنگ حاشیه پهنه‌های آبی، نمایش‌دهنده این اختلاف است. شکل ۱۱ برای برآورد سیلاب آخرین ماه سال ۲۰۱۹ در محدوده حوضه آبریز سد شهید عباسپور، مساحت پهنه‌های آبی ماه دسامبر و نوامبر برآورد شد، تمام آبگیرها و پهنه‌های آبی و سیلاب‌ها محاسبه شد. برای ماه نوامبر، ۹۴ کیلومتر مربع و برای ماه دسامبر، ۱۱۹ کیلومتر مربع مساحت برآورد شد.

طریق سنجنده لندست از پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور گرفته شده، فراخوانی شد. سپس، مجموعه تصاویری که در این سال برای ماهواره لندست فراخوانی شده، نمایش داده شد. از آنجا که لازم بود برای این تصاویر یک تصویر میانه از همه تصاویر از شاخص NDWI ایجاد شود و به این منظور یک سری پردازش‌هایی به صورت سلسله‌وار روی تمام تصاویر تکرار شد. برای برش تصاویر و محاسبه شاخص NDWI بین باندهای blue و باند near infrared به عنوان باندهای کاربردی برای جداسازی پهنه آبی استفاده شد، که در لندست ۸ باندهای B2 و B5، و در لندست ۷ باندهای B1 و B4 است.

برای نمایش بصری تصویر میانه، min: -0.2 و max: 0.75 وارد شد. برای اینکه تصویر Contrast بهتری داشته باشد، با آزمایش بازه‌های مختلف و به صورت تجربی، به منظور اخذ نتیجه مطلوب این مقدار انتخاب شد. سپس، به جدا کردن پهنه آبی پرداخته شد تا بتوان مساحت آن را به دست آورد تا آنهایی که بیشتر از ۰/۱ هستند، مقدار ۱ بگیرند و آنهایی که کمتر از ۰/۱ هستند، مقدار صفر بگیرند. سپس، پهنه‌های آبی جدا شده و انتخاب شدند و مقدار هر پیکسل معادل مساحت آن پیکسل قرار گرفت. سپس، از داده‌ها با فرمت Tif و به صورت WGS-84 خروجی گرفته شد و در یک change detection اختلاف تصاویر به دست آمد و مشخص شد مقادیر بزرگ‌تر از صفر، مناطقی هستند که دچار تغییر شدند.

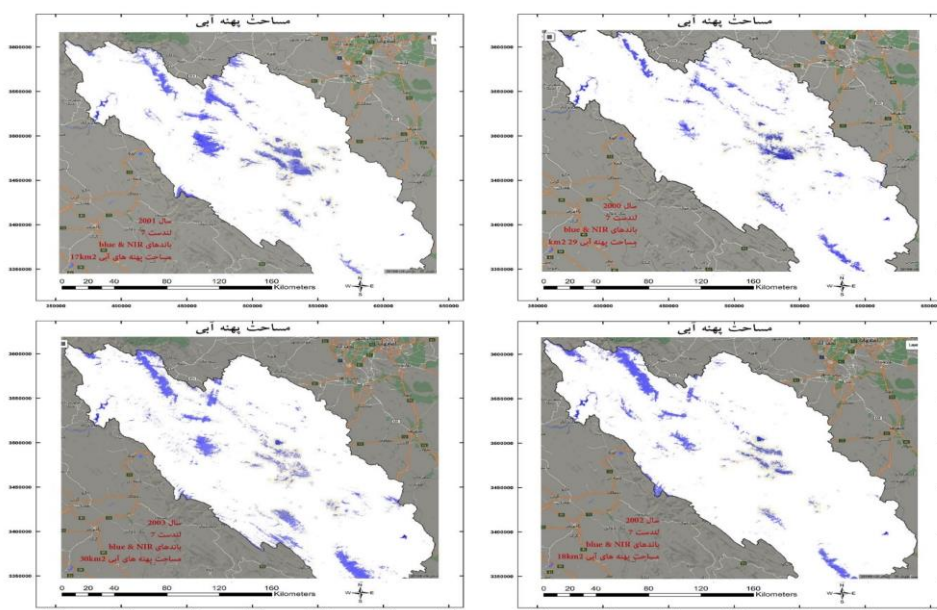
#### یافته‌ها

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور، در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ محاسبه شد. شکل ۳ اختلاف مساحت پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز را در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ در قالب تصویر نمایش می‌دهند. در این بین، سال ۲۰۰۳ بیشترین مساحت پهنه آبی را با مقدار ۳۰ کیلومتر مربع دارد. شکل ۴ اختلاف مساحت پهنه‌های آبی موجود در حوضه آبریز را در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ نمایش

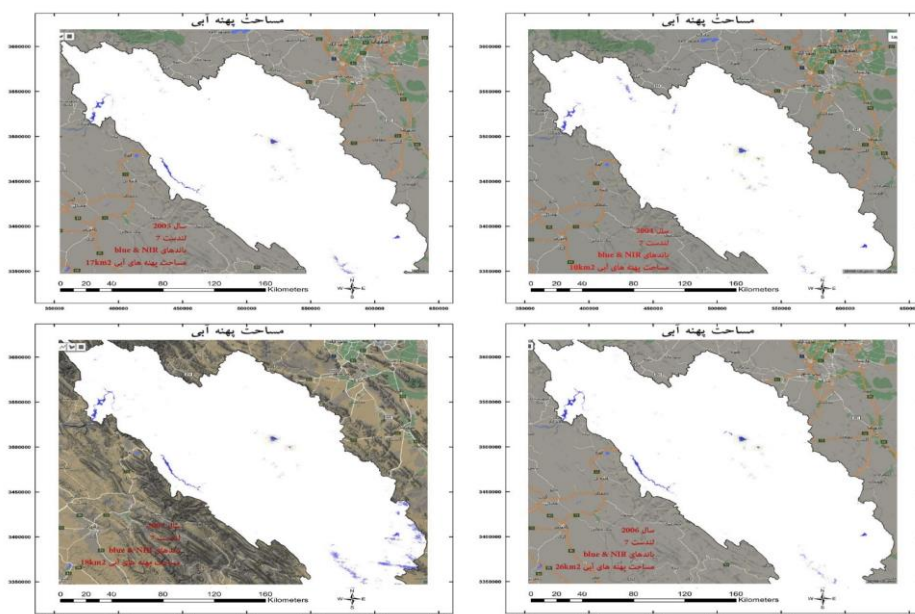


جدول ۱. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در ۲۰ سال اخیر

| سال  | مساحت | سال  | مساحت | سال     | مساحت |
|------|-------|------|-------|---------|-------|
| ۲۰۰۰ | ۲۹/۳۹ | ۲۰۰۷ | ۱۸/۵  | ۲۰۱۴    | ۲۳/۱  |
| ۲۰۰۱ | ۱۷/۱۱ | ۲۰۰۸ | ۸/۴۲  | ۲۰۱۵    | ۱۹/۲۴ |
| ۲۰۰۲ | ۲۶/۷۷ | ۲۰۰۹ | ۶/۳۶  | ۲۰۱۶    | ۲۶/۹۴ |
| ۲۰۰۳ | ۳۰/۰۹ | ۲۰۱۰ | ۱۴/۵۴ | ۲۰۱۷    | ۲۲/۱  |
| ۲۰۰۴ | ۱۰/۷۲ | ۲۰۱۱ | ۲۷/۴۳ | ۲۰۱۸    | ۱۸/۲۳ |
| ۲۰۰۵ | ۱۷/۸۳ | ۲۰۱۲ | ۲۰/۷۵ | ۲۰۱۹    | ۳۰/۱۹ |
| ۲۰۰۶ | ۲۶/۷۷ | ۲۰۱۳ | ۲۲/۲۸ | بیشترین | ۳۰/۱۹ |
|      |       |      |       | کمترین  | ۶/۳۶  |

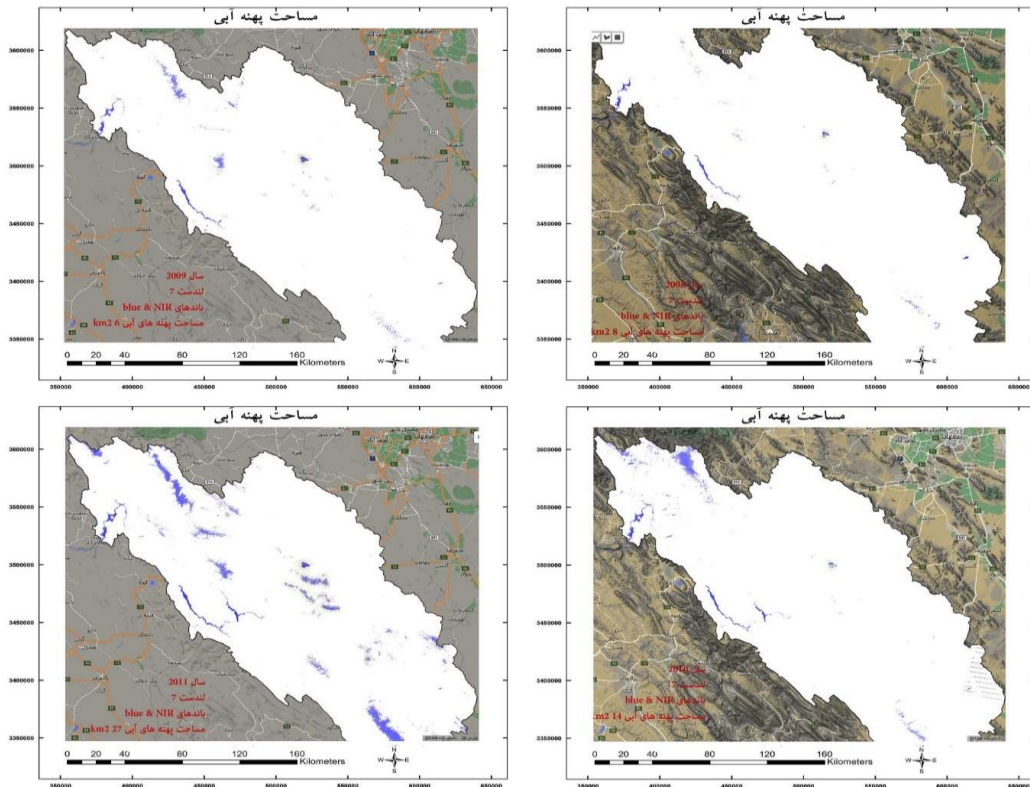


شکل ۳. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در تصاویر لندست سال ۲۰۰۰ - ۲۰۰۳

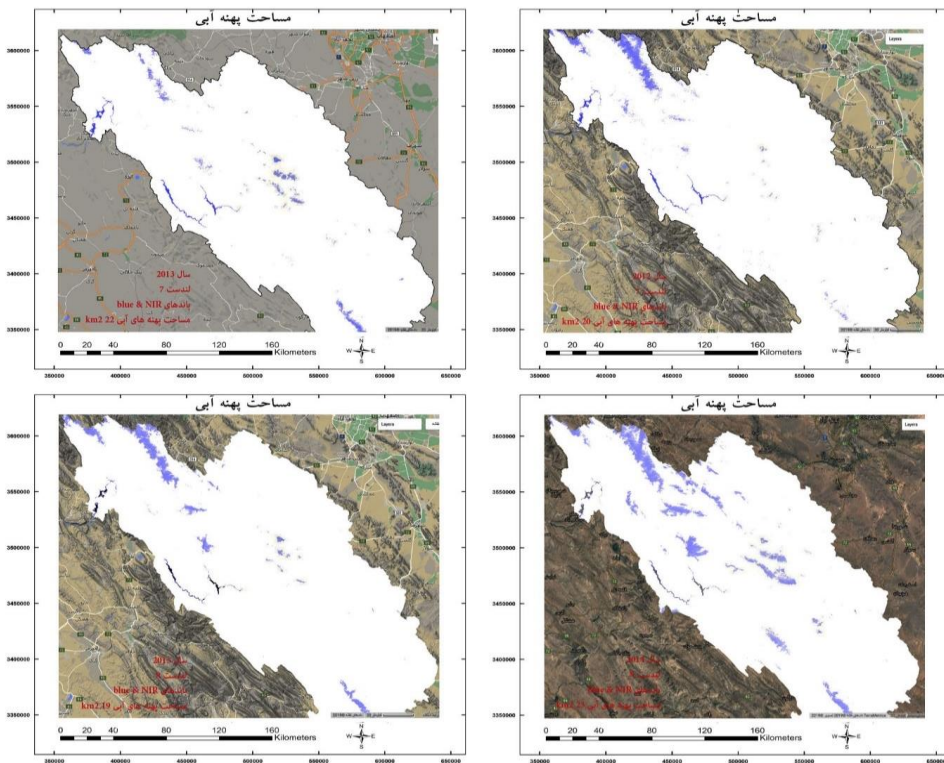


شکل ۴. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در تصاویر لندست سال ۲۰۰۴ - ۲۰۰۷

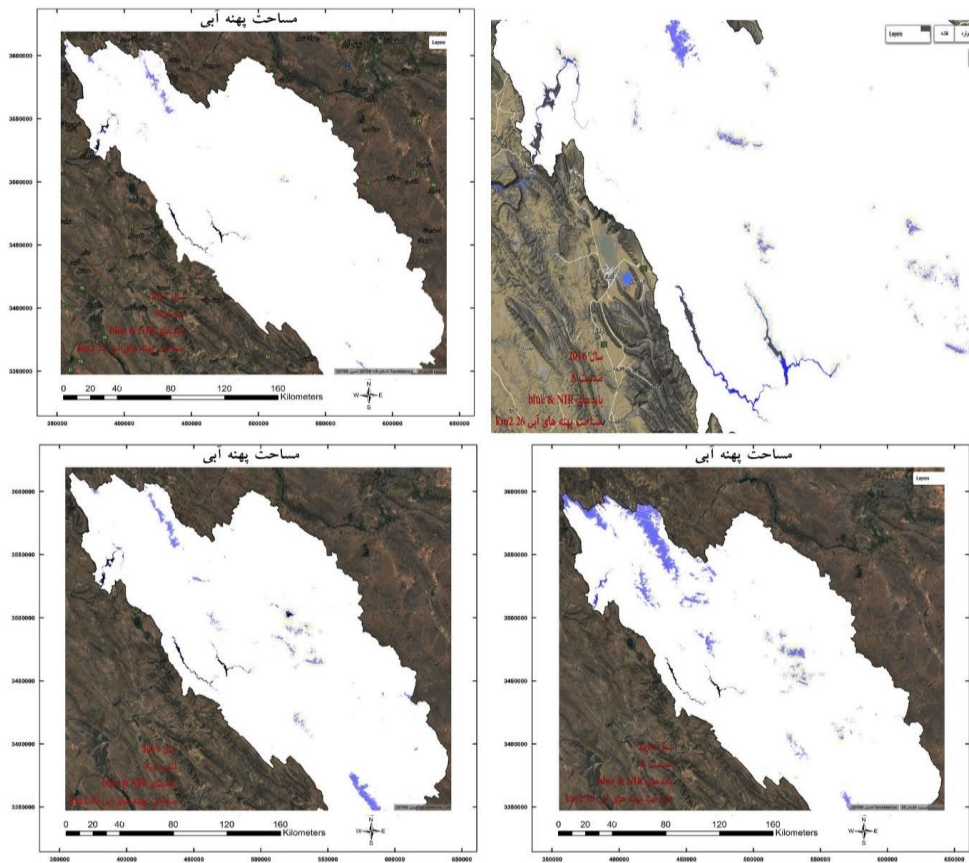




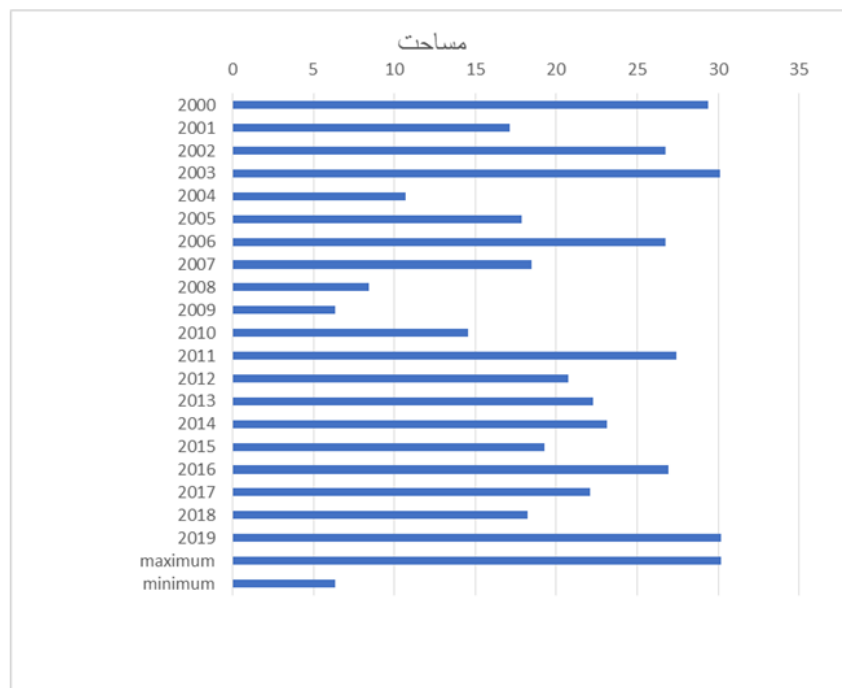
شکل ۵. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در تصاویر لندست سال ۲۰۰۸ - ۲۰۱۱



شکل ۶. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در تصاویر لندست سال ۲۰۱۲ - ۲۰۱۵

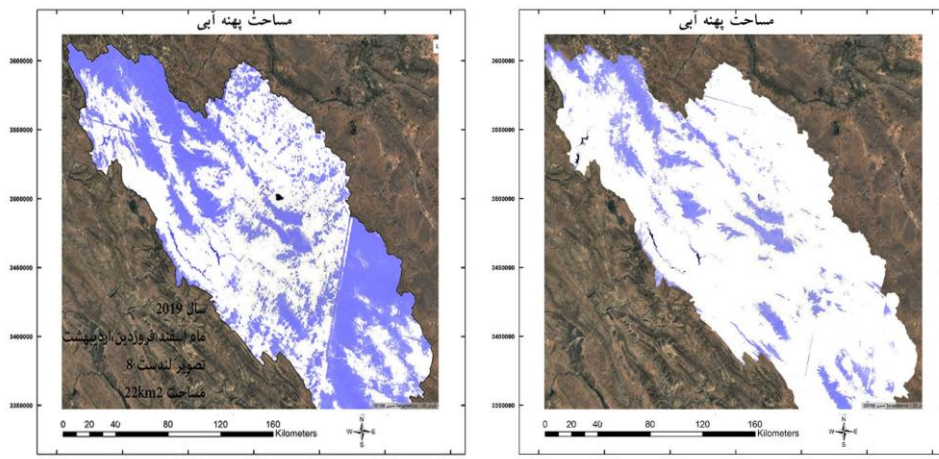


شکل ۷. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در تصاویر لندست سال ۲۰۱۶ - ۲۰۱۹

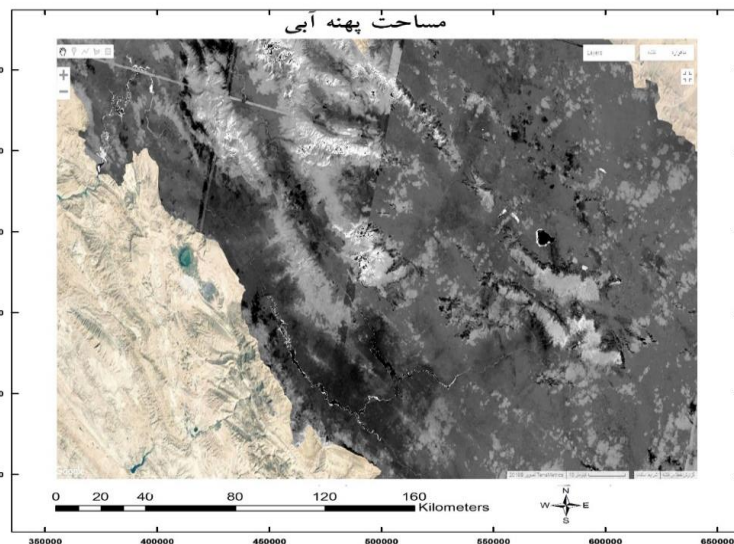


شکل ۸. مقدار مساحت پهنه‌های آبی حوضه آبریز سد شهید عباسپور در ۲۰ سال اخیر

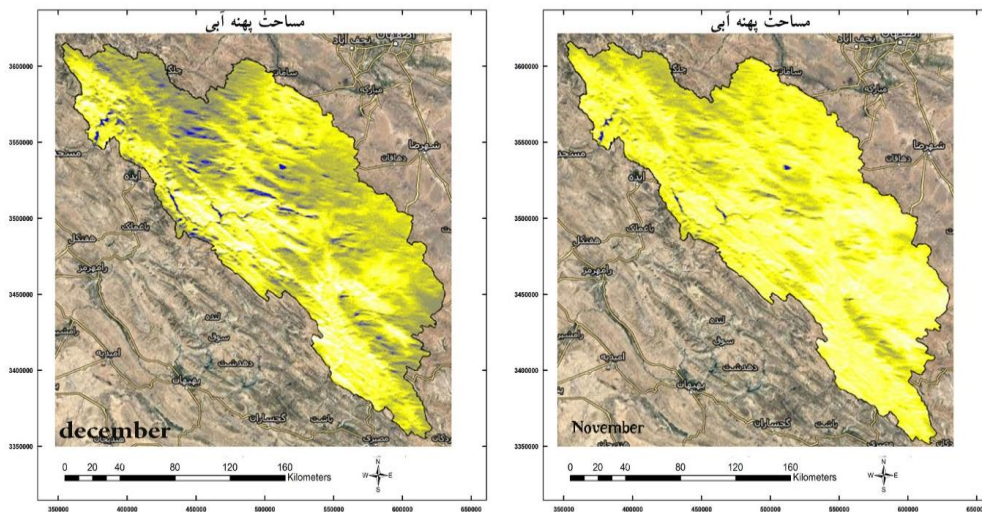




شکل ۹. تصویر میانه مساحت پهنه‌های آبی برای سه ماه می، آوریل و مارس ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹



شکل ۱۰. تصویر اختلاف مساحت سه ماه می، آوریل و مارس در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹



شکل ۱۱. مقدار مساحت پهنه‌های آبی در نوامبر و دسامبر ۲۰۱۹ محدوده حوضه آبریز سد شهید عباسپور

### بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و محاسبه‌های google earth engine و شاخص NDWI نتایج دقیقی به دست آمد، که می‌تواند روشی مناسب، کم‌هزینه و سریع برای پایش و ارزیابی تمامی پهنه‌های آبی موجود در جهان باشد. تا کنون تمامی پردازش‌های سنجش از دوری از طریق صرف زمان طولانی و استفاده از حجم زیادی از داده برای دریافت و ذخیره تصاویر صورت می‌گرفت، که این مسئله از ارزش زیاد پردازش‌های سنجش از دوری می‌کاست. اما با به‌کارگیری سامانه تحت وب GEE مشخص شد، پروژه‌های که انجام آن ماه‌ها زمان لازم داشت، با صرف زمان فقط چند دقیقه پردازش می‌شود.

شایان یادآوری است که ساخت کدهای دستوری مناسب و انتخاب تصاویر و الگوریتم‌های مناسب برای دستیابی به نتیجه مطلوب هم زمان مربوط به خود را لازم دارد. می‌توان با ساخت یک نرم‌افزار تحت وب داده‌های برآورده‌شده روزانه پهنه‌های آبی را در اختیار ارگان‌های ذی‌ربط و محققان و ساکنان منطقه قرار داد، که این دستاوردی مهم و کاربردی برای جامعه است. طی برآورد مساحت پهنه‌های آبی سری زمانی ۲۰ سال اخیر نتایج نشان می‌دهد سال ۲۰۱۹ به علت بارش‌های بی‌سابقه و سیلاب‌های عظیم که سبب خرابی و مشکلات متعددی شده، پرآب‌ترین سال بوده است.

برای مدیریت دقیق و کارآمد و جلوگیری از تخریب و مشکلات بعدی برآورد روزانه این آبگیرها، سدها، تالاب‌ها و دیگر پهنه‌های آبی امری ضروری و حیاتی برای توسعه پایدار است. این برآورد روزانه با روشی که در تحقیق حاضر مطرح شد با هزینه کم و زمانی کوتاه، یعنی با اعمال کدهای دستوری مناسب فقط در چند دقیقه به وسعت جهانی قابل انجام است.

پهنه‌های آبی، بعد از بارش‌های سیلابی نیاز به نظارت دقیق‌تر و مستمر دارد تا بتوان از وقوع اتفاقات احتمالی و ایجاد خسارت به روستاها و مناطق شهری و زمین‌های کشاورزی اطراف پهنه‌های آبی جلوگیری کرد. این تحقیق نکات کلیدی و کاربردی بسیار مهمی را برای مسئولان و مهندسان و محققان مطرح کرده است، تا با استفاده از آن بتوان به توسعه پایدار دست یافت. نتایج نشان داد با استفاده از شاخص NDWI و باندهای Blue و NIR

لندست ۷ و ۸ و مقدار بین ۱- تا ۱+ تشخیص پهنه‌های آبی، بسیار دقیق است.

در نتایج به‌دست‌آمده، مساحت حوضه آبریز سد شهید عباسپور ۲۶۷۷۶،۴۸۰۷۰۴ کیلومتر مربع است. طی ۲۰ سال اخیر سال ۲۰۱۹ با مقدار مساحت ۳۰/۱۹ کیلومتر مربع، بیشترین مقدار مساحت پهنه آبی و سال ۲۰۰۹ با مقدار مساحت ۶/۳۶ کیلومتر مربع، کمترین مقدار مساحت پهنه آبی را در این منطقه دارد. و در سه ماه می، آوریل و مارس در سال ۲۰۱۹ مقدار متوسط مساحت پهنه‌های آبی ۲۲ کیلومتر مربع برآورد شد. در همین سه ماه پربارش در سال ۲۰۱۸ مقدار متوسط مساحت ۷ کیلومتر مربع برآورد شد، که نشان‌دهنده بارش سنگین و حجم زیاد انباشت آب در سال ۲۰۱۹ است.

در آخرین پردازش به علت دومین سیل سال ۲۰۱۹ دو ماه نوامبر و دسامبر این سال محاسبه شد، که نتایج نشان داد مقدار متوسط مساحت در ماه نوامبر، ۹۴ کیلومتر مربع و در ماه دسامبر، ۱۱۹ کیلومتر مربع است که افزایش ۲۵ کیلومتر مربع در یک ماه را نشان می‌دهد.

### منابع

- [1]. Goodarzi Z, Vafaeinejad A. Using Shuffled Frog-Leaping Algorithm (SFLA) And Geospatial Information System (GIS) To Help Optimally Operation Of The Dam Reservoir (Case Study: Dorudzan Dam Reservoir). Iranian Journal of EcoHydrology. 2020; 6(4): 983-991 [Persian]
- [2]. Vafaeinejad A, Yousefzade J, Yousefi H, Mohammadi N. Using GIS and Linear Programming to Manage Water Distribution in Irrigation Networks (Case Study: Downstream Lands of Aq-chay Dam): Iranian Journal of EcoHydrology. 2014; 1(2): 123-132 [Persian]
- [3]. Vafaeinejad A. Cropping Pattern Optimization by Using of TOPSIS and Genetic Algorithm Based on the Capabilities of GIS. Iranian Journal of EcoHydrology. 2016; 3(1): 69-82 [Persian]
- [4]. Mohammadi Varzaneh N, Vafaeinejad A. Water Allocation in Irrigation Networks by using of Decision Support System Based on the Geospatial Information System (GIS) and Particle Swarm Optimization (PSO). Iranian Journal of EcoHydrology. 2015; 2(1): 39-49 [Persian]

- [5]. Salehi y, Azizi Z, Aghamohamadi H. Site selection of aquifers of Ghorveh pasture areas using satellite images; Iranian Journal of EcoHydrology, 2017; 4(3): 861-871 [Persian]
- [6]. Goodarzi M, Pourhashemi M, Azizi Z. Investigation on Zagros forests cover changes under the recent droughts using satellite imagery, Journal of Forest Science, 2019; 65(1), 9-17
- [7]. Torabi Gh, Aghamahammadi Zanjirabad H, Behzadi S. Monitoring the status of Bakhtegan Lake and surrounding areas using satellite imagery and computational intelligence, Iranian Journal of EcoHydrology, 2018; 5(1): 251-263 [Persian]
- [8]. Ghalibaf M, Alipour H, Ghaliouf A, Kortua M, Mokhtari M. Survey of Land Cover Area and Land Use Changes in Urmia Lake Watershed Using MODIS Images. Iranian journal of hydrogeomorphology. 2019; 6(5): 97-113 [persian]
- [9]. Asghari A, Evaluation of Urmia Lake Surface Changes as a Deep Environmental Challenge Over Northwest Iran. Iran in Fazaye Geography. 2013; 41: 77-91 [Persian]
- [10]. Mikaeily KH, Sobhani B, Varamesh S. Evaluation of Changes in Coverage of South Urmia Lake Using Satellite Images. Iranian journal of Scientific Journals Management System. 2019 [Persian]
- [11]. Alsheikh A, Mohammadi A, Ghorbanali A. Lake shoreline monitoring using Remote Sensing. Iranian journal of Scientific Journals Management System, 2015; 4(5): 9-24 [Persian]
- [12]. Ghaderi K, Javadi M, Gholami SH. Monitoring of Urmia Lake Water Level Changes Using MODIS Images and NDWI Index from 2002 to 2013. Iranian Water Resources Management Conference. 2013 [Persian]
- [13]. Hesham M, Asmar El, Mohammed E, Hereher, Sameh B, Kafrawy El. Surface area change detection of the burullus lagoon, north of the Nile delta, Egypt, using water indices a remote sensing approach. The Epyptial journal of remote sensing and space science. June 2013; 16(1): 119-123
- [14]. Cemal ozar y, Salih A, Ayhan C. Displacement response of a concrete arch dam to seasonal temperature fluctuations and reservoir level rise during the first filling period: evidence from geodetic data. Geomatics natural hazards and risk. 2016; 17(4): 1489-1505
- [15]. Levent Ta. Analysis of dam deformation measurements with the robust and non-robust methods. Academic Journals. 2010;5. 1770-1779
- [16]. Zavoianu A, Caramizoiu D. Study and accuracy assessment of remote sensing data for Environmental change detection in Romanina coastal zone of the Black sea; Faculty of Geodesy, Technical University of Engineering Bucharest, Romania, 2001
- [17]. Kaichang Di, Ruijin Ma, Jue Wang, Ron Li, Coastal mapping and change detection using high resolution IKONOS satellite imagery, Japan- Ohio, 2004
- [18]. Tephfen A. A remote sensing and GIS Study of Lont Term water mass balance lake Jackson, College of Engineering Science Technology & Agriculture. Florida, U.S.A, 2002
- [19]. Bayram B, Bayraktar H, Helvaci C, Acar U; Coast line change detection using corona, SPOT and IRS ID Images. Turkey Istanbul. 2004