

بررسی تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: تالاب‌های شهرستان پلدختر، استان لرستان)

رضا خسروی^۱، رضا حسن‌زاده^{۲*}، مهدیه حسین‌جانی‌زاده^۲، صدیقه محمدی^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور زمین‌شناختی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه

تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲. استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و

فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۹/۱۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۱۲/۱۹)

چکیده

زیستگاه‌های تالابی مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کره زمین هستند و نتایج بررسی تغییرات تالاب‌ها، یکی از نیازهای اساسی در مدیریت منابع طبیعی این زیست‌بوم‌های طبیعی است. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی و مقایسه تغییرات تالاب‌های شهرستان پلدختر طی چهار دهه گذشته (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و کاربرد ۷ شاخص پهنه آبی و گوگل ارث انجین است. این شاخص‌ها شامل AWEInsh، AWEIsh، NDWI، MNDWI، NDWI plus VI، mNDWI، plus VI، LSWI plus VI می‌شود و در گوگل ارث انجین از Landsat Water Product استفاده شده است. نتایج به دست آمده جنبه‌های مختلفی از توزیع فضایی و زمانی پهنه آبی تالاب‌ها را در ۳۳ سال اخیر ترسیم می‌کند. مرز پهنه آبی تالاب‌ها با استفاده از شاخص‌های یادشده و سرویس گوگل ارث انجین استخراج شد و سپس، با داده‌های واقعی محدوده تالاب‌ها مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های AWEInsh و AWEIsh با صحت کلی ۹۹/۳۹ و ۹۹/۱۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۴ و ۰/۹۱ بهترین شاخص‌ها برای تعیین پهنه آبی هستند و اعتبارسنجی نتایج به دست آمده از سرویس گوگل ارث انجین نشان‌دهنده ۸۷ درصد صحت کلی و ضریب کاپای ۰/۸۶ است. این نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های آب و گوگل ارث انجین ابزاری مفید برای شناسایی روند افزایشی و کاهش سطح آب تالاب‌ها هستند که می‌توانند برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را در حفاظت و مدیریت منابع طبیعی در منطقه مطالعه شده یاری رسانند.

کلیدواژه‌گان: آب‌های سطحی، تالاب‌های پلدختر، تصاویر لندست، شاخص پهنه‌های آبی، Engine Google Earth.

مقدمه

زیستگاه‌های تالابی مهم‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی کره زمین هستند و نتایج به دست آمده از بررسی تغییرات تالاب‌ها، یکی از نیازهای اساسی در مدیریت منابع طبیعی است. امروزه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بسیاری از تجزیه و تحلیل‌های سری زمانی به راحتی امکان پذیر است و مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. Emadi و همکاران (۲۰۱۰) روند تغییرات تالاب انزلی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد تالاب انزلی طی دوره ۱۰ ساله، دچار تخریب شده و تغییرات پدیده‌های مرتبط با آن مانند مساحت بخش آبگیر تالاب و نوع پوشش گیاهی به سمت افزایش تغذیه‌گرایی پیش رفته است [۱]. Kwang و همکاران (۲۰۱۸) نیز به مطالعه شاخص‌های AWEIsh^۱، MNDWI^۲ و NDWI^۳ روی تصاویر لندست سنتینل پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد عملکرد تصاویر سنتینل در استخراج پهنه‌های آبی بهتر از لندست است [۲]. Ozchlik و Sarpa (۲۰۱۷) از شاخص‌های NDWI، MNDWI، AWEI و روش طبقه‌بندی SVM^۳ برای استخراج آب روی تصاویر TM و ETM استفاده کردند. نتایج پژوهش آنها نیز بر کارایی شاخص MNDWI و روش طبقه‌بندی SVM تأکید داشت [۳]. Zhi و همکاران (۲۰۱۶) تحقیقی در زمینه آب‌های زلال، گل‌آلود و آلوده انجام دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد شاخص AWEI_sh و NDWI به ترتیب با صحت کلی ۹۸/۵۵، ۹۵/۵۰ و ۹۶/۶۱ درصد بیشترین صحت را برای شناسایی آب‌های زلال، گل‌آلود و آلوده دارند [۴]. بررسی‌های Winter و همکاران (۲۰۰۱) و Syphard و Garcia (۲۰۰۱) نشان داد مساحت پهنه آبی بسیاری از تالاب‌ها در سراسر جهان به دلایلی مانند افزایش جمعیت و استفاده آب در بالادست، انحراف آب، سدسازی، بیابان‌زایی، تغییرات آب‌وهوایی و سیاست‌های نادرست به شدت کاهش یافته است. بیش از ۸۱ درصد مساحت تالاب‌ها از طریق تبدیل به زمین‌های کشاورزی طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ از بین رفته است [۵-۷]. استفاده از فنون دورسنجی از مهم‌ترین و دقیق‌ترین ابزارهای انجام این پایش است که می‌تواند تا حد زیادی در پیش‌بینی

وضعیت آینده تالاب‌ها با توجه به پیشینه رخ داده در منطقه راهگشا باشد [۸].

طی دهه‌های اخیر، مناطق آبی در مقیاس ناحیه‌ای، منطقه‌ای، قاره‌ای و جهانی با استفاده از داده‌های AVHRR [۹ و ۱۰]، MODIS [۱۱]، Landsat و Sentinel [۱۲] بررسی شده‌اند. روش‌های شناسایی سطح پهنه‌های آبی بیشتر به روش‌ها و الگوریتم‌های طبقه‌بندی برای استخراج سطح آب و شاخص‌های آبی تقسیم می‌شوند [۱۳]. روش‌های طبقه‌بندی شامل مدل‌های مخلوط طیفی و طبقه‌بندی حداکثر احتمال [۱۴] و روش‌های هوش مصنوعی [۱۲ و ۱۵] می‌شوند که برای انتخاب داده‌های آموزشی به دانش و مهارت کاربر متکی اند. الگوریتم‌های استخراج سطح آب می‌توانند از داده‌های چندطیفی و فراتیفی ماهواره‌ای [۱۶] استفاده کنند که بر اساس محدوده طیفی استفاده شده در شاخص و همچنین هدف شاخص، انواع مختلفی از شاخص‌های آبی توسعه یافته‌اند [۱۷ و ۱۸]. شاخص‌های آبی چند باند از دو باند برتر هستند، زیرا از مزایای انعکاس‌پذیری متفاوت اطلاعات طیف بین آب و سایر پوشش‌های زمینی بهره می‌برند [۱۳ و ۱۹].

از دیگر منابع اطلاعاتی و نرم‌افزارهای استفاده شده در پایش زمانی تغییرات کاربری اراضی و تغییرات سطح پهنه‌های آبی، می‌توان به سامانه تخصصی سنسجس از دور تحت وب مانند سامانه گوگل ارث انجین (GEE) Google Earth Engine اشاره کرد. این سامانه توانسته است بسیاری از فرایندهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را در سال‌های اخیر آسان کند. در سامانه گوگل ارث انجین امکان استخراج اطلاعات منابع آبی مانند مساحت سطح آب، رطوبت سطحی و زیرسطحی، بارش باران، نسبت پوشش برف، عمق برف، آب معادل برف، رواناب، آب زیرزمینی، تبخیر و تعرق، آشکارسازی مناطق سیل‌زده و پایش خشک‌سالی فراهم است و تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. در حال حاضر، ابزارهای مبتنی بر سیستم‌های عامل محاسبات ابری^۴ برای پردازش داده‌های جغرافیایی در مقیاس بزرگ و بدون نیاز به تخصص فنی درخور توجهی طراحی شده‌اند، که (GEE)^۵ یکی از این پلتفرم‌های مبتنی بر محاسبات ابری^۶ است که می‌تواند

4. Cloud computing operating systems
5. Google Earth Engine
6. Cloud computing platform

1. Automated Water Extraction Index
2. Modified Normalized Difference Water Index
3. Support Vector Machine

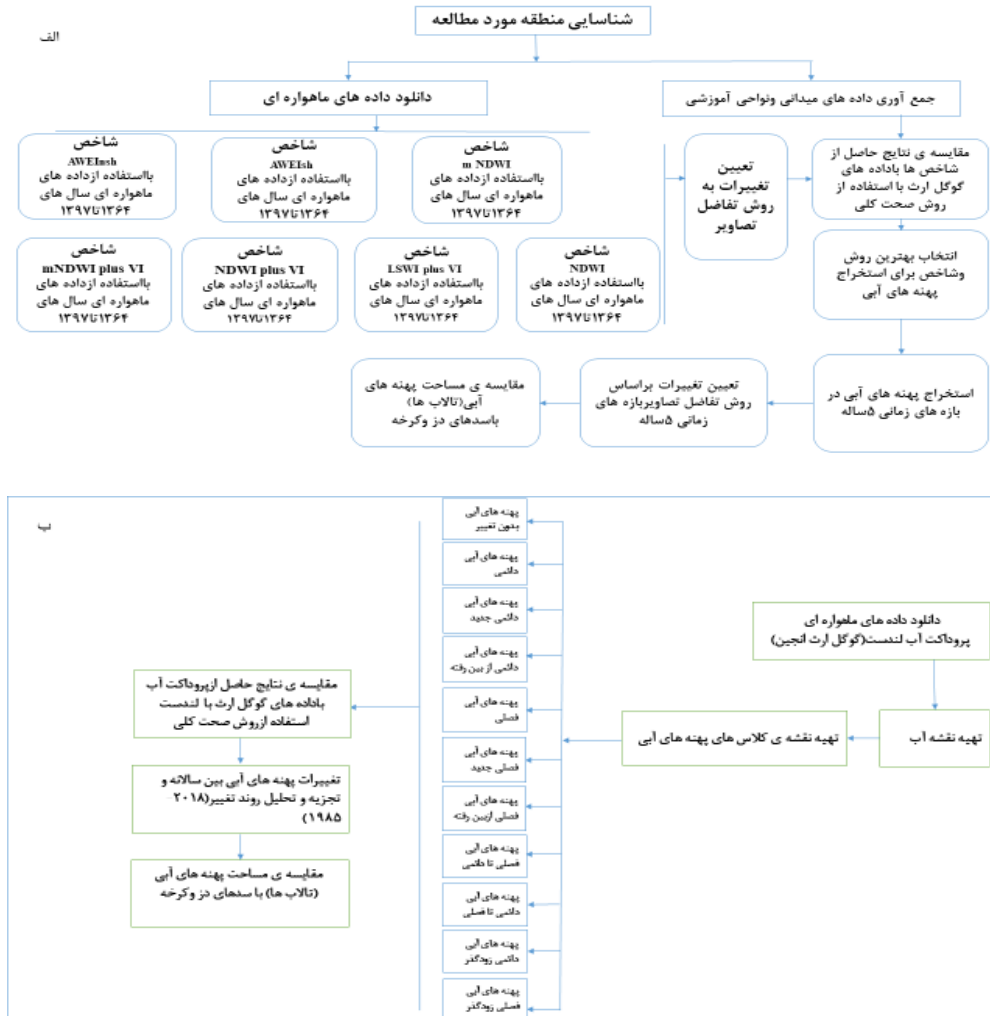
انجام تحلیل پیش رو، یافتن میزان کارایی گوگل ارث انجین در تعیین سطح پهنه‌های آبی و تحلیل روند افزایشی و کاهش‌ی سطوح پهنه‌های آبی طی دوره مد نظر است. به این منظور، با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره لندست طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ و تقریباً بازه زمانی مشابه در گوگل ارث انجین از ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ با استفاده از محصول آبی لندست^۱، داده‌های سرور گوگل و مطالعات میدانی، پویایی مکانی پهنه‌های آبی تالاب‌ها در منطقه مطالعه شده ارزیابی می‌شوند.

مواد و روش‌ها

بررسی تغییرات پهنه آبی تالاب‌ها در منطقه پلدختر و سدهای دز و کرخه با استفاده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین بر اساس شکل ۱ ارزیابی شده است.

داده‌های موجود در پایگاه داده را پردازش کرده و نتایج مناسب را ارائه کند. پایگاه داده عظیمی از تصاویر لندست برای تحلیل جامع تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌های آبی از ژانویه ۲۰۰۸ آماده شده است [۲۰ و ۲۱]. GEE برای تحلیل تغییر کاربری اراضی در مناطق شهری در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و جهانی [۲۲ و ۲۳]، در ارزیابی تغییرات جنگل‌ها، مناطق ساحلی، جنگل‌های مانگرو [۱۹]، در ارزیابی مناطق کاشت محصولات زراعی [۲۴] و در ارزیابی تغییرات پهنه‌های آبی [۲۵] استفاده شده و نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است.

بنابراین، در تحقیق حاضر روند تغییرات تالاب‌ها و سدها در منطقه مطالعه شده طی دوره ۳۳ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست و همچنین در بازه زمانی مشابه با استفاده از تصاویر گوگل ارث انجین ارزیابی می‌شوند. هدف از

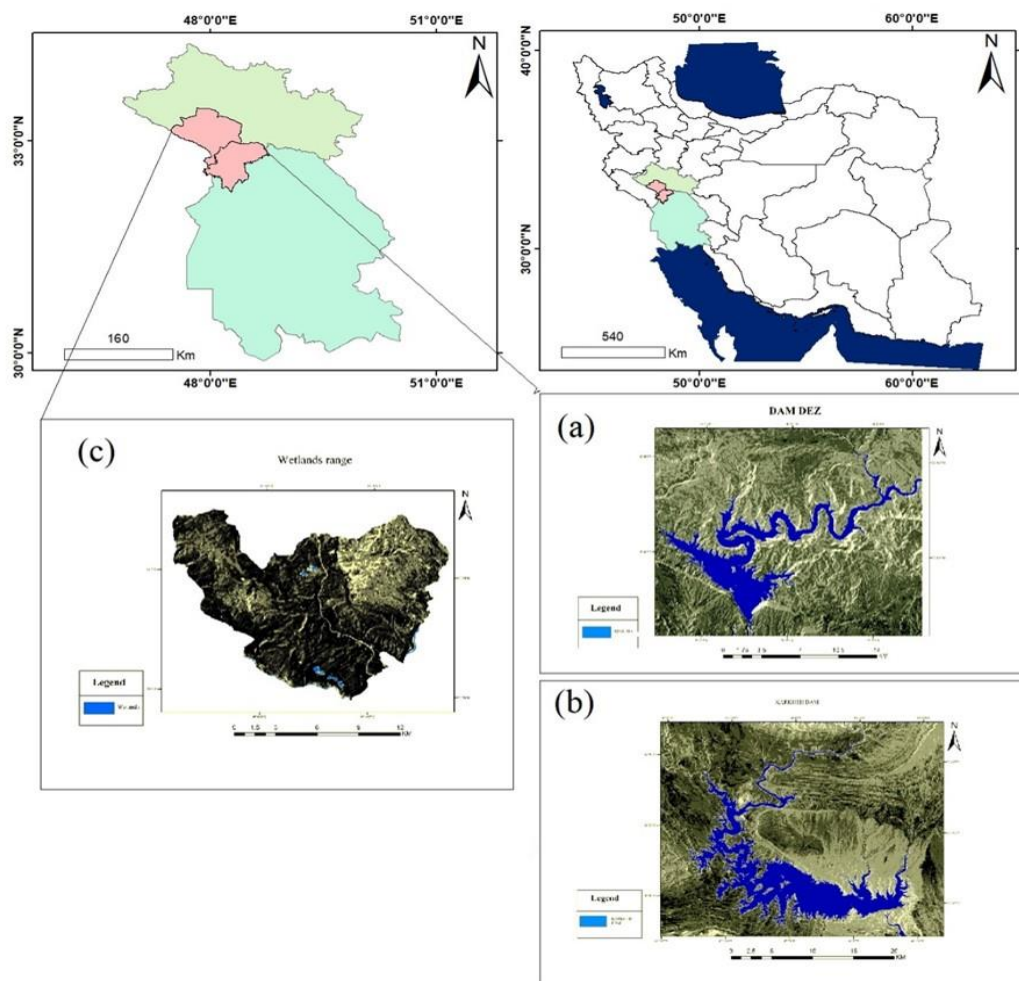


شکل ۱. روش انجام تحقیق برای نقشه‌برداری سطوح پهنه‌های آبی: الف) با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ و ب) گوگل ارث انجین (GEE)

نیمه خشک است، ولی برخی نواحی آن بسیار سرد است. مقدار بارش سالانه به طور متوسط ۴۵۰ میلی متر است. منطقه مطالعه شده از نظر جغرافیایی در ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۲ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. همچنین، برای تحلیل نتایج پردازش تصویر دو پهنه آبی بزرگ در منطقه شامل سد کرخه و سد دز مطالعه شده‌اند (شکل ۲).

معرفی منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده در بخش شرقی استان لرستان قرار گرفته است که شامل شهرستان پلدختر که تالاب‌های فصلی و دائمی همچون گری بلمک، گری جمجمه، تکانه، لفانه، کبود و زردابه دارد، می‌شود. این تالاب‌ها زیستگاه پرندگان هستند و گیاهانی همچون سرخس آبی، پونه، یونجه، شبدر، جلبک سبز، شقایق و خارستر دارند. شرایط آب‌وهوایی استان نسبتاً گرم و



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعه شده: سد دز (a)، سد کرخه (b)، محدوده تالاب‌ها (c)

تغییرات انسانی در مدت زمان ۵۰ ساله را دارند. در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره سری لندست ۵ سنجنده TM و لندست ۸ سنجنده OLI برای ارزیابی میزان تغییرات مساحت پهنه‌های آبی در منطقه مطالعه شده استفاده شده است. شایان یادآوری است این تصاویر در پایگاه سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) قابل دسترسی هستند. تصاویر ETM+ به دلیل نقص در برداشت این اطلاعات از سال ۲۰۰۳ استفاده نشده‌اند. در پژوهش حاضر ۷ تصویر

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز

داده‌های مورد نیاز شامل تصاویر ماهواره لندست و همچنین تصاویر گوگل ارث انجین است که هر یک در زیر شرح داده می‌شوند.

الف) تصاویر ماهواره لندست

تصاویر ثبت‌شده با ماهواره‌های سری لندست با توجه به سابقه طولانی و استمرار داده‌های برداشت‌شده قابلیت ثبت

د) داده‌های واقعی

به‌منظور ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای لندست، داده‌های واقعی برای تحقیق حاضر از طریق مطالعات میدانی و گوگل ارث^۱ به دست آمدند، به طوری که تعداد ۵۵۰ نقطه برای تعیین کلاس آب و غیر آب از روی تصویر گوگل ارث به صورت نقاط^۲ ROI مشخص شدند.

روش‌های پردازش اطلاعات**شاخص‌های آبی**

این شاخص‌ها بر اساس میزان حساسیت بازتاب‌های مختلف در محدوده طیفی بین آب و سایر پوشش‌های زمینی طراحی شده‌اند که در اینجا درباره هر یک توضیح داده می‌شود (جدول ۳).

الف) شاخص تفاضل نرمال شده آب (NDWI)

این شاخص برای به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج سبز، به حداقل رساندن بازتاب کم NIR با ویژگی‌های آب و بازتاب زیاد NIR توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است. جایی که NIR و GREEN به ترتیب مقادیر بازتابی طیفی به دست آمده در بخش مادون قرمز نزدیک و سبز طیف الکترومغناطیسی هستند. مقادیر NDWI بین -۱ تا +۱ است که مقادیر منفی یا نزدیک به صفر به معنای بدون آب است، در حالی که مقادیر نزدیک به +۱ نشان‌دهنده رطوبت بسیار زیاد است. شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI) برای ترسیم ویژگی‌های آب اعمال شده است [۲۷].

$$NDWI = (B_{green} - B_{NIR}) / (B_{green} + B_{NIR}) \quad (1)$$

ب) شاخص تفاضل نرمال شده آب اصلاح شده (MNDWI)

این شاخص به منظور بارز کردن ویژگی‌های آب در تصاویر طراحی شده است که می‌تواند به خوبی مناطق آبی مختلط با پوشش گیاهی و مناطق شهری را بارزسازی کند [۱۸].

$$mNDWI = (B_{green} - B_{SWIR-1}) / (B_{green} + B_{SWIR-1}) \quad (2)$$

طی دوره ۱۹۸۵-۲۰۱۸ میلادی دانلود شد (جدول ۱). به دلیل نبود ابر و همچنین، آفتابی بودن فصل تابستان، ماه آگوست برای اخذ تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شده است، اما به علت نبود بعضی تصاویر در این ماه، از نزدیک‌ترین ماه‌های به این ماه برای گرفتن تصاویر استفاده شده است.

جدول ۱. تصاویر ماهواره لندست

ماهواره	سنجنده	زمان اخذ تصویر
لندست ۵	TM	۱۹۸۶/۰۴/۱۳
لندست ۵	TM	۱۹۹۰/۱۲/۰۴
لندست ۵	TM	۱۹۹۵/۰۹/۲۹
لندست ۵	TM	۲۰۰۰/۰۹/۲۶
لندست ۵	TM	۲۰۰۹/۱۱/۰۶
لندست ۸	OLI	۲۰۱۵/۰۹/۲۰
لندست ۸	OLI	۲۰۱۸/۰۷/۱۰

ب) تصاویر گوگل ارث انجین

این داده‌ها شامل ۱۲ تصویر تصاویر لندست ۵، ۷ و ۸ می‌شود که طی ۱۶ مارس ۱۹۸۴ تا ۱۰ اکتبر ۲۰۱۸ گرفته شده و به صورت یک تصویر ۱۲ بانده در گوگل ارث انجین ارزیابی شده‌اند (جدول ۲)، به طوری که هر پیکسل با استفاده از یک سیستم خبره هوشمند به آب یا غیر آب طبقه‌بندی می‌شود. کلیه داده‌ها در اینجا تحت برنامه Copernicus تولید شده و بدون محدودیت و به صورت رایگان مورد استفاده همگانی قرار گرفته است [۲۶]. همچنین، داده‌های پروداکت آب ماهواره لندست در گوگل ارث انجین استفاده شده است.

جدول ۲. تصاویر استفاده شده در گوگل ارث انجین

ماهواره	سنجنده	زمان گرفتن تصویر
لندست ۵ و ۷	ETM+ و TM	۱۹۹۹-۱۹۸۴
لندست ۷ و ۸	ETM+ و OLI	۲۰۱۸-۲۰۰۰

ج) داده‌های هواشناسی

این داده‌ها از اداره کل هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان اخذ شده است و برای تکمیل برخی سال‌های آن در دوره آماری مد نظر (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸) نیز از داده‌های سایت سازمان هواشناسی کشور استفاده شده است. دو پارامتر دما و بارش برای ارزیابی روند تغییرات پهنه آبی تالاب‌ها ارزیابی شده‌اند.

LSWI plus VI (ه)

این شاخص عملکرد قابل قبول در شناسایی پیکسل های کلاس آب با استفاده از تصاویر لندست ۸ به خصوص زمانی که آب مخلوط با پوشش گیاهی بوده است، نشان داده است [۲۹].

$$LSWI = (B_{NIR} - B_{SWIR-1}) / (B_{NIR} + B_{SWIR-1}) \quad (۵)$$

روش پردازش در گوگل ارث انجین با استفاده از محصول آبی ماهواره لندست

تصاویر ماهواره‌ای لندست در سامانه گوگل ارث انجین به دو صورت قابل استفاده هستند: الف) داده‌های خام تصحیح اتمسفری شده و ب) محصولات و پروداکت‌های تولیدشده. داده‌های تصحیح‌شده این ماهواره و همچنین محصول آبی لندست برای محاسبه مساحت سطحی پوشش‌های آبی بسیار کاربردی هستند که مناطق آبی را بر اساس طبقات جدول ۴ به ۱۱ کلاس طبقه‌بندی می‌کنند [۲۰ و ۳۱].

ج) شاخص استخراج آب در مناطق شهری (AWEI nsh) و

شاخص استخراج آب در مناطق سایه‌دار (AWEI sh)

این شاخص‌ها به طور مؤثر برای شناسایی پهنه‌های آبی از سایر کاربری‌ها توسعه یافته‌اند. شاخص استخراج آب در مناطق شهری (AWEI nsh) برای تفکیک پیکسل‌های آبی از سطوح ساخته‌شده شهری و AWEI sh شاخص استخراج آب در مناطق سایه‌دار (AWEI sh) به منظور حذف پیکسل‌های سایه و بارزسازی پهنه‌های آبی کارکرد زیادی دارند [۲۸].

$$AWEInsh = 4 * (B_{green} - B_{SWIR-1}) - (0.25 * B_{NIR-2} + 2.75 * B_{SWIR-1}) \quad (۳)$$

د) NDWI plus VI

شاخص اصلاح‌شده EVI است. این شاخص در واقع همان شاخص NDVI بهینه شده است. در واقع، در این شاخص آثار پخش اتمسفر تعدیل شده است [۲۹].

$$EVI = 2.5 * (B_{NIR} - B_{red}) / (B_{NIR} + 6.0 * B_{red} - 7.5 * B_{blue+1}) \quad (۴)$$

جدول ۳. شاخص‌های طیفی استفاده‌شده برای استخراج پهنه‌های آبی [۳۰]

Algorithms based on index used	Algorithms	Threshold rules	Reference
NDWI	$NDWI = (B_{green} - B_{NIR}) / (B_{green} + B_{NIR})$	$NDWI > 0$	McFeeters (1996)
mNDWI	$mNDWI = (B_{green} - B_{SWIR-1}) / (B_{green} + B_{SWIR-1})$	$mNDWI > 0$	Xu (2006)
AWEI _{sh}	$AWEI_{sh} = B_{blue} + 2.5 * B_{green} - 1.5 * (B_{NIR} + B_{SWIR-1}) - 0.25 * B_{SWIR-2}$	$AWEI_{sh} > 0$	Feyisa et al. (2014)
AWEI _{nsh}	$AWEInsh = 4 * (B_{green} - B_{SWIR-1}) - (0.25 * B_{NIR-2} + 2.75 * B_{SWIR-1})$	$AWEI_{sh} > 0$	Feyisa et al. (2014)
NDWI plus VI	$EVI = 2.5 * (B_{NIR} - B_{red}) / (B_{NIR} + 6.0 * B_{red} - 7.5 * B_{blue+1})$	$EVI < 0.1$ and $(NDWI > NDVI$ or $NDWI > EVI$	Menarguez (2015)
mNDWI plus VI	$NDVI = (B_{NIR} - B_{red}) / (B_{NIR} + B_{red})$	$EVI < 0.1$ and $(mNDWI > NDVI$ or $mNDWI > EVI$	Menarguez (2015)
LSWI plus VI	$LSWI = (B_{NIR} - B_{SWIR-1}) / (B_{NIR} + B_{SWIR-1})$	$EVI < 0.1$ and $(LSWI > NDVI$ or $LSWI > EVI$	Menarguez (2015)

جدول ۴. کلاس‌های انتقال استخراج پهنه‌های آبی در گوگل ارث انجین (۲۰۱۸_۱۹۸۵) [۳۲]

مقدار	رنگ	توصیف کلاس
0	ffffff	بدون تغییر
1	0000ff	دائمی
2	22b14c	دائمی جدید
3	d1102d	دائمی از بین رفته
4	99d9ea	فصلی
5	b5e61d	فصلی جدید
6	e6a1aa	فصلی از بین رفته
7	ff7f27	فصلی به دائمی
8	ffc90e	دائمی به فصلی
9	7f7f7f	دائمی زودگذر
10	c3c3c3	فصلی زودگذر

نتایج

نتایج به دست آمده از شاخص‌های آبی

به منظور شناسایی تغییرات پهنه‌های آبی سدها و تالاب‌ها طی دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ سطح آب سدها و تالاب‌ها در هر تصویر زمانی به صورت جداگانه با استفاده از شاخص‌های AWEInsh، AWEIsh، NDWI، mNDWI plus VI و LSWI plus VI استخراج شد. استخراج مرز سدها و تالاب‌ها با استفاده از شاخص‌های یادشده در شکل ۳ (الف تا د) برای سال ۲۰۱۸ نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد شاخص LSWI PLUS VI ناتوان از استخراج سطح آب سدها و تالاب‌های در سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰ است که می‌تواند به دلیل حساسیت زیاد به مناطق آبی زمین‌های کشاورزی و گیاهان و همچنین سایه‌ها باشد، در حالی که نتایج به دست آمده از شاخص AWEIsh و AWEInsh در مقایسه با شاخص‌های دیگر برای استخراج پهنه آب‌های سطحی از داده‌های لندست صحت بیشتری (صحت کلی ۹۹/۲۹ و ۹۹/۱۹) دارند (جدول ۵). بر این اساس، این دو شاخص برای تعیین تغییرات زمانی پهنه‌های آبی در سایر سال‌ها استفاده شدند و سطح آب سدها و تالاب‌ها در سال‌های مد نظر با استفاده از شاخص‌های AWEIsh و AWEInsh استخراج شد و در نهایت، نقشه‌های تغییرات سطح پهنه آبی سدها و تالاب‌ها طی دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۹ به دست آمد (جدول ۶).

روش‌های اعتبارسنجی نتایج: صحت کلی و ضریب کاپا

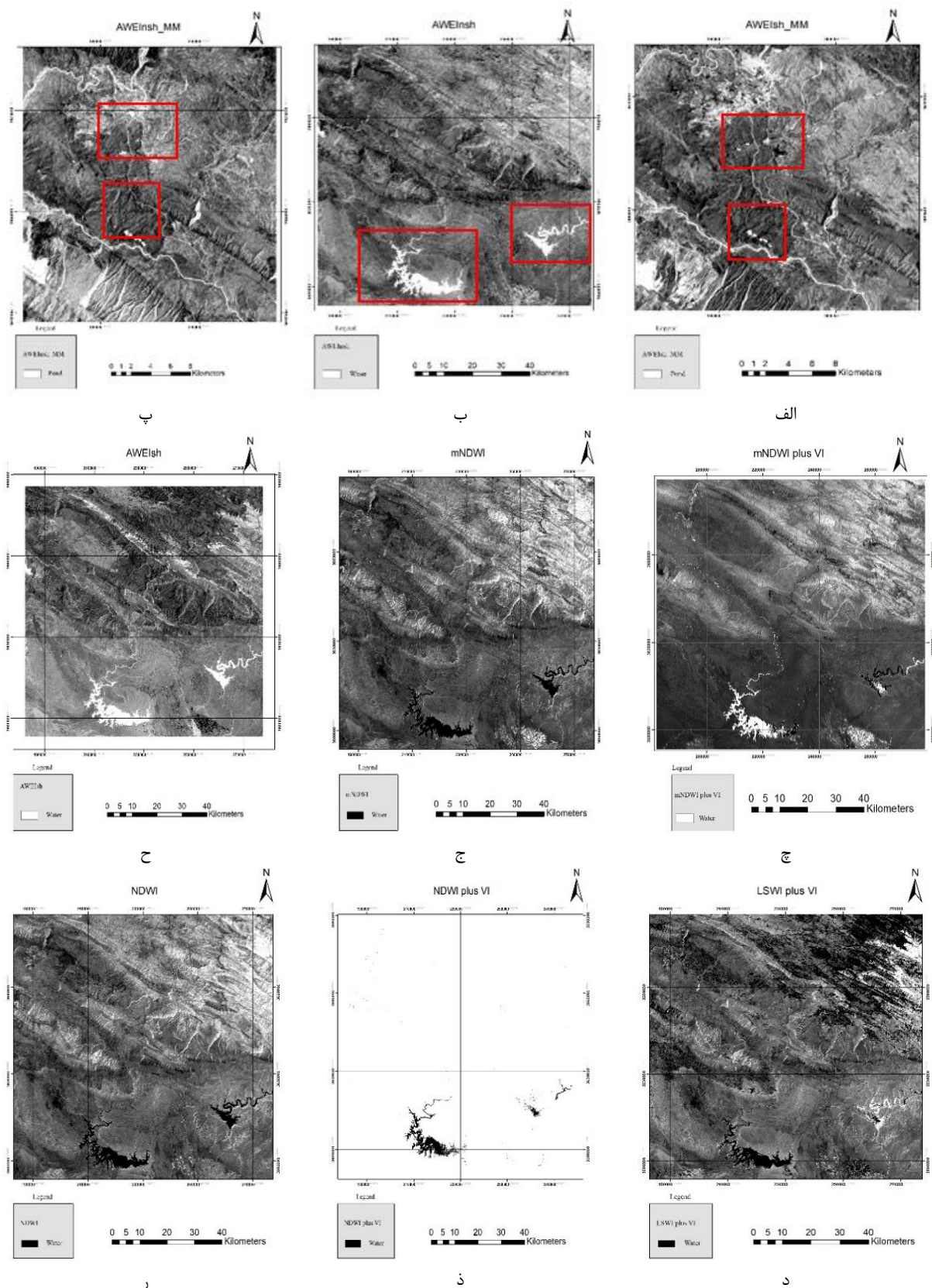
روش‌های صحت کلی و ضریب کاپا از جمله روش‌های کاربردی در سنجش اعتبار نتایج هستند. روش صحت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه ۶ به دست می‌آید. صحت کلی بیانگر میزان اعتبار نتایج تولیدشده توسط شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین هستند که در نقشه‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای میزان حداقل ۸۵ درصد قابل قبول است [۳۳].

بر اساس اطلاعات ماتریس خطا، صحت کلی (OA) و ضریب کاپا (Kc) محاسبه می‌شوند. (OA) عملکرد کلی مدل را ارزیابی می‌کند و نسبت پیکسل‌های طبقه‌بندی شده صحیح و مجموع پیکسل‌های طبقه‌بندی شده را نشان می‌دهد. ضریب کاپا (Kc) توافق واقعی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی استفاده شده در مقابل احتمال توافق بین مرجع و موارد تصادفی است [۳۴].

$$OA = 1/n \sum P_{ij} \quad (6)$$

$$Kc = n \times Stotal - \sum_{i=1}^r \frac{SiSj}{n^2} - \sum_{i=1}^r SiSj \quad (7)$$

Stotal مجموع پیکسل به درستی دسته‌بندی شده، n تعداد کل پیکسل‌ها، r تعداد سطرهای اعتبارسنجی، Si مجموع حاشیه‌ای ردیف i، Sj مجموع حاشیه‌ای از ستون j هستند.



شکل ۳. الف) شاخص AWEInsh-MM؛ ب) شاخص AWEInsh؛ ج) شاخص AWEIsh-MM؛ د) شاخص mNDWI؛ ه) شاخص NDWI؛ ز) شاخص NDWI plus VI؛ ح) شاخص LSWI plus VI؛ ط) شاخص NDWI plus VI؛ ث) شاخص NDWI؛ ج) شاخص AWEIsh؛ ذ) شاخص AWEInsh-MM؛ ر) شاخص AWEInsh

فصلی بودن این تالاب است. همچنین، با توجه به شکل ۵، نتایج به دست آمده از گوگل ارث انجین مشاهده می‌شود که این تالاب بیشتر در ۲ کلاس شامل سطوح فصلی از بین رفته و سطوح فصلی زودگذر قرار گرفته است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که نه تنها نتایج گوگل ارث انجین شناسایی پهنه‌های آبی را آسان می‌کند، بلکه روند تغییرات پهنه‌های آبی طی زمان را نیز توجیه می‌کند.

در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ صحت کلی به دلیل افزایش تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای، افزایش می‌یابد و همچنین شاخص AWEIsh به دلیل قدرت تفکیک مناطق سایه‌دار از پهنه‌های آبی عملکرد بهتر و صحت بیشتری در ارائه نتایج دارد (جدول ۵).

در شکل ۴ تغییرات شدید تالاب گوری بلمک طی دوره زمانی مطالعه شده مشاهده می‌شود که دلیل آن

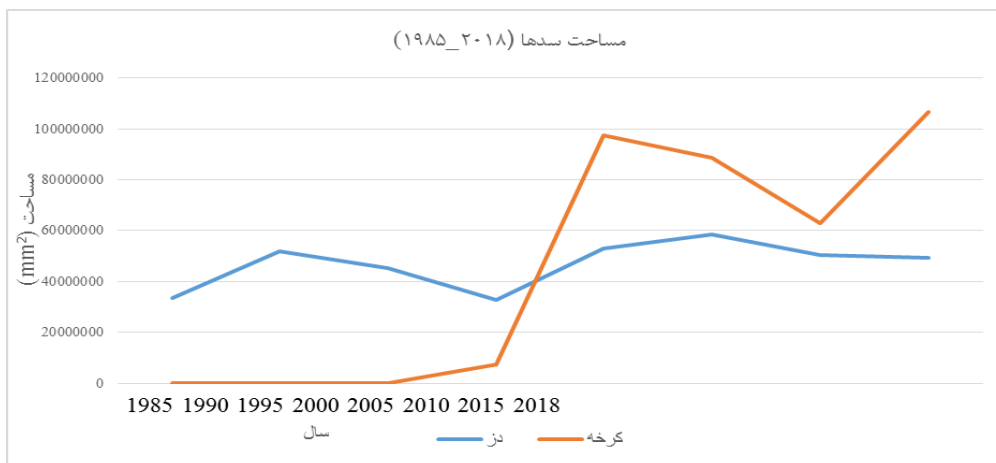
جدول ۵. صحت کلی شاخص‌های AWEIsh و AWEInsh طی سال‌های ۱۹۸۵-۲۰۱۸

سال	AWEIsh صحت کلی حاصل از (درصد)	AWEInsh صحت کلی حاصل از (درصد)
۱۹۸۵	۳۵/۵۷	۲۱/۲۸
۱۹۹۰	۶۶/۵۴	۸۶/۶۵
۱۹۹۵	۹۶/۴۲	۹۸/۹۸
۲۰۰۰	۹۹/۷۹	۹۹/۹۹
۲۰۰۵	۹۱/۷۱	۹۱/۷۱
۲۰۱۰	۷۴/۵۲	۹۱/۸۷
۲۰۱۵	۹۶/۴۲	۹۸/۹۸
۲۰۱۸	۹۹/۳۹	۹۹/۱۹

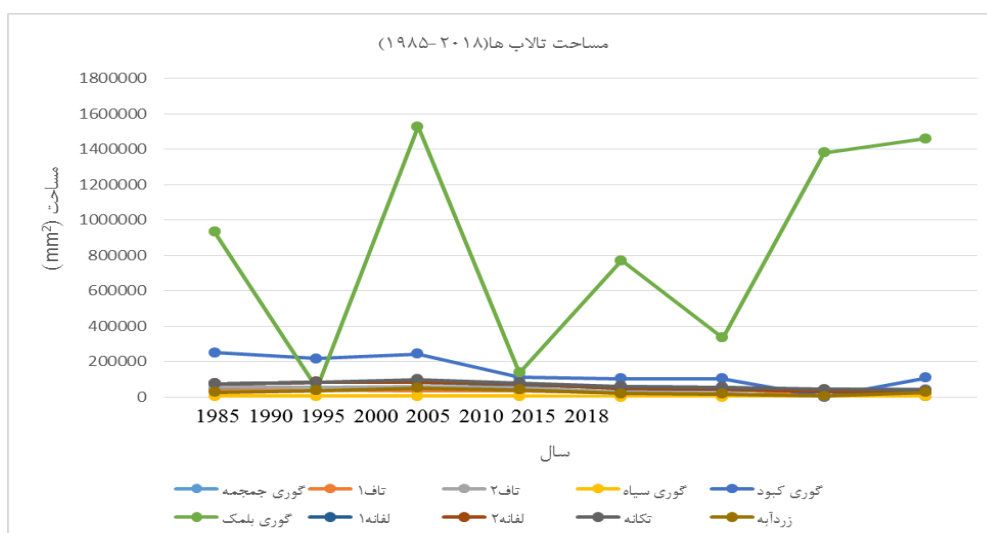
جدول ۶. مساحت پهنه‌های آبی سد دز و کرخه و تالاب‌های شهرستان پلدختر (بر حسب مترمربع) با اعمال شاخص‌های آبی از سال

۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸

نام تالاب‌ها	مساحت در سال (m ²)							
	۱۹۸۵	۱۹۹۰	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	۲۰۱۸
سد دز	۳۳۴۳۵۰۲۴	۵۲۰۱۱۹۷۸	۴۵۳۶۸۸۱۳	۳۲۸۳۱۷۵۸	۵۳۱۱۳۶۱۶	۵۸۵۹۰۷۵۳	۵۰۴۵۳۵۹۵	۴۹۱۴۹۳۵۴
سد کرخه	۰	۰	۰	۷۵۵۳۷۸۹	۹۷۵۱۱۷۰۹	۸۸۷۴۷۶۸۴	۶۲۷۲۴۵۰۲	۱۰۶۷۷۴۹۳۶
گوری جمجمه	۴۸۱۴۳	۳۸۴۱۱	۵۵۰۳۲	۶۵۰۰۹	۵۹۷۷۷	۵۱۴۸۵	۳۴۴۸۳	۴۸۴۲۳
تاف ۱	۳۴۳۸۹۴	۴۰۹۴۳	۳۶۵۲۱	۳۳۲۲۵	۲۲۴۱۱	۳۴۷۱	۲۹۹۲۱	۳۳۴۳۸
تاف ۲	۶۰۵۴۶	۵۲۸۸۵٫۶	۵۶۶۳۸	۴۶۷۷۳	۲۷۸۸۰	۲۷۸۸۶	۴۱۸۳۴	۴۳۲۴۳
گوری سیاه	۳۶۵۷	۴۵۵۵	۴۲۱۳	۳۹۹۵	۰	۰	۵۳۴۸	۵۰۵۰
گوری کبود	۲۴۹۹۳۳	۲۱۷۳۰۱	۲۴۳۹۷۴	۱۱۰۹۱۹	۱۰۳۸۶۱	۱۰۲۸۸۰	۰	۱۰۶۷۵۹
گوری بلمک	۹۳۱۸۹۶	۴۷۷۹۳	۱۵۲۶۵۲۵	۱۳۶۲۴۲	۷۶۹۴۳۲	۳۳۳۱۷۹٫۸	۱۳۷۹۳۱۶	۱۴۶۰۸۱۹
لفانه ۱	۷۴۴۵۶	۸۳۸۲۸	۸۳۶۸۱	۷۳۵۷۲٫۸	۴۸۶۶۰	۴۵۰۴۷	۲۷۴۲۷	۳۳۶۳۵
لفانه ۲	۷۴۴۵۶	۸۳۸۲۸	۸۳۶۸۱	۷۳۵۷۲٫۸	۴۸۶۶۰	۴۵۰۴۷	۲۷۴۲۷	۳۳۶۳۵
تکانه	۷۳۳۱۱	۸۱۳۲۹	۹۸۰۵۷	۷۸۸۲۸٫۸	۵۹۵۹۵	۵۳۸۷۵	۴۳۰۴۷	۳۹۱۹۰
زردآبه	۲۶۶۶۹	۳۵۹۲۰	۵۱۰۰۹	۴۰۵۵۴٫۳	۱۹۰۶۶	۱۶۱۲۷	۳۸۷۰	۲۵۴۹۱



شکل ۴. نمودار تغییرات مساحت سد کرخه و دز طی سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ براساس شاخص AWEIsh



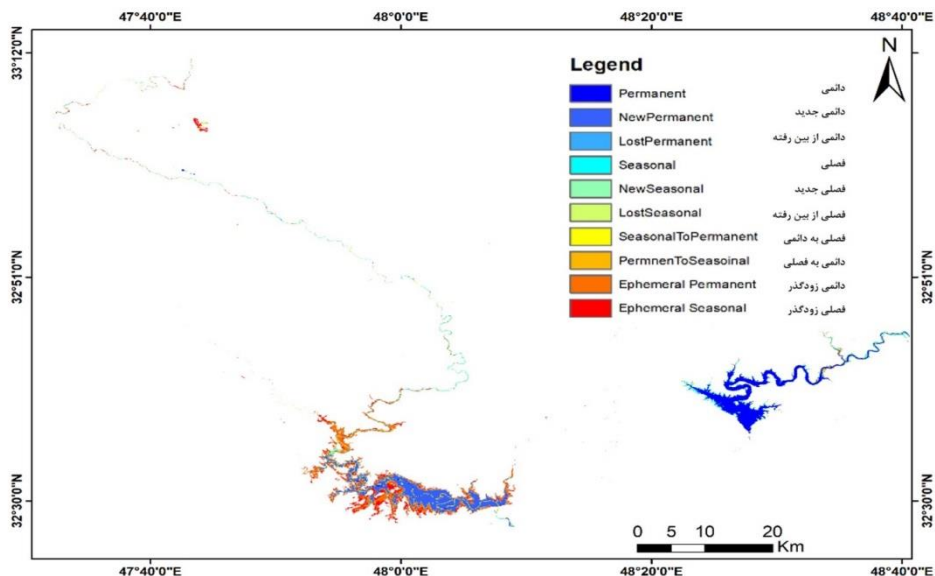
شکل ۵. نمودار تغییرات مساحت تالابها (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸)

۰/۰۰۷ درصد محاسبه شد. تعداد پیکسلها، مساحت و درصد ۱۰ کلاس تشکیل شده در شکل های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

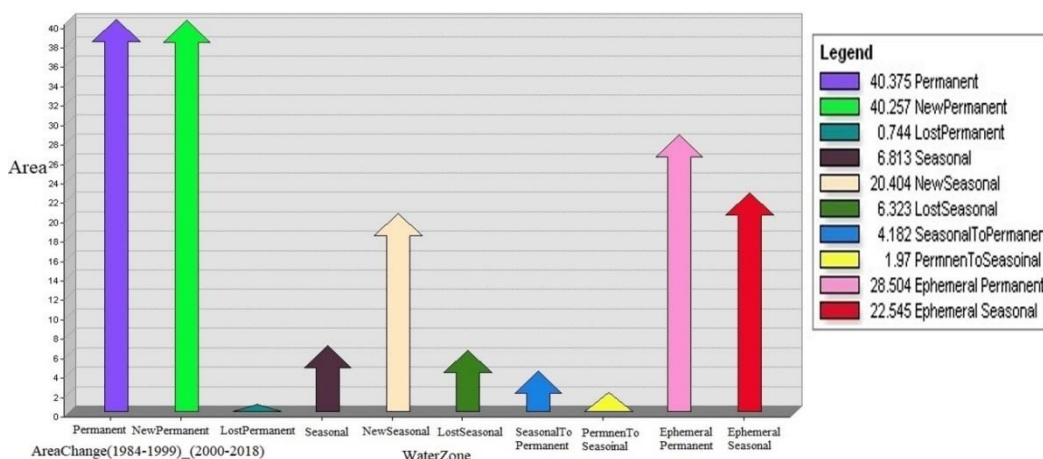
همچنین، برای تشریح بهتر نتایج تغییرات پهنه های آبی با استفاده از گوگل ارث انجین، روند این تغییرات در کلاس های مختلف برای پهنه های آبی بزرگ (سدها) (شکل ۹ الف) و پهنه های آبی کوچک تر (تالابها) (شکل ۹ ب) ترسیم شده اند. در شکل ۹ الف نوسانات شدید سد دز می تواند ناشی از رخداد باران های سیل آسا در سال های اخیر باشد که کلاس دائمی جدید مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده است و در شکل ۹ ب، نوسانات شدید تالاب گوری بلمک به دلیل فصلی بودن این تالاب است.

نتایج به دست آمده از استخراج پهنه های آبی استخراجی با استفاده از پروداکت آب لندست توسط گوگل ارث انجین

بیشترین مساحت پهنه های آبی در شرایط سطوح ثابت آبی و سطوح ثابت آبی جدید با مساحت تقریباً مشابه ۴۰۲۵۷ مترمربع و ۴۰۳۷۵ مترمربع حدود ۸۲ درصد مساحت کل پهنه های آبی منطقه مطالعه شده را تشکیل می دهند (شکل ۶). سپس، سطوح آبی ثابت زودگذر و فصلی زودگذر، فصلی جدید، سطوح آبی فصلی و ازبین رفته فصلی و سطوح آبی فصلی تبدیل شده به ثابت و سطوح ثابت تبدیل شده به فصلی، کمترین مساحت پهنه های آبی با مساحت ۰/۷۴۳ مترمربع و سطوح ثابت ازبین رفته با



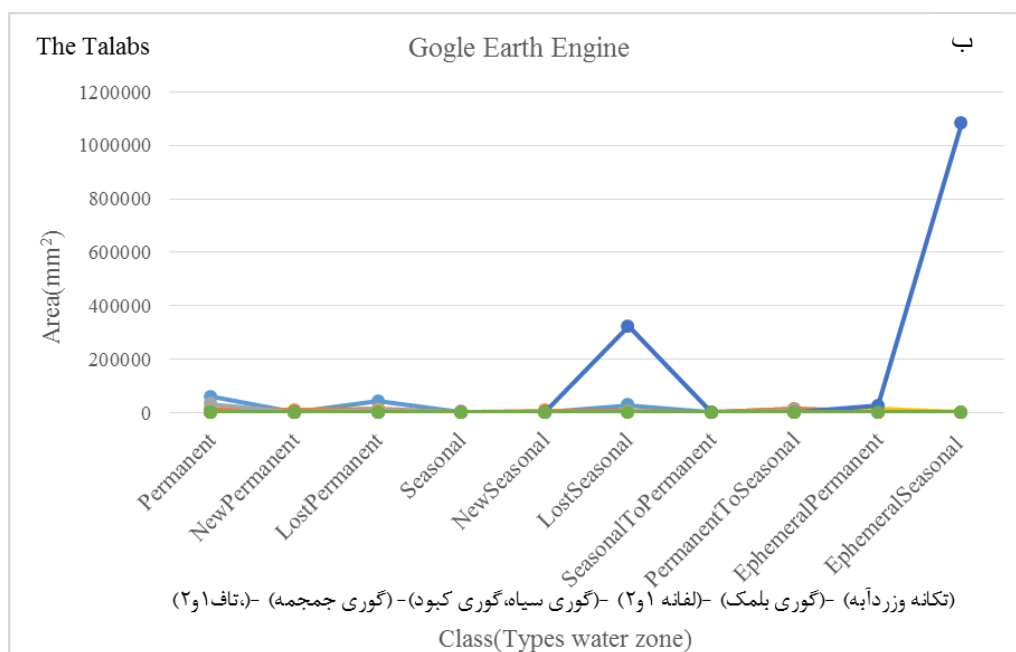
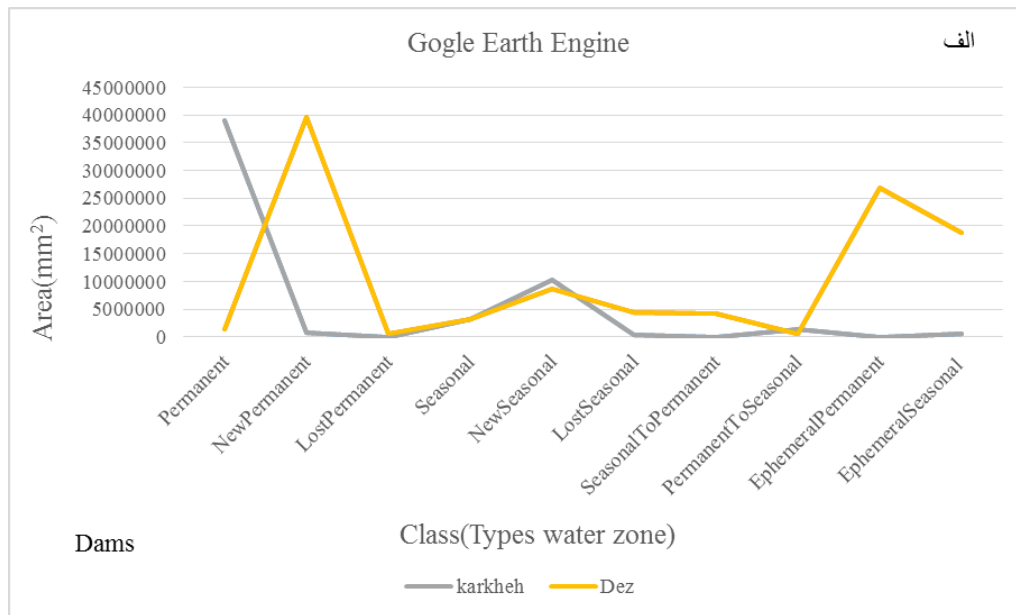
شکل ۶. پهنه‌های آبی استخراج‌شده در منطقه مطالعه‌شده با استفاده از گوگل ارث انجین: سدهای دز، کرخه و تالاب‌ها



شکل ۷. نمودار روند تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از پروداکت آبی لندست در GEE

Landsa Wtater Product							
COUNT	AREA	PERCENT	NAME				
50648	40.375003	0.411549	Permanent				
50500	40.257022	0.410347	NewPermanent				
933	0.743758	0.007581	LostPermanent				
8546	6.812604	0.069442	Seasonal				
25596	20.404331	0.207985	NewSeasonal				
7932	6.323143	0.064453	LostSeasonal				
5246	4.181947	0.042627	SeasonalToPermanent				
2471	1.969804	0.020079	PermnenToSeasoinal				
35756	28.503566	0.290542	Ephemeral Permanent				
28281	22.544729	0.229802	Ephemeral Seasonal				
Average COUNT	21591	Count COUNT	10	Max COUNT	50648	Min COUNT	933
Standard Deviation COUNT	19315	Sum COUNT	215909				
Average AREA	17.211591	Count AREA	10	Max AREA	0.743758	Min AREA	40.375003
Standard Deviation AREA	15.397513	Sum AREA	172.115907				
Average PERCENT	0.175441	Count PERCENT	10	Max PERCENT	0.411549	Min PERCENT	0.007581
Standard Deviation	0.156949	Sum PERCENT	1.754407				

شکل ۸. مساحت و درصد روند تغییرات پهنه‌های آبی با استفاده از پروداکت آبی لندست در GEE



شکل ۹. نمودار پهنه‌های آبی با استفاده از پروداکت آب لندست طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ در گوگل ارث انجین: سدها و (ب) تالاب‌ها

صحت کلی ۸۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۶ محاسبه شده است. این نتایج نشان می‌دهد استفاده از شاخص‌های آبی صحت بیشتری در تعیین پهنه‌های آبی دارد، اما استفاده از نتایج گوگل ارث انجین با صرف هزینه و وقت کمتر، قابل انجام است و همچنین، میزان تغییرات از یک کلاس به سایر کلاس‌ها را نیز ارائه می‌کند.

نتایج به دست آمده از مقایسه شاخص‌های آبی با نتایج گوگل ارث انجین

اعتبارسنجی نتایج به دست آمده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین در مقایسه با داده‌های واقعی (۵۵۰ نقطه واقعی) در جدول‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. نتایج اعتبارسنجی روش شاخص‌های آبی با صحت کلی ۹۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۴ و روش گوگل ارث انجین با

جدول ۷. ماتریس صحت شاخص‌های AWEInsh (الف) و AWEIsh (ب)

الف	No_Water	Water	Total	U_Accuracy
ClassValue(AWEInsh)				
No_Water	۲۱۹	۹	۲۲۸	۰/۹۸
Water	۲۱۵	۷	۲۲۲	۰/۹۶
Total	۴۳۴	۱۶	۵۵۰	OA = ۹۹/۳۹%
P_Accuracy	۰/۹۵	۰/۹۴		Kappa = ۰/۹۴

ب	No_Water	Water	Total	U_Accuracy
ClassValue(AWEIsh)				
No_Water	۲۱۷	۱۱	۲۲۸	۰/۹۵
Water	۲۱۰	۱۲	۲۲۲	۰/۹۳
Total	۴۲۷	۲۳	۵۵۰	OA = ۹۹/۱۹%
P_Accuracy	۰/۹۲	۰/۹۰		Kappa = ۰/۹۱

جدول ۸. ماتریس صحت گوگل ارث انجین

ClassValue	No_Water	Permanent	NewPermanent	LostPermanent	Seasonal	NewSeasonal
No_Water	۴۹	۰	۰	۰	۰	۰
Permanent	۰	۴۸	۰	۰	۱	۰
NewPermanent	۰	۰	۴۷	۰	۰	۰
LostPermanent	۰	۰	۰	۴۶	۱	۰
Seasonal	۲	۰	۰	۱	۴۶	۰
NewSeasonal	۰	۰	۱	۱	۱	۴۲
LostSeasonal	۰	۰	۰	۱	۱	۰
SeasonalToPermanent	۰	۲	۱	۰	۱	۰
PermnenToSeasoinal	۰	۲	۱	۰	۲	۰
Ephemeral Permanent	۰	۰	۰	۰	۰	۱
Ephemeral Seasonal	۰	۰	۰	۰	۰	۱
Total	۵۱	۵۲	۵۰	۴۹	۵۳	۵۴
P_Accuracy	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۷۹	۰/۹۱

ClassValue	LostSeasonal	SeasonalToPermanent	PermnenToSeasoinal	Ephemeral Permanent	Ephemeral Seasonal	Total	U_Accuracy
No_Water	۰	۰	۰	۱	۰	۵۰	۰/۹۷
Permanent	۰	۰	۱	۰	۰	۵۰	۰/۹۳
NewPermanent	۰	۲	۰	۱	۰	۵۰	۰/۹۱
LostPermanent	۰	۰	۱	۲	۰	۵۰	۰/۹۰
Seasonal	۱	۰	۰	۲	۰	۵۰	۰/۸۷
NewSeasonal	۰	۰	۰	۴	۱	۵۰	۰/۷۳
LostSeasonal	۴۵	۰	۰	۰	۳	۵۰	۰/۸۳
SeasonalToPermanent	۰	۴۶	۰	۰	۰	۵۰	۰/۸۷
PermnenToSeasoinal	۳	۰	۴۲	۰	۰	۵۰	۰/۷۳
Ephemeral Permanent	۰	۰	۰	۴۹	۰	۵۰	۰/۹۷
Ephemeral Seasonal	۰	۰	۰	۲	۴۷	۵۰	۰/۹
Total	۴۹	۴۸	۴۴	۵۹	۵۱	۵۵۰	
P_Accuracy	۰/۸۶	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۷۴	۰/۸۷		OA = ۸۷ % Kappa = ۰/۸۶

بحث و نتیجه‌گیری

تالاب‌ها بخش مهمی از محیط طبیعی هستند و مدیریت منابع طبیعی به‌خصوص منابع آبی برای حفاظت از آنها اهمیت زیادی دارد. با توجه به وسعت بسیار زیاد کشور و پراکندگی تالاب‌ها، پایش مستمر آنها بسیار پرهزینه است. این در حالی است که استفاده از فنون سنجش از دور و کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با تفکیک مکانی متوسط و زیاد که امکان پایش تغییرات را در حال حاضر و در گذشته مقدور می‌سازد، روشی بسیار مؤثر و کاراست. همچنین، این تصاویر دید وسیعی از منطقه را میسر می‌سازد که می‌تواند مدیران و کارشناسان را در بررسی وضعیت عوارض اطراف تالاب‌ها از جمله وضعیت رودخانه‌ها، سدها، شهرها و غیره یاری رساند. تصاویر ماهواره‌ای اطلاعات خوبی برای ارزیابی وضعیت و شرایط زیست‌محیطی تالاب‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و سدها در اختیار قرار می‌دهند.

نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های پهنه‌های آبی در سنجش از دور نشان می‌دهد که شاخص LSWI Plus VI ناتوان از استخراج سطح آب سدها و تالاب‌ها طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰، با کمترین میزان صحت کلی است. این امر به دلیل تفکیک مکانی کم تصاویر لندست ۵ است، زیرا این شاخص با کاربرد تصاویر لندست ۸ به‌خوبی پهنه‌های آبی را استخراج کرده است. در حالی که شاخص‌های AWEIsh و AWEInsh بیشترین نتایج صحت را با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ ارائه می‌کنند که البته به استثنای سال ۱۹۸۵ که صحت هر دو شاخص یادشده کم است، که در سری زمانی سایر سال‌ها از این دو شاخص استفاده شده که نشان می‌دهد در سایر سال‌های سری زمانی مطالعه صحت و کارایی این دو شاخص افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از دو شاخص AWEIsh و AWEInsh طی دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸، مقایسه مساحت تالاب‌های یازده گانه پلدختر نشان می‌دهد تالاب‌های گوری بلمک و گوری کبود نسبت به سایر تالاب‌ها سطح بیشتری را پوشش می‌دهند و کوچک‌ترین تالاب محدوده، تالاب گوری سیاه است. تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب فصلی گوری بلمک نشان‌دهنده مساحت ۹۳۱۸۹۶ مترمربع در سال ۱۹۸۶ و مساحت ۱/۴۶۰ میلیون مترمربع در سال ۲۰۱۸ و کمترین مساحت در سال ۱۹۹۰ به میزان ۴۷/۷۹۳ هزار مترمربع و بیشترین افزایش مساحت در سال

۱۹۹۵ به میزان ۱/۵۲۶ میلیون مترمربع بوده است. این نتایج بر اثر رخداد خشکسالی بسیار شدید در منطقه و تالاب گوری بلمک طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۱۹۹۰ رخ داده است که این تالاب نیز در سال‌های ۱۹۸۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ دچار کم‌آبی شده است.

تغییرات سطح پهنه‌های آبی شامل تالاب‌های تکانه، لفانۀ ۱ و لفانۀ ۲ که در شش کیلومتری جنوب شهر پلدختر و نزدیک‌ترین تالاب‌ها به تالاب گوری بلمک هستند، نشان می‌دهد روند کاهش تغییرات در این تالاب‌ها از سال ۱۹۹۵ به بعد تشدید یافته است و در تالاب‌های زردآبه و سیاهه روند کاهش تغییرات از سال ۲۰۰۰ رخ داده، به طوری که در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ حتی تالاب سیاهه خشک شده است. اما برای چهار تالاب منطقه تنگ فنی (تاف ۱ و تاف ۲، جمجمه و گری کبود) کاهش شدید مساحت پهنه آبی از سال ۲۰۰۰ به بعد مشاهده می‌شود.

تغییرات سطح پهنه‌های آبی بزرگ شامل سدهای دز و کرخه و تالاب‌ها طی دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که مساحت سطح سد دز در سال ۱۹۸۵ به میزان ۳۳/۴۳۵ میلیون مترمربع، در سال ۲۰۰۰ به میزان ۳۲/۸۳۱ میلیون بوده که بیشترین کاهش مساحت سد دز در این سال اتفاق افتاده است. در سال ۲۰۱۰ این مساحت به میزان ۵۸/۵۹۰ میلیون مترمربع افزایش یافته و در سال ۲۰۱۸ به میزان ۴۹/۱۴۹ میلیون مترمربع است که کاهش مساحت به میزان ۱۵/۷۱۴ میلیون مترمربعی سد دز را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان‌دهنده روند کاهش شدید مساحت پهنه آبی در سد دز طی سال ۲۰۰۰ و همچنین، سال‌های آخر دوره یعنی ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ است که این امر می‌تواند بر اثر رخداد خشکسالی‌های شدید در منطقه (کاهش بارش و افزایش دما) رخ داده باشد.

نتایج به‌دست‌آمده از گوگل ارث انجین نشان می‌دهد پهنه‌های آبی بزرگ‌تر مانند سد دز و کرخه و همچنین تالاب گوری بلمک روند تغییرات تبدیل پهنه‌های آبی به یکدیگر را نسبت به پهنه‌های آبی کوچک‌تر به‌خوبی نمایان می‌سازند. همچنین، پهنه‌های آبی در شرایط سطوح آبی دائمی و سطوح آبی دائمی جدید (NewPermanent, Permanent) که محل دائمی آب سطحی را نشان می‌دهد، حدود ۸۰ درصد روند تغییرات مربوط پهنه‌های آبی را شامل می‌شوند که نشان‌دهنده روند کاهشی طی دوره ۳۳ ساله برای تالاب‌ها و

- [3]. Xie, H., et al., Evaluation of Landsat 8 OLI imagery for unsupervised inland water extraction. *International Journal of Remote Sensing*, 2016. 37(8): p. 1826-1844.
- [4]. Sarp, G. and M. Ozcelik, Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*, 2017. 11(3): p. 381-391.
- [5]. Syphard, A.D. and M.W. Garcia, Human-and beaver-induced wetland changes in the Chickahominy River watershed from 1953 to 1994. *Wetlands*, 2001. 21(3): p. 342-353.
- [6]. Winter, T.C., et al., Water source to four US wetlands: implications for wetland management. *Wetlands*, 2001. 21(4): p. 462-473.
- [7]. Augusteijn, M. and C. Warrender, Wetland classification using optical and radar data and neural network classification. *International Journal of remote sensing*, 1998. 19(8): p. 1545-1560.
- [8]. Ozemi, S. and M. Bauer, *Satellite Remote Sensing of Wetlands, Wetlands Ecology and Management*. 2002.
- [9]. Zhang, Y., I.O. Odeh, and E. Ramadan, Assessment of land surface temperature in relation to landscape metrics and fractional vegetation cover in an urban/peri-urban region using Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 2013. 34(1): p. 168-189.
- [10]. Qi, H. and M. Altinakar, Simulation-based decision support system for flood damage assessment under uncertainty using remote sensing and census block information. *Natural hazards*, 2011. 59(2): p. 1125-1143.
- [11]. Barton, I.J. and J.M. Bathols, Monitoring floods with AVHRR. *Remote sensing of Environment*, 1989. 30(1): p. 89-94.
- [12]. Evora, N.D., D. Tapsoba, and D. De Seve, Combining artificial neural network models, geostatistics, and passive microwave data for snow water equivalent retrieval and mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2008. 46(7): p. 1925-1939.
- [13]. Zou, Z., et al., Continued decrease of open surface water body area in Oklahoma during 1984–2015. *Science of the Total Environment*, 2017. 595: p. 451-460.
- [14]. Henits, L., C. Jürgens, and L. Mucsi, Seasonal multitemporal land-cover classification and change detection analysis of Bochum, Germany, using multitemporal Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 2016. 37(15): p. 3439-3454.

همچنین سدها است. همچنین، سطوح آبی فصلی جدید و سطوح آبی زودگذر و فصلی زودگذر (NewSeasonal, Ephemeral Seasonal, Ephemeral Permanent) با مساحتی حدود ۷۰ هزار مترمربع، تأثیر خیلی زیاد آب‌های فصلی در شکل‌گیری و روند تغییرات سطح آب سدها و تالاب‌ها در منطقه را نشان می‌دهد.

نتایج صحت کلی و ضریب کاپا برای شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین نشان از صحت کلی ۹۹/۳۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ برای شاخص AWEInsh و همچنین صحت کلی ۹۹/۱۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۱ برای شاخص AWEIsh دارد و اعتبارسنجی نتایج حاصل از گوگل ارث انجین نشان‌دهنده ۸۷ درصد صحت کلی و ضریب کاپا ۰/۸۶ است که مطابقت نتایج این روش در کلاس سطوح آبی دائمی و سطوح آبی دائمی جدید و کلاس غیر آب با داده‌های واقعی را نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد روش به کار برده‌شده برای نظارت بر تغییرات زمانی و مکانی پهنه‌های آب‌های سطحی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سری لندست TM، ETM+ و OLI و همچنین استفاده محصولات آبی لندست (Landsat Water Product) در GEE بسیار کارا و مفید است و نشان‌دهنده روند نزولی در مساحت پهنه‌های آب‌های سطحی سدهای دز و کرخه و تالاب‌ها طی ۳۳ سال گذشته است. استفاده از GEE که کاربر می‌تواند به سرعت و با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه اطلاعات مبتنی بر محاسبات ابری، نتایج تغییرات پهنه‌های آبی را استخراج و همچنین چگونگی تبدیل کلاس‌ها به یکدیگر را تعیین کند، به عنوان داده‌های کمکی پیشنهاد می‌شود. این نتایج می‌تواند برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را برای توسعه سیاست‌های کلان در مدیریت منابع طبیعی و آبی به منظور حفاظت از اکوسیستم‌های زیست‌محیطی یاری رساند.

منابع

- [1]. Emadi, M., et al., An approach for land suitability evaluation using geostatistics, remote sensing, and geographic information system in arid and semiarid ecosystems. *Environmental monitoring and assessment*, 2010. 164(1-4): p. 501-511.
- [2]. Wang, C., et al., Long-Term Surface Water Dynamics Analysis Based on Landsat Imagery and the Google Earth Engine Platform: A Case Study in the Middle Yangtze River Basin. *Remote Sensing*, 2018. 10(10): p. 1635.

- [15]. Li, N., C. Yan, and J. Xie, Remote sensing monitoring recent rapid increase of coal mining activity of an important energy base in northern China, a case study of Mu Us Sandy Land. *Resources, Conservation and Recycling*, 2015. 94: p. 129-135.
- [16]. Rundquist, D.C., et al., THE RELATIONSHIP BETWEEN SUMMER-SEASON RAINFALL EVENTS AND LAKE-SURFACE AREA 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 1987. 23(3): p. 493-508.
- [17]. Gao, B.-C., NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of environment*, 1996. 58(3): p. 257-266.
- [18]. Xu, H., Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 2006. 27(14): p. 3025-3033.
- [19]. Chen, B., et al., Mapping forest and their spatial-temporal changes from 2007 to 2015 in tropical hainan island by integrating ALOS/ALOS-2 L-band SAR and landsat optical images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2018. 11(3): p. 852-867.
- [20]. Wulder, M.A., et al., Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote sensing of environment*, 2019. 225: p. 127-147.
- [21]. Zhu, Z., et al., Benefits of the free and open Landsat data policy. *Remote Sensing of Environment*, 2019. 224: p. 382-385.
- [22]. Huang, H., et al., Mapping major land cover dynamics in Beijing using all Landsat images in Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 2017. 202: p. 166-176.
- [23]. Liu, X., et al., High-resolution multi-temporal mapping of global urban land using Landsat images based on the Google Earth Engine Platform. *Remote sensing of environment*, 2018. 209: p. 227-239.
- [24]. Xiong, J., et al., Nominal 30-m cropland extent map of continental Africa by integrating pixel-based and object-based algorithms using Sentinel-2 and Landsat-8 data on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2017. 9(10): p. 1065.
- [25]. Wang, Y., et al., Long-Term Dynamic of Poyang Lake Surface Water: A Mapping Work Based on the Google Earth Engine Cloud Platform. *Remote Sensing*, 2019. 11(3): p. 313.
- [26]. Xia, H., et al., Changes in Water Surface Area during 1989–2017 in the Huai River Basin using Landsat Data and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2019. 11(15): p. 1824.
- [27]. McFeeters, S.K., The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 1996. 17(7): p. 1425-1432.
- [28]. Masocha, M., et al., Surface water bodies mapping in Zimbabwe using landsat 8 OLI multispectral imagery: A comparison of multiple water indices. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2018. 106: p. 63-67.
- [29]. Feyisa, G.L., et al., Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2014. 140: p. 23-35.
- [30]. Menarguez, M.A., *Global Water Body Mapping from 1984 to 2014 Using High Resolution Multispectral Satellite Imagery*, 2015, University of Oklahoma.
- [31]. Gorelick, N., et al., Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 2017. 202: p. 18-27.
- [32]. Google, P.E.J. and Tags, Google, Data availability (time) Mar 16, 1984 - Oct 18, 2018, Provider. landsat-derived, jrc, google, surface, water, geophysical, ImageID;JRC/GSW1_0/GlobalSurfaceWater.
- [33]. Banko, G., A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data and of methods including remote sensing data in forest inventory. 1998.
- [34]. Guide, E.U.s., *ENVI on-line software user's manual*. ITT Visual Information Solutions, 2008.