

آشکارسازی و پایش تغییرات تالاب های کوچک با تحلیل داده های چندمنبعی و شاخص های طیفی (بررسی موردی: استان فارس)

ناهد اکبرزاده الله لو*^۱، علی رعیت پیشه^۲

۱. کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، استان آذربایجان شرقی، ایران.

۲. کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری، گرایش سنجش از دور، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، استان تهران، ایران.

چکیده

تالاب ها به عنوان یکی از منابع ارزشمند طبیعی از اهمیت بالایی برخوردارند، اما با وجود این مزایا، این اکوسیستم های حیاتی به سرعت در حال تخریب هستند. شیوه های آبیاری گسترده، برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و زهکشی از جمله عواملی هستند که منجر به تخریب تالاب ها می شوند. علاوه بر این، بسیاری از تالاب ها به زمین های کشاورزی یا شهری تبدیل شده اند. در این تحقیق، با هدف شناسایی پهنه های آبی، از شاخص های طیفی مانند شاخص MNDWI و داده های چندمنبعی نظیر تصاویر ماهواره ای لندست ۵، ۷، ۸ و ۹ و سنتینل-۲ همراه با تحلیل سری زمانی و روش تشخیص تغییرات (Change Detection) استفاده شد. همچنین روند تغییرات پوشش گیاهی در کنار تغییرات پهنه های آبی تالاب های دریاچه بختگان - طشک و مهارلو مورد بررسی قرار گرفت. مساحت پهنه های آبی برای سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ محاسبه شد و یک سری زمانی برای دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۵ برای تحلیل تغییرات تهیه گردید. نتایج نشان داد که شاخص MNDWI با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM)، از نظر کیفیت طیفی و مکانی، نتایج قابل توجهی در آشکارسازی پهنه های آبی و تشخیص تغییرات ارائه داده است. میزان مساحت پهنه های آبی به صورت درصدی محاسبه شد. تالاب بختگان - طشک که در سال ۲۰۱۷ مساحتی برابر با ۱۵ درصد از پهنه آبی داشته، تا سال ۲۰۲۲ به ۰.۸۳ درصد کاهش یافته است. همچنین، دریاچه مهارلو در سال های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۲ به ترتیب مساحتی برابر با ۱.۷۹۳ و ۱.۷۹ درصد از نظر پهنه آبی داشته است. در سال ۲۰۲۰، مساحت پهنه آبی دریاچه مهارلو به ۴.۸۲۲ درصد افزایش یافته بود. این افزایش به ویژه در سال آبی ۱۳۹۸ (۲۰۱۹-۲۰۲۰) به علت بارش های بی سابقه ثبت شده است. از دیگر نتایج برجسته این تحقیق این بود که شاخص MNDWI با صرف کمترین زمان و هزینه توانست پهنه های آبی را از دیگر پدیده ها به صورت دقیق جدا کند. این شاخص با استفاده از آستانه گذاری، علاوه بر استخراج پهنه های آبی، اثرات ناشی از پوشش گیاهی، خاک و عوارض انسان ساخت را نیز کاهش داده یا حتی حذف کرده است. اعتبارسنجی مدل با استفاده از طبقه بندی SVM انجام شد که با ضریب کاپا ۰.۹۳ و صحت کلی ۹۷ درصد برای دوره اخیر، نشان دهنده مناسب بودن این شاخص برای چنین مطالعاتی است.

واژه های کلیدی: پهنه آبی، شاخص MNDWI، Change Detection، تالاب، SVM.



مقدمه

تالابها یک سرزمین انتقالی بین سیستمهای خشکی و آبی هستند. در این مکانها، سطح آب معمولاً در سطح یا نزدیک سطح زمین قرار دارد یا زمین توسط آب کم عمق پوشیده شده است. این محیطها برای حفظ تنوع زیستی بسیار مهم هستند و زیستگاههای حیاتی برای گونههای منحصر به فرد گیاهی و جانوری ایجاد می کنند. به عنوان مثال، تالابها به عنوان جاذبهای طبیعی برای تصفیه آب عمل می کنند و از خطرات طبیعی مانند سیل و خشکسالی محیط زیست را محافظت می کنند. همچنین، از طریق جلوگیری از جریان خاک و آب، به حفظ منابع طبیعی کمک می کنند. همچنین، تالابها ارزشهای تفریحی برای مردم نیز دارند. تالاب به مناطقی که دارای آب ساکن یا جاری، با مزه شیرین یا شور، که به صورت طبیعی یا مصنوعی دارای پوشش گیاهی خاص باشد و عمق آب آن کم باشد می گویند.

تالابها به عنوان منابع طبیعی ارزشمند شناخته می شوند و از اهمیت بالایی برخوردارند. با وجود این مزایا، تالابها به سرعت تخریب می شوند. شیوههای آبیاری گسترده، استخراج آب های زیرزمینی و زهکشی باعث تخریب تالابها می شوند. همچنین، بسیاری از تالابها به زمینهای شهری یا کشاورزی تبدیل شده اند. در حال حاضر، بیش از ۵۷ درصد از تالابهای جهان تبدیل شده یا از بین رفته اند. بنابراین، نقشه برداری و پایش تالابها از اهمیت بسزایی برخوردار است. بسیاری از افراد و سازمانها به ارزش تالابها و پتانسیل بالای سنجش از دور^۱ برای نقشه برداری از این منابع طبیعی ارزشمند پی برده اند. آنها مختلف فهرستها و اطلاعات در مورد انواع تالابها و ویژگیهای آنها را توسعه داده اند. آشکارسازی^۲ و پایش تغییرات تالابهای کوچک^۳ با تحلیل دادههای چندمنبعی^۴ و شاخصهای طیفی^۵ در برنامه ریزی مهندسی عمران و نقشه برداری^۶ از اهمیت زیادی برخوردار است. از آن جایی که برای برنامه های طولانی مدت عمرانی وجود منابع آبی دریاچه ها نبض پروژه های عمرانی به حساب می آید، بنابراین برای شناخت علت های تغییر منابع آبی دریاچه ها باید به بررسی پایش و آشکارسازی تالابهای منطقه مورد بررسی پرداخته شود. بخش عمده اهمیت حفاظت از آب و خاک بر عهده مهندسی عمران است.

موضوع و محتوای تحقیق که پایش سری زمانی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۵ تغییرات آب دریاچه ها نیز آشکارسازی تغییرات دو بازه زمانی که تغییرات بسیار محسوس دارند، در امر شناخت تغییرات دریاچه ها مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته است. در این راستا بسیاری از ذینفعان به ارزش تالابها و همچنین پتانسیل بالای سنجش از دور (RS) برای نقشه برداری از این منابع طبیعی ارزشمند پی برده اند و در نتیجه فهرست های مختلف انواع تالابها و اطلاعات و ویژگی های آنها را برای این منظور توسعه داده اند. در داده های چند منبعی و چند طیفی از شاخص های متنوعی برای به دست آوردن تغییرات از دانش سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۷ توأم استفاده شده است. تالاب یک سرزمین انتقالی بین سیستم های خشکی و آبی است که در آن سطح آب معمولاً در سطح یا نزدیک سطح است یا زمین توسط آب کم عمق پوشیده شده است. تالابها برای محیط زیست بسیار مفید هستند و زیستگاه های حیاتی را برای گونه های

^۱ Remote Sensing

^۲ Change Detection

^۳ Monitoring and detecting changes in small wetlands

^۴ Multi-source data

^۵ Spectral Indices

^۶ Civil Engineering planning and mapping

^۷ (RS) Remote sensing & GIS (Geography Information Sestem)



منحصر به فرد گیاهی و جانوری فراهم می کنند. تالابها با حذف فلزات سنگین در چرخه کیفیت آب و تصفیه آب نیز در عمل نیتروژن زدایی باعث حذف نیتروژن شده و کیفیت آب را بهبود می بخشد. حفاظت در برابر خطرات طبیعی، حفاظت از خاک و آب، فرسایش خاک، سیل، همچنین ارزش های تفریحی برخی از مزایای مرتبط با تالابها هستند.

تمرکز و حیطه تخصصی نقشه برداری و مهندسی عمران در بررسی تالابها نشان داد که تالابها منابع طبیعی ارزشمندی هستند که فواید زیادی برای محیط زیست به همراه دارند و در عمران و آبادی روستاها و شهرهای نزدیک به آن ها نقش دارند، در امر کشاورزی، دامداری، تولیدات. بنابراین، نقشه برداری از تالابها بسیار مهم است. تالابها حداقل ۷ میلیون کیلومتر مربع از زمین را پوشش می دهند. با این حال، متأسفانه، تالابها مستعد تخریب سریع به دلیل شیوه های آبیاری گسترده، استخراج آب های زیرزمینی و زهکشی هستند. علاوه بر این، بسیاری از تالابها به زمین های شهری یا کشاورزی تبدیل شده اند. در واقع، تاکنون بیش از ۵۷ درصد از تالاب های جهان تبدیل شده یا از بین رفته اند. بنابراین، نقشه برداری و پایش تالابها از اهمیت بسزایی برخوردار است. ارتباط و اهمیت آشکارسازی تغییرات، فرآیند شناسایی اختلاف در ویژگی های یک عارضه یا پدیده با مشاهده آن در زمان های مختلف است که می تواند نقش مهمی در برنامه ریزی های منطقه ای داشته باشد. نمای کلی ساختار تحقیق در رابطه با پایش تغییرات در بازه زمانی چند ساله آب دریاچه ها به همراه آشکارسازی تغییر آب دریاچه ها با شاخص های طیفی و علم سنجش از دور RS و GIS می باشد. تغییرات کاربری با تکنیک سنجش از دوری با تفاضل تصاویر^۸ مقایسه بعد از طبقه بندی است که با تصاویر ماهواره ای تحلیل چند منبعی داده های چندطیفی انجام می پذیرد.

۲. تبیین مساله

باید توجه داشت که ماهیت پویا و غیرقابل دسترس برخی از اکوسیستم های تالاب، جمع آوری داده ها در محل را محدود می کند. از این رو، استفاده از پلتفرم های مختلف سنجش از دور برای تصویربرداری از تالابها تشویق می شود. این پلتفرمها به دلیل توانایی شان در ثبت مناطق بزرگ در دوره های زمانی کوتاه و نقشه برداری از مناطق غیرقابل دسترس بسیار مفید هستند. حسگرها در محدوده نوری و مایکروویو طیف الکترومغناطیسی نقش مهمی در تشخیص و ترسیم تالابها ایفا می کنند، زیرا هر کدام از آن ها در جمع آوری داده ها به یکدیگر تکمیلی هستند.

در آشکارسازی و پایش تغییرات تالاب های کوچک با تحلیل داده های چندمنبعی و شاخص های طیفی از داده چند منبعی بهره جسته شد. وضوح تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک متفاوت در پایش و آشکارسازی تغییرات بسیار ارزنده و مهم می باشند. در تصاویر لندست ۷ و لندست ۸ به آشکارسازی آب در این شاخص مناطقی که پوشش آب وجود دارد مقدار NDWI آن با جاهایی که سفیدرنگ و شورزاره های مرطوب هست متفاوت است، در پهنه آبی شاخص به ۰/۹۹ ولی در شورزاره های مرطوب به ۰/۶ می رسد. در این شاخص اعداد مثبت بین (۶ - ۰/۱) پهنه های آبی را نشان می دهد، اعداد ۰ و منفی سایر پوشش گیاهی منطقه را جدا می کند. شاخص دستی دیگری که از طریق Band Math براساس فرمول $(B^3 - B^4) / (B^3 + B^4)$ محاسبه گردید، در این شاخص، B^3 را معادل باند Red و B^4 را باند Near Infrared قرار داده تا نواحی مرطوب (شورزه زار) را با پهنه آبی جدا کند.

^۸ The difference between the images



برای مدیریت و حفظ تالابها، ابتدا باید با ویژگیها، اهمیت، و چالشهای مرتبط با این منابع طبیعی آشنا شویم. سپس، می توانیم به بررسی رویکردهای مختلف سنجش از دور برای طبقه بندی تالابها و مزایا و معایب هر یک از این روشها بپردازیم. این روشها شامل استفاده از رادار هوایی، تصاویر چند طیفی، داده های SAR (دهانه مصنوعی) و مجموعه های داده دیگر می شوند. همچنین، الگوریتم های مختلف مبتنی بر پیکسل و مبتنی بر شی برای طبقه بندی تالابها نیز مورد بحث قرار می گیرند. برای مثال، برخی نتایج نشان می دهند که لبه قرمز و نوارهای مادون قرمز نزدیک بهترین باندهای نوری برای تصویربرداری تالابها هستند. همچنین، در تصاویر SAR، زوایای فرود بزرگ، طول موج های کوتاه، و انتقال افقی و قطبش دریافت عمودی بهترین ویژگی هایی برای تشخیص تالاب های علفی هستند، در حالی که زوایای فرود کوچک، طول موج های بلند و قطبش انتقال و دریافت افقی برای نقشه برداری تالاب های جنگلی مناسب هستند. تغییرات اقلیم و پدیده های مشابهی همچون خشکسالی از جمله چالش های محیط زیستی بسیار مهم هستند که تأثیرات وسیعی بر زیستگاه ها و جوامع دارند. خشکسالی می تواند باعث کمبود منابع آب شیرین شده و در نتیجه به کاهش تنوع زیستی و مشکلات زیست محیطی منجر شود. از آنجایی که تالابها نقش مهمی در مدیریت منابع آبی و تعدیل اقلیم ایفا می کنند، تأثیرات مثبت این اکوسیستم ها بر کاهش تبعات خشکسالی و تغییرات اقلیمی نیز بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۱. نمایی از تالاب های استان فارس دریاچه بختگان - طشک



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای از دریاچه - ماهرلو از آژانس فضایی دریاحه

یکی از مسائلی که با خشک شدن تالابها و خشکسالی مرتبط است، پدیده گرد و غبار است. خشکسالی و کاهش سطح آب تالابها باعث ایجاد مناطق خشک و بی‌پوشش می‌شود که ریزگردها را آزاد می‌کند. این پدیده می‌تواند مناطق مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و از جمله مشکلاتی است که نیازمند راه‌حل‌های جدی و کارآمدی برای مقابله با آن است. تالابها به عنوان سرمایه‌های گرانقدر اکوسیستم‌های آبی شناخته می‌شوند. آنها به تعدیل میکرو اقلیم منطقه خود کمک می‌کنند و در تنظیم سطح آب‌های زیرزمینی نیز نقش دارند. همچنین، از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و گردشگری نیز اهمیت دارند. بنابراین، مدیریت کمی و کیفی تالابها و تدابیر جهت حفظ و احیای آنها بسیار ضروری است.

برای مقابله با این چالش‌ها، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت تالابها از طریق شناسایی، طبقه‌بندی، ثبت، و حفظ آنها و ایجاد تدابیر مناسب برای حفظ و احیای این اکوسیستم‌ها داریم. همچنین، باید توجه به توازن بین نیازهای محیط زیست و نیازهای اقتصادی و اجتماعی داشته و به بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی پرداخت. این اقدامات می‌توانند به تعداد بسیاری از مشکلات زیست محیطی جهان کمک کنند و به حفظ تالابها و کاهش تأثیرات منفی خشکسالی و تغییرات اقلیمی کمک کنند. تحقیقی که شما توصیف کرده‌اید، به نوعی تحقیق چندروشی^۹ با رویکرد توصیفی و تحلیلی^{۱۰} می‌باشد. این تحقیق از دو روش اصلی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌کند: روش اسنادی و روش میدانی. گستره کار برای این تحقیق استان فارس و مناطقی که به عنوان مورد مطالعه انتخاب شده‌اند می‌باشد. در نهایت، اطلاعات جمع‌آوری شده از این دو روش تجزیه و تحلیل می‌شوند و با استفاده از نرم‌افزارهای پردازش تصویر، ادغام داده‌ها و محاسبه شاخص‌های طیفی انجام می‌شود. نتایج تحقیق از اهمیت بالایی برخوردار هستند و می‌توانند در

^۹ mixed-methods research

^{۱۰} Descriptive and analytical approach

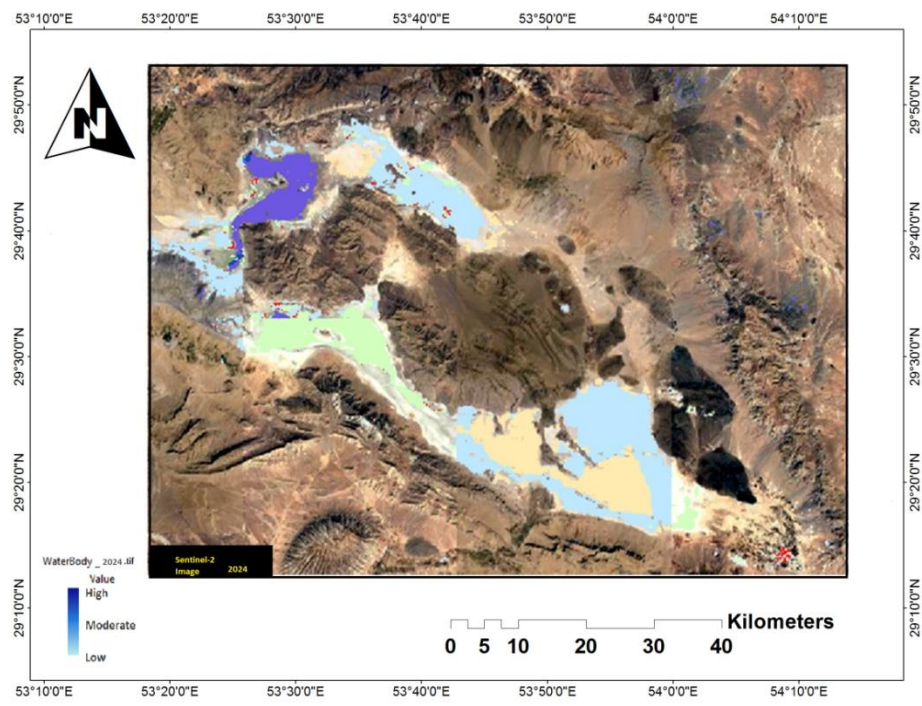


سازمان ها و ادارات مختلفی که به موضوع تغییرات تالاب ها و مدیریت آن ها ارتباط دارند، اعمال شوند، از جمله سازمان هایی که شما اشاره کرده اید.

۳. منطقه مورد مطالعه

دریاچه بختگان

دریاچه بختگان، دومین دریاچه بزرگ ایران بعد از دریاچه ارومیه است. نیز بزرگترین دریاچه مرکزی ایران می باشد و به طول ۱۲۰ کیلومتر در شهرستان های نیریز، استهبام، بختگان، خرامه و ارسنجان در استان فارس است. موقعیت جغرافیایی دارای مختصات جغرافیایی ۲۹° و ۳۶' عرض شمالی و ۵۳° و ۲۹' طول شرقی با مساحتی بالغ بر ۳۵۰۰ کیلومتر مربع دارای گونه دریاچه نمکی می باشد. منشأ آب دریاچه از رودخانه گُرو رودخانه سیوند در نزدیکی شهر مرودشت قرار دارد. علاوه بر وجود چشمه های متعدد در اطراف دریاچه و همچنین سیلاب فصلی تأمین کننده آب دریاچه هستند اما متأسفانه به دلیل تغییرات طبیعی و انسانی رودخانه خشک گردیده که موجب خشک شدن دریاچه گردیده است. دریاچه بختگان در فرونشستی نسبتاً بلند در کوه های زاگرس قرار گرفته است و ارتفاع آن از دریای آزاد ۱۵۵۸ متر است. اقلیم این منطقه اقلیم سرد و خشک است.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی دریاچه بختگان - طشک



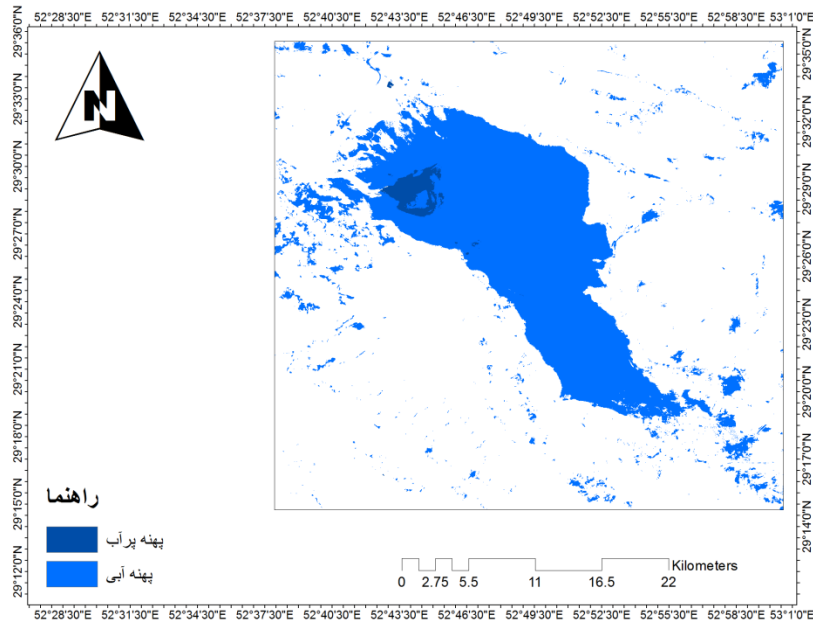
دریاچه طشک

دریاچه طشک نام یکی از دریاچه های استان فارس می باشد. این دریاچه در کنار روستای زیبا و قدیمی طشک از توابع شهرستان بختگان قرار دارد. این دریاچه یک فرونشست میان کوهی است که ارتفاع آن ها از سطح دریای آزاد حدود ۱۵۸ متر است. دریاچه طشک با وسعت تقریبی ۸۰۰ کیلومتر مربع در شمال باختری دریاچه بختگان و ۱۶۰ کیلومتری شرق شیراز قرار دارد. تأمین کننده اصلی آب این دریاچه، رودخانه کُر و سیوند است که از کوه های برآفتاب و موسی خانی، در ۵۰ کیلومتری جنوب باختری ده بید سرچشمه می گیرد و در غرب مروودشت، در محلی به نام پل خان پس از یکی شدن و عبور از دشت مروودشت و منطقه حاصلخیز دشت کربال با مرکزیت سلطان شهر گذشته و به دریاچه می ریزد.

موقعیت جغرافیایی دارای مختصات جغرافیایی دریاچه طشک $29^{\circ} 44' 22''$ عرض شمالی و $53^{\circ} 35' 1''$ طول شرقی می باشد. داراس مساحتی بالغ بر ۸۰۰ کیلومتر مربع بوده و منشأ اصلی آب این دریاچه، رودخانه کُر و سیوند است که از کوه های برآفتاب و موسی خانی، در ۵۰ کیلومتری جنوب غربی ده بید سرچشمه می گیرد و در غرب مروودشت، در محلی به نام پل خان پس از یکی شدن و عبور از دشت مروودشت و منطقه حاصلخیز دشت کربال با مرکزیت سلطان شهر گذشته و به دریاچه ها می ریزد.

درباره دریاچه مهارلو

دریاچه مهارلو که به نام دریاچه نمک نیز شناخته می شود، از دریاچه های استان فارس در ایران است. این دریاچه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شیراز میان این شهر و سروستان قرار گرفته و مساحت آن ۶۰ کیلومتر مربع است. بیشترین طول این دریاچه ۲۸ کیلومتر و بیشترین عرض آن ۱۵ کیلومتر است. ژرفای آن در عمیق ترین بخش به ۳ متر می رسد. ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰ متر است. آب این دریاچه بسیار شور و از نوع سدیم کلرید، منیزیم و سدیم سولفات است. به دلیل شوری زیاد، در فصل خشک سال، یکی از کانسارهای بزرگ ایران به شمار می آید.



شکل ۴. موقعیت جغرافیایی دریاچه مهارلو

۴. روش پژوهش

این مقاله به بررسی آشکارسازی و پایش تغییرات تالاب های کوچک با تحلیل داده های چندمنبعی و شاخص های طیفی در استان فارس می پردازد. روش تحقیق به صورت توصیفی و تحلیلی با اهداف کاربردی طراحی شده است و از مطالعات میدانی، کتابخانه ای و اسنادی استفاده می کند. در ادامه، مراحل و روش های به کار گرفته شده در این پژوهش به تفصیل شرح داده می شود.

۱. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل سه دریاچه مهم در استان فارس است:

- دریاچه بختگان: دومین دریاچه بزرگ ایران با مساحت حدود ۳۵۰۰ کیلومتر مربع.
 - دریاچه طشک: با وسعت تقریبی ۸۰۰ کیلومتر مربع، در شمال غربی دریاچه بختگان قرار دارد.
 - دریاچه مهارلو: در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شیراز با مساحت ۶۰ کیلومتر مربع.
- این دریاچه ها به دلیل تغییرات اقلیمی و انسانی، دچار خشکی و کاهش سطح آب شده اند.



۲. روش تحقیق

روش تحقیق در دو بخش اصلی پایش و آشکارسازی تغییرات انجام شده است:

الف. پایش تغییرات

- از داده های ماهواره ای مانند Landsat و Sentinel-۲ برای پایش تغییرات سطح آب دریاچه ها استفاده شده است.
- شاخص MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) به عنوان شاخص اصلی برای شناسایی پهنه های آبی به کار گرفته شد. این شاخص با استفاده از باندهای سبز و مادون قرمز کوتاه (SWIR) محاسبه می شود و دامنه آن بین ۱- تا ۱+ است. مقادیر مثبت نشان دهنده وجود آب هستند.
- داده های ماهواره ای از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۲۴ جمع آوری و تحلیل شدند.

ب. آشکارسازی تغییرات

- برای آشکارسازی تغییرات، از روش های تحلیل تغییرات پیوسته (CCDC) و LandTrendr استفاده شد. این روش ها تغییرات پیکسل ها را در طول زمان ارزیابی می کنند و رسترهای تغییرات را تولید می کنند.
- ابزارهای تحلیل تغییرات شامل:
 - Compute Change Analysis Raster: برای محاسبه تفاوت های مطلق، نسبی و طبقه بندی شده بین دو مجموعه داده.
 - Detect Change Using Change Analysis Raster: برای تشخیص تغییرات با استفاده از رسترهای تحلیل تغییر.

۳. جمع آوری داده ها

- داده های ماهواره ای: از وبسایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) و پلتفرم Google Earth Engine جمع آوری شدند.
- نقشه های پایه: از نرم افزارهای ArcGIS و QGIS برای تهیه نقشه های پایه استفاده شد.
- داده های میدانی: برای تأیید و اعتبارسنجی داده های ماهواره ای، از مشاهدات میدانی نیز استفاده شد.

۴. پیش پردازش داده ها

- کالیبراسیون رادیومتریکی: داده های ماهواره ای به واحدهای بازتابی و تابشی تبدیل شدند.
- تصحیح اتمسفری: برای حذف اثرات جو بر روی تصاویر ماهواره ای، تصحیح اتمسفری انجام شد.



- تبدیل وضوح مکانی: وضوح مکانی تصاویر به ۱۵ متر افزایش یافت تا دقت تحلیل ها بهبود یابد.

۵. تحلیل داده ها

- شاخص های طیفی: شاخص MNDWI برای شناسایی پهنه های آبی محاسبه شد.
- تحلیل تغییرات: تغییرات سطح آب دریاچه ها در بازه های زمانی مختلف بررسی شد.
- تولید نقشه ها و نمودارها: نتایج تحلیل ها به صورت نقشه ها و نمودارهای تغییرات ارائه شدند.

۵. یافته ها

داده ها شامل پهنه های آبی استخراج شده با روش آشکارسازی Change Detection با روش های شاخص های طیفی به کار برده شده از جمله شاخص نرمال شده آب MNDWI Index که پهنه های آبی را با بهترین قدرت تفکیک مکانی و زمانی برای دریاچه های بختگان- طشک و دریاچه مهارلو با تصاویر ماهواره ای سنتینل-۲ به ارمغان آورده است. برای سال های اخیر از داده سنجنده سنتینل-۲ برای پردازش آشکارسازی پهنه آبی، بخش کاربری کشاورزی پوشش گیاهی بهره گرفته شد. آشکارسازی تغییرات عبارت است از کاربرد داده های چندزمانه با هدف تشخیص پهنه هایی که پوشش آن ها در فواصل مختلف تصویربرداری تغییراتی داشته اند؛ این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش در کوتاه مدت مانند برف یا سیلاب، تغییرات پوشش چون توسعه شهری و یا تبدیل اراضی کشاورزی به پوشش های مسکونی و صنعتی باشد (Varol et al., ۲۰۱۰). راه های مختلفی برای پایش و تشخیص تغییرات پوشش زمین در طول زمان وجود دارد که دو روش میدانی و استفاده از سنجنش از دور RS

- **استفاده از سنجنش از دور RS:** به دلیل پوشش گسترده، قابلیت تکرارپذیری، سهل الوصول بودن داده ها دقت بالای داده های حاصله و صرف جویی در هزینه و زمان از ویژگی هایی است که ارجحیت استفاده از این اطلاعات را نسبت به سایر روش ها برای بررسی پوشش گیاهی، پوشش زمین و تغییرات آن فراهم ساخته است.

- **سنجنده های چندطیفی:** بیشتر سنجنده های چندطیفی دارای ۳ تا ۱۰ باند طیفی در محدوده باند مرئی و مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی هستند. این سنجنده ها امکان تفکیک و تبعیض انواع مختلف پوشش- گیاهی، سنگ ها، خاک، آب، اراضی بایر، اراضی ساخت بشر توسط سنجنده را می دهند (Shewetank & Bhatia, ۲۰۱۰). سنجنده های سنجنش از دور انواع داده را از عوارض سطح زمین، که انرژی الکترومغناطیسی را گسیل و انعکاس می دهند فراهم می آورد و این داده ها جهت ارائه اطلاعات درباره منابع تحت ارزیابی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

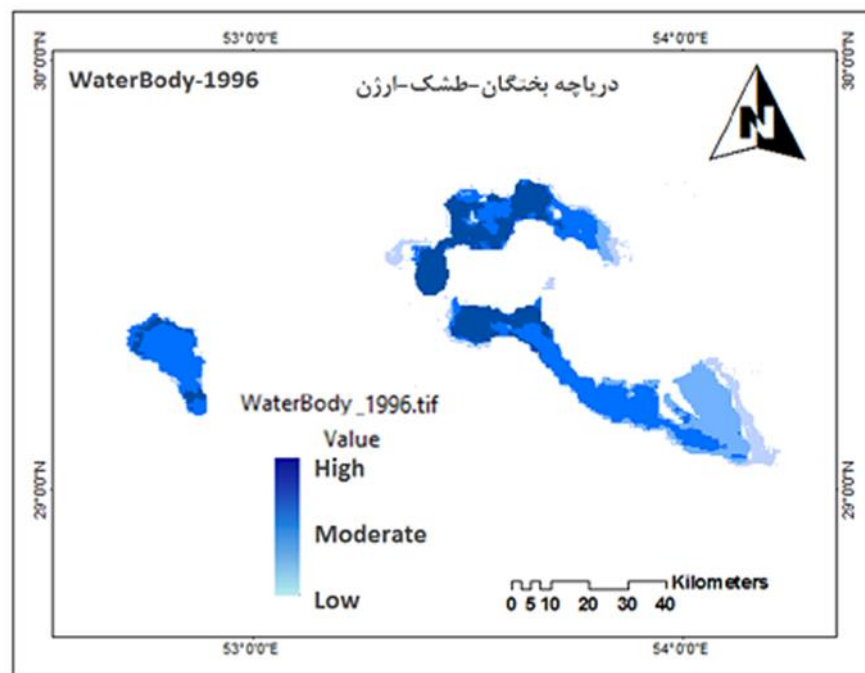
۵.۱. یافته های تحقیق پردازش با تصاویر چندمنبعی



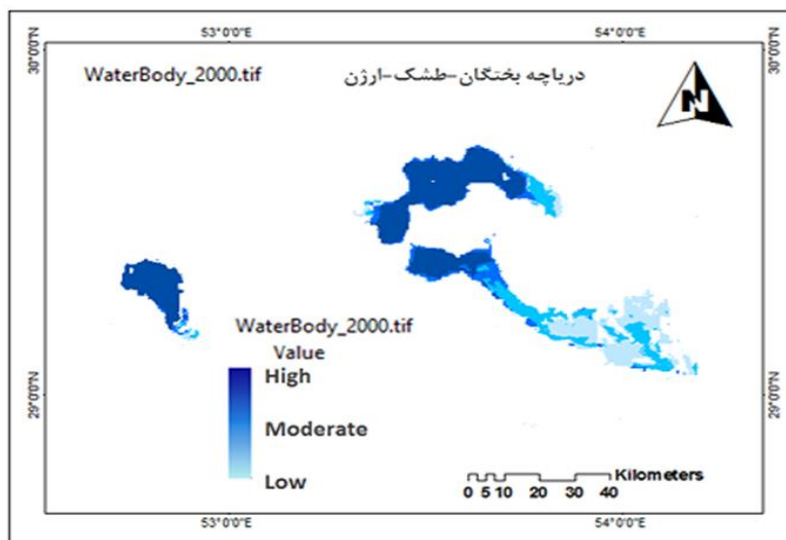
ویتک و همکاران، تغییرات پوشش زمین را بین سال های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰ در غرب آفریقا با استفاده از یک نمونه سیستماتیک از تصاویر ماهواره ای بررسی کردند. منابع داده اولیه برای طبقه بندی پوشش زمین، اسکنر چندطیفی MSS لندست برای سال ۱۹۷۵ و TM برای دوره ۱۹۹۰ استفاده کردند. برای سری زمانی پایش و آشکارسازی پهنه های آبی در این تحقیق از این داده های چندمنبعی استفاده گردید. از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۲ از داده تصاویر چند طیفی MSS, TM, ETM, OLI برای آشکارسازی و پایش پهنه های آبی استفاده شد. که برای این منظور تصاویر ماهواره ای با هم موزاییک شدند. به عبارتی از تصاویر ماهواره ای لندست ۵ ۷ ۸ و ۹ برای پردازش آشکارسازی پهنه های آبی برای شاخص MNDWI استفاده شد. با سه کلاس اصلی مدل:

$$\text{Waterbody} \begin{cases} \text{High} \\ \text{Moderate} \\ \text{Low} \end{cases}$$

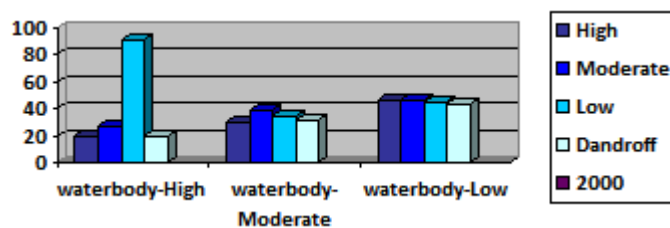
کلاس پهنه آبی بالا، متوسط، کم برای پهنه آبی دریاچه ها در نظر گرفته شد.



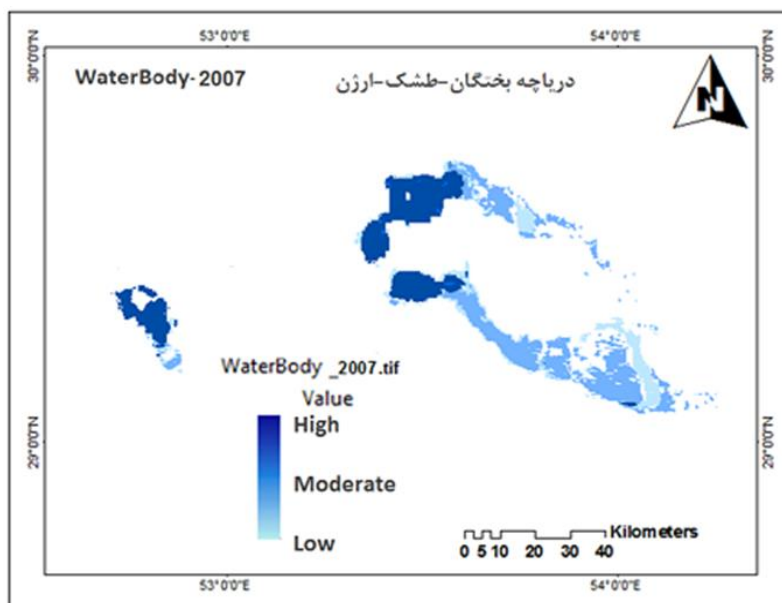
شکل ۵. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - تاشک - مهارلو سال ۱۹۹۶



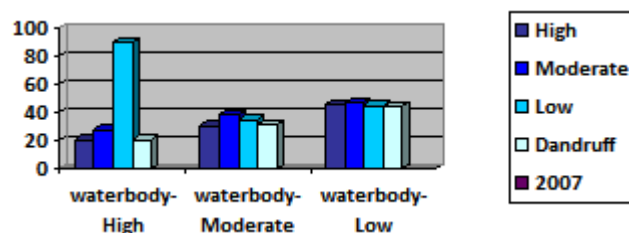
شکل ۶. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان- تاشک - مهارلو سال ۲۰۰۰



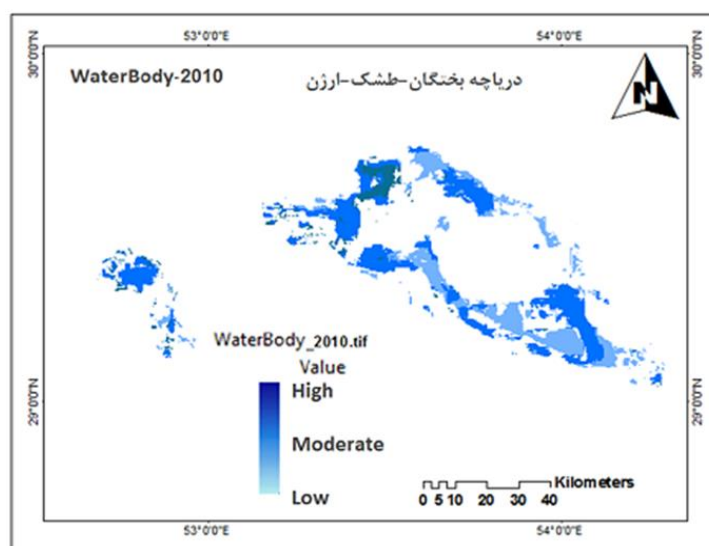
نمودار ۱. سال ۲۰۰۰



شکل ۷. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو سال ۲۰۰۷

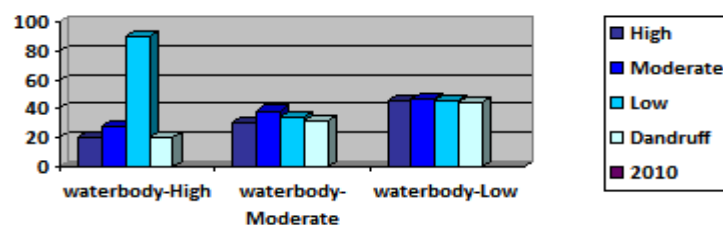


نمودار ۲. سال ۲۰۰۷

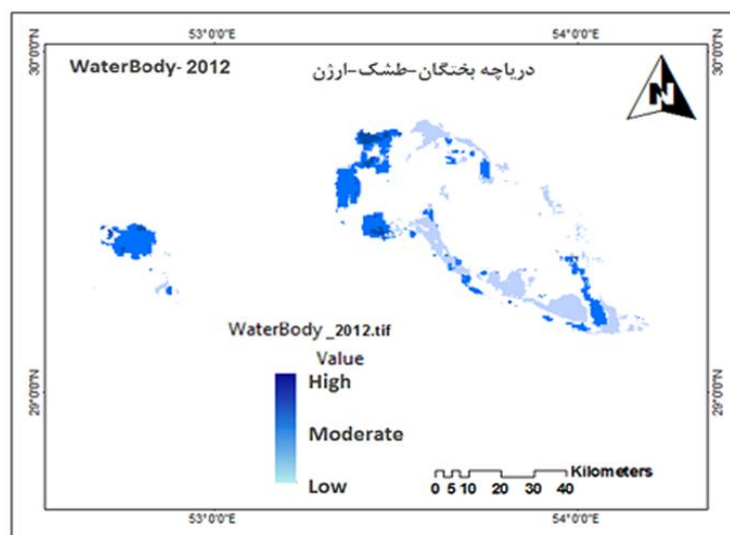




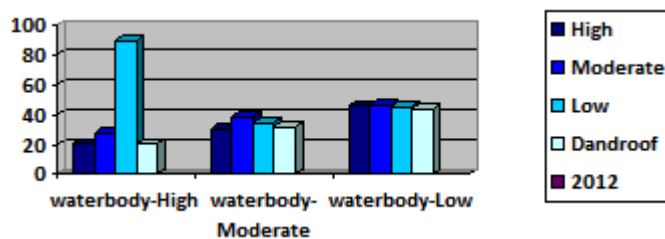
شکل ۸. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو سال ۲۰۱۰



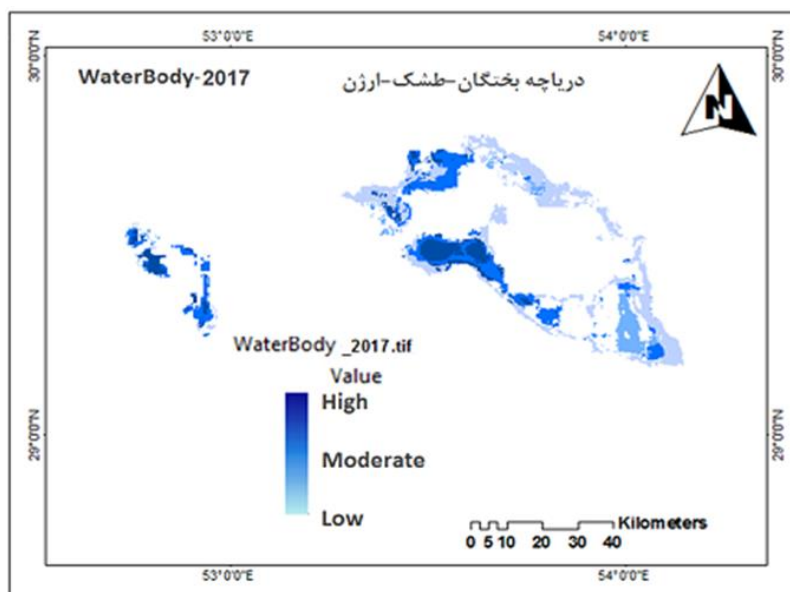
نمودار ۳. سال ۲۰۱۰



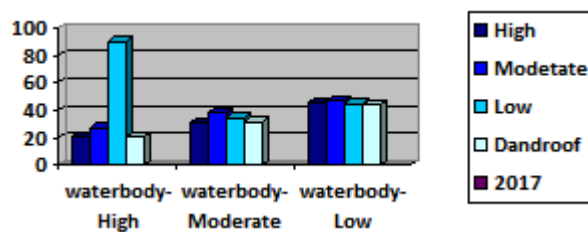
شکل ۹. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو سال ۲۰۱۲



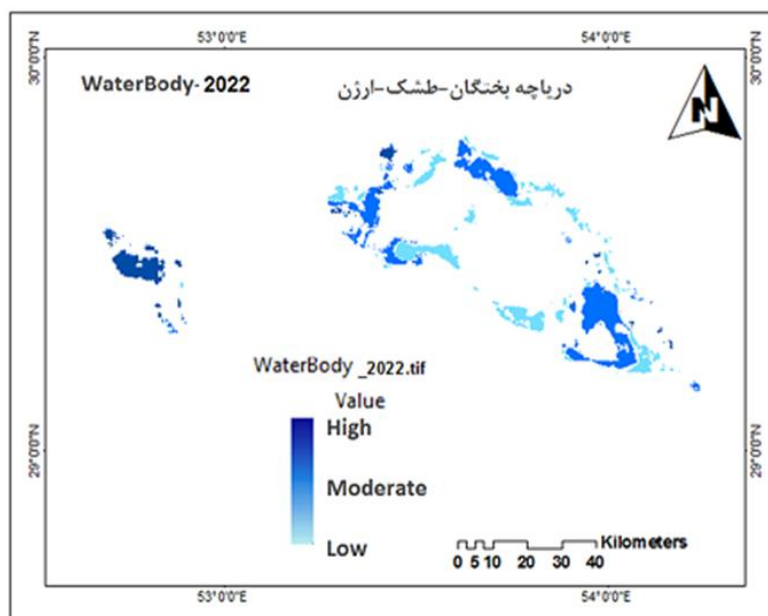
نمودار ۴. سال ۲۰۱۲



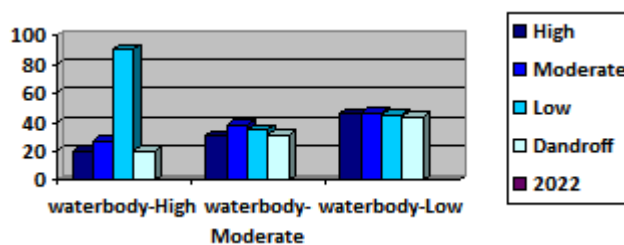
شکل ۱۰. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو سال ۲۰۱۷



نمودار ۵. سال ۲۰۱۷

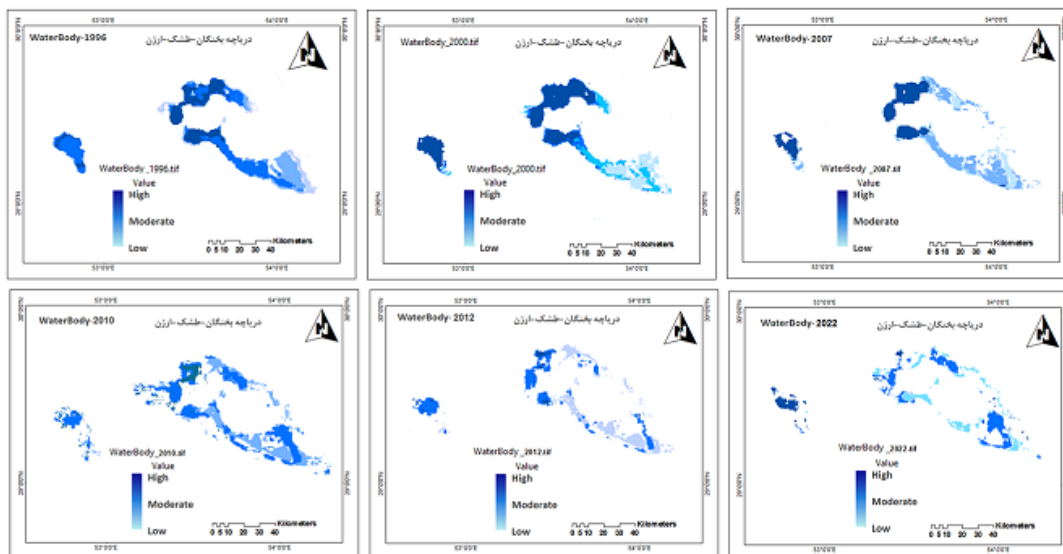


شکل ۱۱. نقشه پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو سال ۲۰۲۲



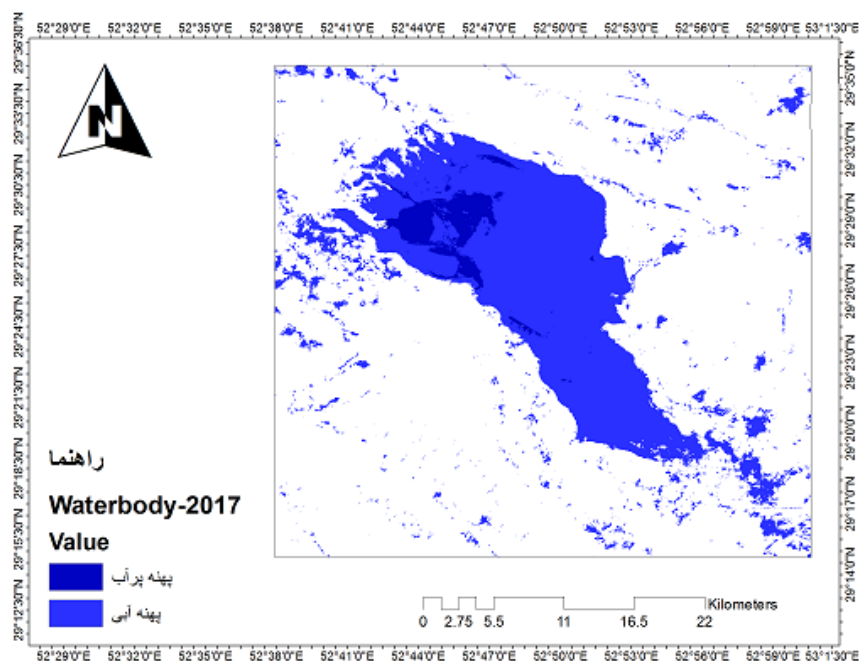
نمودار ۶. سال ۲۰۲۲

که با شکلی منسجم در کنار سال های تغییر پهنه های آبی دریاچه های بختگان - طشک - مهارلو کاملاً آشکارسازی بسیار واضح گردید.

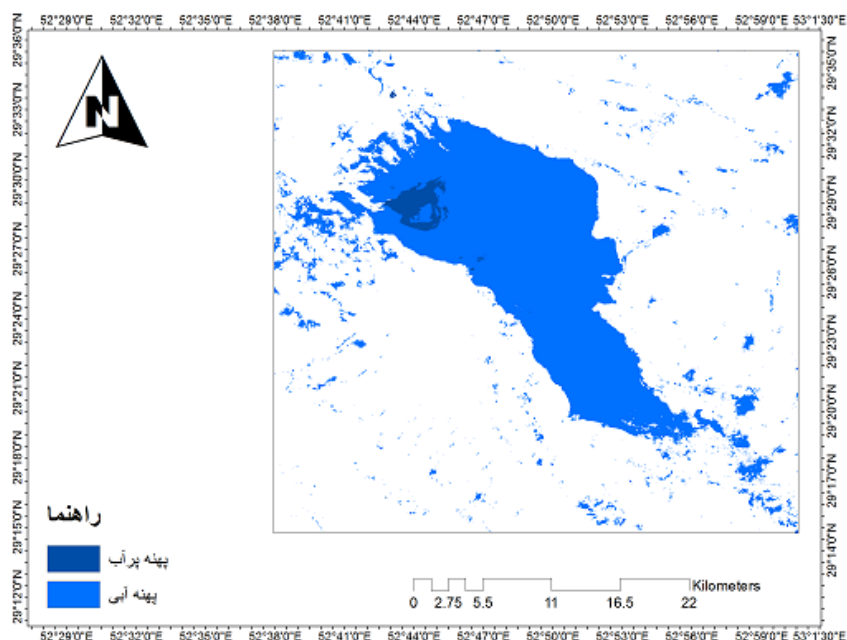


شکل ۱۲. نقشه کامل سری زمانی آشکارسازی پهنه های آبی با داده چندمنبعی - چند طیفی

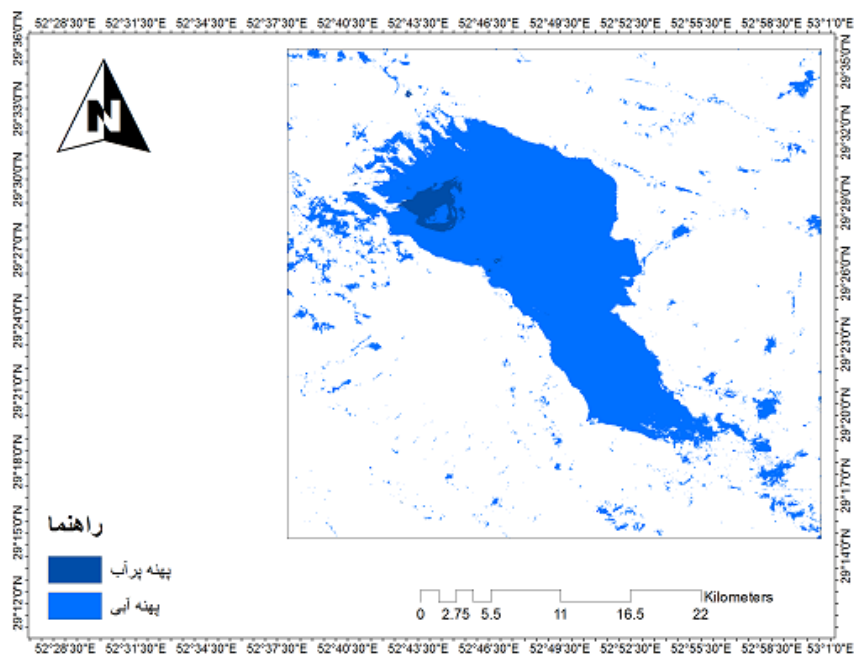
علت استفاده از این سال ها برای آشکارسازی پهنه های آبی تشخیص بهنگام از روی تصاویر پایه تایم لپس گوگل ارث
 انجام می باشد تا پردازش تصاویر ماهواره ای با صحت کامل بیان شوند.



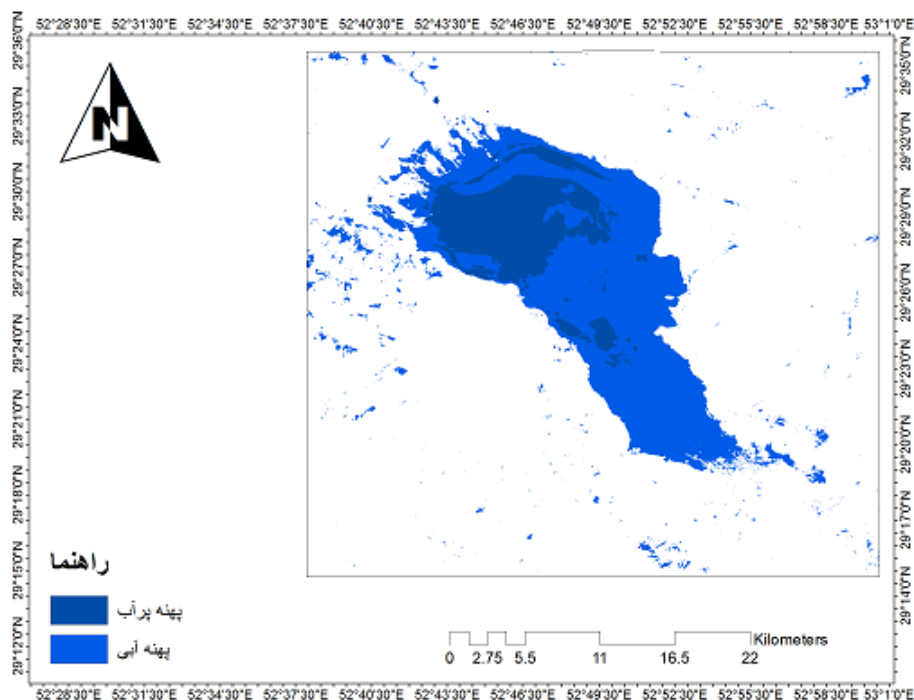
شکل ۱۳. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۱۷



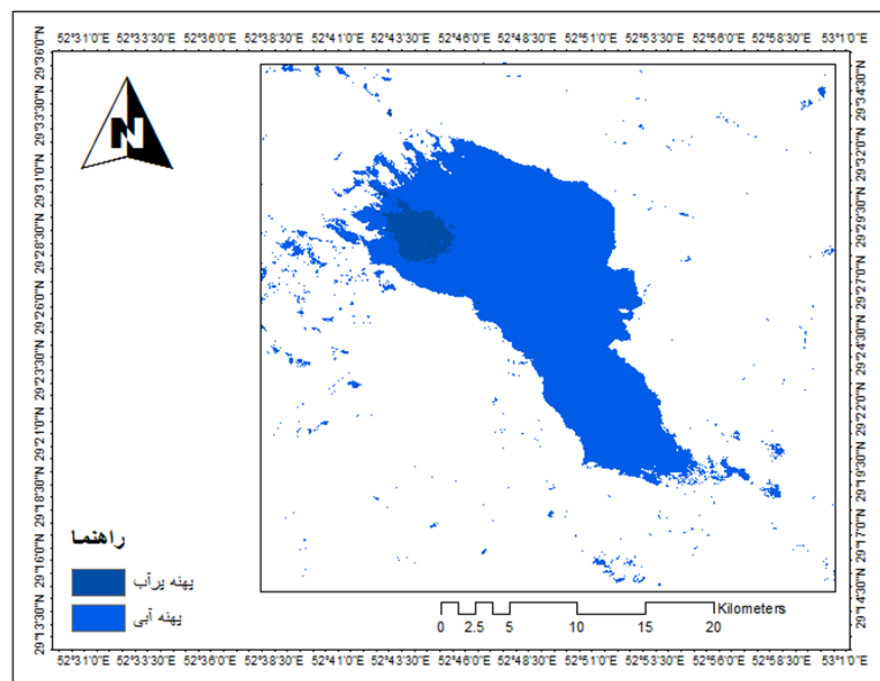
شکل ۱۴. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۱۸



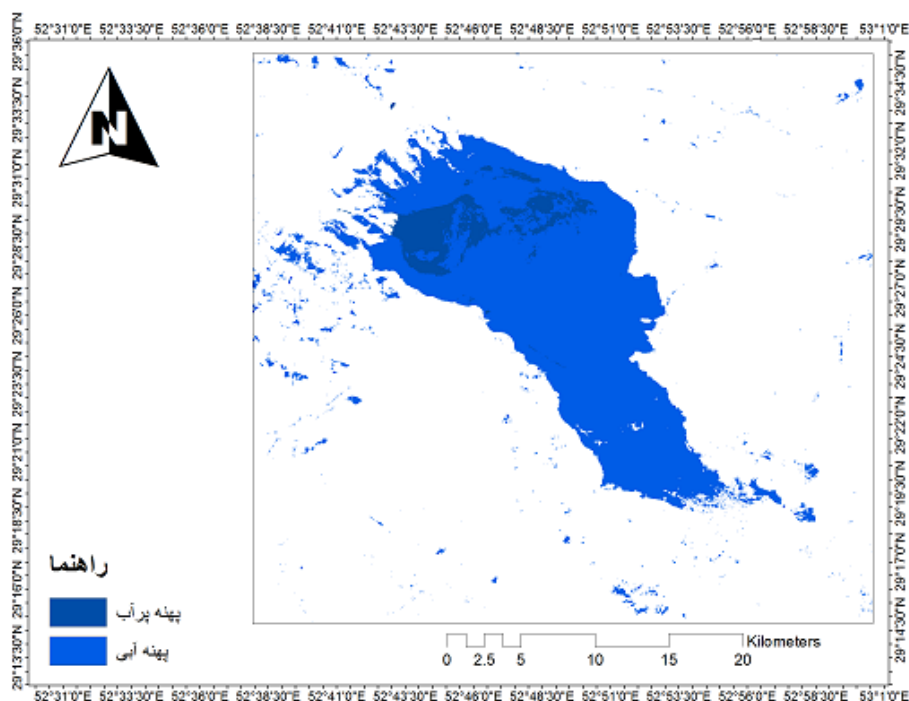
شکل ۱۵. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۱۹



شکل ۱۶. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۲۰



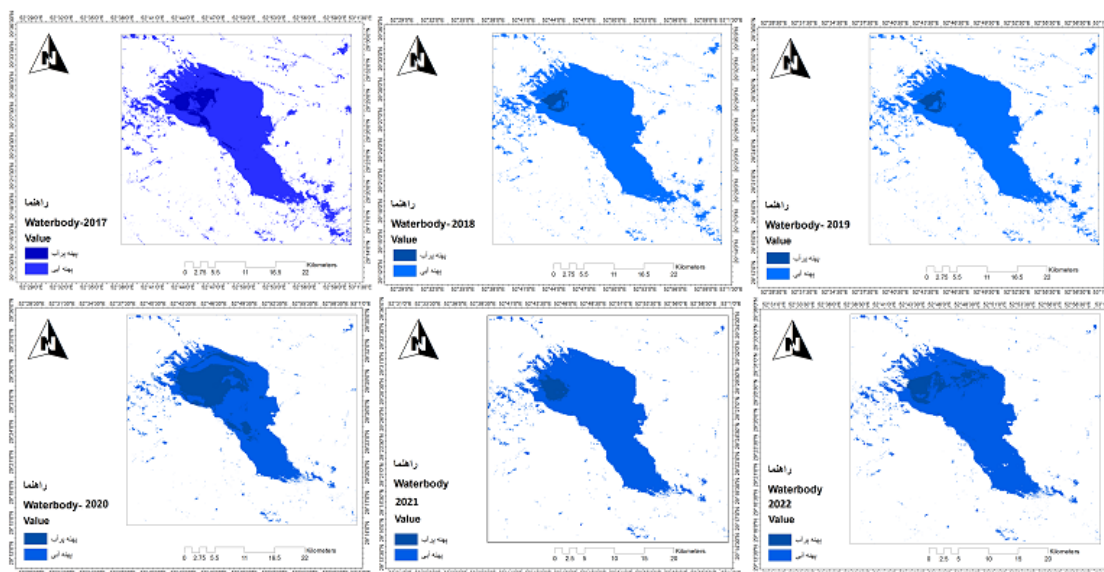
شکل ۱۷. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۲۱



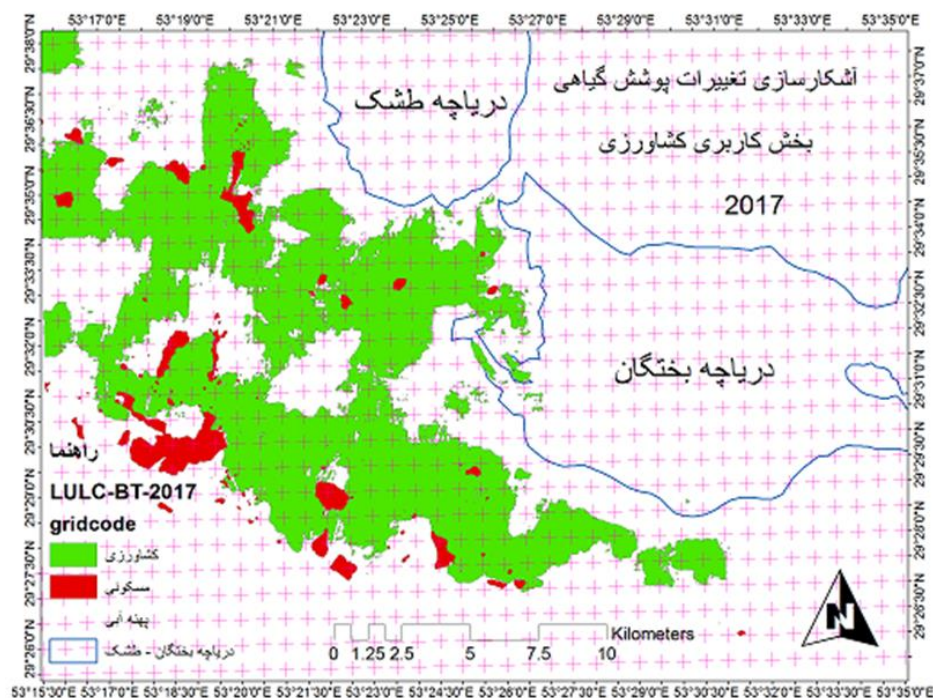
شکل ۱۸. نقشه پهنه آبی دریاچه مهارلو سال ۲۰۲۲

جدول ۱. مساحت پهنه آبی دریاچه مهارلو از سال ۲۰۱۷ تا سال ۲۰۲۲

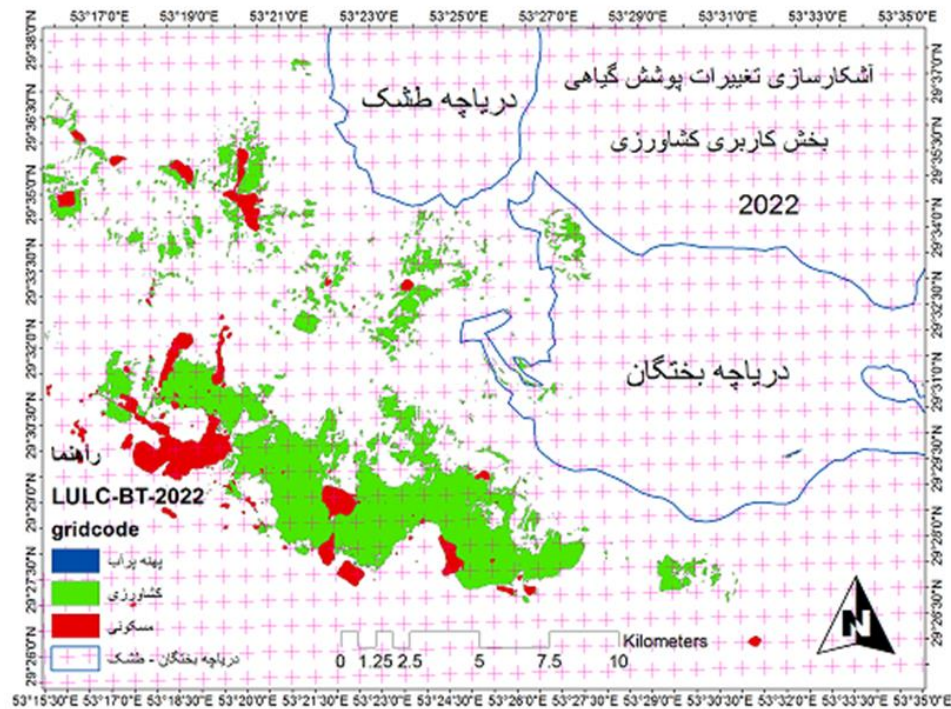
سال	مساحت به درصد	مساحت به کیلومتر مربع
۲۰۱۷	۱/۷۹	۲۵/۲۷
۲۰۱۸	۰/۶۵	۹/۲۵
۲۰۱۹	۰/۶۳	۹
۲۰۲۰	۴/۸۲	۶۸
۲۰۲۱	۰/۹۲	۱۳
۲۰۲۲	۱/۷۱	۲۴/۱۵
جمع	۱۰/۵۲	۱۴۸/۶۷



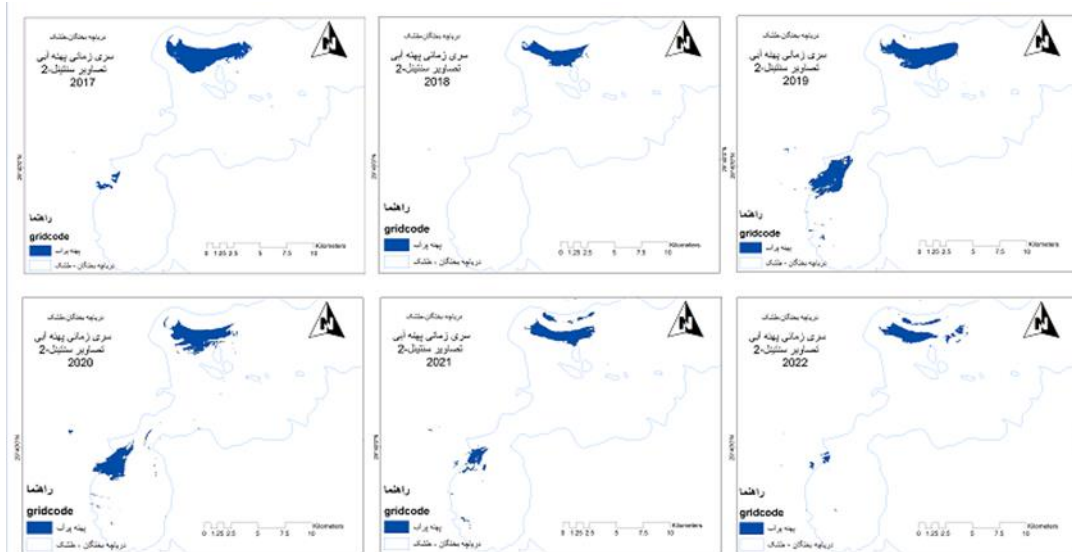
شکل ۱۹. نقشه کامل سری زمانی آشکارسازی پهنه های آبی با داده چندمنبعی - چند طیفی دریاچه مهارلو



شکل ۲۰. نقشه آشکارسازی بخش کشاورزی - سال ۲۰۱۷



شکل ۲۱. نقشه آشکارسازی بخش کشاورزی - سال ۲۰۲۲



شکل ۲۲. نقشه آشکارسازی پهنه آبی سری زمانی ۲۰۲۲، ۲۰۲۱، ۲۰۲۰، ۲۰۱۹، ۲۰۱۸، ۲۰۱۷

بزرگنمایی پهنه های آبی نقشه های استخراج شده از شاخص MNDWI در بازه های زمانی چند سال اخیر بیانگر تغییرات آشکارسازی پهنه های آبی در سال های فوق می باشد. از آن جایی که مساحت پهنه های آبی را با مساحت در



بخش یافته‌های تحقیق با جدول بیان شده است. در این شکل به بیان بصری تغییرات اشاره می‌گردد. برای درک بهتر پهنه‌های آبی چند سال اخیر بزرگنمایی صورت گرفت. همان گونه که در بخش یافته‌های تحقیق از آشکارسازی تغییرات دریاچه از نظر مساحی آب بیان شده است، در فاصله زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ پهنه‌های آبی دارای مساحت زیادی نسبت به سایر سال‌ها برخوردار است. این نشان داد که در سال‌های مزبور به علت بارش زیاد این پهنه‌ها پرآب شدند. از سال ۲۰۲۲ کاملاً دریاچه‌ها خشک شده‌اند.

۵.۲. تفاوت، تضاد یا تطابق بین نتایج تحقیق با نتایج دیگر محققان

سارب و اوزچلیک، از شاخص‌های AWEI, MNDWI, NDWI با روش طبقه‌بندی SVM برای استخراج آب از تصاویر TM, ETM استفاده کردند. عملکرد هر یک از شاخص‌ها را با استفاده از روش پیرسونف اندازه‌گیری شاخص شبیه‌ساز ساختاری و مجذور میانگین مربعات مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نیز با کارایی شاخص MNDWI و روش طبقه‌بندی SVM تأکید داشت (Sarp & Ozcelik, ۲۰۱۷). ناندی و همکاران، به بررسی تغییرات سطح آب در دریاچه چلیکا در طی سال‌های ۲۰۱۴ - ۱۹۹۶ با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست و با اتکا به روش آشکارسازی طیفی آب و با استفاده از شاخص‌های AWEI, NDWI, MNDWI پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص MNDWI برآورد بهتر و دقیق‌تری را نسبت به سایر شاخص‌ها از خود نشان می‌دهد (Nandi et al., ۲۰۱۸).

۶. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به طور خلاصه از تحقیقات به عمل آمده شامل آشکارسازی پهنه‌های آبی دریاچه‌ها بختگان- طشک و مهارلو بوده است. سری زمانی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۵ با داده‌های چندمنبعی و چندطیفی سری زمانی در شناسایی دقیق این پهنه‌ها و مساحت آن‌ها در طی بازه زمانی گردید. پوشش گیاهی منطقه که عمده به طور کاربری کشاورزی بوده است متأثر از پهنه‌های آبی دچار تغییر شده‌اند. تشخیص تغییرات با استفاده از علم سنجش از دوری منجر به نمایش نقشه‌های متنوع گردیده است. بنابراین توانسته است تا مشکلات عمده در خشک شدن دریاچه‌های استان فارس را رونمایی کند.

پهنه‌های آبی با شاخص MNDWI و با روش طبقه‌بندی SVM ماشین بردار پشتیبان استخراج شد. مساحت هر پهنه آبی برای سال‌های اخیر استخراج و محاسبه شد. با توجه به این که در سال ۲۰۱۷ تالاب بختگان - طشک بالاترین میزان مساحت پهنه آبی یعنی پهنه پرآب ۱۵ درصد برآورد شد. که در سال ۲۰۱۸ این مقدار به ۰/۶۶۸ درصد رسید که در سال ۲۰۱۹ یعنی سال ۱۳۹۸ به میزان ۰/۲۰۶ درصد رسید. در سال ۲۰۲۲ به میزان ۰/۰۸۳ درصد پهنه آب داشت. در تالاب مهارلو پهنه آبی دریاچه در دو سال ۲۰۱۷ و ۲۰۲۲ به ترتیب دارای مساحت ۰/۷۹۳ و ۱/۷۹ بود و در باقی سال‌ها به میزان ۰/۶۵ و ۰/۶۳ رسید اما جالب است در سال ۲۰۲۰ پهنه آبی تالاب مهارلو به میزان قابل توجهی رسید بالغ بر ۴/۸۲۲ درصد رسیده است. این بیانگر این موضوع می‌باشد که با بارش در آن سال بیشتر بوده است یا آب سدهای مسیر سرریز داشته است.



در سال ۲۰۱۹ سال ۱۳۹۸ بخش کشاورزی که غالب پوشش منطقه مورد مطالعه می‌باشد، روند افزایشی داشته است. یعنی مساحت پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۷ در حدود ۷/۰۸ درصد بوده که این میزان مساحت پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۸ به مقدار ۴/۹۸ درصد رسیده بود. اما در سال ۲۰۱۹ دارای روند افزایشی بوده است. با توجه به این مطلب می‌توان گفت با بررسی نقشه‌های پوشش گیاهی بخش کشاورزی در دو سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰ دارای افزایش رشد در بخش کشاورزی بوده است.

در تحلیل پوشش گیاهی نقشه‌های سری زمانی به این نکته پی برده شد که هرچه از اطراف دریاچه‌ها دورتر شده بر میزان پوشش گیاهی افزوده شده و این بیانگر این مطلب است که حق آبه‌های مسیر رودخانه در راه رسیدن به تالاب باعث افزایش پوشش منطقه در بخش کشاورزی شده است. در بخش نتیجه‌گیری نهایی به این نکته باید اشاره نمود که در سال ۱۹۹۶ توزیع پهنه آبی در تالاب بختگان - طشک با waterbody High دارای پهنه آبی بالا بوده اما در همان سال در دریاچه مهارلو این مقدار کم بوده است.

در سال ۲۰۰۰ در هر دریاچه چه در بختگان - طشک چه در مهارلو مقادیر پهنه آبی هر دو به یک میزان در بالاترین حد بوده است. در سال ۲۰۰۷ کاهش ۳ درصدی نسبت به سال ۲۰۰۰ داشته است. در سال ۲۰۱۰ پهنه آبی با waterbody High خیلی ناچیز مواجه هستیم. بیانگر این مورد است که شروع خشکسالی دریاچه‌های بختگان - طشک و مهارلو دیگر ادامه دارد. در سال ۲۰۱۲ میزان ناچیزی پهنه آبی در تالاب مشاهده می‌گردد که کل پهنه آبی رو به خشکی رفته است. در سال ۲۰۲۲ دریاچه مهارلو به دلایل نامعلوم دارای افزایش نسبی فزاینده‌ای از لحاظ پهنه آبی است. حال به علت نگهداشت آب باران یا سررسز شدن آب بالادست سد بوده است. وجود سایه در تصاویر ممکن است به دلیل الگوی بازتابی طیفی مشابه پهنه‌های آبی باعث اشتباه در طبقه‌بندی شده و این شباهت ممکن است دقت مناطق پهنه‌های آبی را در بازه زمانی مختلف به شکل اشتباهی کاهش دهد (Verpoorter et al., ۲۰۱۰; Fery et al., ۲۰۱۲). در محیط‌هایی با بازتاب طیفی کم که دارای سطوح تاریک غیرآبی هستند روش‌های طبقه‌بندی ممکن است به اندازه کافی و دقیق نتواند پیکسل‌های آبی را تغییر دهد؛ بنابراین از شاخص MNDWI در این تحقیق استفاده شد تا پهنه‌ها با آبی را بهتر نمایان سازد.

منابع

۱. هاشمی تنگستانی، مجید؛ بیراوند، سمیه؛ ۱۳۹۲. آشکارسازی تغییرات ۳۰ ساله کاربری پوشش زمین پیرامون دریاچه بختگان فارس با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور
۲. مروری بر روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در شناسایی تغییرات کاربری اراضی با تکیه بر سنجش از دور و GIS (با تاکید بر مطالعات صورت گرفته در کشور ایران)؛ خوش لهجه، مهدی؛ رنجگر، بابک؛ مقیمی، آرمین؛ بهشتی‌فر، سارا؛ مقصودی، یاسر؛ محمدزاده، علی؛ نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره نهم، شماره ۲، آذر ماه ۱۳۹۸ - مقاله ترویجی
۳. حاجی حسینی، محمدرضا؛ حاجی حسینی، حمیدرضا؛ شایگان، مهران؛ مرید، سعید؛ وطن‌فدا، جبار؛ مرحوم نجفی، علیرضا، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین‌دست سد کجکی حوضه هیرمند



- افغانستان با استفاده از طبقه بندی بیشترین شباهت، درخت تصمیم گیری و ماشین های بردار پشتیبان، سنجش از دور و GIS ایران، سال پنجم، شماره چهارم، ص ۸۸ - ۶
۴. رجبی، احمد؛ قاسمی نژاد، مهدی؛ عباسی فر، علی؛ ۲۰۱۵. بررسی سطح آب دریاچه با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: دریاچه های ارومیه، بختگان و طشک)
۵. باقرپور، مریم؛ طباطبایی، فرناز؛ زارع، سلمان؛ نظری سامانی، علی اکبر؛ قوهستانی، قاسم؛ ۲۰۲۴. ارزیابی روند تغییرات پهنه آبی تالاب صالحیه در اثر احداث زهکش - مقاله پژوهشی-نشریه علمی خشک بوم- جلد ۳۱، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲ - ص ۱۲۳-۱۰۷
۶. رسولی، علی اکبر و همکاران (۱۳۸۷)، پایش نوسان های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره ای چندسنجنده ای و چند زمانه ای، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، صص ۷۱-۵۳.
۷. گمشادزایی، محمدحسین؛ رحیم زادگان، مجید؛ بررسی و ارزیابی شاخص های طیفی استخراج نقشه سطح آب از تصاویر ماهواره ای Landsat
۸. فیض الله پور، مهدی؛ تشخیص تغییرات پهنه آبی میقان با بهره گیری از شاخص های طیفی AWEI، MNDWI، NDWI و مدل های نظارت شده در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک- سال ۱۴۰۲
۹. باقری، محمدحسین، علی، سهولی، غلام عباس (۱۳۹۵). تحلیل تغییرات پهنه های آبی دریاچه بختگان تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی. مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲ (۱۳). ۱- ۱۱. http://www.iwir/article_۴۱۳۳۳.html
۱۰. یوسفی روشن، محمدرضا (۱۴۰۱). برآورد دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ با استفاده از شاخص MNDWI. فصلنامه جغرافیا، دوره ۲۰، شماره ۷۴، پاییز ۱۴۰۱، صص. ۱۸۵-۱۶۵
۱۱. اصغری سراسکانرود، صیاد؛ جلیلیان، روح الله؛ پیروزی نژاد، نوشین؛ مددی، عقیل؛ یادگاری، میلاد. ارزیابی شاخص های استخراج آب با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب کرمانشاه) نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۸، پاییز
۱۲. Selçuk R, ۲۰۰۸. Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. Sensors , ۶۱۸۸-۶۲۰۲
۱۳. Armando A. Apan, Steven R. Raine, and Mark S. Image Analysis Techniques For Assessing Landscape Structural Change: A Case Study Of THE LOCKYER VALLEY CATCHMENT, QUEENSLAND
۱۴. ASHBINDU SINGH (۱۹۸۹). "Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data", International Journal of Remote Sensing, ۱۰:۶, ۹۸۹-۱۰۰۳
۱۵. ANDERSON, J. R., (۱۹۷۷). "Land use and land cover changes. A framework for monitoring". Journal of Research by the Geological Survey, ۵, ۱۴۳-۱۵۳.



۱۶. INGRAM, K., KNAPP, E., and ROBINSON, J. W., (۱۹۸۱). "Change detection technique development for improved urbanized area delineation", technical memorandum CSCITM-۸۱/۶۰۸۷, Computer Sciences Corporation, Silver Springs, Maryland, U.S.A.
۱۷. JENSON, J. R. (editor), (۱۹۸۳). "Urban/suburban land use analysis". Manual of Remote Sensing, Vol. ۲, second edition (Falls Church, Virginia: American Society of Photogrammetry), pp: ۱۵۷۱-۱۶۶۶..
۱۸. Xu, H.(۲۰۰۶). Modification of normalized difference water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, ۲۷(۱۴). ۳۰۲۵-۳۰۳۳.
۱۹. Amani, M., Salehi, B., Mahdavi, S., Granger, J., Brisco, B., ۲۰۱۷. Wetland classification in Newfoundland and Labrador using multi-source SAR and optical data integration.
۲۰. Chatziantoniou, A., Psomiadis, E., Petropoulos, G.P., ۲۰۱۷. Co-Orbital Sentinel ۱ and ۲ for LULC mapping with emphasis on wetlands in a Mediterranean setting based on machine learning.
۲۱. Gascon, F., Bouzinac, C., Thépaut, O., Jung, M., Francesconi, B., Louis, J., et al., ۲۰۱۷. Copernicus Sentinel-۲A calibration and products validation status.
۲۲. Mutanga, O., Adam, E., Cho, M.A., ۲۰۱۲. High-density biomass estimation for wetland vegetation using WorldView-۲ imagery and random forest regression algorithm.
۲۳. Tiner, R.W., Lang, M.W., Klemas, V.V. (Eds.), ۲۰۱۵. Remote Sensing of Wetlands: Applications and Advances.
۲۴. Zhu, Z. (۲۰۱۷). Change detection using landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ۱۳۰, ۳۷۰-۳۸۴.
۲۵. Lu, D., Li, G., & Moran, E. (۲۰۱۴). Current situation and needs of change detection techniques. *International Journal of Image and Data Fusion*, ۵(۱), ۱۳-۳۸.
۲۶. Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., & Wu, C. (۲۰۱۴). A review of remote sensing image classification techniques: The role of spatio-contextual information. *European Journal of Remote Sensing*, ۴۷(۱), ۳۸۹-۴۱۱.
۲۷. Ahrari, A. & Mehdipour, E. & Emadzadeh, M. (۲۰۱۶). Estimating the surface area of Lake Urmia during the years ۲۰۱۵-۲۰۱۶ using Landsat ۸ satellite images, technical note document, Sharif University of Technology, Remote Sensing Research Center. [Persian].
۲۸. Feyzolahpour, Mehdi. (۲۰۲۳). Paper Title Investigating the effectiveness of Random Tree Algorithm (RTC), Maximum Likelihood (MLC) and Support Vector Machine (SVM) models in detecting the changes in the water area of Lake Neor and the effect of these changes on the surface temperature using the LST model in the period from ۲۰۰۲ to ۲۰۲۲. *Hydrogeomorphology*, ۱۱(۴۰): ۱-۲۱.
۲۹. Abedi, M., Norouzi, G & Bahroudi, A., (۲۰۱۲). Support Vector machine for multi classification of mineral prospectivity areas, *computers and Geosciences*. ۴۶, ۲۷۲-۲۸۳.
۳۰. Alemu, M.M., (۲۰۱۹). Analysis of Spatio-temporal Land surface temperature and normalized difference vegetation index changes in the Andassa Watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. *J. Resour. Ecol.* ۱۰ (۱), ۷۷-۸۵.
۳۱. Damtea, W., Kim, D., & Im, S (۲۰۲۰). Spatiotemporal analysis of land cover changes in the chemoga basin, Ethiopia, using Landsat and google earth images. *Sustainability* ۱۲ (۹), ۳۶۰۷



۳۲. Dinka, M.O & Chaka, D.D., (۲۰۱۹). Analysis of land use/land cover change in Adei watershed, Central Highlands of Ethiopia. J. Water Land Dev. ۴۱ (IV-VI), ۱۴۶-۱۵۳.
۳۳. Hassen, E.E., & Assen, M (۲۰۱۷). Land use/cover dynamics and its drivers in Gelda catchment, Lake Tana
۳۴. Hegazy, I.R., & Kaloop, M.R (۲۰۱۵). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. Int. J. Sustain. Built Environ. ۴ (۱), ۱۱۷-۱۲۴. watershed, Ethiopia. Environ. Syst. Res. ۶ (۱), ۱-۱۳.
۳۵. Hassen, E.E., & Assen, M (۲۰۱۷). Land use/cover dynamics and its drivers in Gelda catchment, Lake Tana
۳۶. Li, K., Feng, M., Biswas, A., Su, H., Niu, Y & Cao, J., (۲۰۲۰). Driving factors and future prediction of land use and cover change based on satellite remote sensing data by the LCM model: a case study from Gansu province, China. Sensors ۲۰ (۱۰), ۲۷۵۷.
۳۷. Kafy, A.A. (۲۰۲۱). Impact of Vegetation Cover Loss on Surface Temperature and Carbon Emission in a Fastest-Growing City, Cumilla, Bangladesh, ۲۰۷. Building and Environment.
۳۸. Pal, S & Ziaul, S.K., (۲۰۱۷). Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. Egypt. J. Remote Sens. Space Sci. ۲۰ (۱), ۱۲۵-۱۴۵.
۳۹. Patel, S.K., Verma, P & Singh, G.S., (۲۰۱۹). Agricultural growth and land use land cover change in peri-urban India. Environ. Monit. Assess. ۱۹۱ (۹), ۱-۱۷.
۴۰. Rajani, A & Varadarajan, S., (۲۰۲۱). Estimation and validation of land surface temperature by using remote sensing & GIS for Chittoor District, Andhra Pradesh. Turk. J. Comput. Math. Educ. ۱۲ (۵), ۶۰۷-۶۱۷.
۴۱. arajan, S., (۲۰۲۱). Estimation and validation of land surface temperature by using remote sensing & GIS for Chittoor District, Andhra Pradesh. Turk. J. Comput. Math. Educ. ۱۲ (۵), ۶۰۷-۶۱۷.
۴۲. Shanani Hoveyze, M., Zarei, H. (۲۰۱۶). Comparison of Three Classification Algorithms (ANN, SVM and Maximum Likelihood) for Preparing Land Use Map (Case Study: Abolabbas Basin). Iranian Journal of watershed management science, ۱۰ (۳۳): ۷۳-۸۴
۴۳. Thakur, S., Mondal, I., Bar, S., Nandi, S., Das, P., Ghosh, P.B & De, T.K. (۲۰۲۰). Shoreline changes and its impact on the mangrove ecosystems of some Islands of Indian Sundarbans, North- East coast of India, J Clean Prod, ۲۸۴, ۱۲۴۷۶۴. Elsevier.
۴۴. Chang-Martínez, Laura ,Mas, Jean-FrançoisValle, Nuria,Torres, Pedro,Folan, William,(۲۰۱۵). ” Modeling Historical Land Cover and Land Use: A Review fromContemporary Modeling”, ISPRS International Journal of Geo-Information, vol.۴,pp۱۷۹۱.
۴۵. Maxwell, A.E., Warner, T.A & Fang, F. (۲۰۱۸). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. Int. J. Remote Sens. ۳۹ (۹), ۲۷۸۴-۲۸۱۷.
۴۶. Ozesmi, S.L., Bauer, M.E., ۲۰۰۲. Satellite remote sensing of wetlands.
۴۷. Hay, G.J., Castilla, G., ۲۰۰۸. Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): a new name for a new discipline.



۴۸. Adam, E., Mutanga, O., ۲۰۰۹. Spectral discrimination of papyrus vegetation (Cyperus papyrus L.) in swamp wetlands using field spectrometry.
۴۹. Best, R., and Moore, D. (۱۹۷۹). Landsat interpretation of prairie lakes and wetlands of eastern South Dakota. Proceedings Series-American Water Resources Association (USA).
۵۰. Tiner, R.W., Lang, M.W., Klemas, V.V. (Eds.), ۲۰۱۵. Remote Sensing of Wetlands: Applications and Advances.