

بررسی تغییرات سطح دریاچه مهارلو و کاربری اراضی حاشیه آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

محسن کاظمی^۱، سادات فیض‌نیا^{۲*}، حسن خسروی^۳، صادق ناجی^۴ و حمید مصباح^۵

^۱ کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ^۲ استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ^۳ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه خوارزمی، ^۵ مربی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۳۰

چکیده

پایش تغییرات سطح دریاچه‌ها و کاربری اراضی اطراف آن‌ها یکی از راهکارهای دست‌یابی به مدیریت صحیح دریاچه‌ها و تالاب‌ها است. در پژوهش حاضر، برای پایش تغییرات سطح و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو (استان فارس)، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ در دو ماه پر آب (فروردین) و خشک (شهریور) با اعمال تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی تصاویر، از الگوریتم بیشینه احتمال برای تهیه کاربری اراضی استفاده شد. ضریب کاپا برای تصویر شهریور ماه سال ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲ به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۸۸ و ۰/۸۹ و برای فروردین ماه ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲، ۰/۸۶ و ۰/۸۸ حاصل شد. پس از استخراج کاربری‌ها و ارزیابی صحت کار، برای پایش تغییرات از روش مقایسه تصاویر ماهواره‌ای بعد از طبقه‌بندی استفاده شده است. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۸۲ درصدی سطح آب دریاچه در شهریور بوده است. این میزان کاهش در فروردین سال ۱۳۹۲-۱۳۶۶ به میزان ۲۰ درصد بوده است. با کاهش سطح آب دریاچه در شهریور، میزان اراضی بدون پوشش و شوره‌زار به میزان ۳۹ درصد و ۳۷/۵ درصد افزایش داشته است. تغییرات میزان اراضی کشاورزی و مرتعی اطراف دریاچه مهارلو از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ به ترتیب ۲۸ درصد و ۳/۵ درصد کاهش داشته است. به‌طور کلی، میزان سطح زیر کشت در اطراف دریاچه و میزان سطح آب دریاچه مهارلو با توجه به معنی‌دار نبودن تغییرات بارش طی بازه بلندمدت و افزایش معنی‌دار تبخیر و تعرق حوضه مهارلو طی سه دهه اخیر، کاهش چشم‌گیری داشته اما مساحت خاک بدون پوشش و اراضی شوره‌زار سطح دریاچه افزایش یافته است. این امر دارای پیامدهای متفاوتی است که نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی‌های صحیح تالاب‌ها و دریاچه‌ها مخصوصاً در طی سال‌های اخیر است.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، الگوریتم بیشینه احتمال، طبقه‌بندی نظارت شده، مدیریت پایدار، نرم‌افزار ENVI

مقدمه

هستند. تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای از امکاناتی هستند که برای مطالعه منابع آب، بررسی روند خشکسالی و تاثیر آن بر منابع

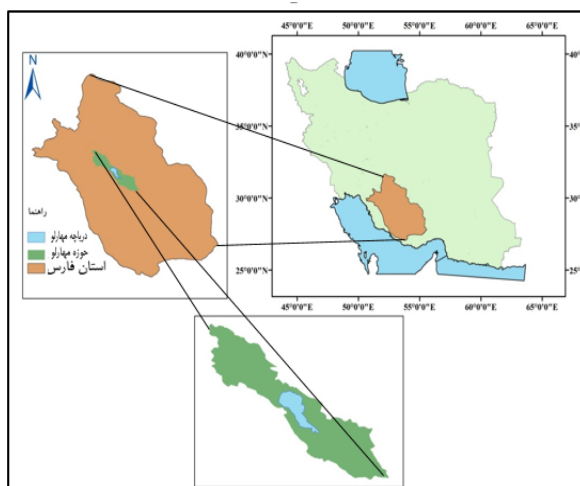
دریاچه‌ها و تالاب‌ها از مهمترین عرصه‌های زیست‌بوم و منابع آبی در جهان هستند که به دلیل تنوع زیستی موجود در آن‌ها دارای اهمیت زیادی

ارومیه بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱ را بررسی کردند. نتایج نشان از کاهش ۱۰۴۰ کیلومتر مربعی خطوط ساحلی دریاچه ارومیه در این دوره را نشان می‌دهد. Kiage و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از تصاویر لندست به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه دریاچه کنیا در یک دوره ۱۴ ساله پرداختند. نتایج نشان‌دهنده کاهش میزان سطح مناطق جنگلی در بین سال‌های مورد مطالعه بوده و این امر باعث افزایش رسوبات در اطراف دریاچه شده است. Hadian و Hosseini (۲۰۱۳)، با بررسی تغییرات کاربری اراضی و سطح دریاچه کافت را در یک دوره ۳۵ ساله با استفاده از تصاویر لندست، بیان داشتند که سطح دریاچه در حال خشک شدن بوده، کاربری اراضی اطراف دریاچه نیز تغییرات چشم‌گیری داشته است. Rasoliee و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره‌ای لندست IRS و MODIS از سال ۱۹۷۶ الی ۲۰۰۵ به بررسی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه پرداخته‌اند. نتایج نشان از کاهش ۲۳ درصدی سطح آب دریاچه می‌دهد و بیشترین تغییرات کاهش ارتفاع آب دریاچه در جنوب شرق و سواحل شرقی دریاچه ارومیه بوده است. این امر باعث تسریع در روند تبدیل اراضی آبی به زمین‌های لم‌بزرع و رسوب املاح نمکی در امتداد خطوط ساحلی شده است. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۰)، تغییرات کاربری اراضی محدوده تالاب‌های آلاگل، آلمانگل و آجیگل ترکمن صحرا را با استفاده از تصاویر سنجنده TM و ETM⁺ ماهواره لندست مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه، نشان داد که خشک‌سالی، احداث سد، برداشت بی‌رویه آب تالاب‌ها برای مصارف کشاورزی، پرورش ماهی و احداث کانال و جاده در منطقه و بین تالاب‌ها از دلایل اصلی کاهش پوشش گیاهی با تراکم زیاد در منطقه بوده است. Rafiei و همکاران (۲۰۱۱)، تغییرات تالاب نیریز را با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجنده TM ماهواره LANDSAT با اعمال روش طبقه‌بندی نظارت شده با بیشترین شباهت مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که کاهش ۵۲ درصدی مساحت آب به‌عنوان مهم‌ترین تغییرات این تالاب، گواه بروز و گسترش بحران زیست محیطی در منطقه است.

طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اساس سنجش از دور، استفاده از بازتاب پدیده‌ها برای بررسی مناطق مختلف است. عواملی محیطی و انسانی باعث تغییرات بازتاب در گیاهان و مناطق مرطوب نظیر تالاب‌ها و دریاچه‌ها می‌شوند (Sanai Nejad و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از مهم‌ترین دریاچه‌های شور ایران، دریاچه مهارلو است که طی سال‌های اخیر آب دریاچه کاهش چشم‌گیری داشته است. برای پایش تغییرات سطح دریاچه‌ها و تالاب‌ها روش‌های متفاوتی وجود دارد. اما طی سالیان اخیر تکنیک‌های سنجش از دور یکی از کارآمدترین آن‌ها است.

تحقیقات بسیاری با نگرش‌های متفاوتی در زمینه تغییرات سطح تالاب‌ها و دریاچه‌ها در جهان انجام شده است که از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Yuan و همکاران (۲۰۰۵)، با استفاده از تصاویر لندست تغییرات کاربری اراضی را در مینه‌سوتا بررسی کردند. نتایج این تحقیق، نشان داد که سطح تالاب‌ها، اراضی جنگلی و کشاورزی کاهش یافته است. بررسی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، روش‌های مختلفی وجود دارد که الگوریتم پیشینه شباهت از آن جمله می‌باشد. طی مطالعاتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر روی دریاچه ارومیه، نتایج حاکی از آن است که مساحت دریاچه در سال ۱۹۹۵، ۶۱۰۰ کیلومتر مربع بوده، در ماه اوت سال ۲۰۱۱ به ۲۳۶۶ کیلومتر مربع کاهش یافته (UNEP و GEAS، ۲۰۱۲) و در ماه اوت ۲۰۱۳ به ۹۵۳ کیلومتر مربع کاهش یافته است. از مهم‌ترین عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه می‌توان به تحولات جمعیتی، فعالیت‌های انسانی و به‌ویژه تقاضا برای آب در سرزمین‌های کشاورزی در نزدیکی دریاچه نام برد (Naser، ۲۰۱۴). Kamlesh و Kuldeep (۲۰۱۱)، با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، تغییرات کاربری و پوشش زمین در طول سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۰ را در هندوستان بررسی کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که میزان سطح جنگل‌ها ۳/۷۵ درصد و زمین‌های کشاورزی ۹/۵ درصد کاهش یافته اما مناطق مسکونی در کمتر از یک دهه ۱۱۲/۴ درصد افزایش نشان داده است. Alesheikh و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از تصاویر لندست، تغییرات خطوط ساحلی دریاچه

کیلومتری شیراز واقع شده، پهنای دریاچه ۱۵-۱۰ کیلومتر، طول آن ۲۸ کیلومتر و وسعت آن ۲۷۵ کیلومتر مربع است که متشکل از دریاچه فعلی، پوشش نمکی و پوشش گلی است. این دریاچه از طرف شمال غربی به شهرستان شیراز و از طرف جنوب شرقی به دشت سروستان محدود می‌شود (شکل ۱). بلندترین نقطه، کوه کر با ارتفاع ۳۷۲۰ متر در حاشیه جنوبی دریاچه و پست‌ترین نقطه در مرکز بخش شمال غربی دریاچه با ارتفاع ۱۴۶۰ متر است. بیشینه عمق این دریاچه، سه متر و محل تغذیه آب آن، سیلاب‌های فصلی، رودخانه‌های خشک، باباحاجی و رودخانه فصلی نظرآباد سروستان است (Hatami و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۱- موقعیت دریاچه مهارلو

۱۳۶۶، ETM سال ۱۳۸۰ و سنجنده OLI سال ۱۳۹۲ از ماهواره لندست مربوط به منطقه مورد مطالعه تهیه شد. بر روی این تصاویر، تصحیح‌های نظام‌یافته از قبیل تصحیح اتمسفری، رادیومتریک و هندسی انجام شده است که دارای فرمت GEOTIFF هستند. اطلاعات دقیق‌تر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در جدول ۱ نمایش داده شده است. پیش از به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای، تجزیه و تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند راه‌راه شدگی، زیرهم قرار نگرفتن خطوط اسکن، پیکسل‌های تکراری، خطاهای اتمسفری مانند وجود لکه‌های ابر، مورد بررسی قرار داده شدند (Torahi و Chand Rai، ۲۰۱۱). در مرحله

هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات سطح دریاچه مهارلو (استان فارس) و تغییرات کاربری اراضی اطراف آن در ماه‌های پرآب (فروردین) و خشک (شهریور) در یک دوره ۲۶ ساله (۲۰۱۳-۱۹۸۷) با استفاده از تصاویر ماهواره است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دریاچه مهارلو بین طول‌های جغرافیایی $36^{\circ} 43'$ و $52^{\circ} 37' 04''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $29^{\circ} 12' 58''$ و $29^{\circ} 36' 43''$ شمالی در جنوب شرقی شهرستان شیراز واقع است. دریاچه مهارلو در ۱۰



روش پژوهش

پایش تغییرات سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف: شروع بارندگی در حوضه مهارلو، از اوایل آبان است. اما بیشترین میزان بارش در منطقه از بهمن ماه تا اواخر فروردین است. همچنین، با توجه به آمار بارندگی و دمای ایستگاه هواشناسی شیراز، ماه شهریور دارای کمترین میزان بارش و رطوبت در منطقه بوده است (Manafi Far و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین، برای پایش تغییرات سطح آب دریاچه از تصاویر ماه‌های فروردین و شهریور استفاده شده است. برای پایش تغییرات سطح آب دریاچه مهارلو از روش سنجنش از دور استفاده شده است. برای بررسی میزان تغییرات در آغاز، پنجره‌ای از داده‌های سنجنده‌های TM سال

ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی با استفاده از دست کم ۵۰ نقطه کنترل زمینی در هر یک از طبقه‌ها انجام شده است (Jafari, ۲۰۱۳). به منظور ارزیابی صحت نقشه ۲۰۱۳، از اطلاعات زمینی و نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. ارزیابی صحت تصاویر ۲۰۰۱ و ۱۹۸۷ با کمک نقشه‌های توپوگرافی و نقاط ثابت منطقه انجام گرفت. پس از انجام طبقه‌بندی تصاویر، دقت تصاویر ارزیابی و ضریب کاپا برای هر کدام از تصاویر برآورد شد (جدول ۳).

بعد، در محیط نرم‌افزار ENVI 4.5 با معرفی نمونه‌های تعلیمی مربوط به هر طبقه کاربری/پوشش سرزمین به روش طبقه‌بندی نظارت شده، نقشه کاربری/پوشش سرزمین تهیه شده است. عمل طبقه‌بندی با استفاده از گروه‌های مختلف نمونه‌های آموزشی مربوط به هر طبقه که دارای تعدادی بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ سلول است، پس از اجرای تعداد بسیار زیادی عمل طبقه‌بندی به شیوه آزمون و خطا و برای سال‌های اخیر با توجه به بازدیدهای میدانی، نقشه کاربری/پوشش سرزمین تهیه شده است (جدول ۲).

جدول ۱- اطلاعات تصاویر مورد استفاده از سطح دریاچه مهارلو طی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۹۲

تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	ماهواره	سنجنده	ردیف	گذر
۱۹۸۷	۱۳۶۶/۰۶/۰۱	لندست ۴	TM	۴۰	۱۶۱
۲۰۰۱	۱۳۸۰/۰۶/۱۶	لندست ۷	ETM	۴۰	۱۶۱
۲۰۱۳	۱۳۹۲/۰۶/۲۷	لندست ۸	OLI	۴۰	۱۶۱
۱۹۸۷	۱۳۶۶/۰۱/۲۸	لندست ۷	TM	۴۰	۱۶۱
۲۰۱۳	۱۳۹۲/۰۱/۱۶	لندست ۸	OLI	۴۰	۱۶۱

جدول ۲- کاربری اراضی موجود در دریاچه مهارلو

نام کاربری	توضیحات
آب دریاچه مهارلو	قسمت آبدار سطح دریاچه
اراضی شوره‌زار دریاچه	لایه‌های نمک با ضخامت متفاوت موجود در سطح دریاچه
خاک بدون پوشش دریاچه	خاک بدون پوشش و پوشش گیاهی (کمتر از ۵ درصد) موجود در سطح دریاچه
اراضی مرتع	مناطق مرتعی با پوشش بوته‌ای، گراس (با پوشش بیش از ۵ درصد)
اراضی کشاورزی	باغات و زمین‌های کشاورزی

جدول ۳- صحت کلی و شاخص کاپا برای تصاویر مورد استفاده از سطح دریاچه مهارلو

تاریخ	تصویر	صحت کلی	شاخص کاپا
۱۳۶۶/۰۶/۰۱	TM	٪۸۷	۰/۸۵
۱۳۸۰/۰۶/۱۶	ETM	٪۹۰	۰/۸۸
۱۳۹۲/۰۶/۲۷	OLI	٪۹۱	۰/۸۹
۱۳۶۶/۰۱/۲۸	TM	٪۸۹	۰/۸۶
۱۳۹۲/۰۱/۱۶	OLI	٪۹۱	۰/۸۸

ایستگاه هواشناسی هم‌دید به محدوده تالاب مهارلو است، استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از آزمون من‌کنندال و پتیت به تحلیل روند و تغییرات متغیرهای اقلیمی از

مطالعات اقلیمی: از مهمترین متغیرهای اقلیمی، می‌توان به بارش و تبخیر و تعرق اشاره کرد. برای بررسی میزان بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل از آمار ایستگاه هواشناسی شیراز که نزدیک‌ترین و دقیق‌ترین

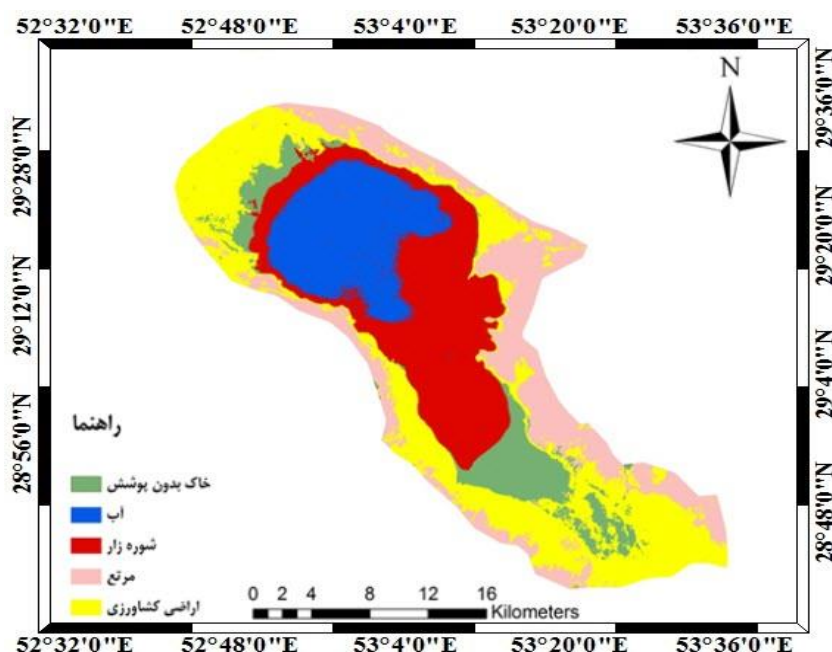
شوره‌زار در سطح دریاچه مهارلو در شهریور سال ۱۳۶۶، ۱۱۴/۲ کیلومتر مربع است. این میزان، در سال ۱۳۸۰ به ۱۵۸/۳ کیلومتر مربع رسیده است. به عبارتی، مساحت اراضی شوره‌زار سطح دریاچه ۲۸ درصد افزایش داشته است. مساحت خاک بدون پوشش در سطح دریاچه و حاشیه آن در شهریور سال ۱۳۶۶ برابر با ۷۱/۶ کیلومتر مربع بوده است (شکل ۲). این میزان مساحت، در سال ۱۳۸۰ به ۹۳ کیلومتر مربع رسیده، به طوری که مساحت خاک بدون پوشش در سطح دریاچه ۲۳ درصد افزایش داشته است (شکل ۳).

سطح آب دریاچه در سال ۱۳۹۲، ۱۶/۴ کیلومتر مربع است (شکل ۴). میزان کاهش سطح آب از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲، ۵۰ درصد بوده است. مساحت اراضی شوره-زار در سال ۱۳۹۲ به ۱۸۳ کیلومتر مربع رسیده است، به صورتی که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ مساحت اراضی شوره‌زار ۱۴ درصد افزایش یافته است. مساحت خاک بدون پوشش در سطح و حاشیه دریاچه مهارلو از شهریور سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲، ۲۱ درصد افزایش داشته، این میزان در شهریور سال ۱۳۹۲، به ۱۱۷/۷ کیلومتر مربع رسیده است.

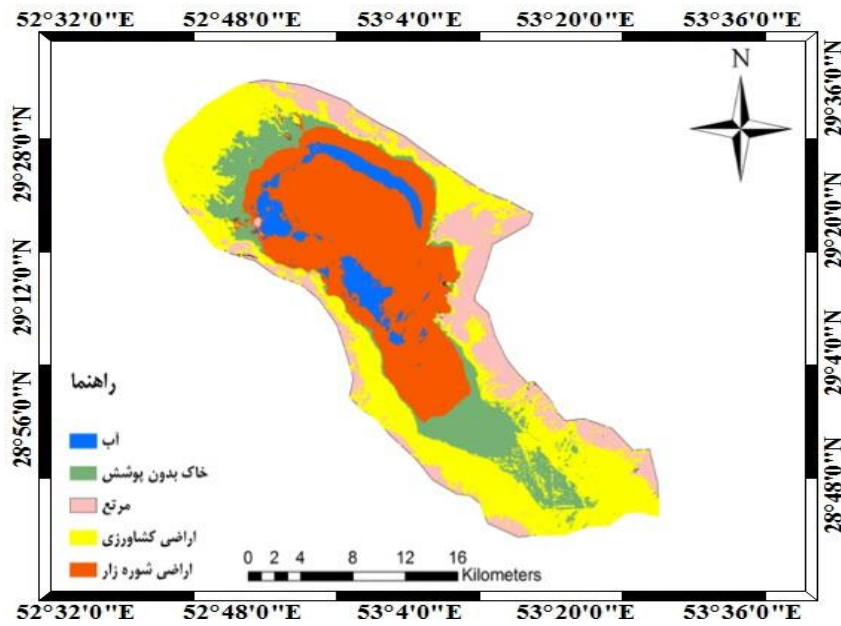
جمله بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه پرداخته شده است. در این بررسی، از داده‌های آماری سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۵۲ استفاده شده است. از آزمون من-کندال جهت تعیین تغییرات مقادیر مرکزی یا میانه یک سری زمانی استفاده شد. یکی از روش‌های آماری در تشخیص یک شیفت ناگهانی در سری زمانی، آزمون پتیت است. این آزمون، به طور گسترده در تعیین زمان تغییر در سری‌های زمانی اقلیمی و هیدرولوژیکی در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است (Morales و همکاران، ۱۹۹۸؛ Mu و همکاران، ۲۰۰۷؛ Love و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

پایش تغییرات سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف: نتایج حاصل از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای شهریور سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۲، حاکی از کاهش سطح آب دریاچه مهارلو است که در شکل‌های ۲ تا ۴ آورده شده است. میزان سطح آب دریاچه در سال ۱۳۶۶، ۹۰/۴ کیلومتر مربع است. مساحت سطح آب دریاچه از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰ به میزان ۳۲/۹ کیلومتر مربع کاهش یافته، به نحوی که این میزان کاهش، برابر با ۶۳ درصد است. مساحت اراضی



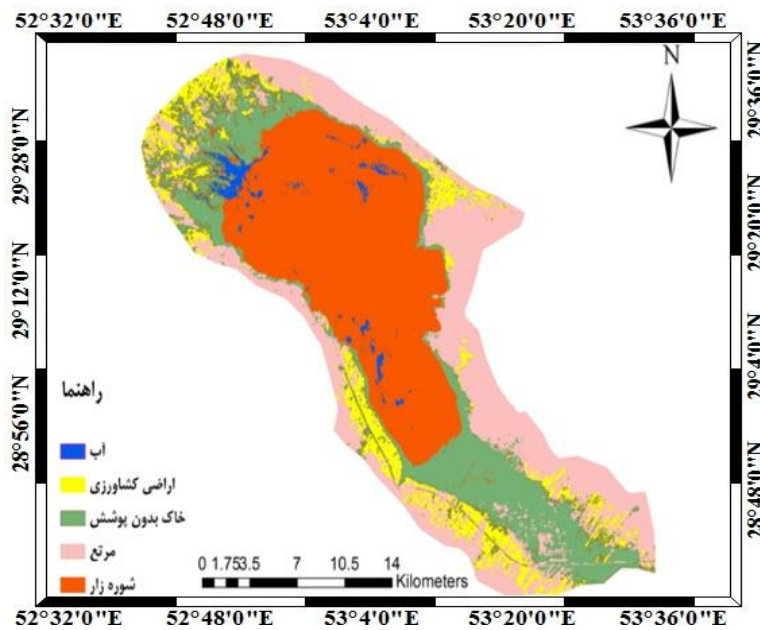
شکل ۲- نقشه سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو، شهریور ۱۳۶۶



شکل ۳- نقشه سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو، شهریور ۱۳۸۰

سطح اراضی کشاورزی و مرتعی در سال‌های مورد مطالعه، در جدول ۴ آورده شده است.

تغییرات سطح اراضی کشاورزی و مرتعی اطراف دریاچه مهارلو از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲ به ترتیب ۲۸ درصد و ۳/۵ درصد کاهش داشته است. میزان کاهش



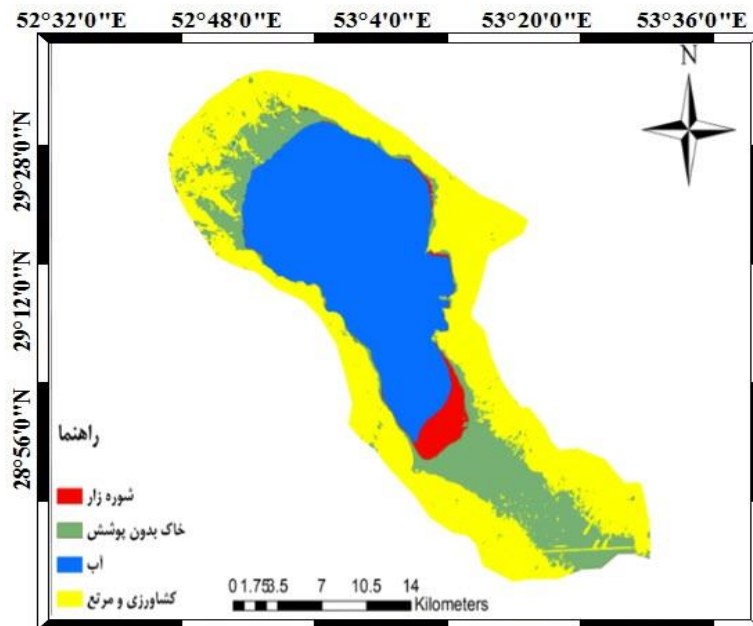
شکل ۴- نقشه سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو، شهریور ۱۳۹۲

جدول ۴- تغییرات کاربری اراضی کشاورزی و مرتعی اطراف دریاچه‌ی مهارلو در شهریور ماه ۱۳۶۶-۱۳۹۲

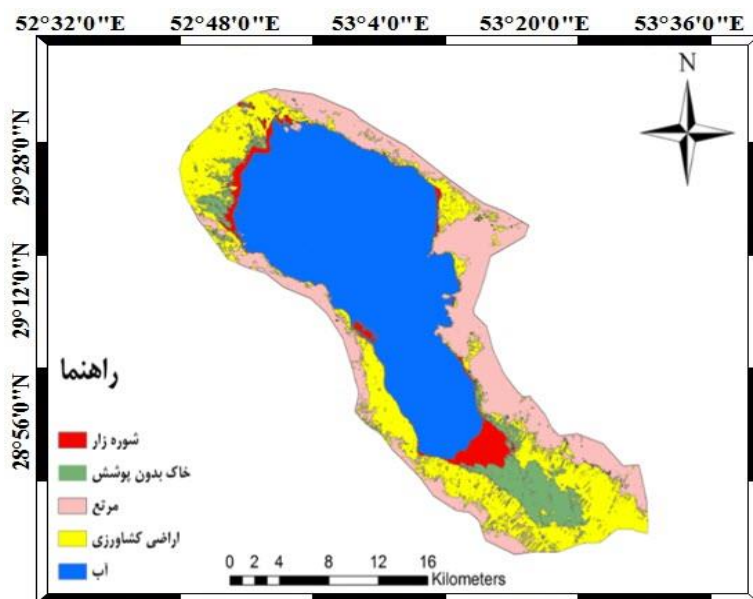
از شهریور ۱۳۶۶-۱۳۹۲	از شهریور ۱۳۸۰-۱۳۹۲	از شهریور ۱۳۶۶-۱۳۸۰	درصد کاربری اراضی
۲۸ درصد کاهش	۳۴ درصد کاهش	۸ درصد افزایش	اراضی کشاورزی
۳/۵ درصد کاهش	۱۲ درصد افزایش	۱۵/۴ درصد کاهش	اراضی مرتعی

مساحت اراضی شوره‌زار در فروردین سال ۱۳۶۶، ۲۲/۱ کیلومتر مربع بوده که این میزان در سال ۱۳۹۲ به ۱۶/۴ کیلومتر مربع رسیده است که کاهش ۲۷ درصدی اراضی شوره‌زار را نشان می‌دهد. میزان خاک بدون پوشش در سطح دریاچه و حاشیه آن در فروردین ۱۳۶۶ برابر با ۳۲/۵ کیلومتر مربع بوده که در سال ۱۳۹۲ به ۱۲۰/۱ کیلومتر مربع رسیده است. این امر نشان‌دهنده افزایش ۷۳ درصدی خاک بدون پوشش در سطح دریاچه و حاشیه آن است.

نتایج حاصل از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای فروردین سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲، حاکی از کاهش سطح آب دریاچه مهارلو است (شکل ۵ و ۶). مساحت سطح آب دریاچه مهارلو در فروردین سال ۱۳۶۶، ۲۳۱/۷ کیلومتر مربع بوده است. مساحت آب دریاچه در فروردین سال ۱۳۹۲ به ۱۸۵ کیلومتر مربع رسیده است. به‌صورتی که میزان تغییرات سطح آب دریاچه از فروردین سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۲، ۲۰ درصد کاهش داشته است.



شکل ۵- نقشه سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو، فروردین ۱۳۶۶



شکل ۶- نقشه سطح آب دریاچه و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو، فروردین ۱۳۹۲

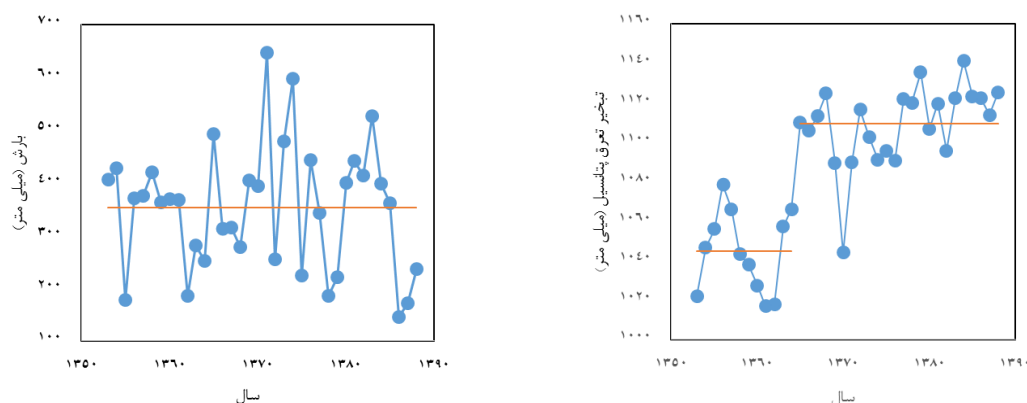
مطالعات اقلیمی

نتایج حاصل از روند تغییرات بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل سطح دریاچه‌ی مهارلو با استفاده از دو آزمون من‌کندال و پتیت در جدول ۵ آورده شده است. با توجه به Kendall's tau حاصل از آزمون من‌کندال، روند تغییرات بارندگی در سطح احتمال ۰/۱، کاهش معنی‌داری نداشته است. اما، روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل با توجه به Kendall's tau به‌دست

آمده، در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بوده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که بارندگی در سطح احتمال یک درصد هیچ نقطه تغییر نداشت است. در حالی که، تبخیر و تعرق پتانسیل در سال ۱۳۶۵ دارای نقطه تغییر بوده است. به‌صورتی که، این تغییر از سال ۱۳۶۵ در سطح احتمال یک درصد دارای روند افزایشی بوده است (شکل ۷).

جدول ۵- نتایج آزمون من‌کندال و پتیت دریاچه مهارلو

Pettitt's	Kendall test Positive Significance	p-value	Kendall's tau	Mean annual (mmyr ⁻¹)	مهارلو
-	-	۰/۶۲۵	-۰/۰۸۶	۳۵۲/۳۱	بارش
۱۳۶۵	٪۱	۰/۰۰۱	۰/۵۸۷	۱۰۸۷/۶۸	تبخیر تعرق پتانسیل



شکل ۷- نتایج آزمون پتیت به‌منظور شناسایی روند تغییرات در متغیرهای اقلیمی

نتیجه‌گیری

دریاچه مهارلو دارای مساحتی بالغ بر ۲۷۰ کیلومتر مربع است. سطح دریاچه مهارلو دارای سه پوشش با سطوح آبی، شوره‌زار و خاک لخت است. نتایج حاصل از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی شهریور سال ۱۳۶۶-۱۳۹۲، حاکی از کاهش سطح آب دریاچه مهارلو است. به‌طور کلی، سطح آب دریاچه مهارلو در این بازه زمانی ۸۲ درصد کاهش یافته است. با توجه به نتایج حاصل از آزمون پتیت و من‌کندال، می‌توان یکی از مهمترین علل کاهش سطح آب دریاچه مهارلو را با توجه به عدم معنی‌داری تغییرات بارندگی طی بازه ۵۰ ساله و معنی‌دار بودن تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل در سطح احتمال یک درصد از سال ۱۳۶۵ تا کنون در منطقه دانست. با کاهش سطح

آب دریاچه در شهرریور، میزان اراضی شوره‌زار موجود در دریاچه افزایش داشته است. در دوره ۱۳۶۶-۱۳۹۲، مساحت شوره‌زار ۳۷/۵ درصد افزایش یافته است. مساحت خاک لخت اراضی اطراف و سطح دریاچه مهارلو در سال ۱۳۶۶ برابر با ۷۱/۶ کیلومتر مربع بوده است. این میزان در سال ۱۳۹۲ به ۱۱۷/۷ کیلومتر مربع رسیده است که در حدود ۳۹ درصد افزایش داشته است. با توجه به این‌که شغل بیشتر ساکنین اطراف دریاچه کشاورزی و دامداری است، بنابراین، در اطراف دریاچه باغات و اراضی زراعی فراوانی وجود دارد. به‌صورتی که در سال ۱۳۶۶ میزان اراضی کشاورزی اطراف دریاچه ۱۲۸/۴ کیلومتر مربع بوده است و این میزان در سال ۱۳۹۲ به ۹۲ کیلومتر مربع رسیده است. بنابراین، می‌توان یکی از دلایل افزایش

مطالعات Rasolie و همکاران (۲۰۰۶)، بر روی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۷۶ الی ۲۰۰۵، نشان داد که سطح آب، کاهش ۲۳ درصد داشته است. Rafiei و همکاران (۲۰۱۱)، تغییرات تالاب نیریز را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با اعمال روش طبقه‌بندی نظارت شده با بیشترین شباهت مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش، نشان داد که مساحت آب تالاب ۵۲ درصد کاهش داشته است. بنابراین، کاهش سطح آب دریاچه‌ها و به تبع آن، افزایش اراضی شوره‌زار و خاک لخت طی سال‌های اخیر در بیشتر دریاچه‌های جهان به‌خصوص در کشور ایران افزایش یافته است. یکی از مهمترین دلایل کاهش سطح آب دریاچه مهارلو، افزایش تبخیر و تعرق از سطح دریاچه طی سال‌های اخیر می‌باشد. بنابراین، به‌طور کلی می‌توان عوامل اقلیمی را به‌عنوان یکی از دلایل کاهش سطح آب دریاچه مهارلو در سال‌های ۱۳۶۶ الی ۱۳۹۲ دانست. به‌طور کلی، افزایش جمعیت و استفاده بی‌رویه از آب-های زیرزمینی و آب ورودی به دریاچه‌ها و همچنین، افزایش دمای کره زمین و خشک‌سالی‌های سالیان اخیر، از دلایل اصلی کاهش آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها در ایران است.

خاک بدون پوشش سطح دریاچه مهارلو را به کاهش ۲۸ درصدی اراضی کشاورزی و ۳/۵ درصدی اراضی مرتعی در دوره ۱۳۹۲-۱۳۶۶ دانست. همچنین، سطح آب دریاچه مهارلو در بازه زمانی فروردین ۱۳۹۲-۱۳۶۶، ۲۰ درصد کاهش یافته است. مطالعات بسیاری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر روی دریاچه‌ها و تالاب‌ها انجام شده است. در بیشتر آن‌ها کاهش سطح آب و تغییر در سطح رسوبات و کاربری اطراف دریاچه-ها و تالاب‌ها بیان شده است. Alesheikh و همکاران (۲۰۰۷)، با بررسی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه طی بازه زمانی ۱۳ ساله به این نتیجه رسیدند که سطح دریاچه ارومیه به میزان ۱۰۴۰ کیلومتر مربع کاهش داشته است. نتایج حاصل از بررسی تغییرات سطح دریاچه کافتار و کاربری اراضی اطراف آن در یک دوره ۳۵ ساله توسط Hadian و Hosseini (۲۰۱۳)، نشان داد که سطح دریاچه کافتار خشک شده است. UNEP و GEAS (۲۰۱۲) با بررسی تصاویر ماهواره‌ای دریاچه ارومیه طی سال‌های ۱۹۵۵ الی ۲۰۱۱، به این نتیجه رسیدند که مساحت دریاچه به میزان ۳۷۳۴ کیلومتر مربع کاهش داشته است. به‌نحوی که در ماه اوت ۲۰۱۳ میزان مساحت دریاچه ارومیه از ۲۳۶۶ کیلومتر مربع به ۹۵۳ کیلومتر مربع کاهش یافته است (AGH، ۲۰۱۴). نتایج حاصل از

منابع مورد استفاده

1. Naser, A.G.H. 2014. How to save the dying Lake Urmia. Acta Geologica Sinica (English Edition), 88(2014): 178-179 pages.
2. Alesheikh, A.A., A. Ghorbanali and N. Nouri. 2007. Coastline change detection using remote sensing. International Journal of Environmental Science and Technology, 4(1): 61-78.
3. Gorbani, R., A.A. Taghipor and H. Mahmood Zade. 2010. Evaluation and analysis of wetlands of international land use changes Alagol. Alagol and flower Aji Turkmen desert using satellite images several times. Journal of Geography and Environmental Planning, 23(48): 186-177 (in Persian).
4. Hatami, kh., B. Biglo, and J. Khoshhali. 2010. Climatic regions of the province to the analysis method. Magazines Geographical Space, 32: 48-36 (in Persian).
5. Hadian, F., S.Z. Hosseini. 2013. Study on land use changes around Lake Kaftar the past four decades with the use of remote sensing. National conference on watershed management in arid regions Yazd (in Persian).
6. Jafari.R. 2012. The field of remote sensing. publications academic publishing. Tehran, 208. (in persian)
7. Kiage, L.M., K.-B. Liu, N. D. Walker, N. Lam and O. K. Huh. 2007. Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment. Kenya, East Africa vidence from Landsat TM and ETM+. International Journal of Remote Sensing, 28(19): 4285-4309.
8. Kuldeep, T. K. Kamlesh. 2011. Land Use / Land cover change detection in Doon valley (Dehradun Tehsil), Uttarakhand: using GIS& Remote Sensing Technique. International Journal of Geomatics and Geoscience, 1(2): 34-41.
9. Love, D., S. Uhlenbrook, S. Twomlow and P.V.D. Zaag. 2010. Changing hydroclimatic and discharge

- patterns in the northern Limpopo Basin, Zimbabwe. *Water SA*, 36(3): 335-350.
10. Moraes, J.M., G.Q. Pellegrino, M.V. Ballester, L.A. Martinelli, R.L. Victoria and A.V. Krusche. 1998. Trends in hydrological parameters of a southern Brazilian watershed and its relation to human induced changes. *Water Resources Management*, 12(4): 295-311.
 11. Mu, X., L. Zhang, T.R. McVicar, B. Chille and P. Gau. 2007. Analysis of the impact of conservation measures on stream flow regime in catchments of the Loess Plateau China. *Hydrological Processes*, 21(16): 2124-2134.
 12. Manafi Far, R., A. Falahati, M. Jalali, A. Moshtaghian, B. Atashbar and N. Agh. 2004. The final report of the research project of the Department of Fisheries province Maharloo shrimps. *Research Rtmayav aquatic organisms Urmia University*, 1 (in Persian).
 13. Rasoliee. A., Sh. Abasiyan and S. Jahan bakhsh. 2006. Fluctuations in lake water level monitoring with multi-sensor and multi-temporal satellite image processing. *Journal of Science Teacher*, 12: 21-35 (in Persian).
 14. Rafiei, Y., B. Malek Mohammadi, A. Abarkar, A. Yavari, M. Ramezani Mehriyan and H. Zahrabi. 2011. Investigation of environmental changes in Wetlands and protected areas using multi-time tm images, Case Study: Nairiz Wetland. *Journal of Environmental Studies*, 57: 76-65 (in persian).
 15. Rezaiee Moghadam, M.H., M. Rezai Banafshe, B. Fayazi Zade, H. Nazmfar. 2008. Classes of land cover / land use based on object-oriented techniques and satellite imagery, Case Study: West Azerbaijan province. *Journal of Management Studies*, 87: 35-20. (in persian)
 16. Torahi, A.A., and S. Chand Rai. 2011. Land cover classification and forest change analysis. Using Satellite Imagery - A Case Study in Dehdez Area of Zagros Mountain in Iran. *Journal of Geographic Information System*, 3: 1-11.
 17. Harriman, L., A. Chander, , A. Sing, E. Litswa, K. Giese, M. Anthony and Z. Zommers. 2014. The future of the aral sea lies in transboundary co-operation Article reproduced from united nations environment programme (UNEP) global environmental Alert service (GEAS). *Environmental Development*, 10: 120-128.
 18. Yuan, F., K.E. Sawaya, B. C. Loeffelholz and M. E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98(2): 317-328.