

آشکارسازی تغییرات سطح دریاچه مهارلو و کاربری اراضی اطراف آن طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۴

- ❖ محسن کاظمی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ صادق ناجی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
- ❖ سادات فیض نیا*؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ حسن خسروی؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

آشکارسازی تغییرات سطح دریاچه‌ها و تالاب‌ها و اراضی اطراف آن‌ها طی دوره‌های زمانی معین یکی از راهکارهای دست‌یابی به مدیریت پایدار دریاچه‌ها و تالاب‌ها است. در این پژوهش جهت پایش تغییرات سطح و کاربری اراضی اطراف دریاچه مهارلو از تصاویر ماهواره‌ای لند ست سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ با اعمال تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی آن‌ها، استفاده شده است. برای تهیه تغییرات کاربری اراضی و نقشه شدت تغییرات از تکنیک تفاضل ساده تصاویر و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و منطق فازی (FUUZY LOGIC) استفاده شده است. نتایج حاصل از تغییرات سطح و کاربری اطراف دریاچه مهارلو نشان می‌دهند که طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ سطح آب دریاچه ۸۷ درصد کاهش داشته است. با کاهش سطح آب دریاچه، میزان اراضی خاک بدون پوشش و شوره‌زار به ترتیب به میزان ۴۶ درصد و ۸۵ درصد افزایش یافته است. نتایج حاصل از شدت تغییرات نشان می‌دهد که ۸۲ درصد تغییرات، داری شدتی بین ۱۰۰-۵۰ درصد بوده است. بیشترین شدت تغییر با کاهش ۲۲ درصدی مساحت آن مربوط به گستره آبی دریاچه مهارلو است. کاهش سطح آب دریاچه مهارلو دارای پیامدهای متفاوتی است که نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی‌های صحیح برای جلوگیری از تخریب اکوسیستم آن‌ها و خطرات ناشی از کاهش سطح آب در سال‌های اخیر است.

کلید واژگان: دریاچه مهارلو، آشکارسازی تغییرات، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، منطق فازی

۱. مقدمه

نشان داد که روش آنالیز برداری تغییر، با دقت ۸۸ درصد نتایج بهتری را ارائه داده است [۲].

سپهری و جنگ در سال ۲۰۰۶ از تکنیک‌های مختلف تعیین تغییر شامل مقایسه بعد از طبقه بندی، تفاضل تصویر و تفاضل NDVI و آنالیز برداری تغییرات برای تهیه نقشه کاربری اراضی تحت تأثیر سیل استفاده کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که از بین تکنیک‌ها، تکنیک‌های تفاضل تصویر و آنالیز برداری تغییرات در تهیه نقشه مناطق تغییر یافته و تغییر نیافته تحت تأثیر سیل بیشترین صحت را داشته است [۱۵]. در هندوستان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، تغییرات کاربری و پوشش زمین در طول سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۰ بررسی شد. نتایج مطالعات 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 [۸]. در تحقیقی دیگر با استفاده از تصاویر لندست به بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه دریاچه کنیا در یک دوره ۱۴ ساله پرداختند، نتایج نشان دهنده کاهش میزان سطح مناطق جنگلی در بین سال‌های مورد مطالعه است، که این امر باعث افزایش رسوبات در اطراف دریاچه شده است [۷]. طی پژوهشی در دشت قزوین از روش‌های تفاضل تصاویر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای تغییرات استفاده شد. نتایج مطالعات نشان داد که ۱۹/۸۶ درصد از منطقه دچار تغییرات شده است [۱۳]. در تحقیقی تغییرات کاربری اراضی و سطح دریاچه کافت در یک دوره ۳۵ ساله با استفاده از تصاویر لندست بررسی کردند، نتایج نشان داد که سطح دریاچه مذکور خشک شده و در کاربری اراضی اطراف نیز تغییرات زیادی به وجود آمده است [۶]. در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۰۷ با استفاده از تصاویر لندست، تغییرات سطح دریاچه ارومیه را بررسی نمودند که نتایج نشان داد سطح دریاچه کاهش یافته است [۱]. در پژوهشی برای آشکار سازی تغییرات مورفودینامیکی حوزه آبخیز طالقان از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های تحلیل

آشکار سازی تغییرات یکی از کاربردهای عمده سنجش از دور است. با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده‌های دور سنجی زمان‌های مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا در محیط وجود دارد. آشکار سازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آن‌ها در تاریخ‌های مختلف تصویر برداری تغییراتی داشته‌اند. این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش کوتاه ماندنی مانند برف، سیلاب و تغییرات کاربری چون توسعه شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی و صنعتی است [۱۱]. دریاچه‌ها و تالاب‌ها از مهم‌ترین عرصه‌های زیست‌بوم و منابع آبی در جهان هستند که به دلیل تنوع زیستی موجود در آن‌ها دارای اهمیت زیادی هستند. تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای یکی از جدیدترین امکاناتی است که جهت مطالعه منابع آب، بررسی روند خشک‌سالی و تأثیر آن بر منابع طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس سنجش از دور استفاده از بازتاب پدیده‌ها جهت بررسی مناطق مختلف است. عواملی محیطی و انسانی باعث تغییرات بازتاب در گیاهان و مناطق مرطوب نظیر تالاب‌ها و دریاچه‌ها می‌شوند [۱۲]. تحقیقات بسیاری با نگرش‌های متفاوتی در زمینه آشکار سازی تغییرات در جهان انجام شده است، برخی از این مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته به شرح زیر بوده است: روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی، ترکیبی از این دو را برای آشکار سازی تغییر پوشش زمین در جنوب شرقی زامبیا استفاده کردند و دریافتند که روش آشکار سازی تغییر هیبرید نسبت به روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی به طور منفرد موفقیت بهتری داشته است [۱۰]. در تحقیقی با استفاده از روش تفاضل تصویر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و آنالیز برداری تغییر را برای آشکار سازی مناطق متأثر از سیلاب و فرسایش با استفاده از داده‌های TM چندزمانه در منطقه مرکزی نپال مقایسه شد. نتایج

تالابها روش‌های متفاوتی وجود دارد اما طی سالیان اخیر تکنیک‌های سنجش از دور یکی از کارآمدترین آن‌ها است. در این تحقیق سعی شده است به کمک فنون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ شمسی، تغییرات سطح دریاچه مهارلو و تغییرات کاربری اراضی اطراف آن در منطقه شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

و سعت آن 1275 km^2 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 می‌گردد (شکل ۱). این حوضه از شمال به دریاچه بختگان و از جنوب و باختر به حوضه آبریز قره‌آغاج محدود می‌شود، که سه زیر حوضه سروستان، گشنگان و حوضه باختری مهارلو تشکیل شده است، دریاچه مهارلو در یک فرونشست ناودیس مانند، شکل گرفته که گسل سروستان از آن می‌گذرد [۵].

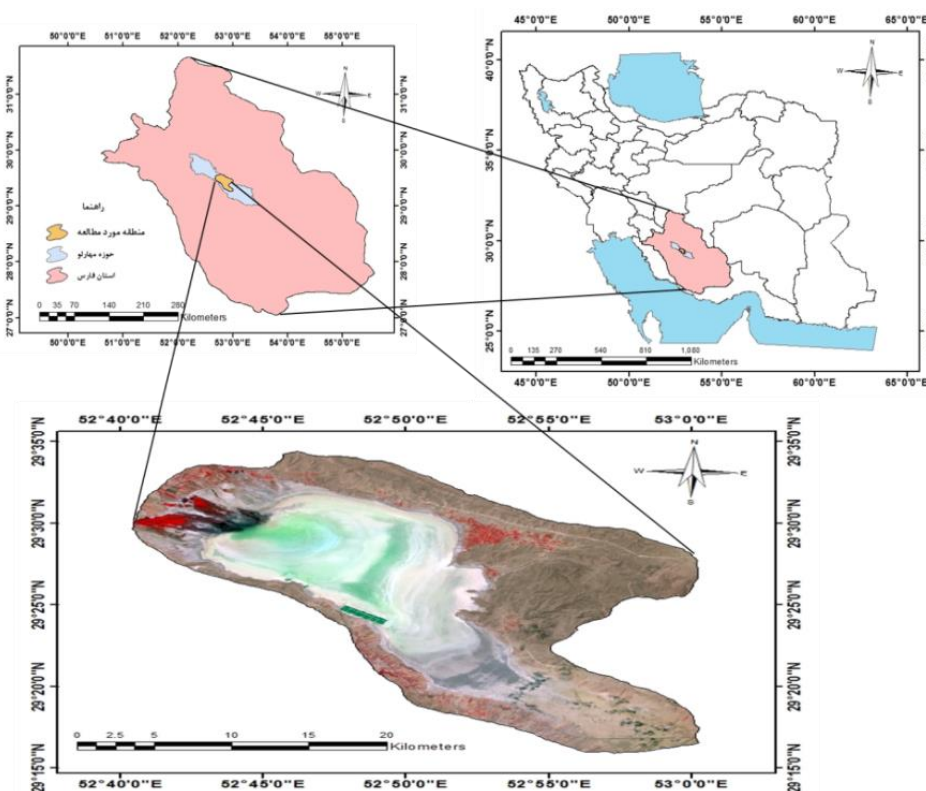
مؤلفه‌های اصلی و منطق فازی استفاده شد و نقشه شدت تغییرات در یک دوره ۱۵ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲) به دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات در کنار آبراهه‌ها و دامنه‌ها و هم‌چنین در مسیر طالقان رود بوده است [۴].

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

۲. روش شناسی

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

دریاچه مهارلو بین طول‌های جغرافیایی $43^{\circ}36'52''$ و $37^{\circ}04'53''$ 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 کیلومتری شیراز واقع شده، طول آن 28 km ، پهنای دریاچه ۱۵-۱۰ کیلومتر،

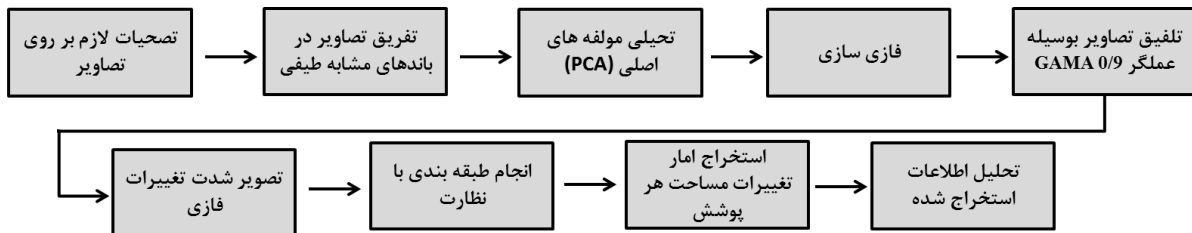


شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲.۲. روش‌های مورد استفاده

برای آشکارسازی تغییرات سطح دریاچه مهارلو و کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ میلادی (به ترتیب ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ شمسی) با روش‌های مختلفی چون تفریق باندهای

طیفی مشابه، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و منطق فازی استفاده شده است که در شکل ۲ چگونگی اعمال هر یک از این روش‌ها و نتایج حاصله برای منطقه مورد مطالعه براساس روند کلی تحقیق تشریح شده است (شکل ۲).



شکل ۲. نمای کلی روند تحقیق

۲.۱.۲. پیش پردازش تصاویر

برای بررسی میزان تغییرات در آغاز پنجره‌ای از داده‌های تصاویر تصحیح یافته سنجنده‌های ETM به تاریخ ۲۰۰۲ و سنجنده OLI به تاریخ ۲۰۱۵ از ماهواره لندست مربوط به منطقه مورد مطالعه از سایت زمین شناسی آمریکا (USGS) تهیه شد. بر روی این تصاویر تصحیح‌های نظام یافته از جمله تصحیح اتمسفری

FLASH و بررسی‌های اولیه اعمال گردید. پیش از به کارگیری 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 [۱۶]. اطلاعات دقیق‌تر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در جدول (۱) نمایش داده شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

گذر	ردیف	سنجنده	ماهواره	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
۱۶۲	۴۰	ETM	لندست ۷	۱۳۸۱/۴/۳	۲۰۰۲/۶/۲۴
۱۶۲	۴۰	OLI	لندست ۸	۱۳۹۴/۳/۳۰	۲۰۱۵/۶/۲۰

۲.۲.۲. پردازش تصاویر و آشکارسازی تغییرات

در راستای آشکارسازی تغییرات دریاچه مهارلو و کاربری اراضی اطراف آن طی دوره زمانی یاد شده، ابتدا عملیات تفریق باندهای مشابه طیفی اعمال گردید. در این روش براساس رابطه (۱) ارزش رقومی تصویر یک تاریخ پس از هم مختصات سازی دقیق دو تصویر، از

ارزش‌های رقومی تصویر تاریخ دیگر کسر می‌شود. این فرآیند به صورت پیکسل به پیکسل انجام می‌شود. نتیجه این روش تولید تصویری است که نشان‌دهنده تغییر بین دو تاریخ است [۱۴].

$$DN = x(t_2) - x(t_1) + C$$

رابطه (۱)

باند های مختلف حاصل از تصاویر، تفریق تحلیل مؤلفه های اصلی جهت حذف اطلاعات تکراری انجام شد. با انجام تحلیل مؤلفه های اصلی انتظار می رود که اطلاعات تغییر در یک یا دو مؤلفه اول ظاهر شوند که مقادیر ویژه هر یک از مؤلفه های تولید شده نیز محاسبه گردید.

تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)؛ هر چه واریانس طیفی در یک تصویر بیشتر باشد، تصویر دامنه اطلاعات وسیع تری خواهد داشت که خود گویای پدیده های بیشتر در تصویر است و چنین تصویری برای مطالعه مناسب است [۹]. مهمترین فواید PCA، جمع آوری و متراکم ساختن اطلاعات پدیده های موجود در باندهای مختلف در تعدادی از باند یا مؤلفه کمتر است. PCA برای حذف اطلاعات زائد در داده های ماهواره ای کاربرد فراوانی دارد [۹].

سپس با استفاده از شاخص های آماری حاصل از اعمال تحلیل مؤلفه های اصلی از قبیل میانگین و انحراف معیار، عضوگیری فازی برای هر باند انجام شد. شاخص های آماری مربوط به آن در جدول (۲) آورده شده است.

در رابطه X ارزش رقومی تصاویر، t_1 زمان تصویر اول، t_2 زمان تصویر دوم و C عدد ثابت هست.

چنانچه وسعت تغییراتی که در یک منطقه صورت گرفته، نسبت به مناطقی که در آنها تغییرات صورت نگرفته کم باشد، معمولاً شکل توزیع درجات روشنائی پیکسل ها در تصاویر تفریقی به صورت توزیع نرمال است. مناطق عدم تغییر نزدیک به میانگین و درجات روشنائی پیکسل هایی که در آنها تغییرات صورت گرفته است در هیستوگرام درجات روشنائی در تصاویر قرار خواهد گرفت. ارزش نزدیک به صفر مناطقی است که تغییرات قابل ملاحظه ای نداشته اند و دو انتهای هیستوگرام متناظر با مناطقی است که دارای تغییرات بیشتری بوده اند. تفریق تصاویر نقش مهمی در آنالیز تغییرات دارد و اختلافاتی که در یک تصویر نسبت به تصویر زمان قبل وجود دارد می تواند برای برآورد تغییرات مورد استفاده قرار گیرد. با انجام عملیات تفریق بر روی دو تصویر مورد مطالعه تصاویری حاصل می شوند که بیشترین تغییرات را در بردارند. سپس به دلیل پراکندگی و تکرار اطلاعات در

جدول ۲. اطلاعات آماری تصاویر تفریقی (۱۳۸۱ و ۱۳۹۴)

	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	درصد واریانس
PCD1	۴۰	۲۴۵	۱۴۸	۴۵	۶۵/۶۲
PCD2	۶۵	۲۰۳	۷۴	۳۹	۲۷/۱۵
PCD3	۹۸	۱۹۴	۹۸	۱۹	۴/۳۱
PCD4	۱۰۵	۱۶۵	۵۳	۹	۲/۶۲
PCD5	۵۵	۸۱	۴۷	۷	۰/۱۸
PCD6	۱۰	۲۱	۱۵	۳	۰/۱۰

که در فاصله زمانی دو تصویر ایجاد شده اند. چون این مؤلفه ها اطلاعات متفاوتی از تغییرات را در خود دارند بنابراین باید روشی اتخاذ گردد که از طریق آن عضویت هر پیکسل در هر باند مشخص شود. به این منظور اطلاعات موجود در مؤلفه های اول، دوم، سوم و چهارم حاصل از تصاویر تفریقی از قوانین و تئوری مجموعه های

۲،۲،۳. تعیین تابع عضویت فازی

همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می شود مؤلفه های اول، دوم، سوم و چهارم حاصل از تغییرات تفریق باندهای متناظر تصاویر در سال های مورد مطالعه بیش از ۹۹ درصد کل اطلاعات را به خود اختصاص داده اند. این مؤلفه ها عمدتاً حاوی اطلاعات حاصل از تغییراتی هستند

$$Luc = (Lu1381*10+Lu1394)$$

Luc = تغییرات کاربری اراضی

LU = نقشه کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی از طریق نمونه‌گیری در ۵ کلاس با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده از نوع حداکثر مشابهت (MLC) برای هر یک از تصاویر در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2 به دست آمده است.

۳. نتایج

نتایج حاصل از طبقه‌بندی شدت تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۹۴-۱۳۸۱، که از طریق ترکیب چهار PCD فازی شده و با استفاده از عملگر گامی ۰/۹ حاصل شد نشان می‌دهد که بیشترین مساحت تغییرات ایجاد شده در طبقات ۷۵-۵۰ و ۱۰۰-۷۵ است به صورتی که ۸۲ درصد از شدت تغییرات در این دو کلاس قرار دارد (شکل ۳). بیش از ۵۰ درصد تغییرات بالغ بر مساحتی در حدود ۲۹۲ کیلومتر مربع است به صورتی که در شدت تغییرات فازی ۰/۷۵-۰/۵ قرار گرفته و کمترین درصد تغییرات در حدود ۳ درصد در مساحتی بالغ بر ۱۵ کیلومتر مربع در شدت ۰/۲۵-۰/۵ درصد است. مساحت هریک از طبقات به همراه درصد تغییرات و شدت تغییرات فازی در جدول ۶ آمده است.

نتایج حاصل از تحلیل کاربری اراضی تصاویر ماهواره‌ای ۱۳۹۴-۱۳۸۱، حاکی از کاهش سطح آب و افزایش شوره‌زار در سطح دریاچه مهارلو است که در شکل ۴ و ۵ آورده شده است. مساحت سطح آب دریاچه در سال ۱۳۸۱، ۱۵۲/۶۸ کیلومتر مربع است. سطح آب دریاچه از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ به میزان ۱۳۳/۴۴ کیلومتر مربع کاهش یافته، به نحوی که این میزان کاهش برابر با ۸۷ درصد است. مساحت اراضی شوره‌زار سطح دریاچه مهارلو از سال ۱۳۹۴-۱۳۸۱ افزایش ۵۸ درصدی داشته است. خاک بدون پوشش در سطح دریاچه و حاشیه آن نیز طی این دوره افزایش ۴۶ درصدی داشته به صورتی که سطح اراضی کشاورزی و مرتع طی این بازه مورد مطالعه افزایش

فازی استفاده شد. برای تعیین عضویت فازی برای هر پیکسل از تصویر PCD با استفاده از اطلاعات آماری جدول (۲)، (میانگین، حداقل و حداکثر) از طریق رابطه (۲) که گنگ (۱۹۹۳) ارائه کرده است، استفاده شده و سپس با استفاده از تابع خطی فازی شدند.

رابطه (۲)

$$U_{cj}(xi) = \begin{cases} 1 & 0 \leq xi \leq L \\ (xi - aver) / (L - aver) & L \leq xi \leq aver \\ (xi - aver) / (L - aver) & aver \leq xi \leq H \\ 1 & H \leq xi \leq 255 \end{cases}$$

در این رابطه $U_{cj}(xi)$ نشان دهنده ارزش از درجه پیکسل xi در تصویر pcd برای تبدیل به متغیر فازی است. L ، H و $aver$ هم از روی هیستوگرام تصویر pcd به دست می‌آید.

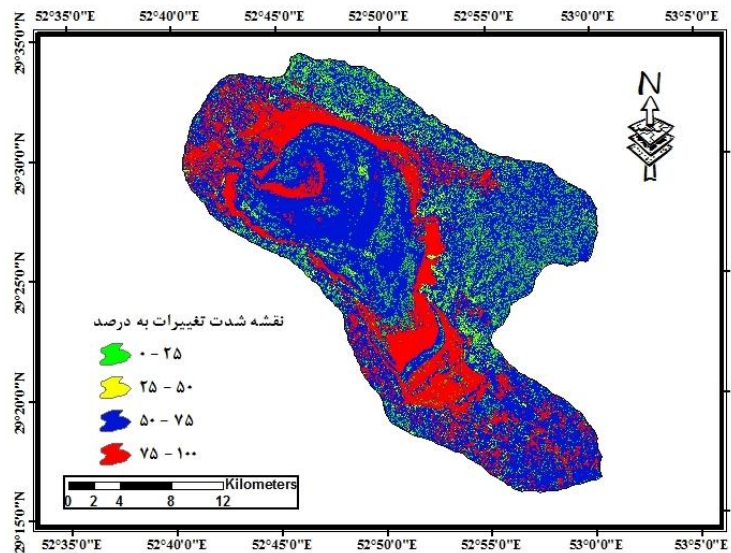
برای هر یک از چهار طبقه رابطه ۲ میزان تابع عضویت فازی برای هر پیکسل محاسبه شده است.

با تعریف تابع عضویت در تغییرات تصاویری تهیه شد که نشان دهنده مقدار عضویت در تغییرات بین صفر و یک برای هر پیکسل است. سپس نقشه شدت تغییرات از طریق ترکیب چهار PCD فازی شده و با استفاده از عملگر گامی ۰/۹ حاصل شد. برای نمایش بهتر شدت تغییرات حاصله، مقادیر به دست آمده در عدد ۱۰۰ ضرب شده و به صورت درصد در جدول ۳ آورده شده است. سپس تصویر شدت تغییرات را بر اساس چهار نوع دامنه تغییرات، ۰-۲۵ (دامنه تغییرات بسیار کم)، ۲۵-۵۰ (دامنه تغییرات کم)، ۵۰-۷۵ (دامنه تغییرات متوسط) و ۷۵-۱۰۰ (دامنه تغییرات شدید) کلاس‌بندی گردید.

پس از تهیه نقشه شدت تغییرات فازی طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۱ مبادرت به تهیه نقشه کاربری اراضی برای هر سال نموده که برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه، تصاویر ماهواره‌ای ETM2002 و OLI2015 مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین شدت تغییرات و ارزیابی تبدیل هر یک از کاربری‌ها به کاربری‌های جدید با استفاده از مقایسه تغییرات نوع کاربری بین تصاویر دو زمان متفاوت از تابع زیر استفاده شد [۴].

درصد تشکیل دهنده سطح آن‌ها است.

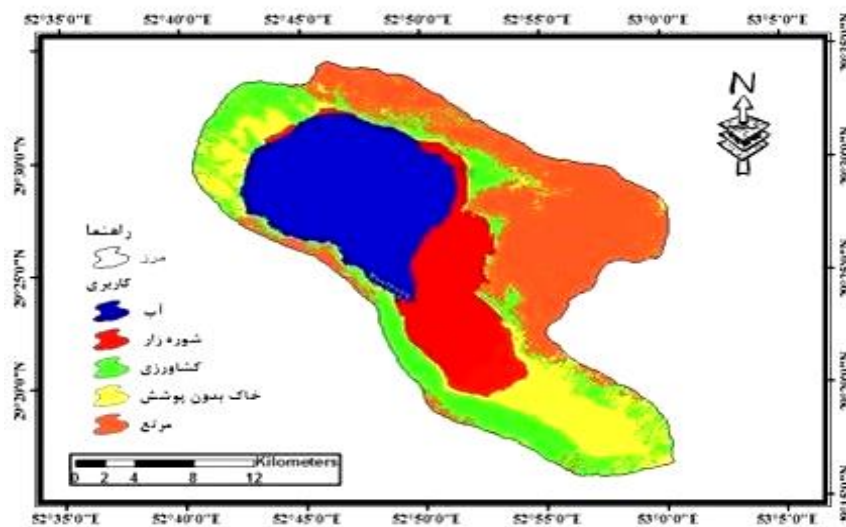
یا کاهش چشمگیری نداشته است. جدول ۴ و ۵ گویای مساحت‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۴ با



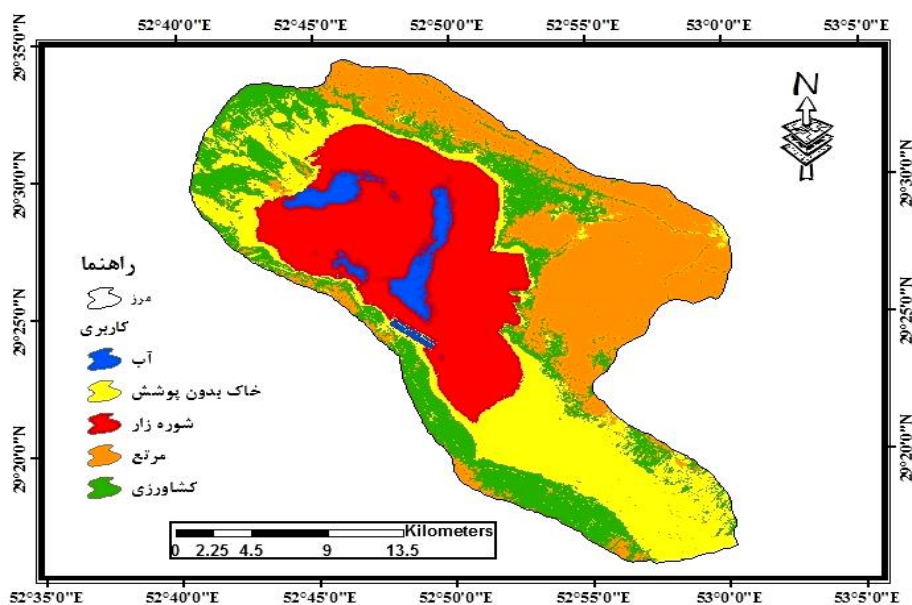
شکل ۳. طبقه‌بندی شدت تغییرات بین ۰ تا ۱۰۰ درصد

جدول ۳. مساحت هریک از طبقات چهارگانه شدت تغییرات (۱۳۸۱ - ۱۳۹۴)

طبقه‌بندی شدت تغییرات فازی	طبقه‌بندی شدت تغییرات به درصد	درصد مساحت تغییرات	مساحت تغییرات به km^2
۰ - ۰/۲۵	۲۵ - ۰	۱۳/۶۲۷۹۱۹	۷۸/۵۶۲۸
۰/۲۵ - ۰/۵	۵۰ - ۲۵	۲/۷۵۷۲۱۳	۱۵/۸۹۴۹
۰/۵ - ۰/۷۵	۷۵ - ۵۰	۵۰/۷۷۴۱۹۳	۲۹۲/۷۰۵۲
۰/۷۵ - ۱	۱۰۰ - ۷۵	۳۲/۸۴۰۶۷۵	۱۸۹/۳۲۱۳



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت (MLC) سال ۱۳۸۱



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت (MLC) سال ۱۳۹۴

جدول ۴. مساحت کاربری اراضی تصویر سال ۱۳۸۱

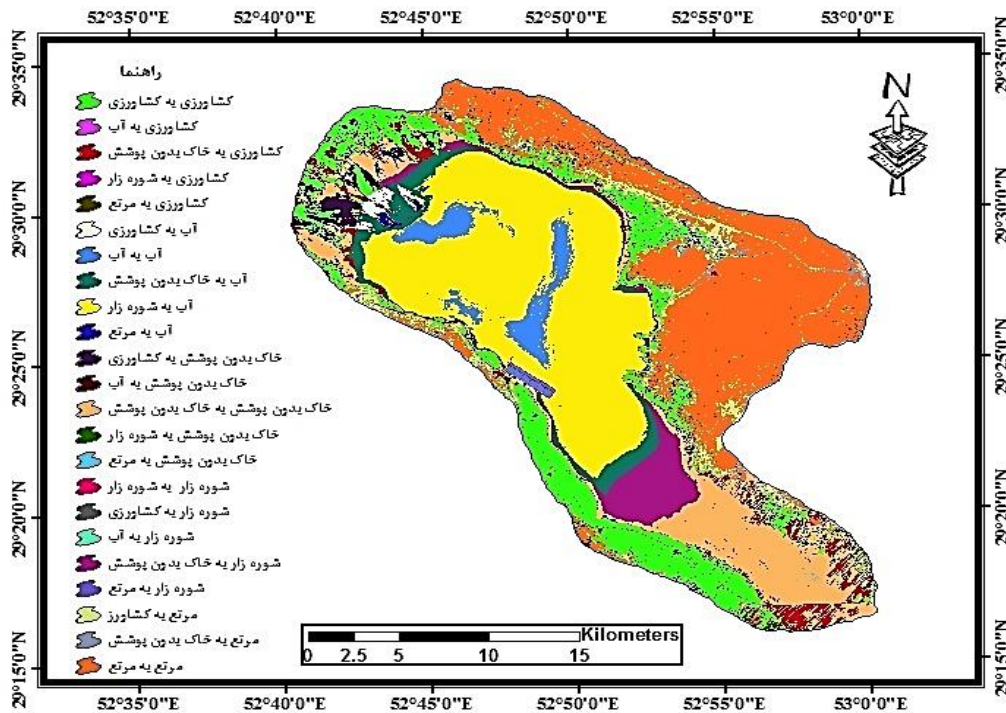
نوع کاربری اراضی	مساحت منطقه تحت پوشش به km^2	مساحت منطقه تحت پوشش به درصد
کشاورزی	۱۱۹/۴۲	۲۰/۷۰
آب	۱۹/۴۴	۳/۳۷
مرتج	۱۵۶/۴۵	۲۷/۱۲
اراضی بدون پوشش	۱۳۰/۷۵	۲۲/۶۷
شوره زار	۱۵۰/۶۳	۲۶/۱۱

جدول ۵. مساحت کاربری اراضی تصویر سال ۱۳۹۴

نوع کاربری اراضی	مساحت منطقه تحت پوشش به km^2	مساحت منطقه تحت پوشش به درصد
کشاورزی	۱۱۰/۱۹	۱۹/۱۵
آب	۱۵۲/۶۸	۲۵/۴۹
مرتج	۱۷۰/۴۰	۲۹/۶۲
اراضی بدون پوشش	۷۸/۷۰	۱۳/۶۸
شوره زار	۶۳/۱۸	۱۲/۰۳

مساحت‌های ۱۹/۳۲، ۲۲ و ۲۲/۹۷ دارای چشمگیرترین تغییرات در تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر بوده است. نقشه و مساحت روند تبدیل تغییرات کاربری اراضی به هم در طول دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۹۴ در سطح دریاچه و اراضی اطراف آن به ترتیب در شکل ۶ و جدول ۶ آمده است.

نتایج حاصل از تبدیل هریک از کاربری‌ها به کاربری جدید در طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۴ نشان دهنده آن است که بیشترین تغییر در تبدیل کاربری آب به شوره‌زار با مساحت ۱۵۰ کیلومتر مربع است. تبدیل کاربری آب، کشاورزی و شوره‌زار به خاک بدون پوشش به ترتیب با



شکل ۶. نقشه تغییرات کاربری اراضی اطراف و سطح دریاچه مهارلو بین سال‌های ۱۳۸۱ - ۱۳۹۴

جدول ۶. ارزیابی تبدیل کاربری‌های سال ۱۳۸۱ به کاربری‌های سال ۱۳۹۴

تغییر کاربری	مساحت تغییرات به km^2	تغییر کاربری	مساحت تغییرات به km^2
کشاورزی	۷۹/۹	کشاورزی	۲۱/۶۱
آب	۰/۰۵	آب	۰
کشاورزی	۲۲/۰۶	مرتع	۲/۶۴
مرتع	۷/۸۴	مرتع	۱۴۵/۸۸
شوره زار	۰/۲۵	شوره زار	۰
کشاورزی	۳/۰۰	کشاورزی	۱۴/۱۸
آب	۱۹/۳۲	آب	۰/۰۰۳۶
آب	۱۹/۳۳	خاک بدون پوشش	۶۳/۴۴
مرتع	۱/۰۵	مرتع	۱/۰۲
شوره زار	۱۴۹/۹۶	شوره زار	۰/۰۲۶
شوره زار	۰/۱۸	کشاورزی	۰/۱۱۸
آب	۰/۰۰۶	آب	۰/۰۰۶
خاک بدون پوشش	۲۲/۹۷	خاک بدون پوشش	۲۲/۹۷
مرتع	۰/۰۰۲۷	مرتع	۰/۰۰۲۷
شوره زار	۰/۰۰۸	شوره زار	۰/۰۰۸

۴. بحث و نتیجه گیری

دریاچه مهارلو دارای مساحتی بالغ بر ۲۷۰ کیلومترمربع است. سطح دریاچه مهارلو دارای سه پوشش با سطوح آبی، شورزار و خاک لخت است. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اعمال تفریق تصاویر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و منطق فازی بر روی تصاویر ماهواره‌ای در دو زمان مختلف، نقشه شدت تغییرات به دست آمده است. تهیه نقشه شدت و نوع تغییرات کاربری برای برنامه‌ریزی و مدیریت یکی از بهترین نیازهای اساسی به شمار می‌آید. نقشه شدت تغییرات تولید شده می‌تواند یک ابزار مفید برای مدیران در حوزه محیط زیست و منابع طبیعی برای نظارت و بررسی باشد. نقشه شدت تغییرات نشان داد که ۸۲ درصد از تغییرات دارای شدتی بین ۱۰۰-۵۰ درصد بوده که دریاچه بیشترین تغییرات را دربرگرفته که می‌تواند ناشی از تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی حوزه مهارلو باشد. بیشترین تغییر در تبدیل کاربری آب به شورزار با مساحت ۱۵۰ کیلومتر مربع بوده است. تبدیل کاربری آب، کشاورزی و شورزار به خاک بدون پوشش از معنی‌دارترین تغییرات کاربری طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۴ به شمار می‌آید. نتایج حاصل از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی سال ۱۳۸۱-۱۳۹۴، حاکی از کاهش سطح آب دریاچه مهارلو است. به طور کلی سطح آب دریاچه مهارلو در این بازه زمانی ۸۷ درصد کاهش یافته است.

با کاهش سطح آب دریاچه میزان اراضی شورزار موجود در دریاچه افزایش داشته است. در قسمت انتهایی دریاچه با کاهش سطح آب و عقب نشینی آن از میزان سطح اراضی شورزار کاسته شده و به اراضی خاک بدون پوشش تبدیل شده است. طی بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۱ مساحت اراضی شورزار از ۶۳ کیلومترمربع به ۱۵۰ کیلومترمربع افزایش یافته و مساحت خاک بدون پوشش اراضی اطراف و سطح دریاچه مهارلو در سال ۱۳۸۱ برابر با ۷۸/۷ کیلومترمربع بوده که این میزان در سال ۱۳۹۴

به ۱۳۰/۷۵ کیلومتر مربع رسیده که افزایش ۴۶ درصدی داشته است. با توجه به اینکه شغل اکثر ساکنین اطراف دریاچه مهارلو کشاورزی و دامداری است و در اطراف دریاچه باغات و اراضی زراعی فراوانی وجود دارد. با بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی طی دهه اخیر و کاهش نزولات جوی و به طبع آن کاهش آب ورودی به دریاچه از میزان آب سطحی دریاچه کاسته شده است که در پی این فرایند از میزان اراضی شورزار سطح دریاچه کاسته شده و به اراضی خاک بدون پوشش افزوده شده است. طی دهه اخیر با توجه به تکنولوژی‌های جدید آبیاری و علی‌رغم کاهش آب جهت فعالیت‌های کشاورزی در اطراف دریاچه مهارلو، از میزان اراضی مرتعی کاسته شده و به میزان اراضی کشاورزی در اطراف دریاچه افزوده شده است. مطالعات بسیاری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر روی دریاچه‌ها و تالاب‌ها انجام شده است که در اکثر آن‌ها کاهش سطح آب و تغییر در سطوح رسوبات و کاربری اطراف دریاچه‌ها و تالاب‌ها بیان شده است. طی پژوهشی با بررسی تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه به این نتیجه رسیدند که سطح آب دریاچه کاهش یافته است [۱]. نتایج حاصل از بررسی تغییرات سطح دریاچه کافت و کاربری اراضی اطراف آن در یک دوره ۳۵ ساله نشان داد که دریاچه کافت خشک شده است و در کاربری اراضی اطراف نیز تغییرات زیادی به وجود آمده است [۶]. نتایج تغییرات کاربری اراضی در حوزه دریاچه کنیا در یک دوره ۱۴ ساله نشان داده است که میزان سطح مناطق جنگلی در بین سال‌های مورد مطالعه کاهش یافته که این امر موجب افزایش رسوبات در اطراف دریاچه گردیده است [۷]. بنابراین کاهش سطح آب دریاچه‌ها و به طبع آن افزایش اراضی شورزار و خاک لخت طی سال‌های اخیر در بیشتر دریاچه‌های کشاورزان رخ داده است. کاهش سطح آب دریاچه مهارلو دلایل متعددی دارد. عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش سطح آب دریاچه‌ها در جهان هستند. بنابراین با افزایش جمعیت و استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی

سطح مدیریت کلان برای جلوگیری از تخریب اکوسیستم‌ها بسیار حائز اهمیت است. لازم به ذکر است که با از بین رفتن بسیاری از اکوسیستم‌ها حیات بسیاری از جانداران و حیات وحش نیز در معرض نابودی قرار می‌گیرد که در بسیاری از موارد غیر قابل جبران است.

آب ورودی به دریاچه‌ها، افزایش دامای کره زمین و خشکسالی طی سالیان اخیر از دلایل اصلی کاهش آب دریاچه‌ها و تالاب‌ها در جهان است. بنابراین تصاویر ماهواره‌ای ابزار مناسبی در جهت مطالعه روند تغییرات و دستیابی به جهت پیشروی اکوسیستم و پتانسیل منطقه در زمان‌های خشکسالی برای برنامه‌ریزی و نظارت در

References

- [1] Alesheikh, A. A., A. Ghorbanali, and Nouri N. (2007). Coastline change detection using remote sensing, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4(1):61.
- [2] Dhakal, A.S., Amada, T., Aniya, M., and Sharma, R.R. (2002). Detection of areas associated with flood and erosion caused by a heavy rainfall using multitemporal Landsat TM data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68: 233-240.
- [3] Firouzabadi, P. (1995). Digital approaches for change for change detection in urban environment using remote sensing Data.
- [4] Ghanavati, e.h., Ziaieian Firoozabadi, P., Sardashti, d., and jangi, h. (1386). morphodynamic change detection using remote sensing data and principal components analysis (PCA) and fuzzy logic (FUZZY-LOGIC), the Taleghan watershed, *geographical research*, Issue 62, Winter, 41-53.
- [5] Ghohroudi Tully, M., Lashgari, h., and Sadat Hosseini, g. (1390). Identification of sedimentary zone Due to climatic changes in Playa Maharloo, Using PCA and index OIF, *geographical studies arid regions*, the first year, No, 3: 186-167.
- [6] hadian, F., and Hosseini, s.z. (1392). Evaluation of land use changes around the lake using remote sensing Kaftar the past four decades, *National Conference on watershed management in arid regions*, Yazd, iran.
- [7] Kiage, L. M., Liu, K.-B. Walker, N. D. Lam, N. and Huh., O. K. (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., and Kamlesh., K.. (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] Noori, S. (2004). Determination of the best vegetation indexes for assessing Mazandaran rangeland, M.Sc. thesis, Tarbiat Modarres University, pp, 128.
- [10] Pett, C., Scudder, T., and Lambin, E. (2001). Quantifying processes of landcover change 2402 D. Lu et al. by remote sensing: resettlement and rapid landcover change in southeastern Zambia. *International Journal of Remote Sensing*, 22: 3435-3456.
- [11] Ross, S., and Lunetta. D. (1999). *Remote sensing change Detection*, London, pp, 318.
- [12] Sanaieenjad, S.h., Shahtahmasbi, A.r., Sadrabad h, r. and Klarstany, K. (1387). Study of wheat in Mashhad spectral images using MODIS, *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, water and soil sciences, 12 (45): 19-11.
- [13] Shafii, M. (1383). Application of remote sensing technology in assessment and modeling of land use change Dasht-e Qazvin, Tabriz University master's thesis, Faculty of Humanities and Social Sciences, pp, 109.

- [14] Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 989–1003.
- [15] Sepehry, A., and Gang- Jun L. (2006). Flood induced land cover change detection using multi temporal ETM+ imagery, Center for Remote Sensing of land surface, Bonn, Pp, 28-30.
- [16] Torahi, A. A., and Chand Rai, S. (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.