نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دوازدهم. شماره چهل و شش. زمستان۱۴۰۰

بررسی پویایی تامین خدمات اکوسیستم حوضه دریاچه ارومیه در شرایط تغییر کاربری و پوشش سطح زمین

خدیجه رحیمی بالکانلو[۱]، فاطمه پناهی*[۲]، محمد جعفری[۳]، آرش ملکیان[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۷/۱۲

مقاله پژوهشی

چکیده

دریاچه ارومیه درحال تجربه تخریب شدید زیست محیطی است که به طور عمده با کاهش مساحت دریاچه و سطح آب آن مشخص می‌شود. این مسئله عمدتاً به تغییرات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین، توسعه و تشدید فعالیت بخش کشاورزی مرتبط می‌شود. با توجه به اینکه تغییرات کاربری زمین از مهم ترین فاکتورهای تغییر در این سیستم است، در این مطالعه تغییرات و انتقالات بین کلاس‌های مختلف کاربری زمین و تأثیر آن بر تغییرات کالاها و خدمات اکوسیستم در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از ماتریکس ارزیابی خدمات اکوسیستم بر اساس رویکرد مشاوره افراد متخصص و خبره مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده کاهش مساحت دریاچه (۵۰٪) از میزان ۴۹۴۶/۳۰ در ۱۹۸۷ به حدود ۲۱۴۷/۸۷ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۶ می‌باشد . که این مسئله در اثر تبدیل و توسعه مساحت زمین‌های کشاورزی به حدود دو برابر و افزایش حدود ۱۵۳۸/۴۳ کیلومترمربع نسبت به مساحت سال ۱۹۸۷ می باشد. همچنین افزایش وسعت زمین‌های بایر و نواحی شهری بین بازه های زمانی یاد شده قابل توجه می باشد. در شرایط یاد شده علیرغم افزایش تأمین خدمات اکوسیستم چون محصولات کشاورزی به میزان دو برابر نسبت و تامین آب به میزان ۱/۵ برابر بین سال های ۲۰۱۶-۱۹۸۷، تأمین دیگر خدمات اکوسیستم به‌صورت ثابت بوده و یا با کاهش مواجه شده است. با توجه به بررسی Hotspot های مکانی بدست آمده در حوزه دریاچه، کالاها و خدمات خدمات تنظیمی و فرهنگی اکوسیستم، همچنین تنوع زیستی عمدتاً در حاشیه دریاچه کاهش داشته است، در حالی که خدمات تولیدی اکوسیستم در طول رودخانه‌های بزرگ و نزدیک به شهرها افزایش یافته است. در همین راستا، درک و بررسی علل و اثرات این فرآیندها در یک اکوسیستم طبیعی به حفاظت چشم اندازهای با ارزش از طریق ابزارهای برنامه‌ریزی مکانی مخصوصا در اکوسیستم‌های حساس و شکننده کمک شایانی خواهد نمود.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم طبیعی، خدمات اکوسیستم، تغییر کاربری اراضی، دریاچه ارومیه

[۱] دانشجوی دکتری بیابانزدایی، گروه بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، Kh.rahimi680@gmail.com

[۲] استادیار، گروه بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران، (fpanahi@kashanu.ac.irنویسنده مسول)

[۳] استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، Jafary@ut.ac.ir

[۴] دانشیار، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، Malekian@ut.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر، ماهیت طبیعی اکوسیستم حوزه دریاچه ارومیه بعلت فعالیت‌های انسانی شامل توسعه و تشدید عملیات کشاورزی، توسعه شهری، تشدید سدسازی و دیگر سازه‌های ساخت بشر (مانند ساخت میانگذر شهید کلانتری به طول ۱۶ کیلومتر در در بخش میانی دریاچه) و همچنین خشکسالی‌های اخیر مورد تهدید قرار گرفته است (Alborzi et al., 2018). در نتیجه، حوضه دریاچه ارومیه با شرایطی مشابه با تراژدی دریاچه آرال در آسیای مرکزی مواجه شده است. این دریاچه حدود ۹۰ درصد از حجم آب خود را در نتیجه سیاست‌های نادرست اتحادیه جماهیر شوروی در توسعه کشت محصول پنبه از دست داده است (Micklin, 2007). همین مسئله تأثیر عظیمی بر سرمایه‌های انسانی و طبیعی منطقه داشته است (Franz and Fitzoy, 2006). به‌طور مشابه، مساحت دریاچه ارومیه حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع در طی دو دهه اخیر کاهش یافته است و سطح آب از ۱۲۷۷ متر به ۱۲۷۰ متر (سطح دریا) تغییر یافته است (Tabari et al., 2012). در طی خشکسالی‌های به وقوع پیوسته پس از سال ۲۰۰۰، سطح آب به پایین‌تر از ۱۲۷۰ متر کاهش یافته و بیش از ۴۰ درصد از بستر دریاچه از بین رفته است (Lotfi, 2012). تاثیر این عوامل و تغییرات، به طور مستقیم و یا غیر مستقیم کالاها و خدمات اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می دهد. از این‌رو بررسی نتایج این تاثیر بر تغییرات زمانی-مکانی تامین خدمات اکوسیستم و جلوگیری از کاهش تدریجی تامین این خدمات را از طریق آگاهی بیشتر و برنامه‌ریزی مدون میسر می‌سازد.

اغلب مطالعات انجام شده در حوزه دریاچه ارومیه به بررسی شرایط هیدرولوژیکی و تغییرات سطح آب دریاچه و عوامل انسانی و اقلیمی دخیل در ناپدید شدن دریاچه آب حوضه پرداخته‌اند (AghaKouchak et al., 2015; Alizade Govarchin Ghale et al., 2018). با این وجود، هنوز هم سهم عوامل اقلیمی و انسانی و اینکه کدامیک تأثیر بیشتری در شرایط فعلی دریاچه داشته است، مورد بحث است. مطالعات اخیر بر این واقعیت تأکید دارند که تغییر در عوامل اقلیمی مثل بارندگی و دما به تنهایی نمی‌تواند تنزل سطح آب دریاچه را از سال ۲۰۰۰ توجیه کند و عملیات ناپایدار کشاورزی علت اصلی خشکیدگی دریاچه است (Chaudhari et al., 2018; Khazaei et al., 2019). با این وجود، انجام مطالعات و بررسی در ارتباط با تغییرات کاربری/سطح زمین[1] و اثرات زمانی مکانی آن بر تأمین کالاها و خدمات از جانب اکوسیستم نیز مهم و ضروری است. بطوریکه قریب به اکثریت منابع علمی موجود تغییرات کاربری و یا پوشش سطح زمین را علت اصلی تغییر در تامین خدمات اکوسیستم می‌دانند.

بررسی سیستماتیک و همه جانبه محرک‌ها و فشارهای وارد بر اکوسیستم به منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی لازم و ضروری بنظر می‌رسد. چرا که تغییر در سیستم طبیعی طبیعتا منجر به کاهش یا تغییر در تنوع زیستی و جریان خدمات اکوسیستم در جامعه خواهد شد(Nahuelhual et al., 2014). با اینکه سطح آگاهی از اثرات و نتایج تغییر سرزمین در حال افزایش است، اما تاثیر این تغییرات بر کالاها و خدمات اکوسیستم هنوز به درستی درک نشده است. برای مثال در این زمینه Vihervaara et al., (2010) رابطه بین خدمات اکوسیستم و برنامه‌ریزی چشم‌انداز سرزمین را در منطقه جنگلی Lapland در فنلاند مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه تاثیر تغییرات کاربری و یا پوشش سطح زمین بر تامین خدمات اکوسیستم مورد سنجش قرار گرفت که بر اساس نتایج، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر تامین کالاها و خدمات اکوسیستم، تغییر در وسعت و توسعه مزارع بواسطه از بین رفتن پوشش طبیعی گیاهی بوده است. تغییر در کاربری اراضی خدمات اکوسیستم را بعنوان حیاتی‌ترین عامل تامین مایحتاج جوامع محلی تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این زمینه Karki et al., (2018) داده‌های تغییر کاربری/پوشش سطح زمین را در دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۱۹۸۹ و ۲۰۱۴-۲۰۰۰ در حوزه دریاچه Inle مورد بررسی قرار داد. به این منظور از پرسشنامه‌های سازمان یافته با محوریت میزان درک جوامع محلی از تاثیر تغییرات کاربری/ پوشش سطح زمین بر تامین زندگی و رفاه به منظور مرتبط ساختن نتایج با خدمات

[1] Land use\land cover(LULC)

اکوسیستم استفاده شد. از نتایج این مطالعه می‌توان به کاهش وسعت جنگل‌ها در اثر تشدید فعالیت‌های کشاورزی اشاره کرد. همچنین، تغییر در تامین ۴۴ مورد کالاها و خدمات اکوسیستم در این منطقه، معیشت و زندگی جوامع محلی را تحت تاثیر قرار داده است.

در این مطالعه، به دلیل عدم وجود داده‌های تاریخی و کافی مرتبط با خدمات اکوسیستم از رویکرد سنجش ماتریکسی خدمات اکوسیستم بر اساس دانش کارشناسان استفاده شده است که توسط Burkhard et al., (2009) ارائه شده است. این رویکرد در مواجهه با مسئله تامین غذا در منطقه Halle-Leipzig آلمان و بدست آوردن الگوی معمول خدمات اکوسیستم در اطراف مناطق شهری پیشنهاد شد. از آن پس این رویکرد در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفت. برای مثال Montoya-tangarife et al., (2017) این روش را در منطقه Santiago-Valparasio شیلی مورد استفاده قرار داد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، تعادل اندکی بین تاثیر تغییرات مثبت و منفی کاربری/ پوشش سطح زمین بر تامین خدمات اکوسیستم وجود دارد. علاوه بر این Kopperoinen and Itkonen, (2014) در روشی ابداعی طیف وسیعی از داده‌های GIS را با نظرات متخصصین ترکیب کرده و مخصوصا بر چگونگی روابط بین متخصصین و کنشگران محلی و منطقه‌ای تاکید نمود. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه سهیم ساختن متخصصین در انتخاب مجموعه داده‌ها در گزینش داده‌های مرتبط با بررسی خدمات اکوسیستم بسیار مفید می‌باشد. بعبارتی نقشه‌های کالاها و خدمات اکوسیستم که با این روش به وجود آمده‌اند به شکل بهتری به برنامه‌ریزان در خصوص کاربری اراضی و شناخت مناطق مهم، کلیدی و دارای پتانسیل تامین خدمات متنوع اکوسیستم کمک می‌کنند. در مطالعه دیگری، Koschke et al., (2012) از رویکرد ارزیابی مبتنی بر نظر کارشناسان در ایالت Saxonyآلمان استفاده کرد. در این تحقیق پتانسیل منطقه‌ای تامین کالاها و خدمات اکوسیستم بر اساس ارزیابی چندمعیاره به منظور کمک به برنامه‌ریزی توسعه منطقه انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که ادغام داده‌های خدمات اکوسیستم و پوشش سطح زمین را می‌توان به برنامه‌ریزی منطقه‌ای براساس تاثیر تغییر کاربری‌ها بر انواع مختلف خدمات اکوسیستم بسط داد.

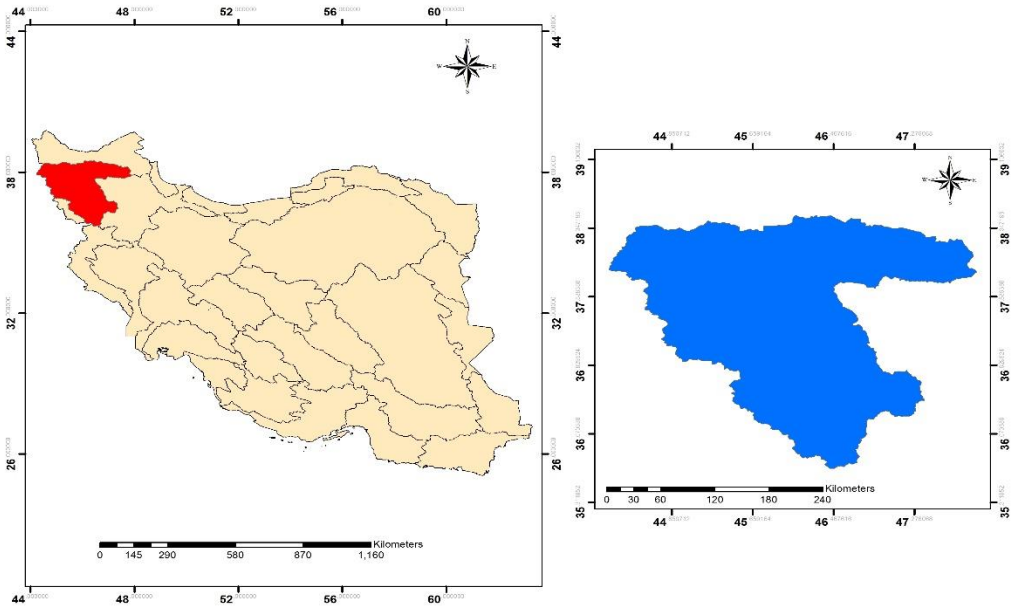
در مطالعه حاضر، به بررسی دینامیک و تغییرات کاربری اراضی و تاثیر آن بر تامین خدمات اکوسیستم تاکید شده است. همانگونه که قبلا ذکر شد غالب مطالعات انجام شده در حوزه دریاچه ارومیه بر شرایط هیدرولوژیکی و اقلیمی آن تاکید داشته‌اند. بعبارتی مطالعه حاضر اولین مطالعه انجام شده در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی حوزه و تاثیر آن بر چگونگی تامین کالاها و خدمات اکوسیستم می‌باشد و هدف اصلی آن بررسی الگوها و تغییرات زمانی و مکانی در موارد یاد شده است. به این منظور جهت تعیین پتانسیل هر کدام از کلاس‌های کاربری اراضی در تامین کالاها و خدمات اکوسیستم از رویکرد سنجش ماتریکسی خدمات اکوسیستم بر اساس دانش و اطلاعات کارشناسان استفاده شده است. همچنین با مرتبط ساختن تغییرات کاربری/پوشش سطح زمین با تأمین خدمات اکوسیستم و بررسی جابجایی و تغییرات طبقات کاربری/پوشش سطح زمین و تاثیر آن بر خدمات اکوسیستم سعی شده است استراتژی‌های مدیریتی مناسب به اختصار بیان و توصیه گردد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه دریاچه ارومیه در منطقه کوهستانی شمال غرب ایران واقع شده و قسمت‌هایی از سه استان آذربایجان غربی و شرقی و کردستان را در بر گرفته است (شکل ۱). اقلیم منطقه قاره‌ای و بعبارتی نسبتا خشک می‌باشد که بدلیل احاطه شدن توسط کوه‌های مختلف تحت تاثیر قرار می‌گیرد. ارتفاع حوزه دریاچه حدود ۱۲۸۰ تا ۴۸۸۶ متر بالاتر ازسطح دریا بوده و مساحت آن ۵۱۸۷۶ کیلومترمربع است. پهنه دریاچه ارومیه بصورت تقریبی حدود ۱۰ درصد از مساحت یاد شده را به خود اختصاص می‌دهد (Hossein Mardi et al., 2018). میانگین بارش سالانه بین ۱۹۷۳ و ۲۰۱۱ میلی‌متر متغیر است، همچنین میانگین تبخیر سالانه در منطقه ۳۵۲ تا ۱۱۵۰ میلی متردر سال است. میانگین دما در منطقه در سردترین فصل سال بین ۲۰- و ۰ است و در فصول گرم سال به ۴۰ درجه سانتی گراد

می‌رسد. در حال حاضر، جمعیت ساکن در حوضه دریاچه ارومیه حدود ۶ میلیون نفر است که کشاورزی، باغداری، دامپروری از مشاغل پراهمیت در اقتصاد منطقه محسوب می‌گردند (Delju et al., 2013). محصول غالب مورد کشت غالباً شامل یونجه، گندم، چغندرقند، سیب و انگور است و کشاورزی به صورت کشت دیم و آبی انجام می‌شود. عمدتاً زمین‌های کشاورزی در طول رودخانه‌های بزرگ حوضه واقع شده‌اند (Faramarzi, 2012).



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (حوزه دریاچه ارومیه)

در تحقیق حاضر، با مطالعه منابع علمی مختلف، عوامل اجتماعی-اقتصادی و اقلیمی به‌عنوان عمده‌ترین محرک‌های تغییر در شرایط اکوسیستم شناخته شدند که به تغییر در وضعیت اکوسیستم منجر می‌شوند. در این بین، تغییر در کاربری/پوشش سطح زمین مهم‌ترین و اثرگذارترین عامل شناخته شده است. محرک‌ها انواع مختلف فاکتورهای طبیعی و انسانی هستند که مستقیماً و یا به‌صورت غیرمستقیم باعث اعمال فشار بر اکوسیستم می‌شوند. محرک‌های مستقیم به تأمین کالاها و خدمات مورد نیاز انسان اطلاق می‌شود، درحالی‌که محرک‌های غیرمستقیم شامل شرایط مختلف اجتماعی و اقتصادی است (Burkhard and Muller, 2008). تغییرات کاربری/پوشش سطح زمین مهم‌ترین شاخص در بررسی وضعیت اکوسیستم شناخته شده است که عمده بخش‌های سیستم زیست‌محیطی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (Liu et al., 2018; Song and Deng, 2017). با توجه به محدودیت‌های موجود در دسترسی به داده‌ها و جلوگیری از اتلاف زمان، در این مطالعه از اطلاعات موجود کاربری زمین استفاده شده است که ۵ مقطع زمانی (۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر را شامل می‌شود (Chaudhari et al., 2018). در این بخش، داده‌ها از تصاویر لندست TM-5 و لندست OLI-8 استفاده شده است که با استفاده از رویکرد طبقه‌بندی بدون نظارت (الگوریتم ISODATA) تفکیک ۶ طبقه کلاس کاربری زمین انجام شد (جدول ۱). در نهایت، مرز حوضه دریاچه در تصاویر طبقه‌بندی شده جداسازی شد. بررسی صحت تصاویر با استفاده از ماتریس درهم‌ریختگی در ۸۲ درصد انجام شد که با ضریب کاپا ۰/۷۶ مطابقت دارد. جهت تفکیک بهتر بین زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی طبیعی، از تصاویر لندست در بازه‌های زمانی مطابق با فصل برداشت محصول (سپتامبر) در حوضه استفاده شده است.

تغییرات و جابجایی بین کلاس‌های مختلف کاربری زمین با مقایسه و استفاده از تفاضل نقشه‌ها مورد آنالیز قرار گرفت.

جهت بررسی تأثیر تغییرات یاد شده بر خدمات اکوسیستم و تنوع زیستی در حوضه، از رویکرد تحلیل ماتریکسی بر اساس دانش و نظر کارشناسان (Burkhard et al., 2009) استفاده شده است. تمرکز عمده بر ۳ دسته از خدمات تأمینی (محصولات کشاورزی، علوفه احشام، آب)، ۲ دسته از خدمات تنظیمی (تنظیم آب و تنظیم اقلیم محلی) و یک دسته از خدمات فرهنگی (تفرج و گردشگری) همچنین تنوع زیستی بوده است (جدول ۲). بر اساس منابع علمی موجود مانند Burkhard (2017) و تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان آشنا با حوضه، ظرفیت نسبی هر کلاس کاربری زمین جهت تأمین خدمات مختلف اکوسیستم بین ۰ (فقدان ظرفیت) تا ۵ (بالاترین طرفیت) امتیازبندی شده است. در مرحله بعد، ماتریکس پیشنهادی به پنج کارشناس دارای مدرک دکترای مرتبط با علوم زیست محیطی جهت بررسی و ارزیابی مجدد امتیازها با شرایط حوزه دریاچه ارومیه ارسال گردید. مقادیر میانه امتیازهای حاصل از نظرات کارشناسان جهت آنالیز نهایی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳). بدلیل نقش عمده دریاچه در تعدیل پدیده‌های حدی اقلیمی در منطقه، کارشناسان انتخاب شده بیشترین امتیاز خدمات تنظیمی اکوسیستم را به دریاچه اختصاص دادند. در مرحله بعدی این مقادیر با داده‌های کاربری اراضی مرتبط شده و مقادیر تامین خدمات اکوسیستم برای مقاطع زمانی مدنظر و تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین Hotspot های مکانی، در ابتدا خدمات اکوسیستم مربوط به هر سلول در نقشه‌های کاربری سطح زمین با استفاده از ماتریکس ارزیابی خدمات اکوسیستم (جدول ۳) بطور جداگانه برای هر یک از مقاطع زمانی دوره‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶ استخراج شد. در گام دوم تفاضل این مقادیر برای اولین و آخرین گام زمانی با ضریب ۱۰۰ (۳*۳ کیلومتر) تجمیع (Aggregate) شده (به منظور تشخیص بیشترین تغییرات) و در نهایت چارک‌های ۵-۲/۵ درصد برای مقادیر فقدان یا نبود خدمات اکوسیستم و مقادیر۹۷/۵-۹۵ درصد برای دریافت و یا افزایش خدمات اکوسیستم در نظر گرفته شد. همه مراحل یاد شده در نرم افزار آماری و برنامه نویسی R انجام شده است (Rahimi Balkanlou et al., 2020; R Core Team, 2014).

جدول (۲):توصیف مربوط به گروه ها و زیرگروه های خدمات اکوسیستم تعیین شده در منطقه مورد مطالعه

گروه	زیرگروه	توصیف
خدمات تولیدی اکوسیستم	محصولات کشاورزی	تامین محصولات کشاورزی(تامین غذا) از مقیاس سیستم‌های مدیریت یافته کشاورزی تا مقیاس کوچک مثل تامین غذا از گیاهان وحشی و خودروی
	تولید علوفه دام	تامین علوفه مورد نیاز دام مستقیما از مراتع و یا تغذیه از علوفه جمع اوری شده از مراتع
	تولید آب	تامین آب مورد نیاز بشر برای مصارف مختلف(آشامیدن، آبیاری، و صنایع)
خدمات تنظیمی اکوسیستم	تنظیم آب	تعدیل طبیعی چرخه آب و جلوگیری از بروز سیل توسط اکوسیستم(مثل جنگلها)
	تنظیم اقلیم محلی	تعدیل شاخص های اقلیم محلی(مثل درجه حرارت، بارندگی، تابش و باد مثل ویژگی خنک کنندگی منابع آبی)
خدمات فرهنگی	تفرج و گردشگری	ویژگی های سیمای طبیعی(مثل دریاچه) و زیبایی شناختی سرزمین که باعث ایجاد فرصت های تفریح و گردشگری در منطقه می شود
-	تنوع زیستی	تامین زیستگاه طبیعی جهت ایجاد تنوع زیستی(مثل تالاب‌ها برای پرندگان مهاجر)

جدول (۳): ماتریکس تعیین ظرفیت طبقات مختلف کاربری/پوشش سطح زمین برای تامین خدمات اکوسیستم انتخاب شده بر اساس منابع و دانش متخصصین. ۰= نبود ظرفیت(عدم تامین)؛ ۱: ظرفیت بسیار پایین؛ ۲= ظرفیت پایین؛ ۳= ظرفیت متوسط؛ ۴: ظرفیت بالا؛ ۵= ظرفیت خیلی بالا

	تامین محصولات کشاورزی	تامین علوفه دام	تامین آب	تعدیل آب	تعدیل اقلیم محلی	تفرح و گردشگری	تنوع زیستی
دریاچه	۰	۰	۰	۳	۵	۵	۴/۵
سایر منابع آبی	۰	۰	۵	۳	۳	۴/۵	۴
پوشش گیاهی طبیعی	۲	۵	۰	۵	۳	۳	۵
زمین کشاورزی	۵	۳/۵	۰	۳	۲	۲/۵	۲
اراضی بایر	۰	۳/۵	۰	۲	۱	۲	۲/۵
مناطق شهری	۱	۰	۰	۱	۱/۵	۱	۱/۵

نتایج و بحث

بررسی تغییرات کاربری/پوشش سطح زمین

در شکل ۲ تغییرات کلاس‌های کاربری زمین طی چهار دوره زمانی بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶ نشان داده شده است.

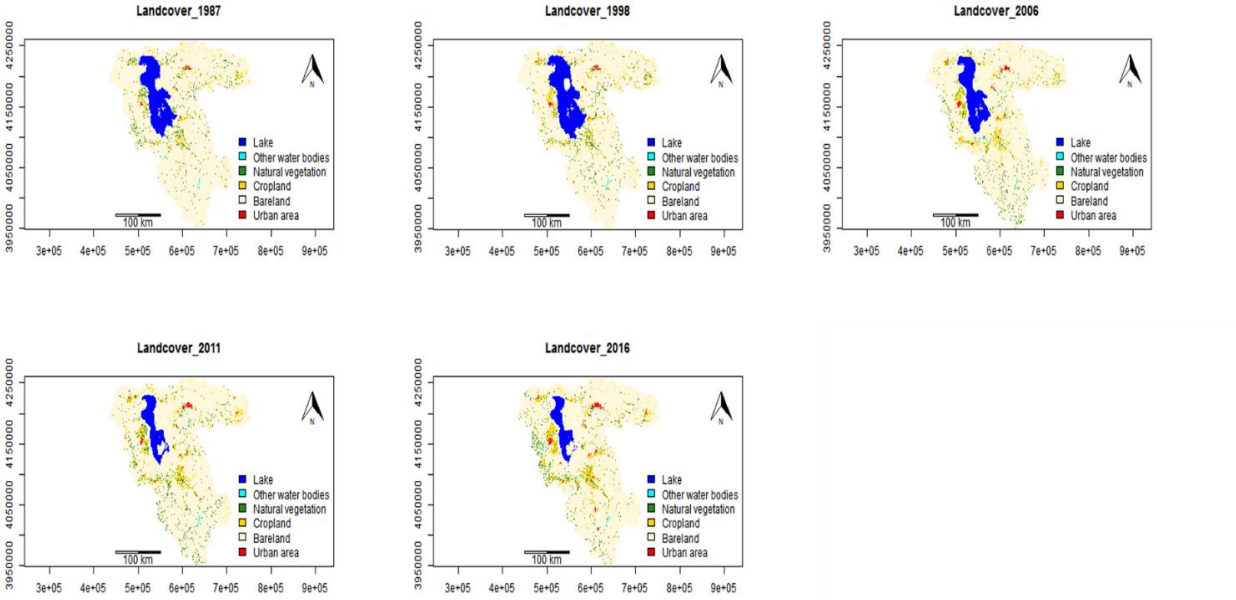
در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷ مساحت کلاس نواحی شهری به میزان سه برابر از ۱۳۲/۸ تا ۳۷۲/۳ کیلومتر مربع تغییر کرده است (جدول ۳). این افزایش مساحت در اثر افزایش وسعت اراضی بایر می باشد (شکل ۳). رشد جمعیت در دهه‌های اخیر از ۲،۶۶۴،۰۶۹ در ۱۹۷۶ به ۷،۳۵۷،۴۳۴ در ۲۰۱۶ در حوزه دریاچه ارومیه افزایش یافته است که حدود یک سوم از این افزایش مربوط به ده سال اخیر می-باشد. رشد جمعیت در نواحی شهری بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶). از طرفی در سال‌های اخیر جمعیت زیادی از نواحی روستایی به منظور دستیابی به اشتغال و بهبود شرایط زندگی، به شهرها مهاجرت نموده‌اند. برای مثال، در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ میانگین سالانه افزایش جمعیت در استان آذربایجان‌غربی و در مناطق شهری ۱/۱۷ و در مناطق روستایی۰/۳۳- درصد بوده است. در حالیکه نرخ رشد جمعیت در آذربایجان‌شرقی به ترتیب ۱/۷۲ و ۰/۸- درصد بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶). مساحت اراضی کشاورزی به دو برابر افزایش یافته است و در بازه زمانی مورد مطالعه حدود ۳۱۰۲/۴ کیلومترمربع از مساحت حوزه را پوشانده است. در این مورد می توان گفت، مسائل اقتصادی به رشد و توسعه بخش کشاورزی در منطقه دامن زده است، در همین راستا ظرفیت تولید قند و شکر با محوریت محصول چغندرقند از ۷۰۰-۱۸۰۰ تن در سال در سال ۱۹۹۶ به ۱۸۰۰-۳۵۰۰ تن در سال در ۲۰۱۶ افزایش یافته است (اتحادیه کارخانجات تولید قند و شکر،۱۳۹۶). در همین زمان توسعه سایر صنایع مثل پرورش آبزیان، قایقرانی، اکوتوریسم و توریسم سلامت کاهش پیدا کرده است (Zarrineh and Azari Najaf Abad, 2014).

کلاس‌های دریاچه، زمین کشاورزی، پوشش گیاهی طبیعی و همچنین اراضی بایر بیشترین میزان تغییر مساحت را در بازه‌های زمانی یاد شده داشته‌اند (جدول ۳). تغییر از پوشش گیاهی طبیعی به زمین کشاورزی تقریبا در همه دوره‌های زمانی وجود دارد. در بازه زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۱۱ قسمت اعظمی از مساحت دریاچه به زمین بایر تبدیل شده است (شکل۳). علاوه بر این تغییر کاربری اراضی از زمین بایر و کشاورزی به پوشش گیاهی طبیعی به چشم می‌خورد که نشان‌دهنده وجود پتانسیل بازیابی و احیای پوشش گیاهی با توجه به شرایط اقلیمی می‌باشد.

در بازه زمانی ۲۰۱۶-۱۹۸۷، مساحت دریاچه، سایر منابع آبی و پوشش گیاهی طبیعی به بیشترین میزان از دسترس خارج شده است و کلاس اراضی بایر و کشاورزی

بیشترین افزایش مساحت را داشته اند (شکل۳). بین سال های ۱۹۸۷-۱۹۹۸ کلاس اراضی بایر را به میزان ۱۰۹۶/۶۴ کیلومتر مربع از دست داده است. همچنین بالاترین افزایش مساحت در این دوره در مورد سایر منابع آبی و اراضی کشاورزی بوده است. در بازه زمانی سوم (۲۰۱۱-۲۰۰۶) دریاچه حدود ۱۵۲۹/۷۴ کیلومتر مربع با کاهش مساحت مواجه بوده و مساحت کلاس اراضی بایر افزایش یافته است (جدول ۳). در آخرین بازه زمانی (۲۰۱۶-۲۰۱۱) دریاچه بیشترین میزان مساحت خود را از دست داده است (شکل۳). از دست رفتن حجم زیادی از آب و پوشش گیاهی طبیعی از علایم از بین رفتن هویت طبیعی در حوضه می‌باشد. تغییرات اقلیمی و کاهش در میانگین بارش سالانه به میزان ۴۰ درصد بین سال‌های ۱۹۶۷ و ۲۰۰۶ ، افزایش درجه حرارت در منطقه به میزان حدود ۱ درجه سانتی‌گراد از ۱۹۹۸، افزایش تبخیر و تعرق از ۱۳۱۹ میلی متر در سال ۱۹۸۹به ۱۳۳۸ میلی‌متر در سال ۲۰۰۰ از دیگر عوامل بروز تغییر و دگرگونی در اکوسیستم دریاچه می‌باشند (Alizade Govarchin Ghale et al., 2017). عوامل یاد شده مانند محرک و اهرم فشاری باعث ایجاد تغییر در عملیات کشاورزی و فرآیند استفاده از زمین می‌شوند. کشت محصولات با نیاز آبی بالا مثل چغندرقند در آذربایجان‌غربی از سال ۱۹۸۷ حدود ۵ برابر افزایش یافته است. همچنین کشت محصولات باغی با نیاز آبی بالا بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ ،۵۳۱۵۸ هکتار افزایش داشته است. میانگین منطقه‌ای نیاز آبی چغندر قند و سیب به ترتیب حدود ۶۳۹،۳۰۰ و ۵۹۲،۳۰۰ مترمکعب در کیلومترمربع می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی، ۲۰۱۶). از طرفی توسعه کشت این محصولات به افزایش نیاز آبیاری در مزارع منجر می‌شود. در حال حاضر حدود ۵۶ سد در دهه اخیر در سطح حوزه احداث گردیده که از این میزان حدود ۹ سد در حال ساخت و ۳۷ سد در دست برنامه‌ریزی و اقدام قرار دارند که نیاز بخش کشاورزی (۷۵ درصد حجم مخازن) و آب آشامیدنی و صنایع (۲۵ درصد حجم مخازن) را تامین می‌نمایند (مدیریت منابع آب ایران، ۲۰۱۸).

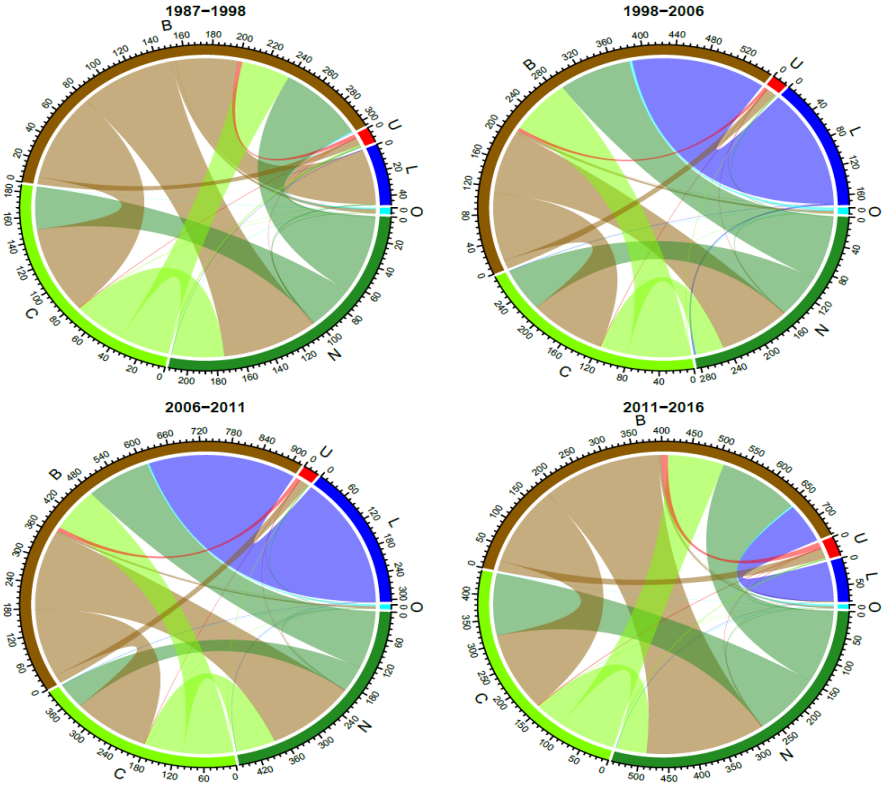
با اینکه مساحت کلاس پوشش گیاهی در دوره زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۶ سیر نزولی داشته ولی در بیشتر دوره‌های مورد مطالعه بطور جزئی افزایش داشته است (جدول ۳) که گمان می‌رود این افزایش بدلیل ایجاد توالی و جانشینی پوشش در اراضی بایر بدلیل توسعه مزارع بوده است. بعبارتی افزایش دو برابری مساحت مزارع بطور منفی تامین علوفه دام و تنوع زیستی را تحت تاثیر قرار داده است که هر دوی این خدمات متکی به پوشش گیاه طبیعی در اکوسیستم هستند (Chaudhari, 2017). توسعه کشاورزی منجر به افزایش نیاز به منابع آبی می‌شود که دیگر کالاها و خدمات اکوسیستم را نیز به خطر می‌اندازد. با وجود اینکه افزایش تولیدات کشاورزی باعث تامین منافع اقتصادی کوتاه مدت می‌شود ولی در واقع انعطاف‌پذیری درازمدت اکوسیستم را در اثر کمبود منابع آبی و تغییرات اقلیمی تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌شود که این مورد در تحقیق Brodt et al., (2011) مورد تاکید بوده است. با توجه به مطالعات Micklin, (2007) و White, (2013) مسئله مشابه در حوزه دریاچه آرال روی داده است بطوریکه افزایش وسعت کشت آبی منجر به کاهش سطح دریاچه به بیش از ۲۰ درصد شده است.



شکل (۲): نقشه‌های کاربری /پوشش زمین در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ در حوزه دریاچه ارومیه

جدول (۳): تغییرات مساحت کلاس های کاربری اراضی در بازه‌های زمانی پنجگانه در حوزه دریاچه ارومیه

کلاس کاربری/پوشش سطح زمین	۱۹۸۷	۱۹۹۸	۲۰۰۶	۲۰۱۱	۲۰۱۶
دریاچه	۴۹۴۶/۳۰	۵۴۸۶/۰۶	۴۰۶۵/۳۳	۲۵۳۵/۵۹	۲۱۴۷/۸۷
سایر منابع آبی	۴۳/۳۴	۵۸/۵۸	۷۳/۲۵	۸۷/۷۹	۸۵/۵۹
پوشش گیاهی طبیعی	۱۵۸۶/۷۹	۱۶۵۹/۳۹	۱۴۵۷/۹۴	۱۸۱۹/۵۴	۱۸۰۷/۲۵
زمین کشاورزی	۱۵۶۳/۹۴	۱۹۱۸/۹۶	۲۲۸۳/۱۳	۲۴۵۸/۳۷	۳۱۰۲/۳۷
اراضی بایر	۴۳۴۴۹/۴۴	۴۲۳۵۲/۸۲	۴۳۶۶۷/۵۶	۴۴۵۴۴/۵۷	۴۴۲۸۷/۹۱
مناطق شهری	۱۳۲/۷۸	۱۸۵/۶۹	۲۵۹/۷۱	۳۲۰/۵۳	۳۷۲/۳۱



شکل (۳): انتقال مساحت بین کلاس های مختلف کاربری/پوشش سطح زمین بین سال های ۱۹۹۸-۱۹۸۷، ۲۰۰۶-۱۹۹۸، ۲۰۱۱-۲۰۰۶ و ۲۰۱۶-۲۰۱۱

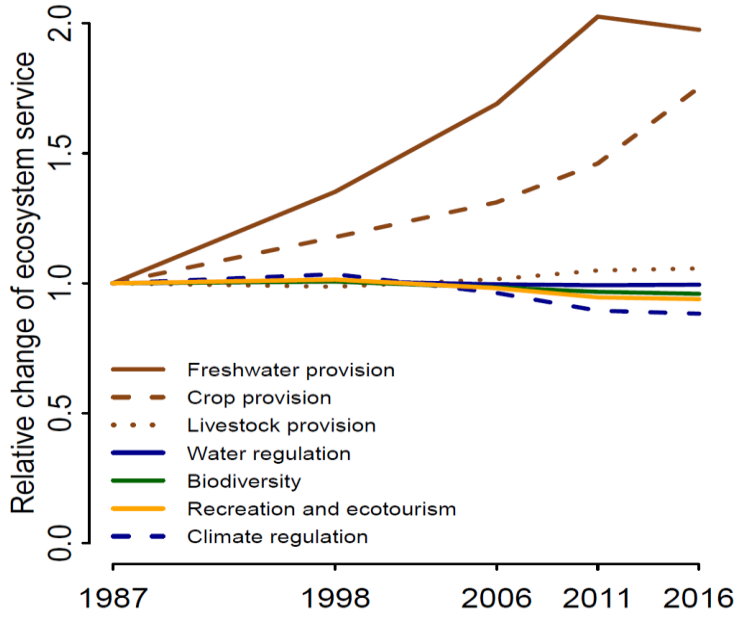
بررسی تغییر در تامین خدمات اکوسیستم

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، ظرفیت کلی تامین محصولات کشاورزی در حوزه دریاچه ارومیه به حدود تقریبا دو برابر طی دوره زمانی مورد مطالعه افزایش یافته است (شکل۴). تامین آب حدودا رشد یک و نیم برابری داشته اما کاهش خفیف نیز در طی آخرین دوره زمانی (۲۰۱۱-۲۰۱۶) مشاهده شده است. سایر خدمات اکوسیستم تقریبا ثابت و بدون تغییر چشمگیری در دوره‌های زمانی چهارگانه مورد مطالعه بوده است به استثنای تنظیم اقلیم که کاهش جزئی بعد از سال ۱۹۹۸ تجربه کرده است (شکل۴). گرچه الگوهای مکانی تغییرات خدمات اکوسیستم افزایش یا دریافت (Gain) و کاهش یا فقدان (Loss) بسیار متغیر بوده است (شکل ۵). تامین محصولات کشاورزی در حاشیه-های غربی دریاچه و نزدیک به مراکز جمعیتی افزایش یافته است. Hotspotهای افزایش تامین محصولات کشاورزی در نواحی مرکزی حوزه و در طول رودخانه‌های بزرگ و سایر منابع آبی شکل گرفته است (شکل ۵a). چنین افزایشی در تامین خدمات اکوسیستم عمدتا به دلیل اهمیت تامین علوفه دام روی داده است (شکل ۵b). علیرغم افزایش دسترسی به منابع آبی در طول رودخانه زرینه‌رود بعنوان مهم‌ترین منبع آبی حوضه، در حاشیه جنوبی دریاچه این خدمات با کاهش مواجه شده است (شکل ۵c). طبق نتایج، خدمات تنظیمی اکوسیستم، در حاشیه دریاچه کاهش و بیشترین افزایش را در قسمت‌های غربی و مرکزی حوزه داشته‌اند (شکل ۵d-e). ارائه خدمات تفرج و گردشگری و همچنین تنوع زیستی توسط اکوسیستم تا حد زیادی به وجود دریاچه وابسته است بنابراین در حاشیه دریاچه کاهش یافته است (شکل ۵f-g).

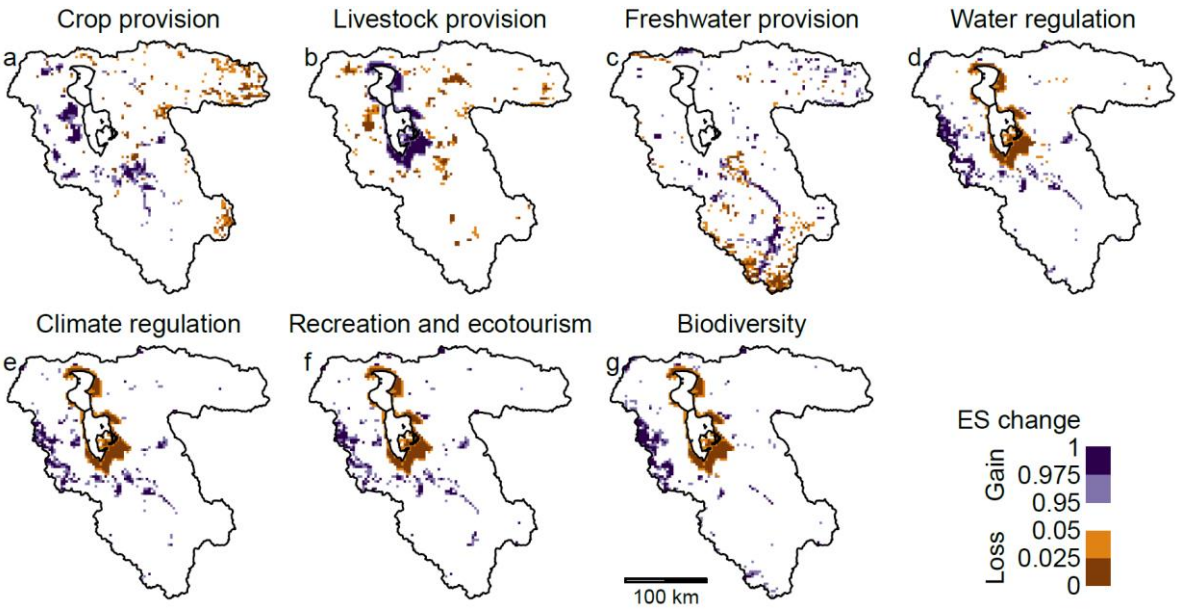
با وجود اینکه تامین اکثر کالاها و خدمات اکوسیستم در طول زمان در سطح حوزه ثابت باقی مانده است، ولی تغییرات مکانی قابل توجهی مشاهده گردیده است. خشکیدگی دریاچه اثرات عمیقی بر تامین دراز مدت کالاها و خدمات اکوسیستم و حفظ تنوع زیستی داشته است. از جمله این اثرات می‌توان به کاهش در خدمات

تنظیمی، تفرجی و گردشگری و همچنین تنوع زیستی در نقاطی از حوزه که دریاچه تبدیل به اراضی بایر و شوره‌زار گردیده است. وجود دریاچه بعنوان عامل تعدیل اقلیم محلی و منطقه‌ای و به منظور تعادل بخشی در منابع آبی لازم و حیاتی است. تخریب و تغییر در کاربری/ پوشش سطح زمین نتایج غیر قابل مشاهده و غیر قابل پیش‌بینی در مقیاس وسیع‌تر خواهد داشت. تغییر در کاربری/ پوشش سطح زمین آلبدوی سطحی و همچنین اقلیم منطقه‌ای و چرخه آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد برای مثال تغییر در میزان تبخیر در منطقه افزایش حداکثری درجه حرارت و تشدید شرایط خشکی در حوزه را به دنبال دارد که این مسئله در مطالعات Chaudhari, (2017) و Sagan et al., (1979) مورد تایید می باشد. جذابیت دریاچه از لحاظ خدمات تفرجی و گردشگری و همچنین سلامت گیاهان و جانوران در منطقه به طور مستقیم به شرایط اکولوژیکی دریاچه وابسته است. برای مثال افزایش شوری دریاچه تاثیر منفی بر زادآوری آرتمیا داشته است که منبع تغذیه‌ای مهمی برای پرندگان مهاجر تامین می‌کند. علاوه بر این، موجب ایجاد محدودیت در پرورش ماهی و فعالیت‌های آبزی‌پروری در منطقه شده است . همچنین از سوی دیگر زیستگاه طبیعی بیشتر گونه-ها در اثر افزایش طوفان‌های گرد و غبار و نمک مورد تهدید قرار گرفته است (Stone, 2015; Zarrineh and Azari Najaf Abad, 2014). از طرفی این مسئله سلامت بشر و کیفیت محصولات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر و در پی خشکیدگی قسمت عظیم دریاچه و چرای دام در حاشیه دریاچه و همچنین افزایش استخراج نمک این مسئله شدت یافته است. با توجه به نتایج این تحقیق تنها تاثیر مثبت کاهش سطح دریاچه افزایش تامین علوفه دام در منطقه بوده است (در اثر افزایش زمین‌های بالقوه برای چرای دام) و علیرغم شور و سیلابی بودن زمین-های ایجاد شده، موجب جذب دامداران محلی می‌شوند (Hossein Mardi et al., 2018; Zarrineh and Azari Najaf Abad, 2014). افزایش یا دریافت در تامین خدمات تنظیمی، تفرجی و گردشگری و تنوع زیستی اصولا در بخش‌های غربی حوزه دریاچه مشاهده شده است که عمدتا بدلیل تبدیل اراضی بایر به پوشش گیاهی طبیعی و اراضی کشاورزی بوده است.

در جدول ۴ از ضریب همبستگی پیرسون جهت نشان دادن رابطه بین خدمات متنوع اکوسیستم و بررسی نوع و جهت روابط استفاده شده است: پتانسیل تامین تولید علوفه بالاترین رابطه از نوع معکوس را با خدماتی تعدیل اقلیم، تفرج و گردشگری، تنوع زیستی، تولید محصولات کشاورزی و آب نشان داده است. تامین محصولات کشاورزی رابطه معکوس با تنوع زیستی، تامین علوفه دام و تعدیل منابع آبی دارد. سایر خدمات اکوسیستم یا رابطه مستقیم با سایرین داشته و یا رابطه معنی‌دار ندارند. برای مثال تعدیل منابع آبی رابطه مستقیم با تنوع زیستی داشته و بین تفرج و گردشگری و خدمات تعدیل اقلیم و تنوع زیستی رابطه معنی‌دار وجود دارد به این معنی که تغییر در هر یک موجب ایجاد در تغییر در سایر خدمات اکوسیستم خواهد شد (جدول۴)



شکل (۴):. نمودار تغییرات زمانی خدمات اکوسیستم نسبت به سال مبدا مطالعه ۱۹۸۷(Rahimi Balkanlou et al., 2020)



شکل (۵): **Hotspot**های افزایش یا دریافت (**Gain**) و کاهش یا فقدان (**Loss**) تامین خدمات اکوسیستم در حوزه دریاچه ارومیه بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶. این نقاط از تفاضل مقادیر سلول‌ها در سال ۲۰۱۶ و ۱۹۸۷ بدست آمده است. سپس تجمیع(**Aggregate**) این تفاوت با ضریب ۱۰۰ (اندازه هر سلول ۳*۳ کیلومترمربع) انجام گرفت که چارک‌های ۲/۵ درصد (نارنجی تیره) و ۵ درصد (نارنجی روشن) بعنوان مقادیر خیلی منفی **Hotspot**های کاهش یا فقدان و چارک‌های ۹۵ درصد (بنفش روشن) و ۹۷/۵ درصد (بنفش تیره) مقایر خیلی مثبت را بعنوان **Hotspot**های افزایش و یا دریافت را نشان می‌دهد.

جدول (۴): آزمون همبستگی پیرسون خدمات اکوسیستم بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۶

	محصولات کشاورزی	تولید علوفه دام	آب	تعدیل آب	تعدیل اقلیم	تفرج و گردشگری	تنوع زیستی
محصولات کشاورزی	۱	-۰/۲۱	۰/۰۱	-۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۰۵	-۰/۳۵
تولید علوفه دام	-	۱	-۰/۱۱	۰/۱۳	-۰/۹۵	-۰/۸۹	-۰/۶۰
آب	-	-	۱	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۹
تعدیل آب	-	-	-	۱	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۵۶
تعدیل اقلیم	-	-	-	-	۱	۰/۹۸	۰/۷۸
تفرج و پردشگری	-	-	-	-	-	۱	۰/۸۷
تنوع زیستی	-	-	-	-	-	-	۱

نتیجه گیری

این تحقیق چهارچوب و روشی سازگار بر اساس استفاده از داده‌های کاربری زمین و مشاوره کارشناسان به منظور بررسی پتانسیل تامین کالاها و خدمات اکوسیستم در اکوسیستم در حال تخریب دریاچه ارومیه ارائه نموده است. استفاده از این روش امکان بررسی و تحلیل زمانی-مکانی تحولات سیمای سرزمین و تاثیرات حاصل از آن بر تامین کالاها و خدمات اکوسیستم فراهم می‌کند. نتایج این تحقیق، کاهش و افزایش عرضه کالاها و خدمات را بدون بررسی تغییرات مرتبط در مقیاس بزرگتر تشریح نموده است. تغییرات کاربری/پوشش سطح زمین و تاثیر آن بر تامین کالاها و خدمات اکوسیستم ناشی از تغییرات متنوع و تحولات پیچیده سرزمین است که توسط مجموعه گسترده‌ای از مقررات، سیاست‌ها، شیوه‌های مدیریت سرزمین و محرک‌های اقتصادی کنترل می‌شود. روش ارئه شده در این مطالعه، در طرح و برنامه ریزی اصول و قوانین کاربری/پوشش سطح زمین زمین با استفاده از چارچوب کالاها و خدمات اکوسیستم قابل استفاده می باشد.

با توجه به اینکه کشاورزی بطور مستقیم و غیرمستقیم پویایی محیط زیستی و اجتماعی-اقتصادی را در حوزه دریاچه ارومیه تحت تاثیر قرار می‌دهد، پیشنهاد می‌شود راهکارهای بالقوه کاهش وابستگی به بخش کشاورزی و بهبود انعطاف‌پذیری[۱] توسط برنامه‌ریزان و مدیران منطقه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. از نظر نویسندگان، این مطالعه مبانی اولیه را برای تحقیقات در زمینه مدیریت محیط زیستی و برنامه ریزی کاربری/ پوشش سطح زمین در آینده در این منطقه فراهم می‌کند. محصولات کشاورزی نقش مهم و مرکزی را در پویایی محیط زیستی و اقتصادی-اجتماعی در حوزه دریاچه ارومیه ایفا می‌کند. در مقابل، این مسئله موجب ایجاد تغییر در پویایی سیستم به سه طریق می‌شود: اول، بطور مستقیم موجب پوشش گیاهی طبیعی شده و تاثیر منفی بر تنوع زیستی، تفرج و گردشگری دارد. دوم، موجب کاهش تامین آب دریاچه و کاهش سطح آن به ۴۳/۵ درصد شده است که بطرز شدیدی قهقرا و کاهش تامین خدمات تنظیمی، فرهنگی و تنوع زیستی را بدنبال دارد. سوم، باعث تضعیف انعطاف‌پذیری تولیدات کشاورزی در درازمدت در اثر کمبود و یا فقدان منابع آبی می‌شود. وابستگی اقتصادی زیاد به بخش کشاورزی می‌تواند اثرات مخرب قتصادی- اجتماعی در آینده جامعه داشته باشد. در نتیجه، مدیریت پایدار سیستم حوزه دریاچه ارومیه درگرو ایجاد تغییرات اساسی در بخش کشاورزی بوده که می‌بایست در صدر اولویت‌های برنامه‌ریزان و مدیران منطقه قرار گیرد. توصیه نویسندگان مطالعه در این بحث، (i) جلوگیری از توسعه زمین‌های کشاورزی، (ii) افزایش بهره وری در بحث آبیاری و (iii) توسعه کشت محصولات با نیاز آبی پایین همزمان با احیای محیط زیستی در منطقه.

[۱] Resilience

منابع

AghaKouchak, A., Norouzi, H., Madani, K., Mirchi, A., Azarderakhsh, M., Nazemi, A., Nasrollahi, N., Farahmand, A., Mehran, A., Hasanzadeh, E., 2015. Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. J. Great Lakes Res. 41, 307–311. https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.12.007

Alborzi, A., Mirchi, A., Moftakhari, H., Mallakpour, I., Alian, S., Nazemi, A., Hassanzadeh, E., Mazdiyasni, O., Ashraf, S., Madani, K., Norouzi, H., Azarderakhsh, M., Mehran, A., Sadegh, M., Castelletti, A., AghaKouchak, A., 2018. Climate-informed environmental inflows to revive a drying lake facing meteorological and anthropogenic droughts. Environ. Res. Lett. 13, 084010. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad246

Alizade Govarchin Ghale, Y., Altunkaynak, A., Unal, A., 2018. Investigation Anthropogenic Impacts and Climate Factors on Drying up of Urmia Lake using Water Budget and Drought Analysis. Water Resour. Manag. 32, 325–337. https://doi.org/10.1007/s11269-017-1812-5

Alizade Govarchin Ghale, Y., Baykara, M., Unal, A., 2017. Analysis of decadal land cover changes and salinization in Urmia Lake Basin using remote sensing techniques. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. 1–15. https://doi.org/10.5194/nhess-2017-212

Balkanlou, K.R., Müller, B., Cord, A.F., Panahi, F., Malekian, A., Jafari, M., Egli, L., 2020. Spatiotemporal dynamics of ecosystem services provision in a degraded ecosystem: A systematic assessment in the Lake Urmia basin, Iran. Sci. Total Environ. 716, 137100. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137100

Brodt, S., Six, J., Feenstra, G., Ingels, C., Campbell, D., 2011. Sustainable Agriculture. Nat. Educ. Knowl. 3, 1.

Burkhard, B., 2017. Ecosystem services matrix.

Burkhard, B., Muller, F., 2008. Driver-Pressure-State-Impact-Response, in: Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00129-4

Burkhard, Benjamin, Kroll, F., Müller, F., Windhorst, W., Burkhard, B, 2009. Landscapes ' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. Landsc. Online 15, 1–22. https://doi.org/10.3097/LO.200915

Chaudhari, S., 2017. MODELING AND REMOTE SENSING OF WATER STORAGE CHANGE IN LAKE URMIA BASIN, IRAN. Michigan State University.

Chaudhari, S., Felfelani, F., Shin, S., Pokhrel, Y., 2018. Climate and anthropogenic contributions to the desiccation of the second largest saline lake in the twentieth century. J. Hydrol. 560, 342–353. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.034

Delju, A.., Ceylan, A., Piguet, E., Rebetez, M., 2013. Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin , Iran. Theor Appl Clim. 111, 285–296. https://doi.org/10.1007/s00704-012-0651-9

Faramarzi, N., 2012. Agricultural Water Use in Lake Urmia Basin, Iran: An Approach to Adaptive Policies and Transition to Sustainable Irrigation Water Use. Upsala University.

Franz, J., Fitzoy, F., 2006. Child mortality in Central Asia: social policy, agriculture and the environment. Cent. Asia Surv. 25, 481–498

.
Hossein Mardi, A., Khaghani, A., MacDonald, A.B., Nguyen, P., Karimi, Neamat, Heidary, P., Karimi, Nima, Saemian, P., Sehatkashani, S., Tajrishy, M., Sorooshian, A., 2018. The Lake Urmia environmental disaster in Iran: A look at aerosol pollution. Sci. Total Environ. 633, 42–49. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.148

Karki, S., Thandar, A.M., Uddin, K., Tun, S., Aye, W.M., Aryal, K., Kandel, P., Chettri, N., 2018. Impact of land use land cover change on ecosystem services: a comparative analysis on observed data and people's perception in Inle Lake, Myanmar. Environ. Syst. Res. 7. https://doi.org/10.1186/s40068-018-0128-7

Khazaei, B., Khatami, S., Hamed, S., Rashidi, L., Wu, C., Madani, K., Kalantari, Z., Destouni, G., Aghakouchak, A., 2019. Climatic or regionally induced by humans ? Tracing hydro-climatic and land-use changes to better understand the Lake Urmia tragedy. J. Hydrol. 569, 203–217. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.004

Kopperoinen, L., Itkonen, P., 2014. Using expert knowledge in combining green infrastructure and ecosystem services in land use planning : an insight into a new place-based methodology. https://doi.org/10.1007/s10980-014-0014-2

Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecol. Indic. 21, 54–66. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.010

Liu, X., Yu, L., Yali, S., Zhangc, C., Lu, H., Yu, C., Gonga, P., 2018. Identifying patterns and hotspots of global land cover transitions using the ESA CCI Land Cover dataset. Remote Sens. Lett. 9, 972–981. https://doi.org/10.1080/2150704X.2018.1500070

Lotfi, A., 2012. Lake Uromiyeh A Concise Baseline Report, publication series of Conservation of Iranian Wetlands Project (IRI Department of Environment, United Nations Development Porgramme, Global Environment Facilities).

Micklin, P., 2007. The Aral Sea Disaster. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120
Montoya-tangarife, C., Barrera, F. De, Salazar, A., Inostroza, L., 2017. Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region : A study of Santiago-Valparaı Chile 1–22.

Nahuelhual, L., Carmona, A., Aguayo, M., Echeverria, C., 2014. Land use change and ecosystem services provision : a case study of recreation and ecotourism opportunities in southern Chile 329–344. https://doi.org/10.1007/s10980-013-9958-x

Sagan, C., Toon, O.B., Pollack, J.B., 1979. Anthropogenic Albedo Changes and the Earth's Climate. Science.

Song, W., Deng, X., 2017. Land-use / land-cover change and ecosystem service provision in China. Sci. Total Environ. 576, 705–719. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.078

Stone, R., 2015. Saving iran's great salt lake. Science (80-.). 349, 1044–1047.

Tabari, J., Nikbakht, J., Talaee, P., 2012. Hydrological Drought Assessment in NorthwesternIran Based on Streamflow Drought Index (SDI). Water Resour. Manag. 27, 137–151
.

Team, R.C., 2014. R: A language and environment for statistical computing.

Vihervaara, P., Kumpula, T., Tanskanen, A., Burkhard, B., 2010. Ecosystem services – A tool for sustainable management of human – environment systems . Case study Finnish Forest Lapland 7, 410–420. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.12.002

White, K.D., 2013. Nature – society linkages in the Aral Sea region. J. Eurasian Stud. 4, 18–33. https://doi.org/10.1016/j.euras.2012.10.003

Zarrineh, N., Azari Najaf Abad, M., 2014. Integrated water resources management in Iran: Environmental, socio-economic and political review of drought in Lake Urmia. Int. J. Water Resour. Environ. Eng. 6, 40–48. https://doi.org/10.5897/ijwree2012.0380

Investigating Ecosystem Services Provision Dynamics under Landuse/landcover Changes in the Lake Urmia Basin

Khadijeh Rahimi Balkanlou[1], Fatemeh Panahi[2], Mohammad Jafari[3], Arash Malekian[4]

Abstract

The Lake Urmia has been experiencing intensive environmental degradation characterized by the enormous reduction of the lake area and water table. This has been mainly related to land use/cover changes, agricultural activities expansion and intensification. As land use changes is of the most important factors having effects on this system alterations, transitions between different land use classes and their effects on ecosystem services and goods have been considered using ecosystem services assessment matrix on the basis of experts advising approach. The results indicate that the lake area has been decreased from 4946.3 in 1987 to 2147.87 km^2 in 2016 (50%) which is due to two times agricultural lands area expansion and 1538.43 km^2 increase in comparison with the year 1987. Bare land and urban areas expansion is also considerable in the mentioned time period. In such conditions, although increasing ecosystem services supply such as two times agricultural products increase and water supply to 1.5 times in 1987-2016, the supply of other ecosystem services remained constant or have declined. According to the spatial hotspots studied in the lake basin, ecosystem regulating and cultural services as well as biodiversity mainly decreased at the shorelines of the lake, while provisioning services increased along the major rivers and close to cities. In this regard, understanding and studying the causes of this phenomena in a natural ecosystem would assist valuable landscapes conservation via spatial planning tools especially in sensitive and fragile ecosystems.

Key words: Natural Ecosystem, Ecosystem Services, Lake Urmia, Landscape change

[1] PhD. Student, Department of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran, Kh.rahimi680@gmail.com

[2] Assistant Professor, Department of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran, fpanahi@kashanu.ac.ir(*Corresponding Author)

[3] Professor,Department of Reclamation of Arid and Mountainous regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Jafary@ut.ac.ir

[4] Associated Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Malekian@ut.ac.com

Extended Abstract

Research Paper

Investigating Ecosystem Services Provision Dynamics under Land use/land cover Changes in the Lake Urmia Basin

Khadijeh Rahimi Balkanlou[1], Fatemeh Panahi[2], Mohammad Jafari [3], Arash Malekian [4]

PhD. Student, Department of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran, Kh.rahimi680@gmail.com
Assistant Professor, Department of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Science, University of Kashan, Kashan, Iran, fpanahi@kashanu.ac.ir(*Corresponding Author)
Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Jafary@ut.ac.ir
Associated Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Malekian@ut.ac.com

10.22125/IWE.2020.239434.1389.

Received:
09. November.2019
Accepted:
22. February.2020
Available online:
10. January.2022

Keywords:
Environmental risk assessment, multi-criteria decision-making, OWA, Alborz Dam

Abstract

Lake Urmia has experienced severe environmental degradation, mainly characterized by the enormous reduction of its surface area and water level. Lake Urmia faces a similar tragedy as the Aral Sea in Central Asia, which lost 90% of its water volume mainly due to the expansion of cotton cultivation. During an extended drought period in the 2000s, the lake's water level even dropped below 1270 m above sea level and more than 40% of the lake's bed was exposed. These changes and the underlying drivers have direct implications for the provision of ecosystem services (ES) and biodiversity in the entire basin. This issue has been mainly attributed to land-use and land-cover changes, in particular related to agricultural expansion and intensification.
.

1. Introduction

Lake Urmia has experienced severe environmental degradation, mainly characterized by the enormous reduction of its surface area and water level. Lake Urmia faces a similar tragedy as the Aral Sea in Central Asia, which lost 90% of its water volume mainly due to the expansion of cotton cultivation. During an extended drought period in the 2000s, the lake's water level even dropped below 1270 m above sea level and more than 40% of the lake's bed was exposed. These changes and the underlying drivers have direct implications for the provision of ecosystem services (ES) and biodiversity in the entire basin. This issue has been mainly attributed to land-use and land-cover changes, in particular related to agricultural expansion and intensification.

2. Materials and Methods

In this study, we reviewed the literature and used remote sensing data together with expert knowledge to assess the main driving forces, resulting land use/land cover (LULC) transitions and their spatiotemporal impacts on ecosystem services and biodiversity using a matrix-based assessment approach. We focused on LULC change as the major indicator of the environmental state, as it affects most parts of the system. Due to data and time limitations, we used existing LULC data covering five time steps (1987, 1998, 2006, 2011, and 2016) with a 30 m resolution to analyze temporal changes. This data has been generated from Landsat 5- TM and Landsat 8-OLI imagery using an unsupervised classification approach (ISODATA algorithm) to differentiate six LULC classes. For assessing the impacts on ES and biodiversity resulting from LULC change, we followed the matrix-based assessment approach proposed by Burkhard et al. (2009). We focused on three provisioning ES (crop provision, livestock provision, and freshwater provision), two regulating ES (water regulation, local climate regulation) and one cultural ES (recreation and ecotourism) as well as biodiversity. To derive a first matrix, we sent the primary proposed matrix to local experts in environmental science, to review and adjust the values to local circumstances. We then linked these values to the land-use data to derive ES provision for each time step and assessed the relative temporal changes. To identify spatial hotspots, we first subtracted the cell specific ES values in 1987 from the values in 2016. In a second step, we spatially aggregated this difference by a factor of 100 taking cell sums and determined the 2.5% and 5% quantiles, i.e. the most negative values, as hotspots of losses and the 95% and 97.5% quantiles, i.e. the most positive values, as hotspots of gains. Finally, we calculated the effect of each LULC conversion on ES provision and biodiversity between 1987 and 2016 to identify the most critical transitions.

3. Results

We identified that since 1987 cropland areas doubled at the expense of bare lands and natural vegetation, the lake has lost more than half of its surface area, urban and freshwater areas increase threefold and by 50% respectively. This favored crop and freshwater provision, while all other ecosystem services remained nearly constant or decreased, though spatial patterns were heterogeneous.

4. Discussion and Conclusion

To address the land-use transitions with the most profound impact on ecosystem service provision, we recommend the following measures: increase the water supply to the lake, reduce cropland expansion, manage existing croplands more sustainably and protect natural vegetation. Our study provides a comprehensive overview of the regional ecosystem service dynamics and a valuable baseline for future research and environmental management in the basin**.**

.5. Six important references

1. Burkhard, Benjamin, Kroll, F., Müller, F., Windhorst, W., Burkhard, B, 2009. Landscapes ‘Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. Landsc. Online 15, 1–22.
2. Chaudhari, S. (2017). MODELING AND REMOTE SENSING OF WATER STORAGE CHANGE IN LAKE URMIA BASIN, IRAN. Michigan State University.
3. Chaudhari, S., Felfelani, F., Shin, S., Pokhrel, Y., 2018. Climate and anthropogenic contributions to the desiccation of the second largest saline lake in the twentieth century. J. Hydrol. 560, 342–353.
4. Montoya-tangarife, C., Barrera, F. De, Salazar, A., Inostroza, L., 2017. Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region: A study of Santiago-Valparaı Chile 1–22.
5. Raudsepp-hearne, C., Peterson, G. D., & Bennett, E. M. (2010). *Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes*. https://doi.org/10.1073/pnas.0907284107
6. Vihervaara, P., Kumpula, T., Tanskanen, A., & Burkhard, B. (2010). *Ecosystem services – A*

tool for sustainable management of human – environment systems . Case study Finnish Forest Lapland. *7*, 410–420. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.12.002

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.