پایش و پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی تالاب بین‌المللی شادگان ایران

زهرا اصغری پوده[۱]، امید قدیریان[۱]، شکوفه نعمت‌الهی[۱]، سیما فاخران[۱*] و سعید پورمنافی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۳)

چکیده

به‌منظور پایش و ارزیابی پیامدهای اکولوژیک ناشی از مداخلات انسانی، کمی‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی ضروری است. شرایط اکولوژیک و کیفیت آب تالاب به ویژگی‌های سیمای سرزمین از جمله نوع و نسبت کاربری و پوشش اراضی در بالادست و پیرامون تالاب مرتبط است. در مطالعه حاضر، کاربری و پوشش اراضی تالاب بین‌المللی شادگان ایران برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و الگوریتم شبکه عصبی تهیه و تغییرات رخ داده در این بازه زمانی آشکارسازی شد. سپس با استفاده از ابزار مدل‌ساز تغییر سرزمین در نرم‌افزار Idrisi TerrSet، کاربری و پوشش اراضی و تغییرات آن با استفاده هفت متغیر مستقل تا سال ۲۰۳۰ شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷، وسعت پوشش آب تالاب حدود ۴۸۲۰۰ هکتار افزایش و طبقات مربوط به کاربری و پوشش اراضی شوره‌زار و پوشش گیاهی حدود ۵۰۰۰۰ هکتار کاهش یافته‌اند، اما از آنجایی که این افزایش آب تالاب ناشی از ورود زهاب و پساب صنایع مختلفی از جمله: کشت و صنعت نیشکر و... است، این افزایش به‌طور قابل توجهی باعث تغییر کیفیت آب و ترکیب گونه‌های گیاهی تالاب می‌شود که پهنه‌بندی این تغییرات نیازمند بررسی‌های بیشتر و مطالعات در مقیاس خرد است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، تالاب، مدل‌سازی تغییر سرزمین، پیش‌بینی

۱. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fakheran@cc.iut.ac.ir

مقدمه

امروزه افزایش دخالت‌های انسانی در طبیعت باعث ایجاد تغییراتی در کاربری و پوشش اراضی شده است. این تغییرات با قطعه‌قطعه شدن زیستگاه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین، از بین رفتن و کاهش کیفیت آنها و کاهش جمعیت‌های حیات وحش همراه است. از این‌رو پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی و پیش‌بینی آن در آینده به‌منظور مدیریت، کنترل و انجام اقدامات به‌موقع در جهت کاهش تهدیدات و خسارات ناشی از این تغییرات در مقیاس سیمای سرزمین، ضروری است. حساس‌ترین اکوسیستم‌ها به تغییرات کاربری اراضی، تالاب‌ها هستند. تالاب‌ها اکوسیستم‌های منحصر به فرد با تنوع زیاد گیاهی و جانوری هستند (۱۱). بر اساس تعریف کنوانسیون رامسر کلیه مناطق مردابی، آبگیر، تورب‌زار یا پیت‌زار، آب‌های طبیعی، مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن یا جاری، شیرین، لب‌شور یا شور، مشتمل بر آن دسته از آب‌های دریایی که عمق آب در کشند پایین از ۶ متر تجاوز نکند تالاب است. با توجه به این تعریف مناطق دریایی تا عمق کمتر از ۶ متر در جزر، تالاب درنظر گرفته می‌شوند (۲۱).

یکی از تالاب‌های مهم کشور، تالاب بین‌المللی شادگان است که در سال ۱۳۵۴ به‌عنوان بزرگ‌ترین تالاب ایران و سی‌وچهارمین تالاب، از ۱۲۰۱ تالاب ثبت شده است. این تالاب متشکل از بخش‌های مختلف از جمله بخش آب شیرین، پهنه وسیع جزر و مدی، خور موسی و جزایر واقع در آن و تپه ماهورهای ماسه‌ای و تل‌های خاکی کم ارتفاع است. آب شیرین تالاب، توسط رودخانه جراحی و کارون تأمین می‌شود (۱ و ۱۰). از ویژگی‌های مهم و بی‌نظیر تالاب شادگان می‌توان به مقیاس بزرگ، طبیعی بودن، تنوع زیستگاهی و نقشی که در تأمین معاش ساکنین محلی ایفا می‌کند اشاره کرد. این تالاب به‌واسطه فعالیت‌های توسعه‌ای پیرامون آن، با تهدید جدی روبه‌رو است. برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب تالاب و تخلیه زباله‌های شهری درون محدوده آن در کنار تکه‌تکه کردن تالاب به‌واسطه احداث جاده‌ها، ایجاد ایستگاه‌های تقویت فشار برق، گاز و لوله‌گذاری نفت و نیز ایجاد صنایعی چون کشت و صنعت نیشکر و فولاد نورد شادگان که پساب خود را درون تالاب تخلیه می‌کنند، همه و همه در تغییرات کاربری و پوشش اراضی و همچنین نابودی این تالاب نقش داشته و دارند. از این‌رو پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی این تالاب مهم بین‌المللی ضروری به‌نظر می‌رسد.

در سال‌های اخیر مطالعاتی درخصوص آشکارسازی تغییرات و پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات سرزمین صورت گرفته که در این میان می‌توان به مطالعه سبزقبایی و یوسفی (۱۹) اشاره کرد که به آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب هورالعظیم با استفاده از سنجش از دور و GIS (Geographic Information System) پرداختند. در این تحقیق تصاویر سنجنده‌های TM (Thematic Mapper) سال ۱۳۶۸، ETM (Enhanced thematic mapper) سال ۱۳۸۲ و OLI (Operational Land Imager) سال ۱۳۹۳ تجزیه‌وتحلیل شده است (۱۹). ارخی نیز در سال ۱۳۹۳ به پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (Land Change Modeler) در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سرابله) پرداخت. در این تحقیق، تصاویر ماهواره لندست ۴ سنجنده TM سال۱۳۶۷، ETM+ لندست ۷، سال ۱۳۸۰ و TM لندست ۷ سال ۱۳۹۰ تجزیه‌وتحلیل شده‌اند. در این تحقیق، از متغیرهای مکانی فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از حاشیه جنگل، شاخص گسستگی جنگل، ارتفاع، شیب و جهت به‌عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بیشتر زیرمدل‌ها صحت بالایی را (۶۰ تا ۸۶ درصد) نشان داد. خطای کل در مدل‌سازی برای سال۱۳۹۰، ۱۲/۸۴ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده انطباق زیاد تصویر پیش‌بینی شده مدل با تصویر واقعیت زمینی و قابل قبول بودن مدل است. همچنین، نتایج پیش‌بینی نشان داد که مساحت اراضی جنگلی در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با ۱۳۹۰ کاهش و اراضی بایر افزایش خواهند یافت (۲). از جدیدترین مطالعات انجام شده در ایران می‌توان به مطالعه نصیری و همکاران (۱۴) اشاره کرد که در آن از MLPNN (Multilayer perceptron neural network) و زنجیره مارکوف

MC (Markov chain) برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی به‌صورت یکپارچه در ناحیه ارسباران بهره برده شده است.

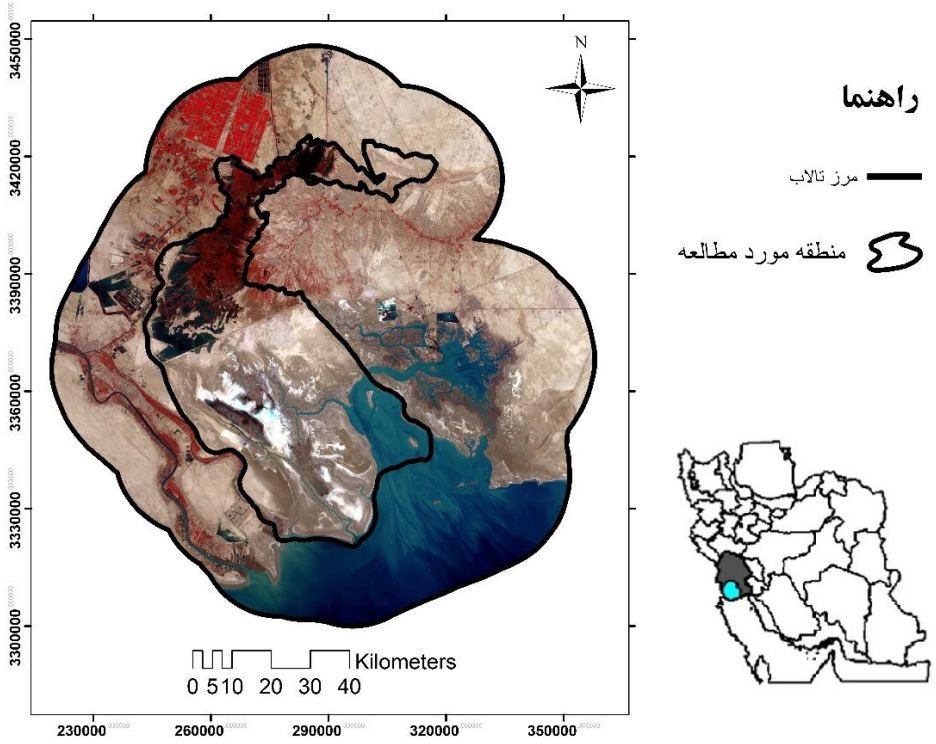
در خارج از کشور نیز مطالعات مختلفی برای پایش تغییرات و کاربری اراضی و پیش‌بینی این تغییرات برای آینده انجام شده است. به‌عنوان مثال بهاتی و همکاران (۵) در سال ۲۰۱۵ برای پیش‌بینی گسترش شهری در یکی از کلان‌شهرهای تایلند، از ابزار LCM و به‌طور مشخص از MLPNN استفاده کرده‌اند (۵). تریپاثی و موزومدر (۳) از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی گسترش کاربری شهری و کشاورزی در اراضی بالادست تالاب Deepor Beel که در کشور هندوستان و در فهرست کنوانسیون رامسرقرار گرفته است، تا سال ۲۰۲۵ و ۲۰۳۵ استفاده کردند. روی و همکاران (۱۸) در مطالعه خود در سال ۲۰۱۴ میلادی به پیش‌بینی تغییرات پوشش سرزمین در بازه‌های زمانی متفاوت در یک حوضه آبخیز مدیترانه‌ای در جنوب شرقی فرانسه با استفاده از ابزار LCM پرداختند. در پژوهشی روجاس و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۱۳ تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین در ارتباط با فاکتورهای جغرافیایی و برنامه‌ریزی را در یکی از کلان‌شهرهای کشور شیلی با هدف اصلی حفاظت از تنوع زیستی با استفاده از ابزار LCM بررسی کردند. نتایج مرتبط با این تحقیق در ارزیابی محیط‌زیستی راهبردی SEA (Shasta Environmental Alliance) حوزه کلان‌شهری آمریکای لاتین به‌کار گرفته شده است.

نقطه مشترک اکثر مطالعات انجام شده، استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین LCM برای پیش‌بینی تغییرات کاربری است که در اکثر آنها، پیش‌بینی از این طریق، با صحت به نسبت بالایی انجام شده است. از آنجا که تکنیک‌های سنجش از دور می‌توانند به‌طور گسترده به‌منظور پایش تغییرات در پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده در زمان‌های متفاوت مورد استفاده قرار گیرند و اینکه تصاویر ماهواره‌ای نتایج مطلوبی را در کوتاه‌ترین زمان ارائه می‌دهند (۲۱)؛ درحال حاضر، سه ابزار توسعه مدل تجربی مجزا در LCM ایجاد شده است: ۱) MLPNN: Multi-Layer Perceptron Neural Network ۲) LR: Logistic Regression ۳) SimWeight (۶). در بسته نرم‌افزاری IDRISI TerrSet روش MLPNN، روش پیش‌فرض بوده که در واقع کامل‌ترین و به اصطلاح بالغ‌ترین ابزار توسعه یافته در این زمینه است (۵). هدف مطالعه حاضر پایش تغییرات سیمای سرزمین در داخل و پیرامون تالاب شادگان و پیش‌بینی این تغییرات تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از ابزار LCM است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه تالاب شادگان است که در استان خوزستان فاصله ۴۰ کیلومتری از شهرستان اهواز قرار گرفته است. این تالاب با مساحت ۵۳۷۷۰۰ هکتار، وسیع‌ترین تالاب ساحلی خلیج فارس و همچنین وسیع‌ترین تالاب ایران است (حجازی و همکاران ۱۳۹۰ (۷))، در منتهی الیه مسیر رودخانه جراحی در ابتدای خلیج فارس در جنوب غربی ایران قرار دارد و مساحت حوضه آبریز آن ۲۴۳۱۰ کیلومتر مربع است که بیشتراز ۵۴ درصد آن در چارچوب قوانین کشور به‌عنوان پناهگاه حیات وحش تحت حفاظت است (معادل ۳۲۸۴۹۵ هکتار) (۱۰،۱ و ۱۲). میانگین دبی سالانه رودخانه جراحی که به تالاب تخلیه می‌شود. ۲/۳ میلیارد مترمکعب است، که در سال‌های مختلف بین ۰/۴ تا بیش از ۶/۶ مترمکعب متغیر است. رودخانه جراحی عمده‌ترین منبع تأمین‌کننده آب تالاب است. نهر بحره مسیل مالح، منابع ذکر شده، طغیان‌های رودخانه کارون و مدهای خلیج فارس و نزولات جوی در تأمین آب تالاب نقش اساسی دارند (میانگین بارندگی سالیانه در استان خوزستان ۲۱۳ میلی‌متر گزارش شده است (۳ و ۷). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان و ایران را نشان می‌دهد.

به‌علت گوناگونی و گستردگی زیستگاه‌ها، تالاب از تنوع زیستی بسیار غنی برخوردار است. این تالاب زیستگاه حیات وحش و آبزیان متعدد و به‌ویژه محل زمستان‌گذرانی و زادآوری بسیاری از پرندگان مهاجر اروپا و آسیای شمالی است و از تنوع پوشش گیاهی قابل ملاحظه‌ای برخوردار، و دارای ۱۷ جامعه اصلی گیاهی شامل ۱۱۰ گونه گیاهی است. این تالاب ۴۰ گونه پستاندار، ۱۷۴ گونه پرنده، ۸ گونه خزنده، ۳ گونه دوزیست و بیش از ۸۱ گونه از ماهیان را در خود نگهداری می‌کند (۸).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان و ایران

مدل‌سازی تغییر سرزمین (LCM)، یکی از ابزارهای پیش‌بینی تغییرات سرزمین در مقوله برنامه‌ریزی بوم‌شناختی است، که در این مطالعه استفاده شد.

گام ۱: آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز

ابتدا، تصاویر مورد نیاز از ماهواره لندست (Landsat) برای منطقه مورد مطالعه تهیه (جدول ۱) (۲۲) و سپس، در محیط نرم‌افزارهای ENVI و Arc GIS تصحیح‌های لازم شامل تصحیح‌های اتمسفری و هندسی روی تصاویر ذکر شده صورت گرفت (۱۵).

گام ۲: طبقه‌بندی تصاویر

در طی این گام ابتدا تصویر مورد نظر در محیط نرم‌افزار IDRISI TerrSet و بر اساس ترکیب رنگی کاذب باند مادون قرمز نزدیک، باند قرمز و باند سبز قطعه‌بندی شد. سپس برای هر یک از شش کاربری موجود در منطقه یعنی: «مناطق انسان‌ساخت»، «پوشش گیاهی»، «آب»، «شوره‌زار»، «خاک مرطوب» و «اراضی بایر» ۲۰۰ قطعه با اندازه های متنوع به‌عنوان نمونه تعلیمی برای سه زمان تهیه شد (جدول ۱). در ادامه قابلیت باندها و شاخص‌های طیفی مختلف در جداسازی این شش کاربری بررسی و درنهایت، باندهای مادون قرمز میانی، مادون قرمز نزدیک، قرمز و سبز به‌همراه شاخص‌های طیفی NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) و NDWI (Normalized Difference Water Index) که بر اساس روابط زیر تهیه شده بودند، برای طبقه‌بندی انتخاب شدند.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (۱)$$

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (۲)$$

در این رابطه NIR بیانگر باند مادون قرمز نزدیک، RED بیانگر باند قرمز و Green بیانگر باند سبز است. در ادامه، باندها و شاخص‌های انتخاب شده به‌همراه مناطق تعلیمی توسط روش شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم‌افزار IDRISI TerrSet طبقه‌بندی شدند. پس از طبقه‌بندی، تصاویر مربوط به هر سال با توجه به اطلاعات موجود از منطقه و بازدیدهای میدانی صحت‌سنجی و به‌صورت دستی و با

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این پژوهش

سال	ماه	سنجنده
۲۰۰۱	اکتبر	ETM
۲۰۱۴	اکتبر	OLI
۲۰۱۷	اکتبر	OLI

استفاده از ابزار Update در نرم‌افزار ArcGIS اصلاح شدند.

گام ۳: بررسی تغییرات و مدل‌سازی

در این گام، ابتدا تغییرات کاربری/ پوشش اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ تهیه و سپس، نقشه کاربری/ پوشش اراضی برای سال ۲۰۱۷ با استفاده از ابزار LCM و متغیرهای پیش‌بینی‌گر «فاصله از زهکش‌ها»، «فاصله از نقاط توسعه یافته»، «فاصله از جاده»، «احتمال تغییر طبقات آب به دیگر کاربری‌ها»، «احتمال تغییر کاربری دیگر کاربری‌ها به کاربری آب» و «تغییر اقلیم، شاخص SPI» پیش‌بینی شد. در ادامه، نقشه حاصل با نقشه کاربری/ پوشش اراضی سال ۲۰۱۷ مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به صحت ۷۷ درصدی، کارایی پیش‌بینی مدل، «خوب» براورد شد. سپس، تغییرات کاربری/ پوشش اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ سنجیده و نقشه کاربری/ پوشش اراضی سال ۲۰۳۰ با استفاده از ابزار LCM و همان متغیرهای پیش‌بینی‌گر مورد پیش‌بینی قرار گرفت (شکل ۲).

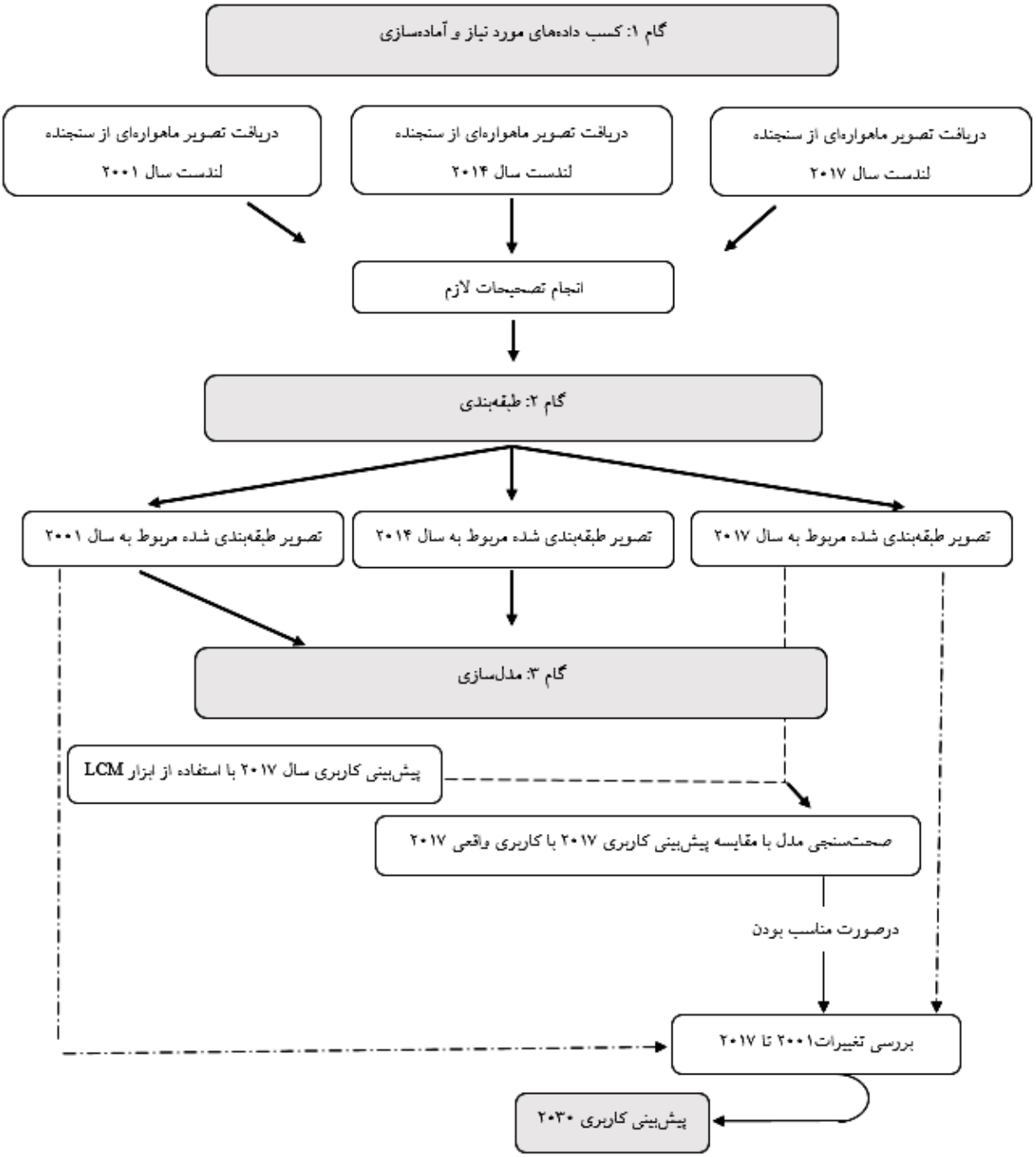
قابل ذکر است که متغیرهای پیش‌بینی‌گر به‌وسیله مرور منابع، بازدیدهای میدانی از شرایط منطقه و همچنین با مشورت و مصاحبه حضوری با مردم محلی و مسئولین اداره حفاظت از محیط زیست منطقه شادگان انتخاب و تهیه شدند.

نتایج

نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ به‌ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. بر اساس صحت‌سنجی انجام شده، صحت کلی طبقه‌بندی‌های صورت گرفته ۸۸ درصد براورد شد. نتایج به‌دست آمده از آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ بیانگر افزایش مساحت ۷ درصد اراضی انسان‌ساخت، ۸/۱ درصد آب، ۳/۸ درصد خاک مرطوب، ۶/۴۷ درصد زمین‌های بایر و کاهش مساحت ۸/۴۲ درصد پوشش گیاهی و ۱۰/۰۱ درصد شوره‌زارها بود (جدول ۲ و شکل‌های ۷ و ۸). انطباق ۷۷ درصدی به‌دست آمده بین نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مطالعه در سال ۲۰۱۷ (شکل ۵) با نقشه کاربری و پوشش اراضی پیش‌بینی شده برای آن با استفاده از ابزار LCM (شکل ۶)، نشان‌دهنده کارایی خوب این ابزار در پیش‌بینی کاربری و پوشش اراضی بود. به‌همین دلیل از این ابزار برای پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه تا سال ۲۰۳۰ استفاده شد (شکل ۹). نتایج به‌دست آمده از آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ بیانگر عدم تغییر مساحت اراضی انسان‌ساخت، افزایش مساحت ۰/۲۷ درصدی پوشش گیاهی، ۰/۰۱۲ درصد شوره‌زارها، ۰/۳۴۴ درصد خاک مرطوب، ۱/۳۲۷ درصد اراضی بایر و کاهش مساحت ۱/۹۶ درصد آب بود (جدول ۳ و شکل ۱۰).

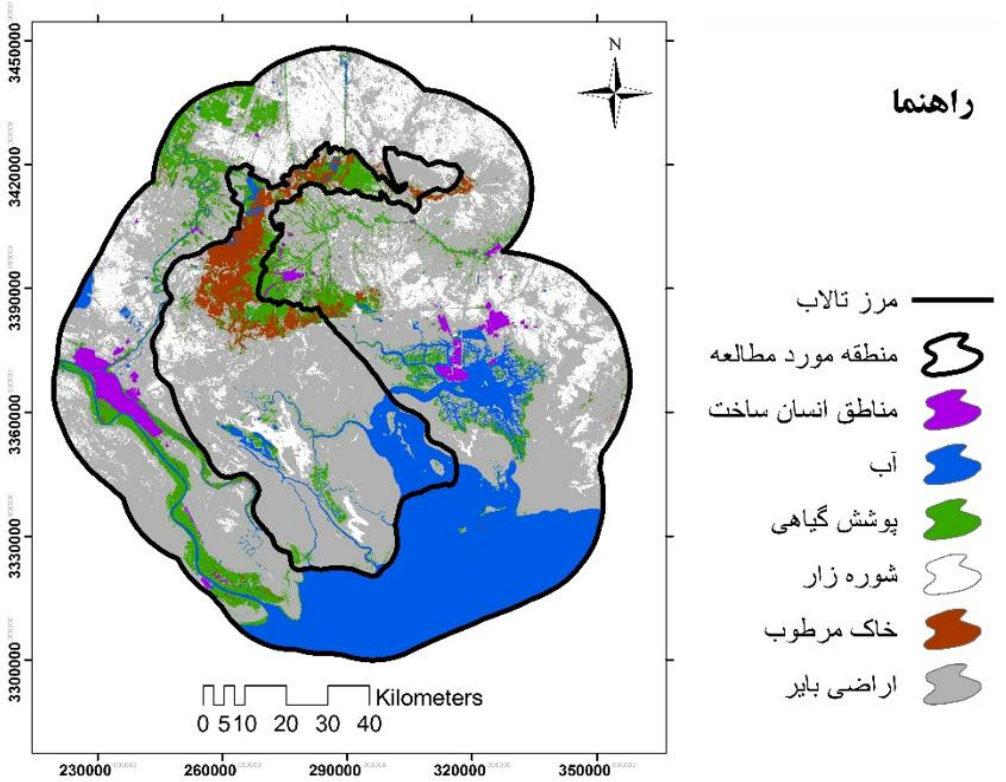
بحث و نتیجه‌گیری

بررسی داده‌های میزان بارش، SPI و تبخیر و تعرق مربوط به دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ نشان داد که در این دوره میزان بارش و SPI تغییر محسوسی نداشته ولی میزان تبخیر و تعرق رو به افزایش بوده است. بنابراین انتظار می‌رفت که آب موجود

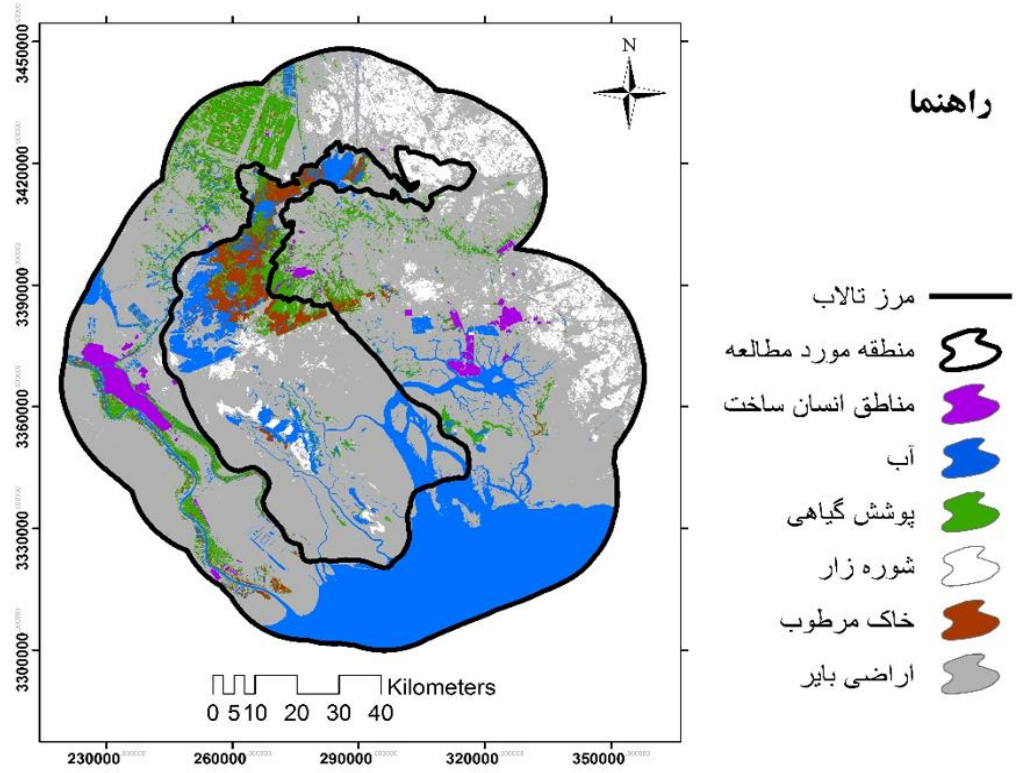


شکل ۲. روند نمای مدل LCM

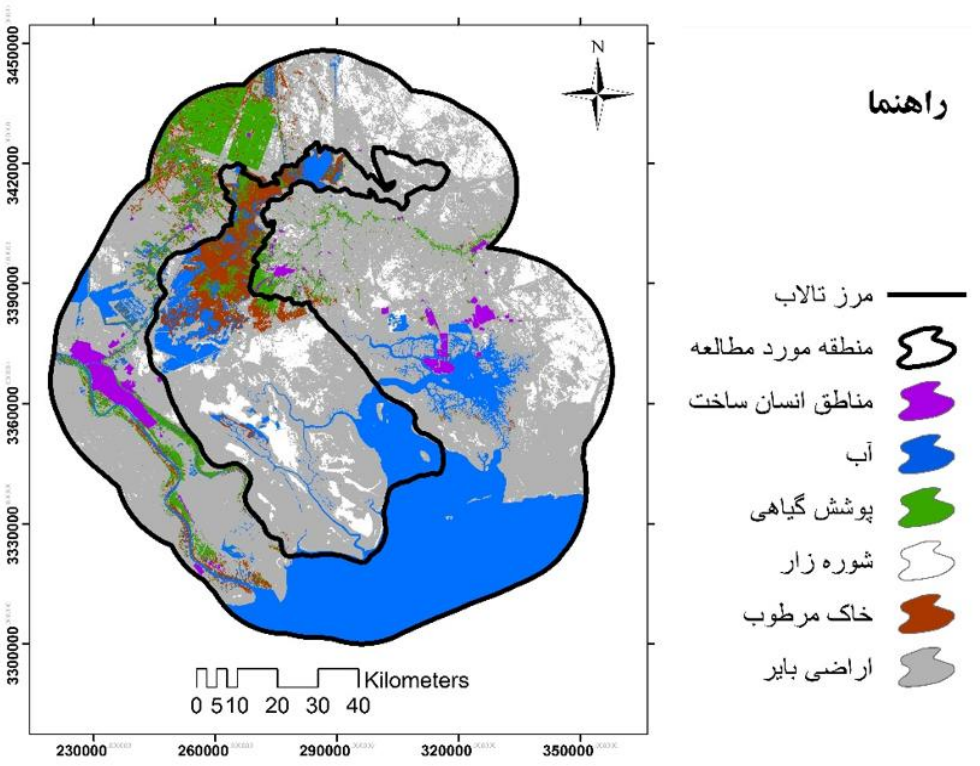
در تالاب در این بازه زمانی کاهش یابد. اما بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۲) میزان آب موجود در تالاب در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ حدود ۸/۱ درصد افزایش داشته است. بر اساس بازدیدهای میدانی، بررسی منابع و مصاحبه با بومیان و مسئولین منطقه عامل اصلی این موضوع تخلیه زهاب و پساب صنایع نیشکر، پرورش ماهی و فولاد و نورد لوله‌سازی اهواز از طریق آبراه مالح در تالاب شناسایی شد. از آنجایی که EC این پساب بسیار بالاست نه تنها برای کشاورزی اصلاً مناسب



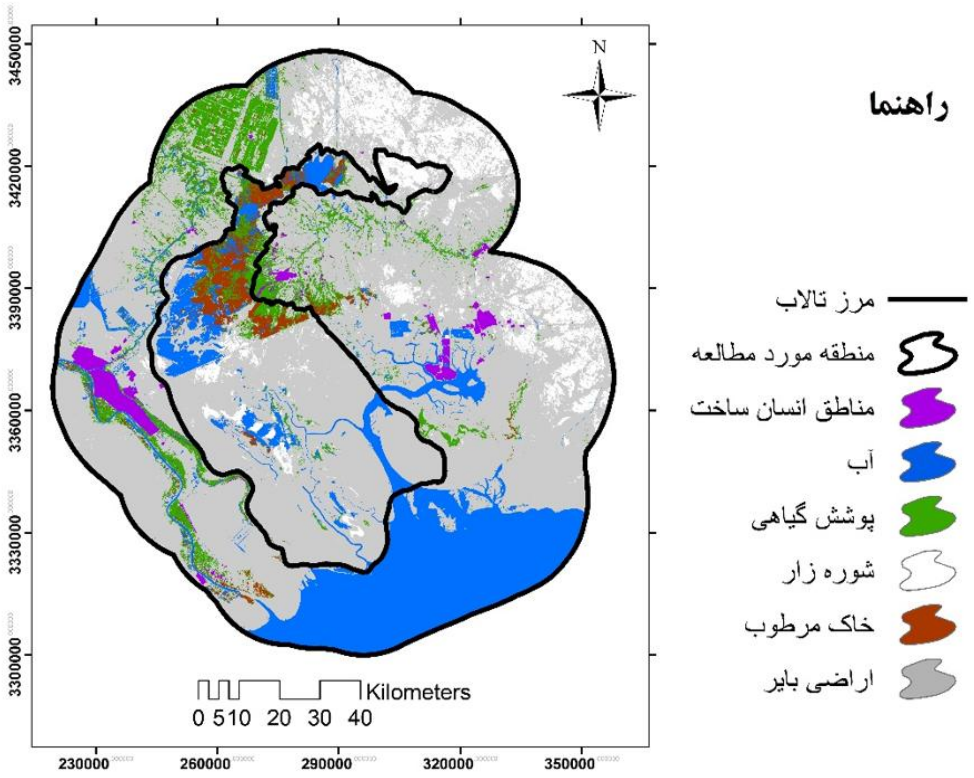
شکل۳. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۲۰۰۱



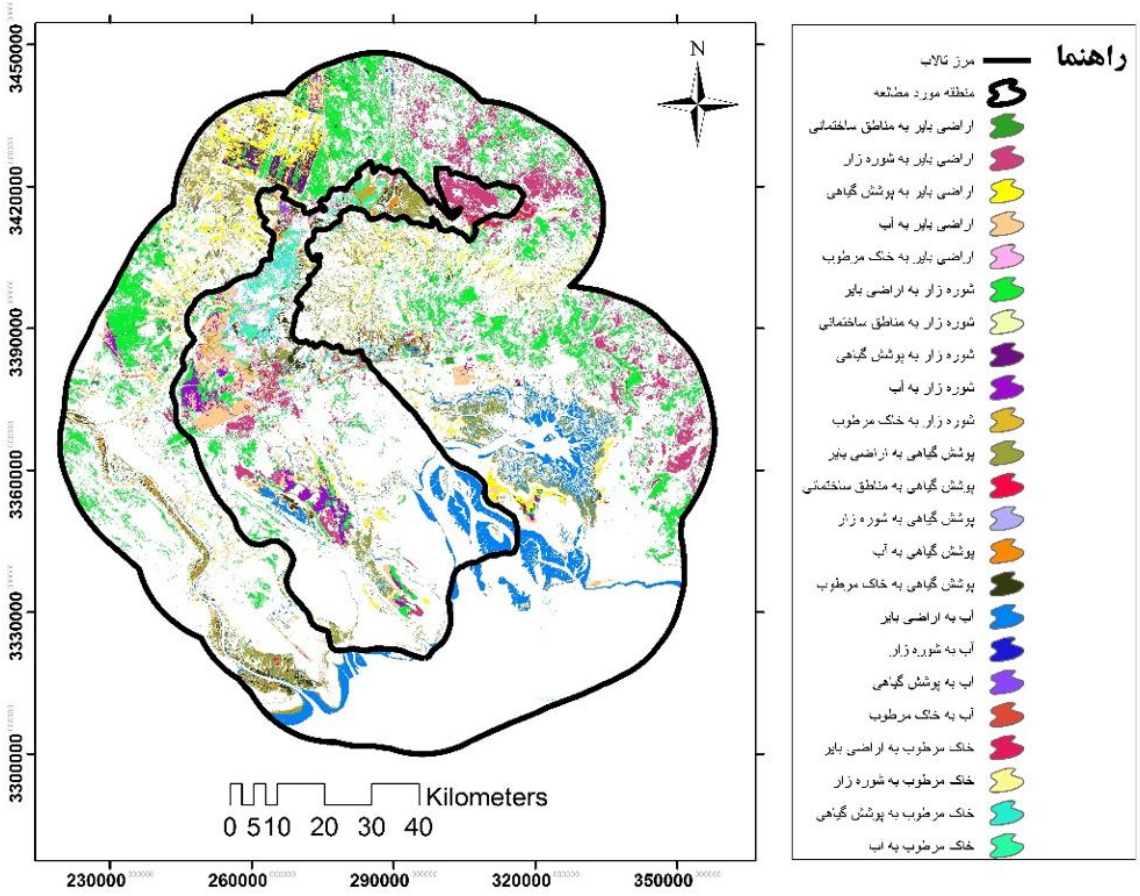
شکل ۴. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۲۰۱۴



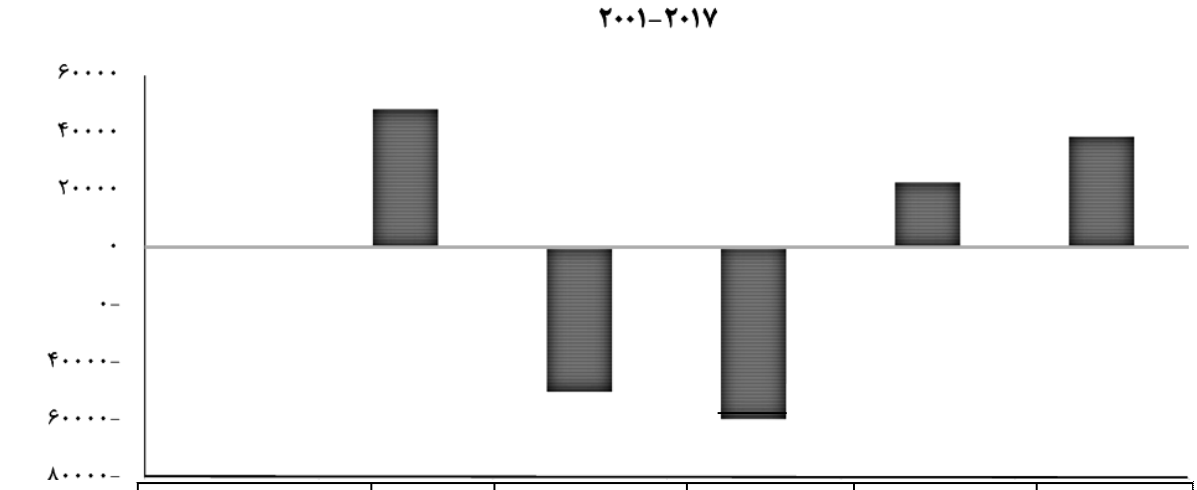
شکل ۵. نقشه کاربری و پوشش اراضی سال ۲۰۱۷



شکل ۶. نقشه پیش‌بینی شده سال ۲۰۱۷



شکل ۷. آشکارسازی تغییرات سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷

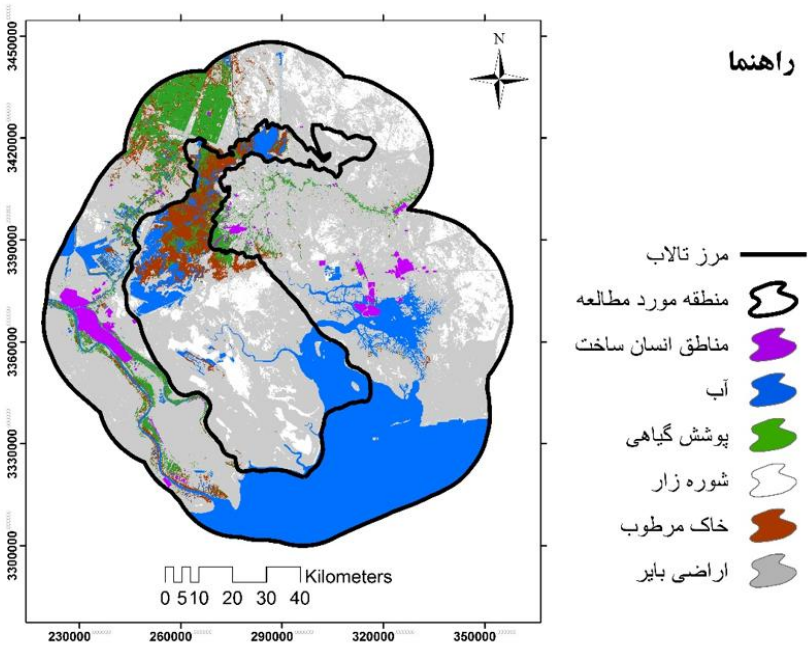


	اراضی انسان ساخت (هکتار)	آب (هکتار)	پوشش گیاهی (هکتار)	شوره زار (هکتار)	خاک مرطوب (هکتار)	اراضی بایر (هکتار)
۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷	۳۵۴	۴۸۱۹۲	-۵۰۱۱۸	-۵۹۶۲۳	۲۲۵۹۱	۳۸۵۰۳

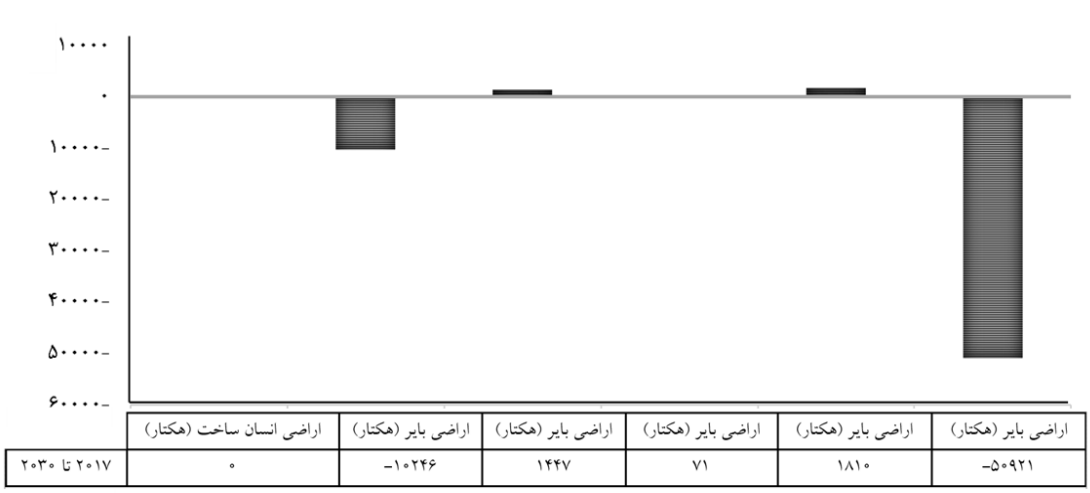
شکل ۸. نمودار تغییرات کاربری و پوشش اراضی در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷

جدول ۲. تغییرات کاربری و پوشش اراضی در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷

کاربری	مساحت در سال ۲۰۰۱ (ha)	مساحت در سال ۲۰۱۷ (ha)	وضعیت	اختلاف بین دو سال (ha)	درصد تغییرات
اراضی انسان‌ساخت	۲۵۶۴۶	۲۶۰۰۰	افزایش	+۳۵۴	+۷
آب	۲۸۰۷۰۸	۳۲۸۹۰۰	افزایش	+۴۸۱۹۲	+۸/۱
پوشش گیاهی	۱۳۳۰۵۱	۸۲۹۳۳	کاهش	-۵۰۱۱۸	-۸/۴۲
شوره‌زار	۲۲۱۲۱۳	۱۶۱۵۹۰	کاهش	-۵۹۶۲۳	-۱۰/۰۱
خاک مرطوب	۴۷۰۲۴	۶۹۶۱۵	افزایش	+۲۲۵۹۱	+۳/۸
زمین بایر	۷۵۲۵۹۷	۷۹۱۱۰۰	افزایش	+۳۸۵۰۳	+۶/۴۷



شکل ۹. نقشه پیش‌بینی کاربری و پوشش اراضی برای سال ۲۰۳۰



شکل ۱۰. نمودار تغییرات کاربری‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰

جدول ۳. تغییرات کاربری‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰

کاربری	مساحت در سال ۲۰۱۷ (ha)	مساحت در سال ۲۰۳۰ (ha)	وضعیت	اختلاف بین دو سال (ha)	درصد تغییرات
اراضی انسان ساخت	۲۶۰۰۰	۲۶۰۰۰	بدون تغییر	۰	۰٪
آب	۳۲۸۹۰۰	۳۱۸۶۵۴	کاهش	−۱۰۲۴۶	−۱/۹۶٪
پوشش گیاهی	۸۲۹۳۳	۸۴۳۸۰	افزایش	+۱۴۴۷	+۰/۲۷٪
شوره زار	۱۶۱۵۹۰	۱۶۱۶۶۱	افزایش	+۷۱	+۰/۰۱۲٪
خاک مرطوب	۶۹۶۱۵	۷۱۴۲۵	افزایش	+۱۸۱۰	+۰/۳۴۴٪
اراضی بایر	۷۹۱۱۰۰	۷۴۰۱۷۹	افزایش	−۵۰۹۲۱	+۱/۳۲۷٪

نیست، بلکه باعث برهم خوردن شرایط زیستی موجودات و گیاهان آبزی و کنارآبزی نیز شده است (۹). پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ بیانگر کاهش حدودی ۱/۹۶ درصدی آب موجود در تالاب نسبت به سال ۲۰۱۷ بود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که اثرات افزایش تبخیر و تعرق و دیگر پارامترهای اقلیمی بر آب تالاب بیشتر از تخلیه پساب و زهاب صنایع گفته شده در آینده خواهد بود.

اراضی انسان‌ساخت که شامل مناطق مسکونی و صنعتی است افزایشی در حدود ۷ درصد داشته (جدول ۲) که مربوط به توسعه شهری شادگان و همچنین بخشی از آن مربوط به احداث کارخانجات فولاد و پتروشیمی شادگان است. تمام این ساخت‌وسازهای انسانی سبب تکه‌تکه شدن زیستگاه شده است. تکه‌تکه شدن به‌معنای جدایی جغرافیایی است و بعد از انقراض، احتمال تجمع دوباره به‌شدت به فاصله قطعات از قطعه اصلی و کیفیت زیستگاه اطراف بستگی دارد. این اتفاق به‌طور معمول روی گونه‌های گیاهی و جانوری و فرایندهای بوم‌شناختی تأثیر منفی دارد (۹).

پوشش گیاهی نیز در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ به‌میزان ۸/۴۳ درصد کاهش پیدا کرده است (جدول ۲). نتایج پژوهشی که بیات و همکاران (۴) در سال ۱۳۹۵ انجام داده‌اند نیز نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۱ پوشش گیاهی خوب، ۰/۶ درصد و این میزان در سال ۲۰۰۲ به حدود ۶ درصد رسیده و تا سال ۲۰۰۶ نیز روندی ثابت داشته است. درحالی که از سال ۲۰۰۷ به‌مرور سطح پوشش خوب کاهش یافته و در سال ۲۰۱۱ تقریباً به یک درصد می‌رسد. همچنین به‌جز سال ۲۰۰۰ از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ این سطح به‌میزان ۳۶/۷ درصد کاهش یافته است. جعفری آذر و همکاران (۹) دلیل این امر را این‌گونه توجیه کرده‌اند که این کاهش می‌تواند تحت تأثیر خشکسالی و همچنین برداشت بی‌رویه از پوشش گیاهی تالاب باشد. از دیگر دلایل می‌توان به خشک شدن زمین‌های کشاورزی و نخیلات بر اثر شوری آب و خاک اشاره کرد.

شوره‌زارها نیز کاهش ۱۰ درصدی را نشان می‌دهند (جدول ۲) چرا که بعد از ورود پساب و زهاب صنایع نیشکر شوره‌زارهایی که در سال ۲۰۰۱ بر اثر خشکسالی وجود داشته به زیر آب رفته و با آب و خاک مرطوب پوشانده شده است. اما از آنجایی که آب موجود در تالاب شوری بالایی دارد، در آینده انتظار می‌رود وسعت این بخش از منطقه (شوره‌زار) بیش از پیش شود (۲۰). از آنجا که تالاب شادگان به‌شکل یک مخزن کم‌عمق و مسطح است، افزایش شدت تبخیر اثر قابل توجهی در کاهش سطح آب تالاب دارد، به‌طوری که در برخی از سال‌ها منجر به خشک شدن کامل تالاب در ماه‌های تابستان می‌شود که این خود افزون بر علت افزایش شوره‌زارها در آینده است (۱۶).

نتایج این مطالعه نشان داد که پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی تالاب‌ها و در پی آن بررسی علل این تغییرات، می‌تواند گام مهمی در مدیریت کارآمدتر تالاب‌ها در آینده باشد. به‌عنوان مثال در رابطه با تالاب شادگان پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی و بررسی علل آن نشان داد که اگر چه آب تالاب در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ افزایش یافته ولی این افزایش در

پی تخلیه پساب و زهاب برخی صنایع اطراف تالاب بوده و در واقع نه تنها امری مثبت برای تالاب به‌حساب نمی‌آید بلکه اثرات مضری را هم در پی داشته و خواهد داشت. همچنین این مطالعه نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ابزاری کارآمد برای بررسی و پایش تغییرات رخ داده در پوشش و کاربری اراضی تالاب‌ها است. ضمن اینکه استفاده از ابزارهای پیش‌بینی‌گر تغییرات کاربری و پوشش اراضی مانند LCM می‌تواند به مدیران دیدگاهی را نسبت به تغییرات احتمالی آینده دهد.

منابع مورد استفاده

1. Abedi, Z. and M. Ahmadian. 2008. Research project on environmental valuation of Shadegan wetland. Department of Environmental Protection. Iran. (In Farsi)
2. Arkhi, S. 2014. Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment (A case study of Sarabeleh (Ilam), Iran. *Journal of Research and Technology for Protection and Protection of Forests and Rangelands of Iran* 12(1): 19-1. (In Farsi)
3. Asghari Pudeh, Z., M. Shafieizadeh, S. Fakheran Esfahani, and P. Gilani. 2015. Evaluation and zoning of spatial temporal changes of dust storms using DSI index in Khuzestan province, Second National Conference on Climate Change and Sustainable Development in Agriculture. Natural Resources, Isfahan, October 2015. (In Farsi)
4. Bayat, R., S. Parsley. B. Red and A. M. Charkhebi. 2016. Studying the effect of dust on vegetation changes (case study: Shadegan wetland, Khuzestan). *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources* 7(2): 17-32. (In Farsi)
5. Bhatti, S., S. N. K. Tripathi, V. Nitivattananon. I. A. Rana and C. Mozumder. 2015. A multi-scale modeling approach for simulating urbanization in a metropolitan region. *Habitat International* 50: 354-365.
6. Eastman, J. and J. Toledano. 2018. A Short Presentation of the Land Change Modeler (LCM). *Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios, Springer* 499-505.
7. Hejazi, S. and R. M. Goodarzi. 2011. Investigation and evaluation of geographic and environmental impacts of tourism using AHP model (case study: Shadegan International Wetland). *Quarterly Journal of Ahvaz Islamic Azad University. Ahvaz* 3(9): 59-70. (In Farsi)
8. Hosseini, S. M., S. M. B. Nabavi, A. O., Rajabzadeh, B. Omidvar. 2010. Comparison of Shadegan Wetland Conservation Values Change (IUCN, IMO, Slam and Price) during the 60s to 80s. *Quarterly Journal of Ecology of Wetland of Islamic Azad University, Ahvaz* 1(4): 21-37. (In Farsi)
9. Jafari Azar, A., T. M. Sabzeqbaee and S. Dashti. 2017. Application of multi-criteria decision-making methods in environmental risk assessment (case study: the international wetland of Shadegan, Khur e Omayyeh and Khur e Mousa Estuary). *Geography and environmental hazards* 24: 97-119. (In Farsi)
10. Lotfi, A. 2018. Shadegan Wetland (Islamic Republic of Iran). PP. 1566-1575. *In:* Finlayson, C. M., R. Milton, C. Prentice and N. C. Davidson (Eds.), The Wetland Book. Vol 2. Springer Netherlands, Netherlands..
11. Mitsch, W. and J. G. Gosselink. 2016. Wetlands, Van Nostrand Reinhold .6th edition, New York, 772 p.
12. Monetazerhojat, A., B. Mansouri and M. Ghorbannezhad. 2015. Economic valuation of the Shadegan wetland. *Quarterly Journal of Quantitative Economics* 12(1): 55-77
13. Mozumder, C. and N. K. Tripathi. 2014. Geospatial scenario based modelling of urban and agricultural intrusions in Ramsar wetland Deepor Beel in Northeast India using a multi-layer perceptron neural network. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 32: 92-104 .
14. Nasiri, V., A. A. Darvishsefat, R. A. Rafiee, A. Shirvany and M. A. Hemat. 2019. Land use change modeling through an integrated Multi-Layer Perceptron Neural Network and Markov Chain analysis (case study: Arasbaran region, Iran). *Journal of Forestry Research* 3: 943-957.
15. Pordel, F., A. Ebrahimi and Z. Azizi. 2015. A Review of Correction Methods in Multi-Time Satellite Images. First International Comprehensive Conference on the Environment. Tehran. Center for Iranian Development Conferences, Conference: Comprehensive International Congress on environment. Tehran-Iran. (In Farsi).
16. Rahimi-Baluchi, L. and B. Malik Mohammadi. 2014. Assessment of environmental risks in Shadegan wetland. *Journal of Ecology* 1: 101-112. (In Farsi)
17. Rojas, C., J. Pino, C. Basnou and M. Vivanco. 2013. Assessing land-use and-cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the metropolitan area of Concepción (Chile). *Implications for biodiversity conservation. Applied Geography* 39: 93-103.
18. Roy, H. G., D. M. Fox and K. Emsellem. 2014. Predicting land cover change in a Mediterranean catchment at different time scales. International Conference on Computational Science and Its Applications, Springer.

19. Sabzghabaee, Gh. and N. Yousefi Khanqah. 2015. Detection and prediction of the land use change process in Hooralazim wetland using remote sensing and GIS. MSc. thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources. University of Technology Khatam Al Anbia Behbahan. (In Farsi)
20. Sugumaran, R., J. Harken and J. Gerjevic. 2004. Using remote sensing data to study wetland dynamics in Iowa. Iowa Space Grant (Seed) Final Technical Report, University of Northern Iowa, Cedar Falls, p. 1-17.
21. Ziaeyan Firoozabadi, P. and S. Saroue. 1382. The Evaluation of the Capacity of GIS Surveying Technologies in the Preparation of a Land Cover Map for Shadegan Wetland. *Journal of Applied Geosciences Research* 2(2):73-83.
22. https://earthexplorer.usgs.gov/

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Monitoring and Prediction of Land Use/Cover Changes in Shadegan International Wetland, Iran

Z. Asghari Pude[1], O. Ghadirian[1], Sh. Nematollahi[1], S. Fakheran[1*], and S. Pourmanafi[1]

(Received: March 03-2019; Accepted: December 04-2019)

Abstract

Quantifying land use/land cover changes is essential to monitor and assess the ecological consequences of human disturbances. Ecological condition and water quality of wetlands are highly related to the landscape characteristics, including land use/land cover (LULC) types and their fractions in the upland and the surrounding landscape. The changing characteristics of LULC in Shadegan International Wetland, Khouzestan Province, Iran, were detected in this study by using the Landsat Satellite images of the years 2001, 2014, and 2017, which were classified using the Artificial Neural Network algorithm. Then by using Land Change Modeler (LCM) in the TerrSet IDRISI software, the future of LULC changes was simulated using six independent variables and the Markov chain method. The results of this study showed that from 2001 to 2017, about 48200 ha of the wetland water was increased and around 50000 ha of saline soils and vegetation area was decreased. However, since this water increase in the wetland was due to the entry of drainage and wastewater, particularly from sugarcane cultivation around the wetland, this increase could significantly alter the hydrology, the water quality of wetland and also, the plant species composition, as compared to historical conditions; mapping these changes requires further investigations and fine scale monitoring studies.

Keywords: Land use change, Wetland, Land Change Modeler, prediction

1. Dept. of Environ., Faculty of Natur. Resour., Isf. Univ. of Tech., Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: fakheran@cc.iut.ac.ir