اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۱۲۶-۱۱۱

بررسی عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات طبقات کاربری اراضی تالاب شادگان

فاطمه درگاهیان[1*]، یوسف موسیوند[2]

۱. استادیار بخش تحقیقات بیابان، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۲. پژوهشگر مرکز فضایی ماهدشت

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۹/۱۱)

چکیده

تالاب شادگان در منتهی‌الیه حوضهٔ آبخیز جراحی واقع شده است. به‌منظور پایش میزان تغییرات پوشش آب، گیاه و اراضی خشک‌شده، ابتدا اقدام به تعیین محدودهٔ آب شیرین تالاب در پرآب‌ترین شرایط آن شد. از داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و +ETM و OLI سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. از طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده و تصاویر در سه کلاس آب، پوشش گیاهی و خاک طبقه‌بندی شد. دقت طبقه‌بندی تصاویر با دو شاخص، دقت کلی و کاپا محاسبه شد. مساحت هر یک از طبقات در محیط GIS پهنه‌بندی شده و به درصد محاسبه شد. با توجه به اینکه تعیین میزان سهم هر یک از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر سطوح مختلف تالاب شادگان در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸-۲۰۱۸ هدف اصلی پژوهش حاضر است، از توابع چندلایهٔ پرسپترون شبکه‌های عصبی استفاده شد و پس از مقایسهٔ کارایی مدل‌ها براساس مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) داده‌های آموزشی و تست و همچنین، ضریب همبستگی (R) بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و تخمین‌زده‌شدهٔ سطوح مختلف طبقات کاربری اراضی تالاب، بهترین مدل انتخاب شد و براساس آن، میزان تأثیر هر یک از پارامترها بر سطوح مختلف طبقه‌بندی‌شده در بازهٔ زمانی مورد مطالعه مشخص شد. نتایج نشان داد دقت طبقه‌بندی در مجموع ۹۳ درصد بود. روند تغییرات مساحت طبقهٔ آب و خاک افزایشی و طبقهٔ پوشش گیاهی تالاب کاهشی بود. بهترین مدل برازش‌یافتهٔ شبکهٔ عصبی مصنوعی ساختار شبکهٔ چندلایهٔ پرسپترون در حالت اول با تابع لایهٔ انتقال پنهان اتوماتیک و تابع لایهٔ خروجی تانژانت هیپربولیک به دلیل زیاد بودن ضریب همبستگی (R=0.79) و پایین بودن خطاهای نسبی و مجموع مربعات خطا با دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های شبکه انتخاب شد. نتایج اجرای این مدل برای طبقات مختلف تالاب نشان داد سهم عوامل انسانی و طبیعی به‌ترتیب در خشکیدگی تالاب ۵۵/۴ و ۴۴/۶ درصد، در تغییرات سطح آب تالاب ۷۰/۸ و ۲۹/۲ درصد و در تغییرات پوشش گیاهی ۶۲ و ۳۸ درصد بوده است. بنابراین، تالاب شادگان بیش از هر چیز مدیریت انسانی در سطح حوضهٔ آبخیز و تأمین حقابهٔ مورد نیاز را می‌طلبد تا بتواند به عنوان یک اکوسیستم تالابی ایفای نقش کند و به حیات خود ادامه دهد.

کلمات کلیدی: حوضهٔ آبخیز، رودخانهٔ جراحی، سدها و بندهای خاکی، شبکه‌های آبیاری، سهم عوامل انسانی و طبیعی.

* نویسندهٔ مسئول
Email: dargahian@rifr-ac.ir

مقدمه

رخداد تغییر اقلیم طی دهه‌های اخیر از طریق رخدادهای حدی مانند خشکسالی و ویژگی‌های آن مانند فراوانی، شدت و تداوم، به مداخلات انسان در طبیعت به‌ویژه بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب حوضه‌های آبخیز منتهی به تالاب‌ها، شدت بیشتری بخشیده و مانع از رعایت حقابهٔ ورودی به تالاب‌ها شده است [۱]. تالاب بین‌المللی شادگان یکی از تالاب‌های بزرگ کشور است که در مرداد ۱۳۵۴در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر قرار گرفت. این تالاب به سبب تنوع زیستی بسیار زیاد و عملکردهای متنوع مانند کنترل سیلاب، تعدیل هوا، کنترل فرسایش خاک، زیستگاه گیاهان و جانوران متنوع و تأمین‌کنندهٔ معیشت بخشی از جوامع انسانی اهمیت زیادی دارد. با توجه به وسعت بسیار زیاد تالاب، پرهزینه بودن بازدیدهای زمینی و مشکلات موجود در بازدیدهای میدانی، و صرف وقت و هزینهٔ زیاد، روش‌های سنتی پایش تالاب جای خود را به استفاده از تصاویر ماهواره‌ای داده است. پایش تغییرات تالاب‌ها در شرق آفریقا با استفاده از سنجش از دور [۲]، بررسی تغییرات زمانی و مکانی تالاب‌های مدیترانه‌ای در شمال منطقهٔ گریس [۳]، شناسایی تغییرات تالاب در دشت سانجیانگ چین با استفاده از سنجش از راه دور [۴]، بررسی تغییرات در اکوسیستم‌های تالاب در شمال ویرجینیا طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۹ [۲۶]، پایش تغییرات تالاب‌های دلتای رودخانهٔ زرد در چین طی سال‌های ۱۹۷۶-۲۰۰۸ [۵]، آشکارسازی اتوماتیک تغییرات خط ساحلی تالاب‌های جزء معاهدهٔ رامسر در ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای [۶]، پایش پویایی بزرگ‌ترین تالاب آب شیرین چین با استفاده از سری داده‌های لندست از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ [۷]، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه لندست انجام شده است.

در ایران نیز از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش تغییرات میزان سطح آب و پوشش گیاهی و بدون پوشش یا مساحت خشک‌شدهٔ تالاب‌ها استفاده شده است. بررسی تغییرات تالاب بزرگ هویزه در بازه‌های زمانی ۱۹۹۱، ۲۰۰۴، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ نشان داد در سال ۲۰۱۶ مقدار پوشش گیاهی و آب تالاب به نسبت سال ۲۰۱۳ افزایش داشته است [۸]. تغییرات ۲۵ و ۱۰ درصدی آب و پوشش گیاهی تالاب پریشان در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ به دلیل ریزش‌های جوی مناسب بوده است [۹]. با استفاده از از داده‌های ماهواره‌ای MODIS مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ و شاخص NDWI مساحت پهنهٔ مرطوب و غیر مرطوب تالاب شادگان مطالعه شد و نتایج نشان داد در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۴ کمترین مساحت و ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ بیشترین پهنهٔ مرطوب را داشته است [۱۰]. بررسی تغییرات فصلی و ماهانهٔ تالاب جازموریان با استفاده از تصاویر لندست برای دورهٔ زمانی ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۲ نشان داد در یک دورهٔ ۴۰ ساله، سال ۱۹۷۶ پرآب‌ترین سال بوده که حتی در ماه‌های گرم و خشک، جازموریان آبدار بوده است [۱۱]. بررسی تغییرات مساحت تالاب شادگان طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ نشان داد به علت خشکسالی مساحت پوشش گیاهی آن کم شده، اما در سال۲۰۱۳ به دلیل ورود زه‌آب کشاورزی و صنعتی پوشش گیاهی آن افزایش یافته است [۱۲]. ارزیابی روند تغییرات تالاب ساحلی میانکاله با رویکرد آمایش سرزمین با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست در بازهٔ زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ کاهش شدید پهنهٔ آبی را نشان داده است [۱۳]. پایش سطح آب تالاب میقان از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ بیانگر روند کاهشی سطح آب تالاب است [۱۴]. بررسی تغییرات سطحی و حجمی آب دریاچهٔ ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای، کاهش مقدار آب از سال ۱۹۷۶ تا سال ۲۰۱۵ به یک هشتم و کاهش تراز آب تا ۴ متر را نشان داده است [۱۵]. تالاب امیرکلایه لاهیجان طی چند سال اخیر با کاهش آب ورودی به تالاب به دلیل مصارف کشاورزی، در بیشتر مواقع سال خشک است [۱۶]. پایش تغییرات مکانی- زمانی تالاب کیاکلایه لنگرود با هدف بررسی روند تخریب آن طی ۲۴ سال اخیر با تصاویر سنجش از دور نشان داد پوشش گیاهی و سطح آب طی ۲۴ سال اخیر کاهش چشمگیر داشته است [۱۷]. بررسی تغییرات پوشش گیاهی و سطح آب دریاچهٔ زریوار در بازهٔ زمانی ۱۹۸۴-۲۰۱۶ نشان داد کاهش سطح آب دریاچه و افزایش سطح پوشش‌های گیاهی متراکم و ضعیف به دلیل دخالت‌های انسانی از طریق ورود پساب‌های کشاورزی، شهری و صنعتی به داخل دریاچهٔ زریوار است [۱۸]. بررسی تالاب یعقوب‌آباد در مجموعهٔ تالاب‌های الله‌آباد قزوین نشان داد مقایسهٔ حدود پیکرهٔ آبی تالاب در دو دورهٔ ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ نشان‌دهندهٔ افزایش

درخور توجه سطح آب در فصل سرد در تالاب است که ارتباط معنادار با میزان بارش باران در منطقه دارد [۱۹]. مطالعهٔ روند تغییرات سطح آب تالاب بختگان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین نشان داد هم‌زمان با کاهش ۵۸/۳ درصد سطح آب تالاب، کاهش ۲۶۰ درصد نیز در سطح آب‌های زیرزمینی منطقه رخ داده است. با این‌حال، تغییرات مقدار بارش منطقه در مقایسه با پارامترهای دیگر کمتر بوده و حدود ۲۹ درصد کاهش داشته است [۲۰]. بررسی همبستگی تغییرات دمایی تالاب‌های شادگان و هورالعظیم با تغییر مساحت آب نشان داد به طور متوسط به ازای تغییر هر یک هزار هکتار از مساحت تالاب‌های هورالعظیم و شادگان میزان دما ۰/۴± درجهٔ سلسیوس تغییر می‌کند [۲۱].

تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری زمین ممکن است به تالاب‌ها آسیب برساند و باعث شود که ارزش‌های خود را به عنوان زیستگاه حیات وحش و ارائه‌دهندگان خدمات انسانی کاهش دهند [۲۲]. تغییر کاربری زمین یکی از عوامل اصلی در از دست دادن نقش خدمات اکوسیستم تالاب است [۲۳]. تغییرات در کاربری اراضی حوضهٔ آبخیز تالاب‌ها منجر به تغییرات پوشش کاربری در محدودهٔ تالاب‌ها می‌شود. به همین دلیل، برخی از مطالعات تغییرات مربوط به حوضهٔ آبریز تالاب را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضهٔ آبریز تالاب انزلی در ۴ مقطع در دورهٔ زمانی ۳۲ ساله نشان داد ۱۷۷۴ هکتار از اراضی با پوشش طبیعی جنگل و مرتع ۱۲۳۶۳هکتار از اراضی کشاورزی و باغ‌ها ۱۱۲۳ هکتار از اراضی با پوشش ضعیف و ۱۴۳ هکتار از اراضی تالابی به اراضی شهری و ساخته‌شده تغییر کاربری داده‌اند [۲۴]. تغییرات کاربری اراضی در محدودهٔ تالاب چغاخور در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۳ بیانگر افزایش زمین‌های زراعی و کاهش سطح آب است [۲۵] ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی محدودهٔ تالاب بین‌المللی آلاگل، آلماگل و آجی‌گل ترکمن صحرا بیانگر کاهش سطح آب تالاب‌ها است [۲۶]. پایش تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۸۲ و ۱۳۹۳ هورالعظیم نشان داد بر وسعت کاربری‌های مسکونی و مرتع اضافه شده و از سطح تالاب و اراضی کشاورزی کاسته شده است [۲۷]. تغییرات حوضهٔ تالاب بین‌المللی گمیشان در شمال غربی استان گلستان و در نوار ساحلی دریای خزر در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۱۶ نشان داد حدود ۳۲ درصد از سطح آب تالاب کاهش یافته است [۲۸]. بررسی تغییر کاربری اراضی و اثرات احداث سد کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در ۷ ردیف مختلف طبقه‌بندی شده است [۲۹]. پایش ماهواره‌ای حوضهٔ آبخیز مربوط به تالاب مهارلو طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ نشان داد افزایش وسعت پوشش گیاهی و متعاقب آن، برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی به مرور زمان بر روند کاهشی وسعت توده‌های آبی تالاب تأثیر گذاشته است [۳۰].

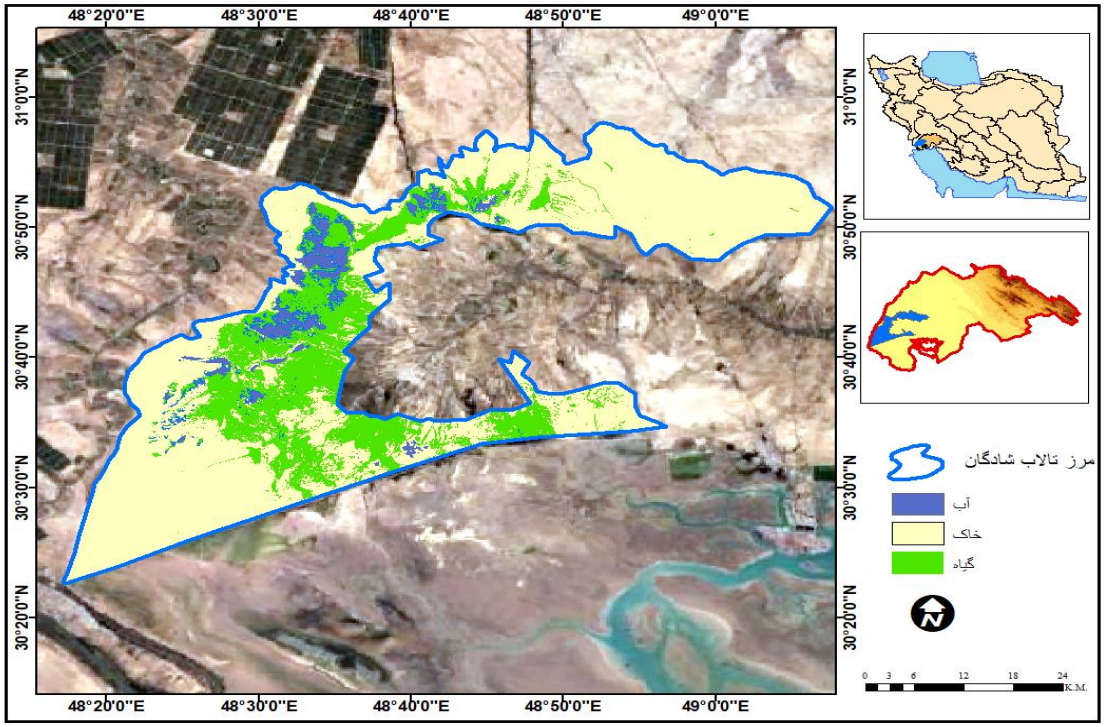
در سال‌های اخیر افزایش دما، کاهش بارش و وقوع خشکسالی‌های مکرر ناشی از افزایش گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی حیات اکوسیستم‌های تالابی و هورها را در کشور به‌ویژه در مناطقی که دارای آب‌وهوای گرم و خشک تا نیمه‌خشک است مانند استان خوزستان، با خطر جدی مواجه کرده است. توسعهٔ شبکه‌های بزرگ آبیاری و طرح‌های بزرگ کشت آبی و احداث بندها و سدها، حتی روی جریان‌های فصلی، مانع از رسیدن حقابهٔ مورد نیاز تالاب و منجر به تغییرات مساحت طبقات مختلف پوششی آن شده است. هرچند تمام این فعالیت‌ها تا حدودی تحت تأثیر عوامل طبیعی از جمله خشکسالی و تغییر اقلیم است، اما به نظر می‌رسد انسان با شتاب بیشتر و بدون مطالعهٔ همدیدی عوامل مؤثر بر تغییرات تالاب‌ها به عنوان اکوسیستم‌های حیاتی، نقش ایفا می‌کند. یکی از عناصر اصلی یک حوضهٔ آبخیز که در مدیریت یکپارچه باید مد نظر قرار گیرد، آگاهی از روند تغییرات طبقات مختلف پوشش اراضی و شناخت عوامل مؤثر بر این تغییرات است. تغییرات طبقات پوشش یک تالاب تحت تأثیر عوامل متعدد طبیعی و انسانی رخ می‌دهد و تنها متأثر از شرایط خود تالاب نیست و بیشتر تحت تأثیر عوامل متعدد حوضهٔ آبخیز مربوط به خود تالاب است. تالاب شادگان به دلایل متعدد دچار تغییرات زیادی شده است. از طرفی، عدم رعایت حقابه و خشکیدن بستر منجر به تولید ریزگردهای تالابی شده است [۳۱ـ ۳۳] که با توجه به مسیر عبور جریان‌های جوی در فصل‌های مختلف سال سایر حوضه‌های آبخیز اطراف را نیز متأثر می‌کند و خسارت‌های ناشی از آن جوامع انسانی بیشتری را متأثر می‌کند. در این تحقیق هدف بررسی تغییرات طبقات مختلف پوشش اراضی تالاب شادگان و شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات آن با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست با پوشش و

تفکیک و دورهٔ زمانی مناسب و مدل‌سازی سهم این عوامل با استفاده از توابع چندلایهٔ پرسپترون شبکه‌های عصبی است. بیشتر مطالعاتی که به این منظور روی تالاب‌ها انجام شده، بیشتر بر جنبه‌های تغییر مساحت آب و ارتباط آن با یک یا چند عامل و بیشتر از روش‌های رگرسیونی تأکید شده است؛ در این پژوهش تا جای ممکن بیشتر پارامترها و عوامل اقلیمی و انسانی که دارای آمار و اطلاعات کمی بودند، در نظر گرفته شد و با استفاده از مدل شبکهٔ عصبی بهینهٔ وزن هر عامل استخراج شد و سهم آن در تغییرات مختلف طبقات پوششی تالاب به صورت کمی بیان شد. شناخت سهم عوامل مؤثر بر تغییرات طبقات پوششی تالاب‌ها اهمیت زیادی برای مدیریت آن‌ها در غالب مدیریت یکپارچهٔ حوضه‌های آبخیز دارد که در این مقاله بررسی و شناسایی شده است.

منطقهٔ مطالعه‌شده

حوضهٔ آبریز هندیجان‌ــ جراحی یکی از زیرحوضه‌های خلیج فارس و دریای عمان است. زیرحوضهٔ جراحی با مساحت ۲۵۳۱۴ کیلومترمربع از سمت غرب و شمال به حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ کارون محدود است و از سمت شرق حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ زهره آن را محدود می‌کند. تالاب شادگان در حوضهٔ آبخیز جراحی و در منتهی‌الیه این رودخانه قرار دارد (شکل ۱). این حوضه با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی از ۸ محدودهٔ مطالعاتی شامل شادگان، رامهرمز، دالون میداوود، باغ ملک، صیدون، جاییزان، بهبهان و تخت دراز تشکیل شده است. محدودهٔ مطالعاتی شادگان با وسعت ۱۳۵۵۲/۵ کیلومترمربع وسیع‌ترین محدودهٔ مطالعاتی است [۳۴].

توزیع مکانی بارش در محدودهٔ مطالعه‌شده از توپوگرافی و عامل ارتفاع تبعیت می‌کند؛ شرق حوضهٔ جراحی کوهستانی و دارای متوسط بارش ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال است و از سمت شرق به غرب حوضه از مقدار بارش کاسته می‌شود. میانگین بلندمدت بارش کل حوضه ۲۶۴ میلی‌متر است. متوسط دمای حداکثر ۳۲ و دمای حداقل ۱۸/۲ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسط تبخیر ۳۲۶۲ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی ۴۱ درصد است. تالاب در قسمت انتهایی محدودهٔ مطالعه‌شده واقع شده که متوسط بارش سالانهٔ آن ۱۷۳ میلی‌متر و دما و تبخیر آن بیشتر از کل محدودهٔ مورد مطالعه است.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده

داده‌ها و روش کار

تعیین محدودهٔ حوضهٔ آبخیز مشرف به تالاب شادگان

مرز هیدرولوژیکی مشرف بر تالاب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی و کنترل با نقشه‌های کدگذاری‌شدهٔ حوضه‌های آبخیز وزارت نیرو شناسایی و تعیین شد. حوضهٔ آبخیز جراحی که قسمتی از حوضهٔ درجهٔ ۱ حوضهٔ زهره- جراحی و زیرحوضهٔ بزرگ خلیج فارس و دریای عمان است، در محیط GIS برش داده شد و به عنوان حوضهٔ آبخیز تالاب مشخص شد. مساحت این حوضه ۲۴۳۱۰ کیلومتر مربع است که ۹۸۰۲ کیلومتر مربع آن (حدود ۴۰ درصد) کوهستانی و ۱۴۵۰۸ کیلومتر مربع دیگر (حدود ۵۹/۷ درصد) دشت و زمین‌های دامنه‌ای تشکیل شده است. مساحت اکولوژیکی تالاب ۵۳۷۷ کیلومترمربع است. تالاب شادگان شامل سه پهنهٔ متمایز است: ۱- بخش آب شیرین؛ ۲- پهنهٔ جزر و مدی؛ ۳- منطقهٔ ساحلی یا بخش آب شور و اراضی حاشیه‌ای.

تعیین محدودهٔ تالاب شادگان

از آنجا که در این مطالعه هدف، بررسی تغییرات پوشش مربوط به آب شیرین تالاب است، به تعیین مرز تالاب اقدام شد. مرز تالاب یا حد بستر تالاب، خطی است که بالاترین پیشروی آب را شامل می‌شود و با استفاده از بررسی‌های میدانی روی پوشش گیاهی، خاک و آب تعیین می‌شود [۳۵]. در این مطالعه تغییرات محدودهٔ مربوط به آب شیرین تالاب مورد ارزیابی قرار گرفته است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مرز تالاب براساس پربارش‌ترین سال و ماه حدود ۱۶۴ هزار هکتار تعیین شده است. با توجه به سازوکار سیستم‌های بارشی منطقه در انتهای اردیبهشت و نیمهٔ اول خرداد، بارش‌ها روی حوضهٔ آبریز تالاب به حداقل ممکن می‌رسد و تالاب بیشترین آب‌های ورودی خود را دریافت کرده است. بنابراین، در این مطالعه از نظر زمانی تصاویر استفاده‌شدهٔ مربوط به نیمهٔ دوم اردیبهشت و یا نیمهٔ اول خرداد هستند.

تهیهٔ سری تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز از تالاب

تصاویر لندست در محدودهٔ مسیر ۱۶۵ و ردیف ۳۹ با توجه به پوشش کامل تالاب انتخاب شد. با انتخاب سری زمانی مورد بررسی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷ و ۸، در محدودهٔ یادشده اخذ شد. طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه یعنی از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ فاقد تصویر مناسب در محدودهٔ مطالعه‌شده بود. به منظور تغییرات پوشش سطح آب، پوشش گیاهی و سطح خشکیدهٔ تالاب روی تصاویر اخذشده عملیات پردازش تصویر انجام شد. عملیات پردازش تصاویر شامل عملیات پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش در محیط نرم‌افزار ENVI.5.3 انجام شد.

عملیات پیش‌پردازش؛ در این مرحله تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری روی سری‌های تصاویر لندست مورد استفاده اعمال شده است. این‌گونه که ابتدا از طریق ورود پارامترهای کالیبراسیون موجود در متادیتای همراه تصاویر، DN به رادیانس تبدیل شده است و در گام بعدی به علت نبود خطاهای اتمسفری مشکل‌زا، با استفاده از روش Dark-subtraction با انتخاب تیره‌ترین پیکسل، تصحیح اتمسفری تصاویر صورت گرفت. عملیات پردازش (طبقه‌بندی)؛ تکنیک طبقه‌بندی برای گروه‌بندی پیکسل‌ها به کار می‌رود تا بتواند جزئیات پوششی زمینی را با دقت زیاد نشان دهد. سه نوع طبقه‌بندی اصلی شامل طبقه‌بندی نظارت‌نشده، طبقه‌بندی نظارت‌شده و طبقه‌بندی شیءگرا وجود دارد. در این پژوهش از طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تفکیک طبقات استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی نظارت‌شده وجود دارد که روش‌های عمومی آن بیشترین احتمال و کمترین فاصله است. در این پژوهش از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM[1]) استفاده شده است. بنابراین، مرحلهٔ عملیات طبقه‌بندی نظارت‌شده روی تصاویر لندست به روش ماشین بردار پشتیبان، در سه طبقهٔ آب، پوشش گیاهی و خاک یا سطح لخت یا بدون پوشش انجام گرفت.

عملیات پس‌پردازش؛ در این مرحله تصاویر طبقه‌بندی‌شده با روش ماشین بردار پشتیبان، با استفاده از واقعیت‌های زمینی حاصل از بررسی‌های گوگل ارث مقایسه شد و دقت طبقه‌بندی به دست آمد. دقت طبقه‌بندی برای تصاویر طبقه‌بندی‌شده با استفاده از دو شاخص، دقت کلی و کاپا محاسبه شدند.

بررسی تغییرات کاربری‌های اصلی اراضی در محدودهٔ تالاب

پس از ارزیابی دقت طبقه‌بندی نقشه‌های خروجی به محیط GIS منتقل و مساحت هر طبقه طی دورهٔ مورد مطالعه استخراج شد و به درصد تبدیل شده و نمودار روند تغییرات آن‌ها ترسیم شد.

1. Support Vector Machine

تعیین وزن عوامل مؤثر بر طبقات مختلف تالاب شادگان با استفاده از توابع شعاع مدار شبکهٔ عصبی

تالاب شادگان در منتهی‌الیه حوضهٔ آبخیز جراحی واقع شده است. بررسی تصاویر مربوط به تالاب نشان داد سطح خشکیده، آبدار و پوشش گیاهی طی دورهٔ آماری مورد مطالعه دارای تغییرات زیادی بوده است. ابتدا عوامل طبیعی و انسان‌ساخت مؤثر بر تغییرات طبقات پوشش اراضی در دو سطح کل حوضه و محدودهٔ تالاب استخراج شد. عوامل طبیعی مؤثر بر تغییرات تالاب در سطح کل حوضه شامل میانگین بارش، متوسط دما، متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، رطوبت متوسط، متوسط حداکثر رطوبت، متوسط حداقل رطوبت، تبخیر و خشکسالی است. پارامترهای مربوط به محدودهٔ تالاب شامل متوسط دبی سالانه، حداکثر دبی لحظه‌ای، میانگین بارش، متوسط دما، متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما و تبخیر است.

تغییرات میزان دبی و حداکثر دبی لحظه‌ای از آخرین ایستگاه هیدرومتری ورودی به تالاب، دبی زه‌آب نیشکر ورودی از طرح‌های بزرگ نیشکر دعبل خزاعی، سلمان فارسی و فارابی، تغییرات میزان سطح زیر کشت آبی در محدودهٔ کل حوضهٔ آبخیز و تعداد سدها و بندهای خاکی به‌ویژه در محدودهٔ مطالعاتی رامهرمز و شادگان به عنوان عواملی که انسان در آن نقش دارد، در نظر گرفته شده است. در محدودهٔ حوضهٔ آبخیز هر تالاب به علت نزدیکی تالاب به آب‌های دریا سطح آب زیرزمینی زیاد است و نمی‌تواند به عنوان یک عامل مؤثر قلمداد شود. از طرفی، در حوضهٔ آبخیز با وجودی که تعداد زیادی چاه حفر شده، اما در محدودهٔ مطالعاتی شادگان و در آبخوان شادگان فقط تعداد ۳۰ عدد چاه عمیق و نیمه‌عمیق حفر شده که آمار آن از سال ۱۳۹۲ موجود است و در ضمن، به عنوان یک عامل مؤثر محسوب نمی‌شود.

با توجه به اینکه تعیین میزان سهم هر یک از مؤلفه‌های مستقل تأثیرگذار بر متغیر وابسته سطوح خشکیده، آبدار و پوشش گیاهی تالاب شادگان در بازهٔ زمانی ۲۰۱۸-۱۹۸۸ طولانی‌مدت هدف اصلی پژوهش حاضر است، بنابراین در این راستا از توابع چندلایهٔ پرسپترون شبکه‌های عصبی استفاده شد. در این بررسی ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان دادهٔ آموزشی و ۳۰ درصد داده‌ها به عنوان دادهٔ تست وارد شبکه شد. پس از مقایسهٔ کارایی مدل‌ها براساس مجموع مربعات خطا (SSE) و خطای نسبی (RE) داده‌های آموزشی و تست و همچنین، ضریب همبستگی (R) بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و تخمین‌زده‌شدهٔ سطح خشکیده، مرطوب و پوشش گیاهی تالاب، بهترین مدل انتخاب و براساس آن، میزان تأثیر هر یک از پارامترها بر سطح مختلف طبقه‌بندی‌شدهٔ تالاب در بازهٔ زمانی مورد مطالعه مشخص و وزن هر یک عوامل مؤثر طبق مدل بهینه برآورد شد. نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. پس از انتخاب مدل بهینه و اجرای آن در محیط نرم‌افزار SPSS میزان اهمیت هر عامل محاسبه شد. جمع عددی میزان عوامل انسانی و طبیعی برای هریک از طبقات پوششی تالاب محاسبه شد و سهم عوامل طبیعی و انسانی با توجه به فاکتورهای ورودی به مدل مشخص شد.

جدول ۱. ارزیابی ساختارهای متفاوت شبکهٔ پرسپترون چندلایه در برآورد طبقات مختلف تالاب

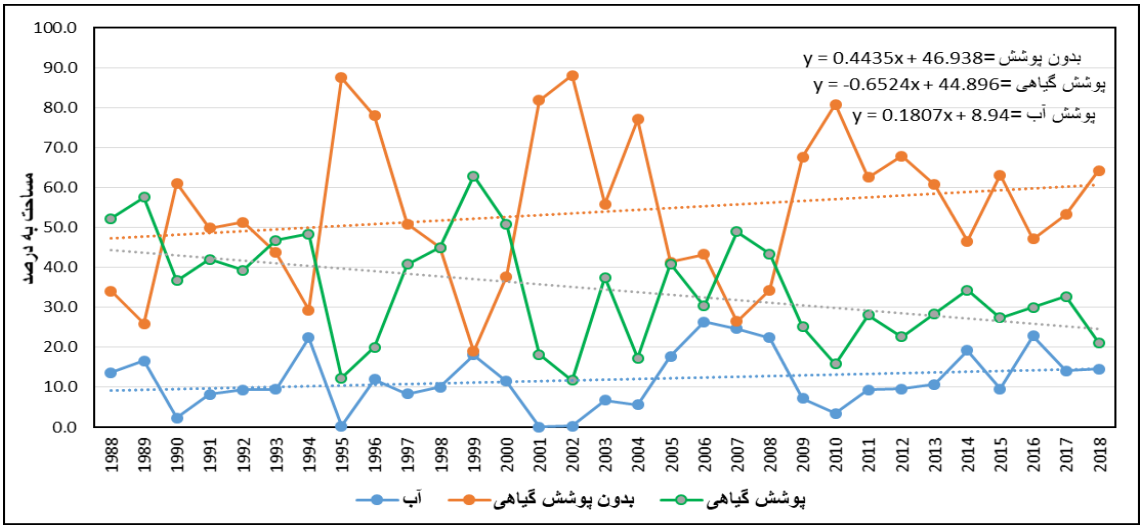
MLP	ساختار	تابع انتقال لایهٔ پنهان / تابع انتقال لایهٔ خروجی	آموزشی		تست		ضریب همبستگی
			SSE	RE	SSE	RE	
MLP1	Automatic compute	Hyperbolic tangent / Identity	۰/۵۱	۰/۰۶	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۷۹
MLP3	Custom	Hyperbolic tangent / Hyperbolic tangen	۲/۱۲	۲/۳۳	۱/۲۶	۰/۶۵	۰/۷۸
MLP4	Custom	Hyperbolic tangent / Sigmoid	۵/۴	۰/۷۵	۱۰	۱/۷	۰/۵۲
MLP5	Custom	Sigmoid / identity	۲/۰۴	۰/۴۳	۱/۳۶	۰/۶۸	۰/۷۸
MLP6	Custom	Sigmoid / Hyperbolic tangent	۴/۹۵	۰/۴۹	۳/۹	۰/۵۹	۰/۷۲
MLP7	Custom	Sigmoid / Sigmoid	۵/۱	۰/۸۹	۱۲	۱/۵	۰/۶۴

نتایج و بحث

تغییرات مساحت طبقات کاربری اراضی تالاب شادگان

بررسی روند تغییرات مساحت طبقات کاربری اراضی تالاب نشان داد مساحت طبقهٔ بدون پوشش و یا لخت تالاب روند افزایشی داشته است، به طوری که سالانه ۱۹ کیلومتر مربع بر مساحت سطح خشکیدهٔ تالاب اضافه شده است (شکل ۲). بیشترین مساحت خاک تالاب در سال ۱۹۹۴ در حدود ۸۷/۴ درصد بوده و در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ مساحت پوشش خاک تالاب به‌ترتیب ۸۲ و ۸۸ درصد بوده است. در سال ۲۰۰۸ مساحت خاک تالاب به ۶۸ درصد و در سال ۲۰۰۹ به ۸۱ درصد مساحت کل تالاب رسید. کمترین مساحت خاک تالاب در سال ۱۹۹۸ حدود ۱۹ درصد بوده است. روند تغییرات پوشش گیاهی تالاب کاهشی بوده است (شکل ۲). در سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۱ مساحت پوشش گیاهی به کمترین مقدار خود به‌ترتیب ۱۲/۲ و ۱۲/۸ درصد مساحت کل تالاب رسید. بیشترین مساحت پوشش گیاهی با ۶۸ درصد از مساحت کل تالاب مربوط به سال ۱۹۹۸ است. در سال‌های اخیر با وجود رخداد خشکسالی‌های مداوم و شدید به علت ورود زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر به استثنای سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ مساحت پوشش گیاهی بالای ۲۰ درصد بوده است .

روند تغییرات مساحت آب در مجموع افزایشی است (شکل ۲) تا قبل از ورود زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر به تالاب، در سال ۱۹۹۳ بیشترین مساحت آب تالاب ۴/۲۲ درصد بوده که این میزان سطح آب ناشی از شرایط کلی حوضهٔ آبریز مربوط به تالاب بوده که با ترسالی شدید مواجه بوده است. در سال ۲۰۰۵ مساحت آب تالاب به بیشترین مقدار خود طی دورهٔ ۳۰ سالهٔ مورد پایش است. در سال قبل ۲۴۰ میلیون متر مکعب و در این سال ۲۶۶ میلیون مترمکعب زه‌آب وارد تالاب شده است. در سال ۲۰۰۶ نیز مساحت آب تالاب به ۲۴/۶ درصد رسیده است. در این سال حجم زه‌آب ورودی به داخل تالاب ۲۶۵ میلیون مترمکعب بوده است. بنابراین، مساحت آب تالاب در سال‌های اولیه تابع شرایط بارش در حوضهٔ آبخیز تالاب و از سالی که زه‌آب نیشکر وارد آب تالاب شده، تابع شرایط بارش و حجم زه‌آب ورودی از طرح‌های نیشکر بوده است. کمترین درصد مساحت آب مربوط به سال ۲۰۰۰ با ۰/۰۷ و سال ۱۹۹۴ با ۰/۲ درصد بود که تالاب با کمترین مقدار آب به علت خشکسالی شدید در حوضهٔ آبخیز تالاب تا مرز خشک شدن کامل پیش رفته است. این در حالی است که در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در محدودهٔ حوضهٔ آبخیز تالاب خشکسالی بسیار شدید رخ داده، اما آب ورودی از طرح‌های نیشکر تالاب را از خشکی کامل تا حدی که به شرایط ۱۹۹۴ و ۲۰۰۰ برسد، نجات داده است. از سال ۲۰۰۲ با ورود زه‌آب ناشی از طرح‌های نیشکر افزایش مساحت آب تالاب روند شیب افزایشی بیشتری به خود گرفته است.



شکل ۲. روند تغییرات طبقات کاربری اراضی تالاب شادگان (۱۹۸۸-۲۰۱۸)

تعیین سهم عوامل مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب شادگان

خشکیدن یک تالاب و یا بخش‌هایی از آن یک پدیدهٔ تدریجی است که به مرور زمان رخ می‌دهد، اما تغییرات شرایط آب‌وهوایی با افزایش دما و کاهش بارش و در نتیجه، رخداد خشکسالی‌های مداوم در محدودهٔ آبخیز تالاب‌ها از یک سو و تغییرات کاربری اراضی و تبدیل زمین‌های دیم به آبی و توسعهٔ شبکه‌های آبیاری در راستای رسیدن به خودکفایی برای تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در دهه‌های اخیر منجر به خشکیدگی بسیاری از تالاب‌ها و یا بخش‌هایی از آن‌ها در کل کشور به‌ویژه در حوضهٔ آبخیز جراحی شده است.

عوامل مؤثر بر تغییرات سطوح خشکیده، آبدار و پوشش گیاهی در هر تالابی با تالاب دیگر متفاوت است. در بررسی عوامل مؤثر بر خشکیدگی تالاب شادگان عوامل طبیعی و انسانی متعددی در نظر گرفته شده است. در جدول ۲ میزان اهمیت متغیرهای مستقل بر خشکیدگی تالاب به صورت کسری از عدد ۱ که در ستون آخر نرمال شده، نشان داده شده است. در شکل ۳ تمام متغیرها به ترتیب اهمیت تأثیرگذاری نشان داده شده است.

اصلی‌ترین رودخانهٔ ورودی به تالاب شادگان رودخانهٔ جراحی است. رودخانهٔ جراحی از دو شاخهٔ اصلی مارون و الله تشکیل شده است. ایستگاه‌های هیدرومتری متعددی روی این رودخانه قرار دارد. در طول مسیر این رودخانه شبکه‌های آبیاری متعددی وجود دارد که دبی آن را تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین، برای بررسی تغییرات سطوح مختلف تالاب، دبی ورودی از آخرین ایستگاه به عنوان یکی از متغیرهای مؤثر در نظر گرفته شد. در بین تمام متغیرها دبی ورودی از آخرین ایستگاه به تالاب مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۹/۶ درصد است. عامل تبخیر در سطح حوضهٔ جراحی روند افزایشی دارد؛ تبخیر دومین متغیر مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۸/۲ است. متوسط دمای حوضه دارای روند افزایشی است. این متغیر سومین متغیر مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۷/۵ درصد است. حداکثر دمای حوضه روند افزایشی دارد؛ این متغیر چهارمین متغیر مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۷/۱ درصد است. متوسط حداکثر رطوبت حوضه روند کاهشی دارد؛ رطوبت پنجمین متغیر مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۶/۸ درصد است. بارش سطح تالاب روند کاهشی دارد؛ بارش ششمین متغیر مؤثر بر سطح خشکیدهٔ تالاب با وزن ۵/۵ درصد است. متغیر شاخص خشکسالی spi حوضه با وزن ۵/۲ درصد، هفتمین متغیر مؤثر است. سایر پارامترها وزنی کمتر از ۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. در بین سایر متغیرها، میزان سطح زیر کشت کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. بنابراین، مهم‌ترین متغیر در خشکیدگی تالاب دبی آخرین ایستگاه ورودی به تالاب در محدودهٔ خود تالاب و ۶ متغیر مربوط به حوضهٔ آبخیز تالاب که اهمیت بیشتری دارند، است.

تعیین سهم عوامل مؤثر بر سطح آب تالاب شادگان

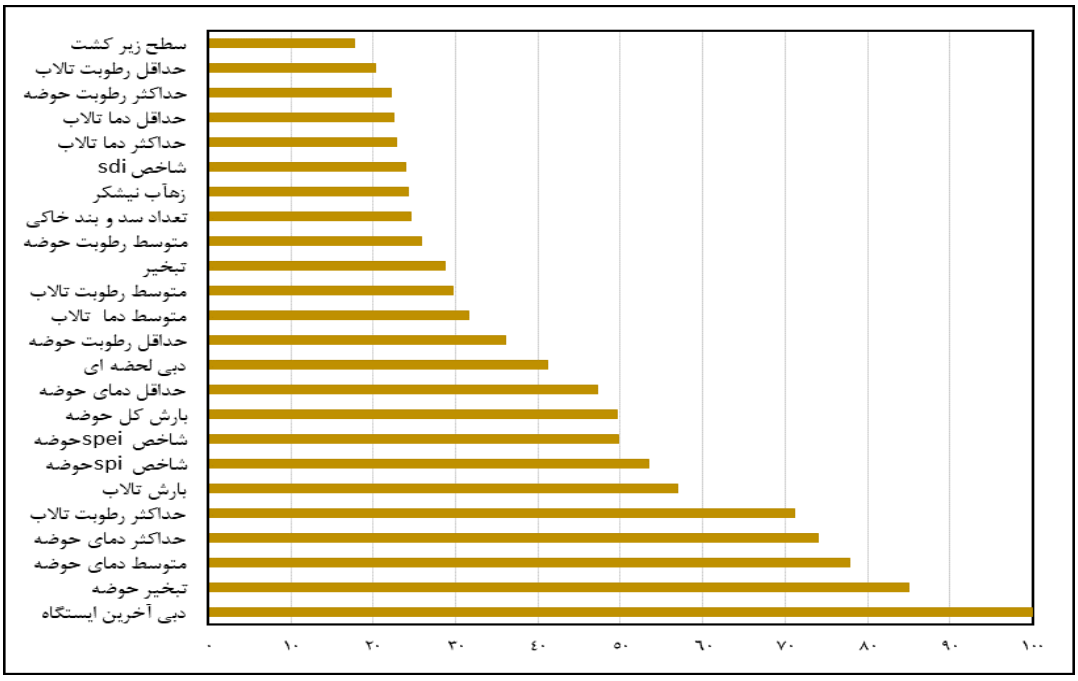
در جدول ۳ متغیرهای اثرگذار بر تغییرات سطح آبدار تالاب نشان داده شده است. در شکل ۴ تمام متغیرها براساس میزان تأثیر به‌ترتیب به شکل نمودار نشان داده شده است. متغیر دبی ورودی از آخرین ایستگاه به تالاب مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر تغییرات سطح آبدار تالاب با وزن ۱۰/۳ درصد است. رطوبت سطح تالاب، حداکثر دمای حوضه، حداقل دمای حوضه، بارش کل حوضه به ترتیب اهمیت قرار دارند. سایر پارامترها وزنی کمتر از ۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. کم‌اهمیت‌ترین متغیر در تغییرات سطح آبدار تالاب پارامترهای مربوط به سطح تالاب است. بنابراین، پس از عوامل اقلیمی مربوط به کل حوضه متغیر دبی لحظه‌ای و تعداد سد و بندهای خاکی حوضهٔ آبخیز دارای اهمیت است.

تعیین سهم عوامل مؤثر بر مساحت پوشش گیاهی تالاب شادگان

در جدول ۴ متغیرهای اثرگذار بر تغییرات سطح آبدار تالاب نشان داده شده است. در شکل ۵ تمام متغیرها براساس میزان تأثیر به‌ترتیب به شکل نمودار نشان داده شده است. متغیر بارش سطح تالاب مهم‌ترین متغیر مؤثر بر تغییرات سطح پوشش گیاهی تالاب با وزن ۱۲/۲ درصد است. شاخص خشکسالی SPEI دومین متغیر تعیین‌کنندهٔ تغییرات پوشش گیاهی سطح تالاب با وزن ۱۰/۱ درصد است. دمای حداقل سطح حوضهٔ آبخیز و دمای متوسط سطح تالاب، دبی ورودی از آخرین ایستگاه هیدرومتری ورودی به تالاب و تبخیر سطح حوضه در مرتبهٔ بعدی اهمیت قرار دارند.

جدول ۲. میزان اهمیت متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر سطح خشکیدهٔ تالاب شادگان

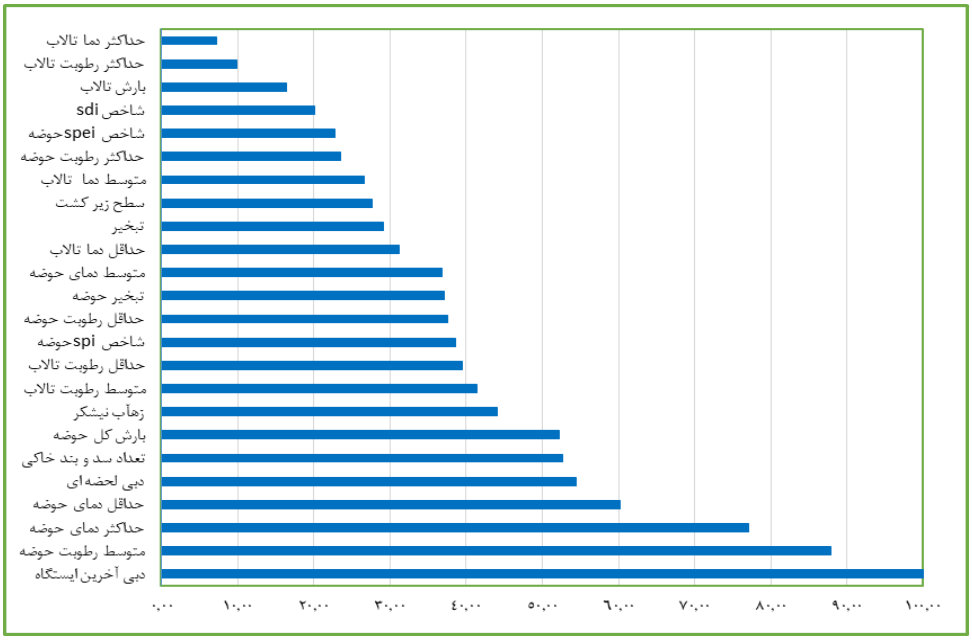
ردیف	نام عامل مؤثر	میزان اهمیت	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت به درصد
۱	دبی لحظه‌ای	0.03	41.18	4
۲	دبی آخرین ایستگاه	0.10	100.00	9.6
۳	زه‌آب نیشکر	0.02	24.19	2.3
۴	سطح زیرکشت	0.02	17.69	1.7
۵	تعداد سد و بند خاکی	0.02	24.65	2.4
۶	تبخیر	0.03	28.65	2.8
۷	بارش تالاب	0.05	56.96	5.5
۸	متوسط دمای تالاب	0.03	31.63	3.1
۹	حداکثر دمای تالاب	0.02	22.86	2.2
۱۰	حداقل دمای تالاب	0.02	22.55	2.2
۱۱	متوسط رطوبت تالاب	0.03	29.74	2.9
۱۲	حداکثر رطوبت تالاب	0.07	71.18	6.9
۱۳	حداقل رطوبت تالاب	0.02	20.22	2
۱۴	شاخص σδι	0.02	23.95	2.3
۱۵	شاخص σπι حوضه	0.05	53.45	5.2
۱۶	شاخص σπει حوضه	0.05	49.70	4.8
۱۷	بارش کل حوضه	0.05	49.63	4.8
۱۸	متوسط دمای حوضه	0.08	77.80	7.5
۱۹	حداقل دمای حوضه	0.05	47.23	4.6
۲۰	حداکثر دمای حوضه	0.07	73.96	7.1
۲۱	تبخیر حوضه	0.08	84.92	8.2
۲۲	متوسط رطوبت حوضه	0.02	25.88	2.5
۲۳	حداکثر رطوبت حوضه	0.02	22.25	2.1
۲۴	حداقل رطوبت حوضه	0.03	36.02	3.5



شکل ۳. میزان اهمیت عوامل تأثیرگذار بر سطح خشکیدهٔ تالاب شادگان

جدول۳. میزان اهمیت متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر سطح آبدار تالاب شادگان

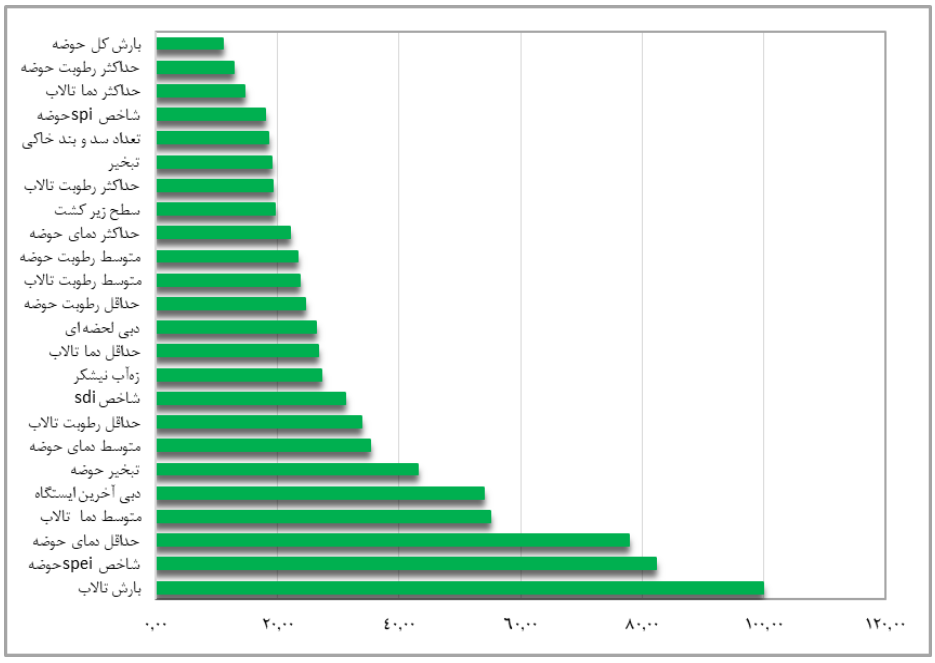
ردیف	نام عامل مؤثر	میزان اهمیت	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت به درصد
۱	دبی لحظه‌ای	0.06	54.52	5.6
۲	دبی آخرین ایستگاه	0.10	100.00	10.3
۳	زه‌آب نیشکر	0.05	44.05	4.5
۴	سطح زیر کشت	0.03	27.73	2.8
۵	تعداد سد و بند خاکی	0.05	52.65	5.4
۶	تبخیر	0.03	29.09	3
۷	بارش تالاب	0.02	16.48	1.7
۸	متوسط دمای تالاب	0.03	26.58	2.7
۹	حداکثر دمای تالاب	0.01	7.33	0.8
۱۰	حداقل دمای تالاب	0.03	31.17	3.2
۱۱	متوسط رطوبت تالاب	0.04	41.40	4.2
۱۲	حداکثر رطوبت تالاب	0.01	9.98	1
۱۳	حداقل رطوبت تالاب	0.04	39.48	4.1
۱۴	شاخص sdi	0.02	20.09	2.1
۱۵	شاخص spi حوضه	0.04	38.64	4
۱۶	شاخص spei حوضه	0.02	22.77	2.3
۱۷	بارش کل حوضه	0.05	52.17	5.4
۱۸	متوسط دمای حوضه	0.04	36.80	3.8
۱۹	حداقل دمای حوضه	0.06	60.22	6.2
۲۰	حداکثر دمای حوضه	0.08	77.05	7.9
۲۱	تبخیر حوضه	0.04	37.15	3.8
۲۲	متوسط رطوبت حوضه	0.09	87.88	9
۲۳	حداکثر رطوبت حوضه	0.02	23.60	2.4
۲۴	حداقل رطوبت حوضه	0.04	37.61	3.9



شکل۴. میزان اهمیت عوامل تأثیرگذار بر سطح آبدار تالاب شادگان

جدول ۴. میزان اهمیت متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر سطح پوشش گیاهی تالاب شادگان

ردیف	نام عامل مؤثر	میزان اهمیت	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت به درصد
۱	دبی لحظه‌ای	0.03	26.31	3.2
۲	دبی آخرین ایستگاه	0.07	53.89	6.6
۳	زه‌آب نیشکر	0.03	27.26	3.3
۴	سطح زیر کشت	0.02	19.45	2.4
۵	تعداد سد و بند خاکی	0.02	18.55	2.3
۶	تبخیر	0.02	19.08	2.3
۷	بارش تالاب	0.12	100.00	12.2
۸	متوسط دمای تالاب	0.07	55.04	6.7
۹	حداکثر دمای تالاب	0.02	14.51	1.8
۱۰	حداقل دمای تالاب	0.03	26.62	3.3
۱۱	متوسط رطوبت تالاب	0.03	23.62	2.9
۱۲	حداکثر رطوبت تالاب	0.02	19.15	2.3
۱۳	حداقل رطوبت تالاب	0.04	33.83	4.1
۱۴	شاخص sdi	0.04	31.20	3.8
۱۵	شاخص spi حوضه	0.02	17.88	2.2
۱۶	شاخص spei حوضه	0.10	82.26	10.1
۱۷	بارش کل حوضه	0.01	10.96	1.3
۱۸	متوسط دمای حوضه	0.04	35.23	4.3
۱۹	حداقل دمای حوضه	0.10	77.86	9.5
۲۰	حداکثر دمای حوضه	0.03	21.96	2.7
۲۱	تبخیر حوضه	0.05	42.99	5.3
۲۲	متوسط رطوبت حوضه	0.03	23.21	2.8
۲۳	حداکثر رطوبت حوضه	0.02	12.71	1.6
۲۴	حداقل رطوبت حوضه	0.03	24.58	3



شکل ۵. میزان اهمیت عوامل تأثیرگذار بر سطح پوشش گیاهی تالاب شادگان

سهم عوامل مؤثر بر تغییرات طبقات مختلف تالاب شادگان به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی

از آنجا که تعدد عوامل منجر به تقسیم مقدار وزن بین تمام عوامل می‌شود و از طرفی، تعداد سهم عوامل طبیعی و انسانی در مدل‌سازی یکسان نبود، در این پژوهش به منظور ارائهٔ راهبردی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی دو عامل دما و بارش به عنوان نمایندهٔ عوامل طبیعی یا همان اقلیمی که سایر پارامترهای اقلیمی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و دو عامل دبی ورودی و سطح زیر کشت به عنوان نمایندهٔ عوامل انسانی برای مدل‌سازی و تعیین سهم عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات خشکیدگی تالاب شادگان در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد سهم عوامل انسانی در خشکیدگی تالاب ۵۵/۴ و سهم عوامل طبیعی ۴۴/۶ درصد است (جدول ۵).

به منظور تعیین سهم عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات سطوح آبدار تالاب شادگان دو عامل دما و بارش به عنوان نمایندهٔ عوامل طبیعی و دبی ورودی و سطح زیر کشت به عنوان نمایندهٔ عوامل انسانی برای مدل‌سازی انتخاب شد. نتایج نشان داد سهم عوامل انسانی در سطح آب تالاب ۷۰/۸ درصد و سهم عوامل طبیعی ۲۹/۲ درصد است (جدول ۶).

به منظور تعیین سهم عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات سطوح پوشش گیاهی تالاب شادگان دو عامل دما و بارش به عنوان نمایندهٔ عوامل طبیعی و دبی آخرین ایستگاه و زه‌آب نیشکر به عنوان نمایندهٔ عوامل انسانی برای مدل‌سازی انتخاب شد. نتایج نشان داد سهم عوامل انسانی در تغییرات پوشش گیاهی تالاب ۶۲ درصد و سهم عوامل طبیعی ۳۸ درصد است (جدول ۷).

جدول ۵. سهم عوامل تأثیرگذار بر سطح خشکیده برای مدیریت تالاب

میزان اهمیت به درصد	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت	خشکیدگی
40.26	100	0.40	دبی آخرین ایستگاه
15.12	37.56	0.15	سطح زیر کشت
35.52	88.20	0.35	بارش تالاب
9.08	22.54	0.09	متوسط دمای تالاب

جدول ۶. سهم عوامل تأثیرگذار بر سطح آبدار برای مدیریت تالاب

میزان اهمیت به درصد	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت	سطح آبدار
45.58	100	0.45	دبی آخرین ایستگاه
25.22	55.33	0.25	سطح زیر کشت
14.0	30.87	0.14	بارش تالاب
15.11	33.16	0.15	متوسط دمای تالاب

جدول ۷. سهم عوامل تأثیرگذار بر مساحت پوشش گیاهی برای مدیریت تالاب

میزان اهمیت به درصد	اهمیت نرمال‌شده	میزان اهمیت	پوشش گیاهی
27.5	78.10	0.27	دبی آخرین ایستگاه
35.3	100.00	0.35	زه‌آب و دبی از نیشکر
32.6	92.30	0.32	بارش تالاب
4.7	13.20	0.04	متوسط دمای تالاب

نتیجه‌گیری

تغییرات کاربری پوشش سطح تالاب‌ها تابع شرایط حوضهٔ آبخیز مربوط به آن‌ها است. بیشتر تالاب‌ها در انتهای حوضه‌های آبخیز یا پست‌ترین قسمت آن‌ها واقع شده‌اند. تالاب شادگان در انتهای حوضهٔ آبخیز جراحی قرار دارد که رودخانهٔ جراحی به آن ختم می‌شود. با توجه به شرایط برنامه‌های توسعه و سیاست‌های استفاده از آب و شرایط اقلیمی هر حوضهٔ آبخیز سهم عوامل انسانی و طبیعی تأثیرگذار متفاوت است. بیشتر مطالعاتی که روی تالاب‌ها انجام شده، بر جنبه‌های تغییر مساحت آب و ارتباط آن با

یک یا چند عامل و بیشتر از روش‌های رگرسیونی انجام شده است [۳۶ و ۳۷]. در این پژوهش تا جای ممکن بیشتر پارامترها و عوامل اقلیمی و انسانی که دارای آمار و اطلاعات کمی بودند، در نظر گرفته شدند و با استفاده از مدل شبکهٔ عصبی بهینهٔ وزن هر عامل استخراج شده و سهم آن در تغییرات مختلف طبقات پوششی تالاب به صورت کمی بیان شد. نتایج نشان داد پارامترهای دمایی و تبخیر روند افزایش و بارش و رطوبت روند کاهشی را در بازهٔ زمانی مورد مطالعه داشته‌اند. تمام عوامل تحت تأثیر انسان نیز روند افزایش را نشان داده‌اند. در بین تمام متغیرها مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر سطح خشکیدهٔ تالاب دبی ورودی از آخرین ایستگاه به تالاب است. عامل تبخیر، متوسط دمای حوضه، حداکثر دمای حوضه، متوسط حداکثر رطوبت و بارش سطح تالاب شاخص خشکسالی SPI به ترتیب اهمیت هستند و سایر پارامترها وزنی کمتر از ۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. متغیر دبی ورودی از آخرین ایستگاه به تالاب مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر تغییرات سطح آبدار تالاب با وزن ۱۰/۳ درصد است. رطوبت سطح تالاب، حداکثر دمای حوضه، حداقل دمای حوضه، بارش کل حوضه به ترتیب اهمیت قرار دارند. متغیر بارش سطح تالاب مهم‌ترین متغیر مؤثر بر تغییرات سطح پوشش گیاهی تالاب با وزن ۱۲/۲ درصد است. شاخص خشکسالی SPEI دومین متغیر تعیین‌کنندهٔ تغییرات پوشش گیاهی سطح تالاب با وزن ۱۰/۱ درصد است. دمای حداقل سطح حوضهٔ آبخیز و دمای متوسط سطح تالاب، دبی ورودی از آخرین ایستگاه هیدرومتری ورودی به تالاب و تبخیر سطح حوضه در مرتبهٔ بعدی اهمیت قرار دارند.

بررسی سهم عوامل و پارامترهای مختلف بر طبقات مختلف تالاب نشان داد در تغییرات طبقات خشکیده و آبدار، دبی بیشترین نقش را داشته، ضمن اینکه در طبقهٔ پوشش گیاهی هم از عوامل مهم بوده است. اینکه دبی جزء عوامل انسانی یا طبیعی است، می‌توان گفت که با صرف نظر از مواقع سیلابی با توجه به اینکه تحت کنترل انسان است، یک عامل انسانی و تحت کنترل مدیریت انسان است. از آنجا که تعدد عوامل منجر به تقسیم مقدار سهم بین تمام عوامل می‌شود و از طرفی، تعداد سهم عوامل طبیعی و انسانی در مدل‌سازی یکسان نیست، در این پژوهش به منظور ارائهٔ راهبردی برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی تالاب دو عامل دما و بارش به عنوان نمایندهٔ عوامل طبیعی یا همان اقلیمی که سایر پارامترهای اقلیمی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و دبی ورودی و سطح زیر کشت به عنوان نمایندهٔ عوامل انسانی برای مدل‌سازی و تعیین سهم عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات طبقات کاربری تالاب شادگان در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد سهم عوامل انسانی در خشکیدگی تالاب ۵۵/۴ درصد و سهم عوامل طبیعی ۴۴/۶ درصد است و در سطح آب تالاب سهم عوامل انسانی ۷۰/۸ درصد و سهم عوامل طبیعی ۲۹/۲ درصد به ترتیب بوده است. بررسی نقش دبی ورودی از زهاب نیشکر در مساحت پوشش گیاهی تالاب نشان داد از زمان ورود زهاب نیشکر مساحت پوشش گیاهی به علت کیفیت آب ورودی کم شده است [۱۰]. به منظور تعیین سهم عوامل طبیعی و انسانی مؤثر بر تغییرات سطوح پوشش گیاهی تالاب شادگان دو عامل دما و بارش به عنوان نمایندهٔ عوامل طبیعی و دبی آخرین ایستگاه و زه‌آب نیشکر به عنوان نمایندهٔ عوامل انسانی برای مدل‌سازی انتخاب شد. نتایج نشان داد سهم عوامل انسانی ۶۲ درصد و سهم عوامل طبیعی ۳۸ درصد است.

حوضهٔ آبخیز تالاب شادگان در منطقه‌ای نیمه‌خشک واقع شده و خود تالاب در قسمت انتهای حوضه که آب‌وهوایی به مراتب گرم‌تر و خشک‌تر دارد، واقع شده است. با توجه به رخداد تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی که مناطق خشک‌تر را به علت داشتن اکوسیستم‌های شکننده بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد، در بررسی سهم عوامل و پارامترهای مؤثر ملاحظه شد که سهم عوامل انسانی بیشتر از عوامل طبیعی است. مهم‌ترین منبع آب ورودی به تالاب شادگان رودخانهٔ جراحی است که از به هم پیوست رودهای مارون و الله تشکیل شده است. در تمام طول این رودخانه از ابتدا تا انتها توسعهٔ شبکه‌های آبیاری برای کشت محصولات کشاورزی آبی و ایجاد سدها و بندهای متعدد منجر به عدم رعایت حقابهٔ تالاب شده، تا جایی که در برخی سال‌ها تالاب تا حد خشکی کامل پیش رفته است. از سال ۲۰۰۳ با ورود زه‌آب ناشی از طرح‌های بزرگ نیشکر بر مساحت آب تالاب افزوده شد، اما به دلیل کیفیت نامناسب منجر به کاهش مساحت پوشش گیاهی شد، به طوری که در سال ۱۹۹۸

که آب تالاب به طور کلی از منابع آب شیرین تأمین شده، مساحت آب تالاب ۱۸ درصد و دبی ورودی به تالاب ۱۵/۶ متر مکعب در ثانیه در سال بوده است؛ در این شرایط مساحت پوشش گیاهی تالاب ۶۳ درصد بوده است. در سال ۲۰۱۷ مساحت آب تالاب ۱۵ درصد، دبی ورودی آب به آن ۱۹ متر مکعب در ثانیه در سال و مساحت پوشش گیاهی آن ۲۱ درصد مساحت کل تالاب بوده است که تأثیر کیفیت زه‌آب بر کاهش پوشش گیاهی را نشان می‌دهد .[38] بنابراین، ورود زه‌آب نیشکر به علت کیفیت نامناسب و نبود آب از منابع شیرین منجر به مرگ اکوسیستم می شود و در سال‌های بعد افزایش آب تالاب به دلیل رخدادهای سیلابی موقت و ناگهانی منجر به بازیابی اکوسیستم تالابی نخواهد شد و تالاب‌ها با از دست دادن کارکردهای اصلی و مهم خود تبدیل به آبگیرهای بزرگی می‌شوند که خیلی سریع‌تر از گذشته آب خود را از دست می‌دهند. بنابراین، تالاب شادگان بیش از هر چیز مدیریت انسانی در سطح حوضهٔ آبخیز و تأمین حقابهٔ مورد نیاز را می‌طلبد تا بتواند به عنوان یک اکوسیستم تالابی ایفای نقش کند و به حیات خود ادامه دهد.

منابع

[1]. Dargahian F, kosroshahi M, lotfinasabasl S. Investigating the trend of changes in water area of Shadegan wetland and its relation with drought occurrence Hydrology and sugarcane Drainage water. Journal of Environmental Studies, 2020; 46(2): 225-240. [Persian]

[2]. Haack B. Monitoring wetland changes with remote sensing: an East African example. Environmental Management, 1996; 20(3): 411-419.

[3]. Papastergiadou E S, Retalis A, Apostolakis A, Georgiadis T. Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a Mediterranean wetland of Northern Greece. Water Resources Management, 2008; 22(5): 579-594.

[4]. Middleton B. A. Climate and landm-use change in wetlands: A dedication. Ecosystem Health and Sustainability, 2017; 3(9): 1-20.

[5]. Chen J, Wang S Y, Mao Z P. Monitoring wetland changes in Yellow River Delta by remote sensing during 1976–2008. Progress in Geography, 2008; 30(5): 585-592.

[6]. Kuleli T, Guneroglu A, Karsli F, Dihkan M. Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. Ocean Engineering, 2011; 38(10): 1141-1149.

[7]. Chen L, Jin Z, Michishita R, Cai J, Yue T, Chen B, Xu B. Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery. Ecological Informatics, 2014: 24: 17-26.

[8]. Karami P, Mirsanjeri M. An Analysis of Destruction of Landform in Hawizi's Great Wetlands Using Remote Sensing, Journal of Wetland Ecobiology, 2018; 10(1); 29-54. [Persian]

[9]. Chovok J, Mohseni M. Investigating the Process of Land Use Change in Parishan Wetland Using Remote Sensing, Journal of Zist Sepehr, 2016; 11(2):11-19. [Persian]

[10]. Bayat R, Jafari S. Survey of Shadegan Wetland Changes Using the NDWI Index, First International Dust Conference, 2015; Ahwaz, Shahid Chamran University, Ahvaz. [Persian]

[11]. Mehrpouyan M, Jami M, Pourkermani M. Investigating the Seasonal and Seasonal Changes of Lake Jazmourian from 1972 to 2012 by Satellite Imagery and GIS Software, 2013; Fifth International Conference on Comprehensive Management of Natural Disasters, Tehran. [Persian]

[12]. Pourkhobaz H, Yousefi Khaneghah Sh, Salehipour FInvestigating the trend of land use change and land cover in Shadegan wetland using remote sensing and GIS and providing management solutions, Journal of Wetland Ecobiology, 2015; 7 (25): 55-66. [Persian]

[13]. Dashti S S, Sabzghabai Gh R, Jafarzadeh K, Bazmara Baleshti M. Evaluation of Trends in Miankaleh Coastal Wetland with Land Use Approach, Journal of Wetland Ecobiology, 2018;10 (4): 20-5. [Persian]

[14]. Makroni S, Sabzqbaee GH, Yousefi Khaneghah Sh, Soltaniyan S. 2016. Detection of Land Use Change Process in Hooralazim Wetland Using Remote Sensing and Geographic Information System, Remote Sensing Journal and Information System Geography, 2016; 7(3): 89-99. [Persian]

[15]. Dastaran H, Tavakoli F, Sultanpour A. Survey of surface and volumetric changes of Lake Urmia water using satellite imagery and satellite altimetry, Journal of Wetland Ecobiology, 2018; 10(37):163-149. [Persian]

[16]. Razavi Doleh Malal S, Nezhadnaderi M. Investigation of environmental water rights of Amirkalayeh wetland. Wetland Ecobiology, 2020; 12 (4):5-18. [Persian]

[17]. Pourramezan Gabiyeh S, Janalipour M, Nikfar M, Abbaszadeh Tehrani N. Monitoring Spatio-temporal Changes of Kiakallayeh Wetland in Langeroud for Investigating its Damages using Remote Sensing. Wetland Ecobiology, 2020; 12 (3):5-22. [Persian]

[18]. Faizi B, Ahmadi Fard N, Erfanian M. Study of changes in vegetation and water level in Zarivar Lake using Landsat satellite in the period 1984 to 2016. Wetland Ecobiology, 2021; 13 (3). [Persian]

[19]. Mafi M, Azizi Z, karimi P, Alemi Safaval P. Investigating the trend of water level changes in Allahabad wetland by using temporal images. Iranian journal of Ecohydrology, 2021; 8(2), 321-329. [Persian]

[20]. Dastaran M, Jafari S, Moslemi H, Attarchi S, Alavipanah S K. Change Detection of Bakhtegan wetland using a time series of satellite data on the Google Earth Engine platform and predicting parameters with Facebook's Prophet Model. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 2021;13(3) [Persian].

[21]. Amiri K, seyed kaboli H, Mahmoodi-kohan. Study and monitoring of wetland area changes and its impact on wetland surface temperature using NDWI, MNDWI, and AWEI indices (case study: Hor-alazim and Shadegan wetlands). Irrigation Sciences and Engineering, 2020. [Persian]

[22]. Mcarthy M J, Radabaugh K R, Moyer R P, Muller-Karger F E. Enabling efficient, large-scale high-spatial resolution wetland mapping using satellites. Remote sensing of environment, 2018; 208, 189-201.

[23]. Zorrilla-Miras P, Palomo I, Gómez-Baggethun E, Martín-López B, Lomas P L, Montes C. Effects of land-use change on wetland ecosystem services: A case study in the Doñana marshes (SW Spain). Landscape and Urban Planning, 2014; (122): 160-174.

[24]. Bali A, Monavari S, M, Jafari M, Abdollahi Sh. Land use change trends in Anzali Wetland Basin during 2000, 1989, 1975, and 2007 with emphasis on urban and land development Built, Journal of Environmental Science, 2012; (53-54): 73-80. [Persian]

[25]. Jahani Shakibe F, Malek Mohammadi B, Yavari A, Shari A, Adeli F. Evaluation of Changes in Land Use and Changing the Climate in Choghakhor Wetland with Emphasis on Environmental Effects, Journal of Environmental, 2014; 40(3): 631-643. [Persian]

[26]. Kayastha N, ThomasV, Galbraith J, Banskota A. Monitoring wetland change using inter-annual landsat time-series data. Wetlands, 2012; 32(6), 1149-1162.

[27]. Sedaghat, M., Nazaripour, H. (2020). Monitoring variability of soil moisture in Hour-al-Azim Wetland and its relation to dust storms in southwest Iran. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 29(114), 133-145.

[28]. Mottahedi S, Tateian M, Tamrtash R, Akbarlo M. Evaluation and analysis of land use changes in the Gomishan International Wetland Area in Golestan Province Using Remote Sensing, Second National Conference on Environmental Science, Agriculture and Natural Resources of Hamedan, September 16th; 2017. [Persian]

[29]. Baluchi B, Dehghani M, Niko M. Investigation of Land Use Change and Effects of Karkheh Dam Construction Using Satellite Images and Classification Method of Most Similarities, Journal of Water Resources Engineering, 2016; 9(28): 19-32. [Persian]

[30]. Jafari S, Hamzeh S, Abdolazimi H, Attarchi S. Two decades of monitoring Maharloo Wetland using satellite data provided in Google Earth Engine. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 2021; 30(118), 153-168. [Persian]

[31]. Heydarian P, Azhdari A, Judkie M, Dervishi Khatooni J, Shahbazi R. Identification of Internal Origin of Dust Walnut Storms Using Remote Sensing, GIS and Geology (Case Study: Khuzestan Province) Journal of Earth Sciences, 2017 (105): 33-46. [Persian]

[32]. Dargahian F, Heydarnejad S, Nateghi S. Investigating the effective factors on water area changes in Shadegan Wetland using remote sensing technique and factor analysis. Environmental Sciences, 2022; 20(1): 30-47 [Persian]

[33]. Abbasi Hamidreza, Christian Opp, Mohammad Khosroshahi and Azadeh Gohardost, 2016. Temporal and spatial variability of wind erosion in Sistan's Baringak Hamoun Lake, The 34th national&2nd

[34]. Lotfi A, Shadegan Wetland Environmental Management Plan Report No. 1: Natural Ecosystem of Shadegan Wetland, Ministry of Jihad Agriculture, Water and Soil Deputy, Irrigation Improvement Project, Pandam Consulting Engineers, 2002. [Persian]

[35]. http://iranwetland.blogfa.com/. Bagherzadeh Karimi, M. 2011. Methodology for determining the boundaries and privacy of wetlands

[36]. Issavi V, Rezaei Chianneh A. Analysis of the Effect of Drought and Land Use Change and Land Cover on Sulduz Lake Wetlands, Journal of Wetland Ecobiology, 2014; 6(19): 91-101. [Persian]

[37]. Dargahian, F., Teimori, S., Lotfinasbasl, S., Razavizadeh, S. Land use Changes in the Mansouriyeh Wetland and its Relation with the Occurrence of Drought and Dust Formation in the Ahwaz Metropolis. Watershed Management Researches Journal, 2019; 32(4), 94-104. [Persian]

[38]. Dargahian F. The sugar cane drainage; a threat or an opportunity for the Shadegan Wetland? Iran Nature, 2019; 4(3), 7-9.. [Persian]