

مطالعه و بررسی مهاجرت پرندگان با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی (مطالعه موردی مهاجرت پرندگان در تالاب بندعلیخان)

غلامرضا فلاحي^۱، محسن مولوی وردنجانی^{۲*}

^۱ استادیار آموزشکده نقشه برداری - سازمان نقشه برداری کشور
fallahi@gtc.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS - دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان
mohsenmolavi1991@yahoo.com

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۶، تاریخ تصویب بهمن ۱۳۹۸)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی و ارزیابی ارتباط بین سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی با تعداد پرندگان در تالاب بندعلیخان بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ می‌باشد. با توجه به اهمیت تالاب بندعلیخان به عنوان یک تالاب فصلی و دارای آب شیرین که در ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان ورامین واقع شده است از آن بعنوان منطقه مطالعاتی استفاده شده است. در پژوهش جاری ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم یعنی تصحیحات رادیومتریکی که خود شامل تصحیحات اتمسفری، خطای نوار شدن و ... می‌باشند بر روی تصاویر لندست ۷ و ۸ انجام گرفت و سپس نقشه‌های شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) با استفاده از تصاویر پیش‌پردازش شده تولید گردیدند. در ادامه با بررسی هیستوگرام شاخص‌های گیاهی و آب تولید شده برای هر سال، حدآستانه مناسب برای هر شاخص انتخاب گردید و با حدآستانه‌گذاری بر روی شاخص‌های گیاهی و آب تولید شده، به ترتیب نقشه‌های پوشش گیاهی و پهنه آبی برای سال بدست آمدند. در هر سال، نقشه‌های بدست آمده توسط داده‌های مرجع که در این پژوهش بصورت دستی و با بررسی تصاویر ماهواره‌ای همان سال انتخاب شده‌اند مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن نشان می‌دهد که میانگین صحت کلی و ضریب کاپای استخراج سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی در طی پنج سال به ترتیب برابر با ۸۹/۳۷٪ و ۸۱/۸۹٪ می‌باشند که نشان از استخراج موفق پارامترهای مذکور می‌باشد. با بدست آمدن پارامترهای موثر یعنی سطح پوشش گیاهی و آب، بین تعداد پرندگان و پارامترهای موثر رگرسیون خطی دو متغیره تشکیل گردید و ضرایب آن بوسیله روش کمترین مربعات برآورد بدست آمدند. نتایج بررسی‌ها و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که مدل و رگرسیون تشکیل یافته بین تعداد پرندگان و پارامترهای سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی دارای ضریب تعیین ۰/۸۶۱ و ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۵۸۲ می‌باشد و بیانگر برازش مناسب رگرسیون می‌باشد. در ادامه بوسیله ضرایب بدست آمده و رگرسیون تشکیل یافته تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ با استفاده از سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی همان سال برآورد گردیده و با مقدار واقعی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ مقایسه گردید که نتایج آن نشان داد جمعیت پرندگان با صحت ۹۳/۱٪ پیش‌بینی گردیده است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که تغییرات شرایط محیطی تالاب پاسخ مشخصی نسبت به تغییرات جمعیت پرندگان و مهاجرت پرندگان می‌دهد.

واژگان کلیدی: پوشش گیاهی، پهنه آبی، تالاب بندعلیخان، NDVI، NDWI، رگرسیون خطی، مهاجرت پرندگان

۱- مقدمه

این تحقیق مهاجرت پرندگان را با استفاده از سنجش از دور^۱ و سامانه اطلاعات مکانی^۲ در تالاب بندعلیخان مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد. مهاجرت یک فرایند طبیعی است که به موجب آن پرندگان مختلف مسافت‌های زیادی را طی می‌کنند تا بهترین شرایط اکولوژی و زیستگاهی را برای تغذیه، تولیدمثل و استراحت بیابند تغییرات آب و هوا الگوی مهاجرت را مشخص می‌کند. برای بررسی مهاجرت پرندگان روش‌های متفاوتی وجود دارد، بررسی مهاجرت پرندگان با استفاده از فناوری‌های کنونی انجام می‌شود که این فناوری‌ها مبتنی بر فناوری اطلاعات مکانی همانند GIS هستند. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در مسیر مهاجرت پرندگان مهاجر شمالی در فصول سرد سال، یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین پناهگاه‌های ایستگاهی این گونه‌ها به حساب می‌آید [۱]. در این میان استان تهران با دارا بودن تالاب‌ها و محیط‌های آبی غنی از جمله تالاب بندعلیخان هر ساله پذیرای چندین پرنده مهاجر، شامل گونه‌های آبی^۳ و کنارآبی^۴ است. در این تحقیق فناوری RS و GIS نقشی را در کسب اطلاعات از این پدیده‌ها بر عهده گرفته است. با استفاده و به کارگیری داده‌های مکانی می‌توان به شیوه‌ای علمی و کارآمد به مدیریت جامع منابع آب تالاب، پوشش گیاهی و مدیریت پرندگان مهاجر از یک طرف و اهمیت و ماهیت تالاب‌ها به عنوان یک میراث طبیعی از طرف دیگر پرداخت [۲].

در این تحقیق میزان تاثیر تغییرات مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی بر روی جمعیت پرندگان تالاب مورد بررسی قرار گرفت. تالاب‌ها، اراضی حد واسط بین اکوسیستم‌های خشکی و آبی هستند که فراهم کننده کالاهای و خدمات بسیاری از جمله حفظ سطح آب، زیستگاه حیات وحش و پوشش گیاهی هستند [۳]. بنابراین بررسی و پایش نوسانات مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی تالاب و میزان تاثیرگذاری این تغییرات بر محیط پیرامون خود با توجه به آستانه بالای حساسیت زیست محیطی در این گونه زیستگاه‌ها دارای اهمیت به سزای است. متأسفانه علیرغم اهمیت زیاد این مناطق، تالاب‌ها کمتر مورد توجه

قرار گرفته‌اند. بر اساس برآوردهای جهانی هر هکتار تالاب بین ۸ تا ۲۱ هزار دلار ارزش مادی دارد اما در کشور ما این منابع طبیعی ارزشمند به دلیل غفلت مسئولان رو به نابودی است. تالاب‌ها به دلیل واقع شدن در پست ترین نقاط حوزه‌های آبخیز، معمولاً تحت تاثیر اغلب تغییرات و تحولات بالادست قرار می‌گیرند، بنابراین با انواع مشکلات دست به گریبان هستند که بارزترین آن کاهش آب ورودی به تالاب‌ها از منابع آب سطحی و زیر زمینی حوزه آبخیز و دشتهای اطراف تالاب‌ها به ویژه در اثر اجرای پروژه‌های سدسازی و انتقال بین حوزه‌ای می‌باشد. و از طرفی از بین رفتن پوشش گیاهی منطقه در اثر کاهش سطح آب تالاب و تغییر اقلیم و خشکسالی حاکم بر کشور که کاهش بارشها، تغییر الگوی بارش از برف به باران و افزایش دما را سبب شده است که از پیامدها و مشکلات ناشی از آن می‌توان به از بین رفتن چرخه اکولوژیکی و نابودی زیستگاه‌های گونه‌های ارزشمند نظیر پرندگان و آبزیان در سطح تالاب‌ها و مهاجرت گونه‌های پرندگان اشاره کرد [۴]. در این پژوهش، در ادامه این پژوهش ابتدا مروری بر پژوهش‌های پیشین در رابطه با موضوع و روش این تحقیق پرداخته شده است. سپس در بخش سوم و چهارم به ترتیب منطقه مطالعاتی و روش پیشنهادی تشریح شده است و در ادامه آن نتایج و ارزیابی روش پیشنهادی آورده شده است و در انتها نیز نتیجه‌گیری‌ها در بخش پنجم ارائه شده است.

۲- پیشینه تحقیق

محققین مختلف در زمینه بدست آوردن تغییر در شرایط محیطی تالاب‌ها با استفاده از شاخص‌های NDWI و NDVI و در نهایت تاثیرگذاری این تغییرات در شرایط تالاب‌ها و مهاجرت پرندگان تحقیقاتی را انجام داده‌اند. در زیر برخی از این تحقیقات نسبت به تفکیک موضوع به طور مختصر توضیح داده می‌شوند.

۲-۱- مطالعات انجام گرفته در زمینه مساحت

آب و شاخص NDWI

در مطالعه‌ای نظم‌فر به بررسی تاثیرات، تغییرات پهنه آبی دریاچه ارومیه بر بیواکولوژی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS پرداخت و تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های (۲۰۱۱-۱۹۸۹) مورد پردازش قرار داد و از روش

^۱ Remote Sensing (RS)

^۲ Geospatial Information System (GIS)

^۳ Waterfowl

^۴ Waders-Wading

بیشترین شباهت برای طبقه بندی تصاویر هر دوره استفاده کرد. نتایج آن پژوهش کاهش ۳۵۰۰۰ هکتار مساحت پهنه آبی و کاهش ۱۹۰۰۰ هکتار پوشش گیاهی منطقه را نشان می دهد. این تغییرات در شرایط دریاچه باعث غلظت بالای نمک در آب و از بین رفتن چرخه های غذایی و محیط دریاچه برای پذیرش پرندگان گردید [۵].

در مطالعه ای دیگر، تغییرات کمی تالاب دشت یوسنجو با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست، سنجنده های MSS و TM و با به کارگیری این تصاویر در نرم افزار ENVI، برای سال های ۱۹۷۳، ۱۹۸۴ و ۲۰۰۰ توسط Kashaigili و همکاران انجام گرفت. نتایج این مطالعه افزایش ۱۴ درصدی پهنه آبی بین سال های ۱۹۷۳ تا ۱۹۸۴ و کاهش ۷۰ درصدی در سال ۲۰۰۰ را نشان می دهد. این تالاب در آستانه تخریب کلی است همین باعث شده که پرندگان این تالاب بعد از سال ۲۰۰۰ مناطق دیگری را برای زادآوری انتخاب کنند [۶].

در تحقیقی دیگر که توسط رحیمی بلوچی در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت تاثیر تغییرات زیست محیطی تالاب شادگان با استفاده از GIS و شاخص کیفیت آب بر روی پرندگان بررسی گردید. پس از پردازش تصاویر ماهواره ای لندست در محیط نرم افزار ENVI و طبقه بندی لایه ها در دوره ۲۰ ساله، نتایج کاهش ۶٪ مساحت پهنه آبی و افزایش ۹٪ پوشش گیاهی را نشان داد. باتوجه به سیر تحولات تالاب، روند موجودیت و یکپارچگی تالاب را با خطر مهاجرت پرندگان و حتی نابودی آن ها و از بین رفتن گونه های جانوری تالاب مواجه کرده است [۷].

در پژوهشی دیگر قادری و همکاران به پایش تغییرات پهنه آبی دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص NDWI و تصاویر سنجنده MODIS از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ پرداختند. با پردازش تصاویر و اعمال شاخص NDWI، میزان کاهش پهنه آبی دریاچه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مساحت پهنه آبی روند کاهشی داشته و ۵۵/۴۷ درصد از مساحت آن نسبت به سال ۱۳۸۱ به میزان ۲۳۸۲ کیلومتر مربع کاهش یافته است [۸].

۲-۲- مطالعات انجام گرفته در زمینه مساحت پوشش گیاهی و شاخص NDVI

در پژوهشی که توسط میری در سال ۱۳۸۵ صورت گرفت مسائل زیست محیطی و تاثیر آن بر مهاجرت

پرندگان دریاچه هامون بررسی شد. نتایج آن پژوهش نشان می دهد که این دریاچه از گذشته های دور به خاطر پوشش گیاهی گسترده، پناهگاه پرندگان مهاجر بوده است. پس از کاهش و تخریب پوشش گیاهی، منابع تغذیه، محل لانه سازی و شرایط زندگی پرندگان کاهش پیدا کرده و به تدریج از پرندگان مهاجر کاسته شده؛ به طوری که این تعداد در سال ۱۳۵۸ حدود ۲۴۷۷۹۰ قطعه بوده و در سال ۱۳۸۴ به صفر قطعه رسیده است [۹].

در پژوهشی دیگر به بررسی رهگیری مهاجرت پرندگان گیاه خوار آبی با استفاده از شاخص موج سبز (GWI) مشتق شده از تصاویر ماهواره، پرداخته شده است. تئوری موج سبز بیانگر آن است که پرندگان آبی طی مهاجرت شان در دسترس بودن و کیفیت غذا را تعقیب می کنند، که سری های زمانی شاخص NDVI، از ماهواره نشان گر ایده آلی از آن است. از این شاخص برای آزمودن تئوری موج سبز استفاده شده است. غازهای بارناکل که با GPS تعقیب شده بودند در جمعیت های سه مسیر پرواز روسیه، سوابارد و گرینلند بودند. نتایج نشان می دهد که پرندگان طی مهاجرت بهاره، کیفیت بالای غذا را تعقیب می کنند [۱۰].

در مطالعه ای به بررسی مقایسه پوشش گیاهی و پرندگان تالاب هامون در زمان پرآبی و کم آبی پرداخته شد. مقایسه پوشش گیاهی نشان می دهد در دهه ۱۳۶۰، تالاب شامل ۱۵ گونه گیاهی آبی و نیزارهایی با مساحت تقریبی ۶۰۰۰۰ هکتار بود، ولی در سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ مساحت به صفر و ۵ گونه گیاه خشکی در تالاب بود. این نشان از کاهش ۸۹٪ از گونه های پرندگان آبی بود [۱۱]. در پژوهشی که توسط بیات و همکاران در سال ۱۳۹۳ انجام گرفت تغییرات پوشش گیاهی تالاب شادگان با استفاده از تصاویر MODIS و شاخص NDVI مورد بررسی قرار گرفت. در آن پژوهش میزان تغییرات در نرم افزار ArcMap مشخص گردید. نتایج نشان داد که در سال ۲۰۰۰ سطح پوشش گیاهی خوب ۰/۶ درصد و در سال ۲۰۰۲ به حدود ۶ درصد رسیده در حالی که از سال ۲۰۰۷ به مرور سطح پوشش گیاهی کاهش یافته و در سال ۲۰۱۱ تقریباً به ۱ درصد می رسد. در کل دوره مطالعه، پوشش گیاهی ۳۶/۷ درصد کاهش یافته است [۱۲].

۲-۳- جمع بندی مطالعات پیشین و هدف پژوهش

همان گونه که از نتایج مطالعات پیشین برآمد، تالابها و دریاچه‌ها از جمله محیط‌های مهم برای زندگی و مهاجرت پرندگان می‌باشند و تغییر در شرایط زیست محیطی این مناطق، تاثیر ویژه‌ای در چرخه زندگی جانداران تالابها و دریاچه‌ها می‌گذارد. بنابراین پهنه‌آبی و پوشش گیاهی به عنوان مشخصه‌های مهم، به ویژه در مناطق تالابی محسوب می‌شوند که کاهش و افزایش آن می‌تواند، نقش عمده‌ای را در ایجاد تغییر اکولوژی یک منطقه، داشته باشد. ابزار و روش‌های متعددی برای ارزیابی این تغییرات مورد استفاده قرار گرفته که متاثر از نوع داده‌های موجود و منطقه تحت مطالعه می‌باشد. برای ارزیابی این تغییرات شاخص‌های متعددی وجود دارد. لذا شاخص‌های NDVI و NDWI به ترتیب برای پایش و استخراج سطح آب و پوشش گیاهی می‌توان استفاده نمود. همچنین کاهش و افزایش مساحت پهنه‌آبی و پوشش گیاهی از عوامل موثر در شرایط زندگی و مهاجرت پرندگان می‌باشد. بر اساس چنین رویکردی می‌توان میزان تغییر جمعیت پرندگان را با نوسان‌های مساحت پهنه‌آبی و پوشش گیاهی تخمین زد.

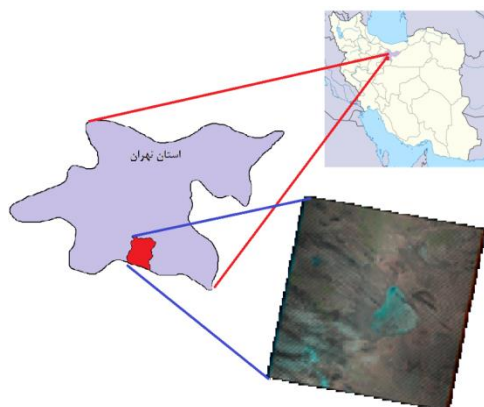
۳- منطقه مطالعاتی و داده‌های استفاده شده

۳-۱- منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی تالاب بندعلیخان یکی از تالاب‌های استان تهران می‌باشد. این تالاب در دشت سیاه پرده واقع شده‌است. این دشت در منتهی‌الیه شمال غربی منطقه حفاظت شده کویر قرار دارد. دشت سیاه پرده توسط تالاب بندعلیخان از دشت هموار مبارکه جدا می‌شود. منابع تامین آب تالاب رودخانه‌های فصلی و آب‌های سطحی شهر تهران و سرریز آب سد لتیان و اضافات آب رودخانه جاجرود و پساب چرم شهر می‌باشد.

تالاب بند علیخان با طول ۳/۵ کیلومتر و عرض ۲/۵ کیلومتر با مساحتی تقریبی ۵۷۹۰ هکتار در ۳۵ کیلومتری جنوب شهرستان ورامین واقع در استان تهران در موقعیت جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۵ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی واقع شده‌است. این منطقه در محدوده ورامین، با استناد به آمارهای سازمان

هواشناسی دارای مقدار متوسط بارندگی ۱۰۰ میلی‌متر، و بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر متغیر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی تالاب بندعلیخان

۳-۲- داده‌های پژوهش

۳-۲-۱- داده‌های پرندگان

در تالاب بندعلیخان تاکنون ۹۸ گونه پرنده آبی، کنار آبی و خشک‌زی شناسایی شده است، که ۲۰ درصد پرندگان ایران را تشکیل می‌دهند. از پرندگان تالاب ۶۱ گونه متعلق به ۲۱ خانواده خشک‌زی و ۲۹ گونه متعلق به ۷ خانواده آبی و کنار آبی می‌باشند. در فصول خشک سال گونه‌های غالب پرندگان تالاب خشک‌زی، می‌باشد. در این تحقیق آمار سرشماری گونه‌های پرندگان تالاب بندعلیخان در دوره زمانی مورد مطالعه از سازمان محیط زیست کل استان تهران دریافت شده است. داده‌های سرشماری پرندگان تالاب بند علیخان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ در جدول ۱ آورده شده است. این سرشماری در مجموع شامل ۲۱۹۴۰ پرنده آبی و کنار آبی با ۲۳ گونه شناسایی شده می‌باشد [۱۳].

جدول ۱- داده‌های سرشماری پرندگان تالاب بند علیخان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴

ردیف	تاریخ شمسی	تعداد پرندگان سرشماری شده
۱	۲۳ دی ۱۳۹۰	۷۶۲۶
۲	۱ بهمن ۱۳۹۱	۵۳۹۲
۳	۸ بهمن ۱۳۹۲	۲۷۳۰
۴	۱۰ آبان ۱۳۹۳	۱۱۲۰
۵	۲۹ دی ۱۳۹۴	۵۰۷۴
۶	مجموع	۲۱۹۴۰

۳-۲-۲- داده‌های ماهواره‌ای

در تحقیق حاضر برای بدست آوردن مساحت پوشش گیاهی و پهنه آبی از تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست ۷ و ۸ بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ استفاده شده است. با توجه به اینکه سنجنده‌های لندست ۷ و ۸ برای مشاهدات کاربردی بسیار مناسب می‌باشند در پژوهش جاری از تصاویر این ماهواره‌ها برای استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ و سنجنده های ETM^+ ^۱ و OLI ^۲ از منابع مختلف از جمله سازمان زمین‌شناسی آمریکا قابل دسترسی می‌باشد. مشخصات زمانی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده برای استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب بندعلیخان در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴ در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی تالاب بندعلیخان در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴

ماهواره	سنجنده	تاریخ	تفکیک	قدرت
			تفکیک	قدرت
			رادیومتری	مکانی
لندست ۷	ETM^+	۱۳۹۰/۱۰/۳	۸ بیت	۳۰ متر
لندست ۷	ETM^+	۱۳۹۱/۹/۲۰	۸ بیت	۳۰ متر
لندست ۸	OLI	۱۳۹۲/۹/۳۰	۱۲ بیت	۳۰ متر
لندست ۸	OLI	۱۳۹۳/۸/۱۵	۱۲ بیت	۳۰ متر
لندست ۸	OLI	۱۳۹۴/۱۰/۶	۱۲ بیت	۳۰ متر

۴- روش پیشنهادی

فلوچارت کلی پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است. روش پیشنهادی برای پیش‌بینی تعداد پرندگان شامل ۵ مرحله به شرح ذیل می‌باشد.

مرحله اول: شامل آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌های ماهواره‌های لندست ۷ و ۸ می‌باشد در این مرحله تصحیحات رادیومتریکی که خود شامل تصحیحات اتمسفری، خطای نوار شدن و ... می‌باشند انجام می‌گیرد.

مرحله دوم: در این مرحله نقشه‌های شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ با استفاده از تصاویر پیش‌پردازش شده لندست ۷ و ۸ تولید می‌گردند.

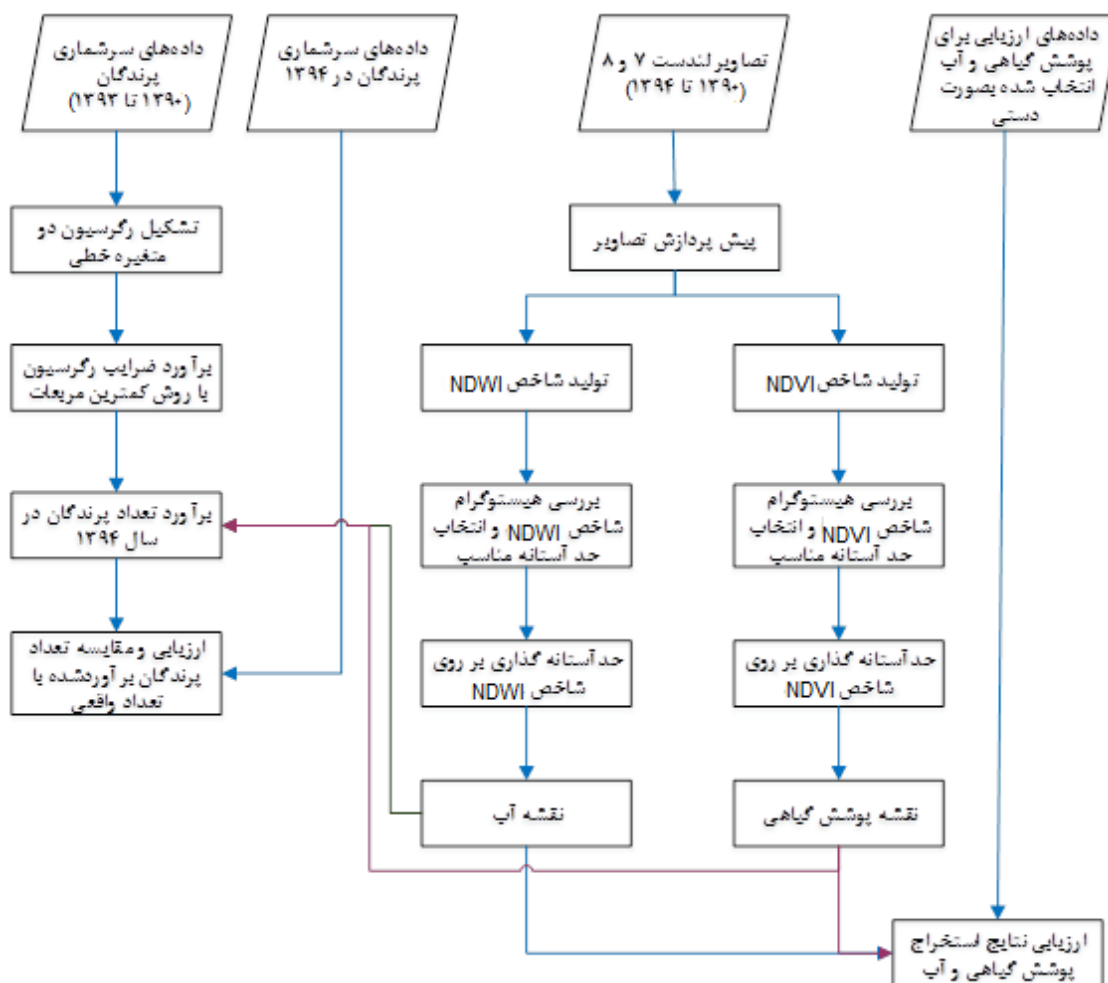
مرحله سوم: در این مرحله با بررسی هیستوگرام شاخص‌های گیاهی و آب تولید شده برای هر سال، حد‌آستانه مناسب برای هر شاخص انتخاب می‌شود و با حد‌آستانه‌گذاری بر روی شاخص‌های گیاهی و آب تولید شده به ترتیب نقشه‌های پوشش گیاهی و پهنه آبی برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ بدست می‌آیند. در این مرحله بعد از استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی در هر سال، نقشه‌های بدست آمده توسط داده‌های مرجع که در این پژوهش بصورت دستی و با بررسی تصاویر ماهواره‌ای هر سال انتخاب شده‌اند مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا دقت استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی در هر سال مشخص گردد.

مرحله چهارم: در مرحله چهارم پارامترهای موثر یعنی سطح پوشش گیاهی و آب در هر سال استخراج می‌گردند و سپس بین تعداد پرندگان و پارامترهای موثر رگرسیون خطی دو متغیره تشکیل می‌گردد و ضرایب آن بوسیله روش کمترین مربعات برآورد می‌گردد. در تشکیل رگرسیون و محاسبه ضرایب از داده‌های سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ یعنی ۴ سال استفاده شده است و داده‌های مربوط به سال ۱۳۹۴ در محاسبه ضرایب مشارکت نکردند.

مرحله پنجم: در مرحله پنجم که مرحله پایانی می‌باشد بوسیله از ضرایب بدست آمده و رگرسیون تشکیل یافته تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ با استفاده از سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی همان سال برآورد می‌گردد و با مقدار واقعی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ مقایسه می‌گردد. در ادامه مراحل تشریح شده در فوق، همراه با جزییات توضیح داده شده است.

^۱ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

^۲ Operational Land Imager (OLI)



شکل ۲- فلوجارت کلی تحقیق

۴-۱- پیش پردازش داده‌ها

تصحیحات تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به دو دسته هندسی و رادیومتریکی تقسیم نمود. تصحیحات هندسی^۱ مربوط به موقعیت پدیده‌ها یا پیکسل‌ها در تصویر نسبت به دیگر پدیده‌ها و موقعیت مطلق آن می‌باشد و تصحیحات رادیومتریکی^۲ مربوط به میزان بازتاب ثبت شده از عوارض در تصویر می‌باشد.

در تصحیحات هندسی نیاز هست که خطاهای ناشی از حرکت سکو (تغییر سرعت، شتاب، ارتفاع و حرکت چرخشی ماهواره) و خطای ناشی از حرکت زمین (خطای چرخش زمین و تغییر ارتفاع)، خطای تغییر در سرعت اسکن و جاروب کردن میدان دید لحظه‌ای، انحنای زمین، جابه‌جایی ارتفاعی برطرف گردد که برای این منظور می‌توان از نقاط کنترل (GCPs) استفاده نمود. تصحیحات

رادیومتریکی شامل آن دسته از تصحیحات می‌باشند که تنها بر روی درجات خاکستری اعمال شده و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل)، سعی در جبران بعضی خطاهای موجود دارند [۱۴]. خطای ناشی از سنجنده (کارافتادگی حسگرها و برهم خوردن تنظیم آن‌ها)، تأثیرات اتمسفری (پراکنش و جذب در اتمسفر)، تأثیرات توپوگرافیک، نویز موجود در تصاویر به دلیل اختلالات یا خطا در ذخیره و ارسال نمودن داده، تصحیح مه صنعتی^۳ (تأثیر ابر و غبار) و تصحیح زاویه ارتفاعی خورشید^۴ از جمله تصحیحات تصحیحات رادیومتریکی می‌باشند که در تصاویر قبل از استفاده باید رفع گردند [۱۵].

^۳ Haze Correction
^۴ Sun Elevation Correction

^۱ Geometric Correction
^۲ Radiometric Correction

۲-۴- تولید شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI)

شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) از معروفترین، سادهترین و کاربردیترین شاخصهایی است که در زمینه مطالعات پوشش گیاهی شناخته شده است. فرایند محاسباتی ساده دارد و در مقایسه با دیگر شاخصها دارای بهترین توان دینامیک می باشد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته. کلروفیل موجود در گیاه قادر است نور آبی و قرمز را جذب کرده و نور مادون قرمز نزدیک را به شدت دفع کند. مطابق رابطه (۱) شاخص NDVI از تفاضل انعکاس نور قرمز (RED) از انعکاس نور مادون قرمز نزدیک (NIR) و تقسیم آن بر حاصل جمع این دو باند بدست می آید که در آن پوشش گیاهی قابل تفکیک است [۷].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

انعکاس باند مادون قرمز نزدیک (NIR) در محدوده طیفی بین (۰/۸۴۵ - ۰/۸۸۵) می باشد که در ماهواره لندست ۷ و ۸ به ترتیب معادل باند ۴ و ۵ می باشد. همچنین بازتاب باند قرمز نیز در محدوده طیفی (۰/۶۳۰ - ۰/۶۸۰) می باشد در ماهواره لندست ۷ و ۸ به ترتیب معادل باند ۳ و ۴ می باشد.

اگر چه از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده ۱- و ۱+ است. ولی در عمل کمتر از ۱ و بیشتر از ۱- است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد یک میل می کند. ولی ابرها، برف و آب با مقادیر منفی مشخص می شوند. سنگ ها و خاک های بایر که واکنش های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند، با مقادیر نزدیک به صفر دیده می شوند. در این شاخص خاک معمولی، معادل یک منظور می شود. هر قدر مقدار شاخص NDVI یک پیکسل، بالاتر و مثبت باشد نشان دهنده تراکم پوشش گیاهی است [۹].

شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) نیز نخستین بار در سال ۱۹۹۶ توسط مک فیتز به منظور جداسازی عوارض آب های آزاد و بهبود بارزسازی آنها در

تصاویر رقومی ارائه شده است. ویژگی های موجود در آب باعث می شود، نور مادون قرمز نزدیک را جذب کرده و نور سبز را به شدت دفع کنند.

مطابق رابطه (۲) شاخص NDWI از تفاضل انعکاس نور سبز (GREEN) و انعکاس نور مادون قرمز نزدیک (NIR) و تقسیم آن بر حاصل جمع این دو باند بدست می آید [۸].

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (2)$$

انعکاس باند سبز در محدوده طیفی بین (۰/۵۲۷ - ۰/۶۰۰) میکرومتر می باشد که در ماهواره لندست ۷ و ۸ به ترتیب معادل باند ۲ و ۳ می باشد.

۳-۴- تولید نقشه های پوشش گیاهی و پهنه آبی

در این پژوهش برای تولید نقشه های پوشش گیاهی و پهنه آبی از حدآستانه گذاری بر روی شاخص های NDVI و NDWI استفاده می شود. در استفاده از روش حدآستانه مهم ترین بحث انتخاب حدآستانه های مناسب برای استخراج عوارض مربوطه می باشد که در این پژوهش حدآستانه های مربوطه با بررسی هیستوگرام هر یک از شاخص های NDVI و NDWI در هر سال انتخاب شده است. مطابق با روابط (۳) و (۴) با اعمال حدآستانه های بدست آمده از بررسی هیستوگرام ها، نقشه پوشش گیاهی (Map_y^{veg}) و نقشه پهنه آبی (Map_y^{wat}) در هر سال استخراج می شود.

$$Map_y^{veg} = NDVI_y > Th_{1y} \quad (3)$$

$$Map_y^{wat} = NDWI_y > Th_{2y} \quad (4)$$

در روابط فوق، $NDVI_y$ و $NDWI_y$ به ترتیب شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده در سال y و Th_{1y} و Th_{2y} نیز به ترتیب حد آستانه های بدست آمده از بررسی هیستوگرام $NDVI_y$ و $NDWI_y$ می باشند.

۴-۳-۱- ارزیابی پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده

یکی از روش های مهم ارزیابی و سنجش، بررسی و مقایسه نتایج طبقه بندی با واقعیت می باشد. در این

(Kappa)، دقت کاربری^۳ (UA)، دقت تولید کننده^۴ (PA) مطابق روابط (۶) تا (۹) محاسبه می‌شوند [۱۶]، [۱۷].

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^3 A_{ii}}{N} \quad (۵)$$

$$P_e = \frac{\sum_{i=1}^3 CM_i \times RM_i}{N^2} \quad (۶)$$

$$Kappa = \frac{OA - P_e}{1 - P_e} \quad (۷)$$

$$PA_{veg} = \frac{A_{11}}{RM_1} \text{ \& } PA_{wat} = \frac{A_{22}}{RM_2} \quad (۸)$$

$$UA_{veg} = \frac{A_{11}}{CM_1} \text{ \& } UA_{wat} = \frac{A_{22}}{CM_2} \quad (۹)$$

۴-۴- تشکیل رگرسیون و پیش‌بینی تعداد پرندگان

مدل رگرسیون خطی یک روش ریاضی برای بیان رابطه آماری بین چند متغیر است. در این تحقیق رابطه میان تعداد پرندگان به عنوان متغیر وابسته با عوامل موثر (پهنه آبی و پوشش گیاهی) به عنوان متغیرهای مستقل بدست می‌آید. هرکدام از این عوامل از جمله شاخص‌های مهم در نقش اکولوژی یک تالاب محسوب می‌شوند و هر کدام نقش به سزای را در زندگی و مهاجرت پرندگان می‌گذارد. بنابراین برای درک بهتر از میزان شدت همبستگی و تاثیر گذاری عوامل موثر بر مهاجرت پرندگان از مدل رگرسیون با دو متغیر مستقل استفاده شده است. لازم بذکر است که بررسی جداگانه این متغیرها با تعداد پرندگان (رگرسیون خطی) عملی منطقی نمی باشد به دلیل آنکه در واقعیت برآیند پارامترهای موثر باعث مهاجرت پرندگان یا تغییر تعداد پرندگان می‌شود بعنوان مثال اگر در یک بازه زمانی قسمتی از پوشش گیاهی به مقدار کمی بخاطر گسترش نسبتاً زیاد پهنه آبی کاهش یابد و تعداد پرندگان افزایش یافته باشد بررسی جداگانه تاثیر پارامتر موثر پوشش

پژوهش از روش ماتریس خطا برای ارزیابی دقت پوشش‌های گیاهی و آب استخراج شده استفاده شده است. ماتریس خطا از ابزارهای متداول تعیین دقت کلاسه‌بندی پوشش زمین برای داده‌های سنجش از دور است. در این ارزیابی نقشه یا داده‌های مرجع کلاس‌های موجود با نقشه طبقه‌بندی شده منطقه مقایسه می‌گردند. ساختار کلی ماتریس خطا در یک تصویر طبقه‌بندی شده با N پیکسل نمونه ارزیابی که در این تحقیق بصورت دستی از روی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شده‌اند مانند جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- ساختار کلی ماتریس خطا

استخراج شده					مرجع
Row Marginal	دیگر کلاس‌ها	پهنه آبی	پوشش گیاهی	کلاس‌ها	
RM ₁	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	پوشش گیاهی	
RM ₂	A ₂₃	A ₂₂	A ₂₁	پهنه آبی	
RM ₃	A ₃₃	A ₃₂	A ₃₁	دیگر کلاس‌ها	
N	CM ₃	CM ₂	CM ₁	Column Marginal	

در ماتریس فوق، اعداد قرار گرفته بر روی قطر اصلی ماتریس (A_{ii}) بیانگر تعداد پیکسل‌هایی می‌باشند که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند بعنوان مثال A₁₁ بیانگر تعداد پیکسل‌هایی می‌باشند که در هر دو داده مرجع و استخراج شده بعنوان پوشش گیاهی می‌باشند در حالیکه اعداد قرار گرفته در سایر سلول‌ها (A_{ij} if i≠j) بیانگر تعداد پیکسل‌هایی می‌باشند که به اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند بعنوان مثال A₁₂ بیانگر تعداد پیکسل‌هایی می‌باشند که بعنوان پهنه آبی استخراج شده‌اند اما در واقعیت پوشش گیاهی می‌باشند. با این تفاسیر هر چه اعداد قرار گرفته بر روی قطر اصلی بزرگتر و اعداد قرار گرفته در سایر سلول‌های ماتریس کوچکتر باشند نشانگر آن می‌باشد که دقت نتایج طبقه‌بندی بیش‌تر می‌باشد.

یکی از شاخص‌هایی که از ماتریس خطا برای محاسبه دقت استخراج می‌شود، شاخص دقت کلی^۱ (OA) است که مطابق رابطه (۵) از تقسیم مجموع قطر اصلی بر تعداد کل پیکسل‌ها محاسبه می‌شود. به همین ترتیب ضریب کاپا^۲

^۳ User's Accuracy (UA)

^۴ Producer's Accuracy (PA)

^۱ Overall Accuracy (OA)

^۲ Kappa Coefficient

$$S_{wn}^i = \frac{S_w^i - \min(S_w^i)}{\max(S_w^i) - \min(S_w^i)} \quad (14)$$

در روابط فوق، S_{wn}^i و S_{vn}^i به ترتیب پارامترهای نرمالایز شده تعداد پرندگان، پوشش گیاهی و پهنه آبی می‌باشند. با نرمالایز کردن پارامترها، فرم ماتریسی رابطه (۱۱) را می‌توان بصورت روابط (۱۵) و (۱۶) بیان کرد.

$$S \times X = N_b \quad (15)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_{wn}^{1390} & S_{vn}^{1390} & 1 \\ S_{wn}^{1391} & S_{vn}^{1391} & 1 \\ S_{wn}^{1392} & S_{vn}^{1392} & 1 \\ S_{wn}^{1393} & S_{vn}^{1393} & 1 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}, N_b = \begin{bmatrix} N_{bn}^{1390} \\ N_{bn}^{1391} \\ N_{bn}^{1392} \\ N_{bn}^{1393} \end{bmatrix} \quad (16)$$

یکی از روش‌های حل معادله ماتریسی (۱۵) استفاده از روش کمترین مربعات هست که در آن مجموع مربعات خطا حداقل می‌گردد به عبارت دیگر ضرایب به گونه‌ای تعیین می‌شود که مجموع مربعات اختلاف بین مقادیر برآورد شده و مقادیر واقعی تعداد پرندگان حداقل گردد. در روش کمترین مربعات هدف حداقل کردن قید مندرج در رابطه (۱۷) می‌باشد.

$$c = \sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n (N_b - \hat{N}_b)^2 = \sum_{i=1}^n (N_b - SX)^2 \quad (17)$$

در رابطه فوق، v_i بیانگر خطاها یا اختلاف بین مقادیر برآورد شده و مقادیر واقعی تعداد پرندگان، $\hat{N}_b$ مقادیر برآورد شده تعداد پرندگان و n تعداد مشاهدات یا معادلات می‌باشد. با حداقل کردن رابطه (۱۷) بردار ضرایب یا همان ضرایب رگرسیون خطی چندمتغیره مطابق رابطه (۱۸) بدست می‌آیند.

$$X = (S' \times S)^{-1} \times S' \times N_b \quad (18)$$

در رابطه فوق، S' ترانهاد ماتریس S می‌باشد. بردار خطای برازش یا باقیمانده (v) نیز مطابق رابطه (۱۹) قابل محاسبه می‌باشد.

$$v = N_b - SX = N_b - S \times (S' \times S)^{-1} \times S' \times N_b \quad (19)$$

۴-۴-۱- ضریب همبستگی (R)

همبستگی یا ضریب همبستگی، ارتباط بین متغیرهای وابسته و مستقل را اندازه‌گیری می‌کند و نشان

گیاهی بر تعداد پرندگان این نتیجه را خواهد داد که کاهش پوشش گیاهی باعث افزایش تعداد پرندگان در منطقه مطالعاتی می‌شود در حالیکه این تفسیر درست نمی‌باشد و انتظار می‌رود که افزایش پوشش گیاهی و بهبود شرایط تالاب باعث افزایش تعداد پرندگان در منطقه گردد. همچنین در صورتی که پارامتر تعداد پرندگان با پارامترهای موثر بطور جداگانه بررسی شود با توجه به اینکه هدف از هر رگرسیونی پیش‌بینی شرایط آبی می‌باشد برای تعداد پرندگان در سال‌های آتی دو مقدار بدست می‌آید که می‌توانند برآورد ناصحیحی را از تعداد پرندگان نشان دهند.

اگر تعداد پرندگان و مساحت پوشش گیاهی و پهنه آبی در زمان i را به ترتیب با N_b^i ، S_v^i و S_w^i نشان دهیم رگرسیون خطی دو متغیره بین آن‌ها مطابق با رابطه (۱۰) خواهد بود.

$$N_b^i = a \times S_w^i + b \times S_v^i + c \quad (10)$$

در روابط فوق، پارامترهای a ، b و c ضرایب رگرسیون خطی دو متغیره هستند. برای تعیین ضرایب هر رگرسیون نیاز هست که درجه آزادی آن بزرگتر از صفر باشد یعنی تعداد مشاهدات یا معادلات از تعداد مجهولات بزرگتر باشد که در این پژوهش مطابق با رابطه (۱۱) از داده‌های چهار سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ برای تشکیل چهار معادله استفاده شده است.

$$\begin{cases} N_b^{1390} = a \times S_w^{1390} + b \times S_v^{1390} + c \\ N_b^{1391} = a \times S_w^{1391} + b \times S_v^{1391} + c \\ N_b^{1392} = a \times S_w^{1392} + b \times S_v^{1392} + c \\ N_b^{1393} = a \times S_w^{1393} + b \times S_v^{1393} + c \end{cases} \quad (11)$$

با توجه به دامنه متفاوت پارامترهای پوشش گیاهی، پهنه آبی و تعداد پرندگان بهتر می‌باشد که قبل از برآورد ضرایب رگرسیون، پارامترهای مذکور بین صفر تا یک نرمالسازی گردند برای این منظور می‌توان از روابط (۱۲) تا (۱۴) استفاده نمود.

$$N_{bn}^i = \frac{N_b^i - \min(N_b^i)}{\max(N_b^i) - \min(N_b^i)} \quad (12)$$

$$S_{vn}^i = \frac{S_v^i - \min(S_v^i)}{\max(S_v^i) - \min(S_v^i)} \quad (13)$$

می‌دهد که به چه صورت می‌توان متغیرها را با هم ارتباط دهیم. هر چقدر ارتباط بین دو متغیر شدیدتر باشد، مقدار ضریب همبستگی به ۱ یا -۱ نزدیک‌تر است. به این صورت که اگر بتوانیم از روی یک متغیر مقدار متغیر بعدی را پیش بینی کنیم می‌توان گفت که ارتباط شدیدی بین آن‌ها وجود دارد. هر چقدر این ارتباط ضعیف‌تر باشد، مقدار ضریب همبستگی به عنوان یک ضریب استاندارد باید به صفر نزدیک‌تر بشود. هم‌چنین اگر دو متغیر مستقل باشند، در این حالت ضریب همبستگی هم برابر صفر می‌باشد.

۴-۴-۲- ضریب تعیین یا تشخیص (R^2)

ضریب تعیین یا تشخیص^۱ که با نماد R^2 نشان می‌دهند بیانگر نسبت تغییرات متغیر وابسته (در این پژوهش تعداد پرندگان) می‌باشد که توسط متغیرهای مستقل (سطح پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی) قابل پیش‌بینی باشد به عبارت دیگر ضریب تعیین نشان دهنده این است که چه مقدار از تغییرات متغیر وابسته تحت تاثیر متغیر مستقل مربوطه بوده و مابقی تغییرات متغیر وابسته مربوط به سایر عوامل می‌باشد. ضریب تعیین بین صفر و یک می‌باشد که یک بودن آن بیانگر آن هست که تمام تغییرات متغیر وابسته بوسیله متغیرهای مستقل قابل پیش‌بینی می‌باشد و صفر بودن آن بیانگر آن هست که هیچ کدام از تغییرات متغیر وابسته بوسیله متغیرهای مستقل قابل پیش‌بینی نمی‌باشد. ضریب تعیین یا تشخیص مطابق با روابط (۲۰) تا (۲۳) قابل محاسبه می‌باشد.

$$\bar{N}_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{bi} \quad (20)$$

$$SSS_{Reg} = \sum_{i=1}^n (\hat{N}_{bi} - \bar{N}_b)^2 \quad (21)$$

$$SSS_{tot} = \sum_{i=1}^n (N_{bi} - \bar{N}_b)^2 \quad (22)$$

$$R^2 = 1 - \frac{SSS_{Reg}}{SSS_{tot}} \quad (23)$$

با افزایش مشاهدات و هم‌چنین با افزایش متغیرهای مستقل میزان ضریب تعیین افزایش می‌یابد این افزایش ممکن است کاذب باشد که برای رفع این مشکل ضریب تعیین تعدیل شده^۲ تعریف گردیده است. مقدار تعدیل شده ضریب تعیین، میزان ضریب تعیین را با توجه به متغیرهای مستقل اضافه شده به رگرسیون و با توجه به عرض از مبدهای جدید، تعدیل و اصلاح می‌کند و هرچه تفاوت بین ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده کمتر باشد نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل که به مدل اضافه شده‌اند به درستی انتخاب شده‌اند. ضریب تعیین تعدیل شده ($\bar{R}^2$) مطابق رابطه (۲۴) تعریف می‌گردد.

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \times \frac{n-1}{n-p-1} \quad (24)$$

در رابطه فوق، p تعداد پارامترهای شرکت کننده در رگرسیون می‌باشد. در این پژوهش برای بررسی میزان تاثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته از ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده استفاده شده است.

۴-۴-۳- دقت پیش‌بینی تعداد پرندگان

به طور کلی هر چه همبستگی ضعیف‌تر باشد پراکندگی نقاط مختصات هم بیشتر می‌شود. هر چه همبستگی قوی‌تر باشد، پیش‌بینی هم دقیق‌تر است. دقت پیش‌بینی را می‌توان با محاسبه مجموع مجزورات تفاضل ارزش‌های برآورده شده (پیش‌بینی شده) و واقعی محاسبه کرد. توجه گردد که دقت پیش‌بینی رگرسیون با خطای برازش یا باقیمانده (v) ذکر شده در رابطه (۱۹) متفاوت می‌باشد. خطای برازش یا باقیمانده (v) خطا را برای نمونه‌های شرکت کننده در رگرسیون محاسبه می‌کند در حالیکه دقت پیش‌بینی خطا را برای نمونه‌های تست که در رگرسیون مشارکت نداشتند محاسبه می‌کند. دقت پیش‌بینی تعداد پرندگان^۳ (FBNP) مطابق رابطه (۲۵) تعریف می‌گردد.

$$FBNP = \sum_{j=1}^m (N_{bj} - \hat{N}_{bj})^2 = \sum_{j=1}^m (N_{bj} - S_t X)^2 \quad (25)$$

^۲ Adjusted R-Squared

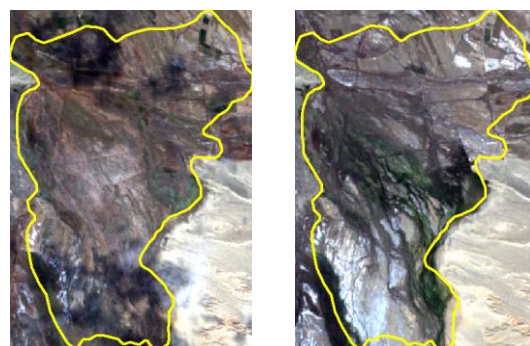
^۳ Forecasted Birds Number Precision (FBNP)

^۱ Coefficient Of Determination (CoD)

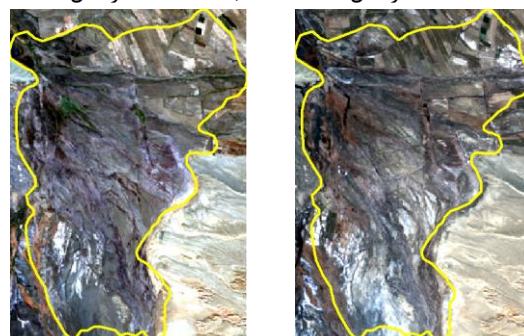
۵- نتایج پیاده‌سازی و ارزیابی

۵-۱- پیش‌پردازش داده‌ها

در این پژوهش با توجه به اینکه تصاویر به کار گرفته مربوط به تصاویر سطح یک می‌باشند بنابراین این تصاویر ژئورفرنس یا زمین مرجع شده‌اند و نیازی به تصحیح هندسی یا مختصات‌دار کردن تصاویر نمی‌باشد. تصحیح رادیومتریک نیز بر روی هر کدام از پنج تصویر بکار گرفته شده برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ اعمال شده است که ترکیب RGB این تصاویر بعد از تصحیح رادیومتریکی آن در شکل ۳ نشان داده شده است. در تصاویر نشان داده شده در شکل ۳ مرز تالاب بند علیخان نیز با خط زرد رنگ بر روی آن نشان داده شده است. در این پژوهش برای تصحیح رادیومتریکی از نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شده است.



الف) لندست ۷ در سال ۱۳۹۰ ب) لندست ۷ در سال ۱۳۹۱



ج) لندست ۸ در سال ۱۳۹۲ د) لندست ۸ در سال ۱۳۹۳

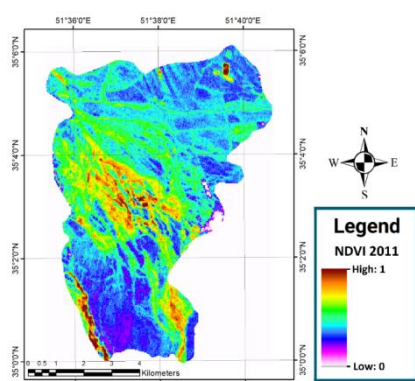


ه) لندست ۸ در سال ۱۳۹۴

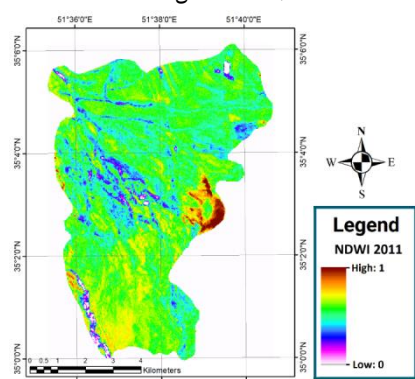
شکل ۳- ترکیب RGB تصاویر سطح یک مناطق مطالعاتی بعد از تصحیح رادیومتریکی

۵-۲- تولید شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI)

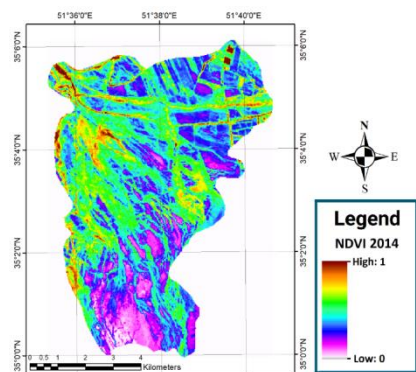
بعد از پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای، شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) به ترتیب با استفاده از روابط (۳) و (۴) بدست می‌آیند که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. مناطق گیاهی در شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) دارای مقادیر بالا و مناطق غیرگیاهی دارای مقادیر پایینی هستند. همچنین مناطق آبی در شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) دارای مقادیر بالا و مناطق غیرآبی دارای مقادیر پایینی هستند. در تصاویر لندست ۷، از باندهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب بعنوان باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده شده است. همچنین در تصاویر لندست ۸ نیز، از باندهای ۳، ۴ و ۵ به ترتیب بعنوان باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک استفاده شده است. در این پژوهش برای تولید شاخص‌های مذکور از نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شده است و برای نمایش آن از نرم‌افزار ArcMap 10.5 استفاده شده است.



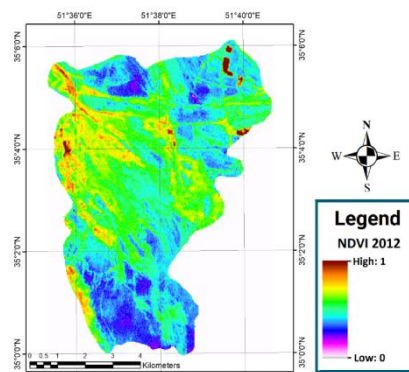
الف) NDVI ۲۰۱۱ سال



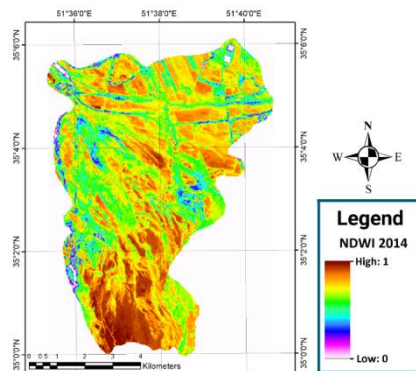
ب) NDWI ۲۰۱۱ سال



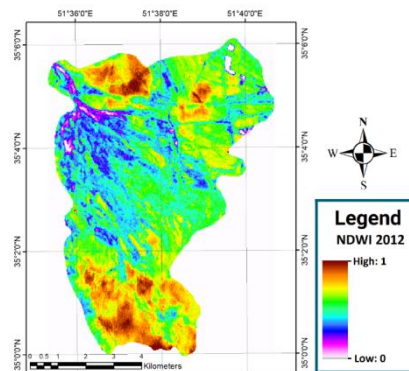
ز) NDVI سال ۱۳۹۰



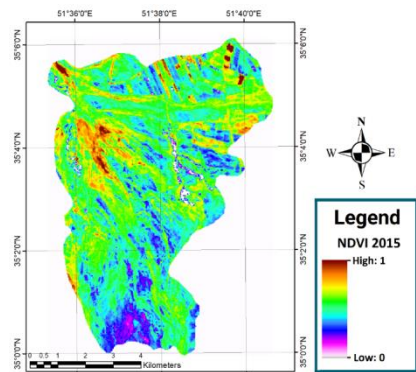
ج) NDVI سال ۱۳۹۰



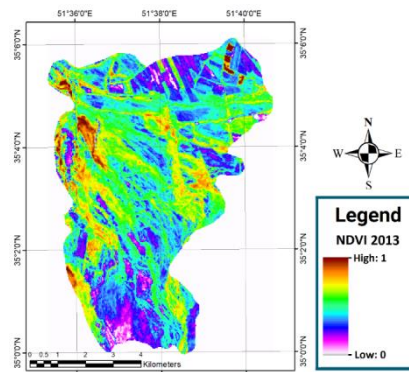
ح) NDVI سال ۱۳۹۰



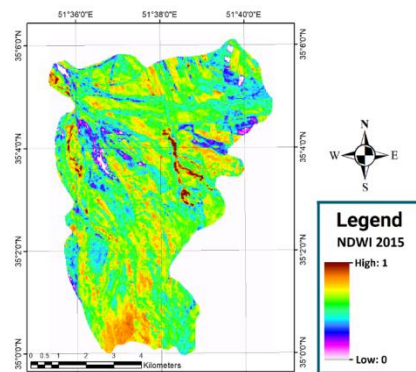
د) NDVI سال ۱۳۹۰



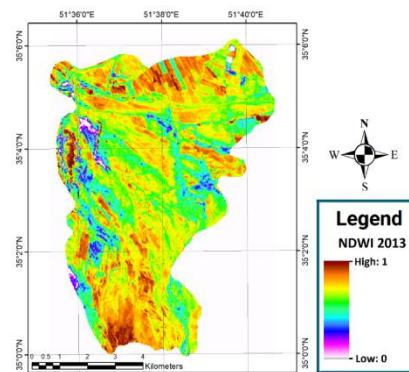
ط) NDVI سال ۱۳۹۰



ه) NDVI سال ۱۳۹۰

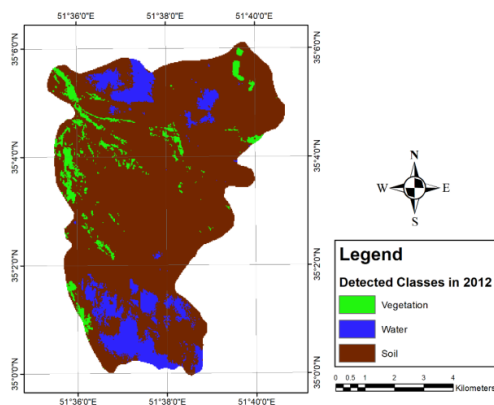


ی) NDVI سال ۱۳۹۰

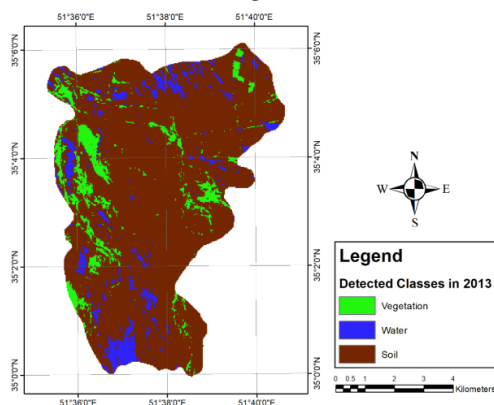


و) NDVI سال ۱۳۹۰

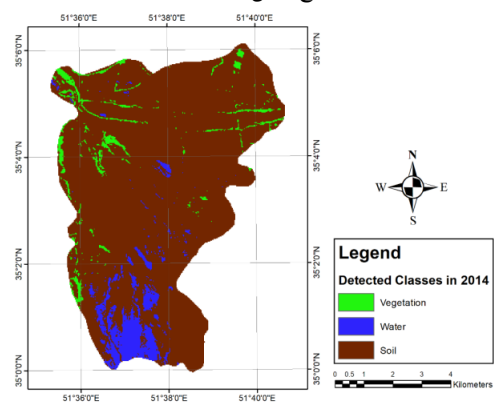
شکل ۴- شاخص گیاهی تفاضلی نرمالایز شده (NDVI) (سمت راست) و شاخص آب تفاضلی نرمالایز شده (NDWI) (سمت چپ) منطقه مطالعاتی تالاب بند علیخان بین سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴



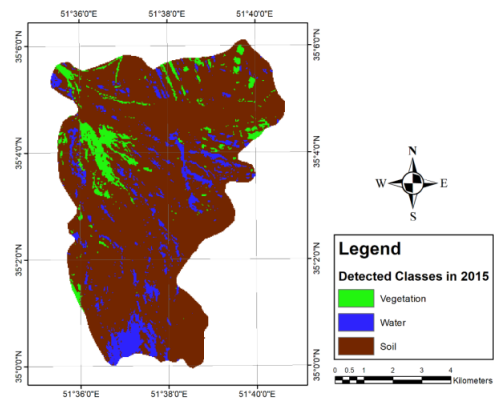
ب) سال ۱۳۹۱



ج) سال ۱۳۹۲



د) سال ۱۳۹۳



ه) سال ۱۳۹۴

شکل ۵- تصاویر پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی تالاب بند علیخان بین سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۰

لازم بذکر است که مقادیر شاخص های NDVI و NDWI در این پژوهش بین صفر و یک نرمال سازی گردیده اند.

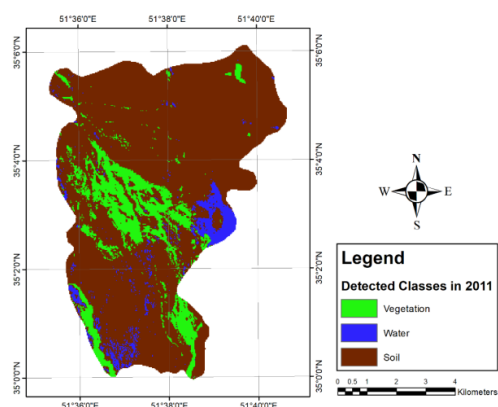
۵-۳- تولید نقشه های پوشش گیاهی و پهنه آبی

همانطور که پیش تر اشاره شد در پژوهش جاری برای تولید نقشه های پوشش گیاهی و پهنه آبی از حدآستانه گذاری بر روی شاخص های NDVI و NDWI استفاده می شود. حدآستانه بدست آمده از بررسی هیستوگرام تصاویر شاخص های NDVI و NDWI در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- حدآستانه بدست آمده از بررسی هیستوگرام تصاویر شاخص های NDVI و NDWI

سال	حدآستانه اعمال شده بر روی شاخص NDVI	حدآستانه اعمال شده بر روی شاخص NDWI
۱۳۹۰	۰/۶۸	۰/۴۰
۱۳۹۱	۰/۶۵	۰/۵۰
۱۳۹۲	۰/۵۴	۰/۵۴
۱۳۹۳	۰/۶۹	۰/۴۷
۱۳۹۴	۰/۵۲	۰/۶

با اعمال حدآستانه های بدست آمده از بررسی هیستوگرام ها، پوشش گیاهی و پهنه آبی در هر سال استخراج می شود که نتایج آن در هر سال در قالب یک نقشه در شکل ۵ نشان داده شده است. در این طبقه بندی سه کلاس پوشش گیاهی، پهنه آبی و سایر کلاس ها (زمین های بایر و ...) در نظر گرفته شده است که به ترتیب به رنگ های سبز، آبی و قهوه ای نشان داده شده است.



الف) سال ۱۳۹۰

مساحت و درصد پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- مساحت و درصد پوشش گیاهی و پهنه آبی در منطقه مطالعاتی

سال	پوشش گیاهی		پهنه آبی	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
۱۳۹۰	۳۶۳/۷۸	% ۶/۲۸	۵۵۸/۸۱	% ۹/۵۴
۱۳۹۱	۲۲۳/۰۲	% ۳/۸۵	۳۷۸/۰۰	% ۶/۵۳
۱۳۹۲	۴۸۱/۷۷	% ۸/۳۲	۴۰۴/۱۹	% ۶/۹۸
۱۳۹۳	۲۹۴/۷۵	% ۵/۰۹	۶۴۷/۲۸	% ۱۱/۱۸
۱۳۹۴	۷۹۹/۳۸	% ۱۳/۸۰	۲۸۵/۹۳	% ۴/۹۴

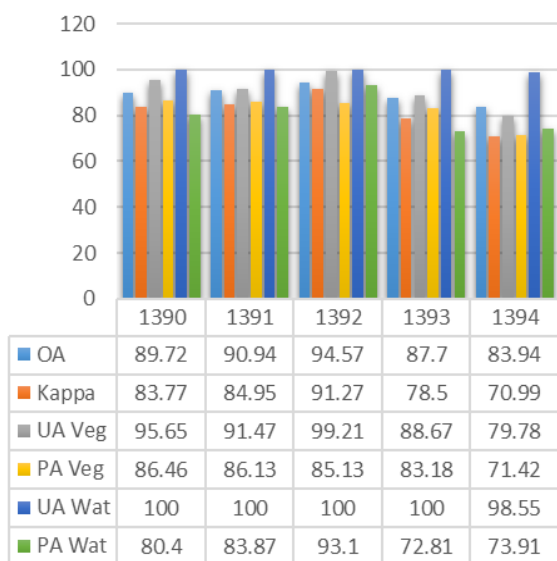
۵-۳-۱- ارزیابی پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده

در این پژوهش از روش ماتریس خطا برای ارزیابی کلاس‌های استخراج شده استفاده شده است. همچنین لازم بذکر می‌باشد که با توجه به نبود نقشه واقعیت از منطقه مطالعاتی در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴، برای ارزیابی نمونه‌های تست با بررسی بصری تصاویر لندست هر سال بصورت دستی انتخاب شدند. در این پژوهش از شاخص‌های صحت کلی (OA)، ضریب کاپا (Kappa)، دقت کاربری (UA Veg) برای پوشش گیاهی و UA Wat برای پهنه آبی) و دقت تولیدکننده (PA Veg) برای پوشش گیاهی و PA Wat برای پهنه آبی) استفاده شده است که نتایج آن در جدول ۶ و نمودار ستونی شکل ۶ آورده شده است در پژوهش جاری استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی و همچنین ارزیابی‌های مربوط به آنان در نرم‌افزار MATLAB 2017 انجام شده است.

جدول ۶- شاخص‌های ارزیابی برای پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی (بهترین مقادیر در هر سطر با فونت ضخیم مشخص شده است)

شاخص	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
OA	% ۸۹/۷۲	% ۹۰/۹۴	% ۹۴/۵۷	% ۸۷/۷۰	% ۸۳/۹۴
Kappa	% ۸۳/۷۷	% ۸۴/۹۵	% ۹۱/۲۷	% ۷۸/۵۰	% ۷۰/۹۹
UA Veg	% ۹۵/۶۵	% ۹۱/۴۷	% ۹۹/۲۱	% ۸۸/۶۷	% ۷۹/۷۸
PA Veg	% ۸۶/۴۶	% ۸۶/۱۳	% ۸۵/۱۳	% ۸۳/۱۸	% ۷۱/۴۲
UA Wat	% ۱۰۰	% ۱۰۰	% ۱۰۰	% ۱۰۰	% ۹۸/۵۵
PA Wat	% ۸۰/۴۰	% ۸۳/۸۷	% ۹۳/۱۰	% ۷۲/۸۱	% ۷۳/۹۱

شاخص‌های ارزیابی برای پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی



شکل ۶- نمودار ستونی شاخص‌های ارزیابی برای پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی

نتایج ارزیابی‌های فوق نشان می‌دهند که پوشش گیاهی و پهنه آبی استخراج شده در منطقه مطالعاتی در تمام سال‌ها با دقت بالایی استخراج شده‌اند بطوریکه بیش‌ترین مقدار صحت کلی و شاخص کاپا مربوط به سال ۱۳۹۲ به ترتیب با مقادیر ۹۴/۵۷٪ و ۹۱/۲۷٪ می‌باشد و کمترین مقدار صحت کلی و شاخص کاپا مربوط به سال ۱۳۹۴ به ترتیب با مقادیر ۸۳/۹۴٪ و ۷۰/۹۹٪ می‌باشد.

۵-۴- تشکیل رگرسیون و پیش‌بینی تعداد پرندگان

با استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴، می‌توان ارتباط بین تعداد پرندگان را که در جدول ۱ آورده شده است را با پارامترهای مذکور مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش از رگرسیون خطی دو متغیره برای بررسی ارتباط بین تعداد پرندگان با پارامترهای سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی استفاده شده است علت این امر این است که به نظر ارتباط بین تعداد پرندگان با پارامترهای یادشده آنقدر پیچیده نمی‌باشد که از ترم‌های درجه دوم یا سوم در رگرسیون استفاده نمود. همچنین تعداد پایین نقاط موجود برای رگرسیون از دلایل دیگری است که از رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط بین تعداد پرندگان با پارامترهای سطح پوشش گیاهی و

پهنه آبی استفاده شده است. با تشکیل ماتریس ضرایب مطابق آنچه در بخش ۴-۴ تشریح شد ضرایب رگرسیون خطی با روش کمترین مربعات برآورد گردید که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است. لازم به یادآوری است که پارامترهای تعداد پرندگان، سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی قبل از مشارکت در رگرسیون بین صفر تا یک نرمالسازی شده‌اند تا ضرایب به دست آمده تحت تاثیر دامنه‌های متفاوت این پارامترها قرار نگیرند.

جدول ۷- ضرایب رگرسیون خطی بدست آمده با روش کمترین مربعات

پارامتر	ضریب پوشش گیاهی	ضریب پهنه آبی	ضریب ثابت رگرسیون
مقدار ضریب	۱/۱۵۷۱	۰/۶۹۲۱	- ۰/۲۵۹۸

نتایج جدول فوق نشان می‌دهند تغییرات پوشش گیاهی بیش‌ترین تاثیر را در تعداد پرندگان مهاجر دارا می‌باشد. همانطور که انتظار می‌رفت ضرایب رگرسیون برای پوشش گیاهی و پهنه آبی مثبت می‌باشند که بیانگر آن است که با افزایش پارامترهای سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی در منطقه مطالعاتی تالاب بند علیخان، تعداد پرندگان نیز افزایش می‌یابد. برای رگرسیون تشکیل یافته بین تعداد پرندگان و سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی مقادیر باقیمانده خطای روش کمترین مربعات، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده محاسبه شده است که نتایج آن در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- مقادیر باقیمانده خطای روش کمترین مربعات، ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده در رگرسیون انجام گرفته برای منطقه مطالعاتی

شاخص	مقدار
باقیمانده خطای روش کمترین مربعات	۰/۰۸۱
ضریب همبستگی (R)	۰/۹۲۷
ضریب تعیین (R^2)	۰/۸۶۱
ضریب تعیین تعدیل شده ($Adj R^2$)	۰/۵۸۲

به این علت که پهنه آبی و پوشش گیاهی از جمله عوامل مهم و موثر در نقش زیست محیطی یک تالاب می‌باشند و کاهش و افزایش این عوامل در شرایط اکولوژی تالاب تاثیر می‌گذارد و باعث تغییرات جمعیتی پرندگان می‌شود لذا برای درک بهتر میزان این تاثیرات و همبستگی عوامل موثر در مهاجرت، ارتباط این عوامل بر مهاجرت پرندگان بوسیله ضریب همبستگی بدست آمده

است. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۸، مقدار ضریب همبستگی (R) در رابطه‌ی میان تعداد پرندگان با مساحت پوشش گیاهی و پهنه آبی برابر با ۰/۹۲۷ می‌باشد. این مقدار اشاره به همبستگی ساده و خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته دارد. همچنین بیانگر ارتباط قوی همبستگی بین متغیرهای پهنه آبی و پوشش گیاهی با تعداد پرندگان می‌باشد مقدار ضریب تشخیص (R^2) نشان می‌دهد که چه مقدار از متغیر وابسته یعنی تعداد پرندگان، می‌تواند توسط متغیرهای مستقل یعنی توسط پهنه آبی و پوشش گیاهی، تبیین شود. در اینجا مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی تالاب می‌تواند ۸۶/۱ درصد از تغییرات جمعیت پرندگان تالاب را تبیین کند. و یا به عبارتی شدت همبستگی جمعیت پرندگان با پهنه آبی و پوشش گیاهی برابر با ۸۶/۱ درصد می‌باشد.

همچنین با بررسی باقیمانده خطای روش کمترین مربعات و ضرایب تعیین در جدول ۸ مشخص می‌شود که رگرسیون بین تعداد پرندگان و سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی به خوبی برازش یافته است البته این به معنای دقت بالای پیش‌بینی تعداد پرندگان نمی‌باشد. لازم بذکر است که هر چقدر تعداد درجه آزادی یا تعداد مشاهدات و معادلات نسبت به تعداد مجهولات بیش‌تر باشد و باقیمانده خطای روش کمترین مربعات کمتر باشد با قابلیت اطمینان بالاتری می‌توان گفت که رگرسیون به خوبی برازش یافته است. بعنوان مثال زمانی که درجه آزادی برابر با صفر باشد یا به عبارت دیگر تعداد مجهولات و مشاهدات برابر باشند مقدار باقیمانده خطای روش کمترین مربعات برابر با صفر خواهد شد به دلیل آنکه تنها یک جواب قطعی برای معادلات وجود خواهد داشت و تفاضل بین مقادیر محاسبه شده و واقعی صفر خواهند بود. در پژوهش جاری به دلیل آنکه تعداد مشاهدات متوالی کمتری از تعداد پرندگان در دسترس بود امکان استفاده از تعداد نقاط بیش‌تر ممکن نشد. البته لازم بذکر است که با همین تعداد مشاهدات پرندگان، به دلیل استخراج پوشش گیاهی و پهنه آبی با دقت بالا و برازش مناسب رگرسیون، پیش‌بینی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ با دقت بالایی انجام شده است که نتایج آن در جدول ۹ ارائه شده است. برای پیش‌بینی تعداد پرندگان در سال‌های آتی مثل سال ۱۳۹۴ نیاز هست که ضرایب مندرج در جدول ۷ بر مقادیر نرمالایز شده سطح پوشش گیاهی و پهنه آبی در همان سال اعمال گردد که

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

- نتیجه‌گیری‌های کلی این پژوهش به شرح ذیل می‌باشد.
- نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات در یک دوره پنج ساله در منطقه تالاب بندعلیخان بیانگر آن است که، تکنیک‌های RS و GIS دارای ارزش مناسبی جهت ارزیابی و بررسی روند تغییرات محیطی تالاب‌ها می‌باشند.
- افزایش مساحت پهنه آبی و افزایش مساحت پوشش گیاهی تالاب بندعلیخان تاثیر بسیار خوبی در جذب و افزایش تعداد پرندگان منطقه دارد.
- با بررسی نتایج بدست آمده مشخص گردید که رابطه مستقیمی بین جمعیت پرندگان با مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی وجود دارد یعنی افزایش سطح این دو پارامتر باعث افزایش تعداد پرندگان می‌گردد البته تغییرات پوشش گیاهی نسبت به پهنه آبی در تعداد پرندگان دارای تاثیر بیش‌تری می‌باشد. با وجود اینکه مساحت تحت پوشش پهنه آبی تالاب در طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است اما به دلیل کاهش نسبتاً زیاد سطح پوشش گیاهی در همین مدت باعث از بین رفتن منابع و محیط زندگی جانداران تالاب گردیده است و مانع از افزایش تعداد پرندگان شده است اما در سال ۱۳۹۴ با افزایش سطح هر دو پارامتر پهنه آبی و پوشش گیاهی نسبت به سال قبل یعنی ۱۳۹۳، وضعیت عوامل محیطی تالاب رو به بهبودی رفته و تعداد پرندگان نیز افزایش یافته است که این خود نیز تصدیق کننده وجود رابطه مستقیم بین جمعیت پرندگان با مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی می‌باشد.
- نتایج پیش‌بینی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ نشان داد که استفاده از پارامترهای پهنه آبی و پوشش گیاهی می‌تواند تا حد زیادی تعداد پرندگان در منطقه را پیش‌بینی و برآورد کرد.
- طبق نتایج بدست آمده از مدل رگرسیون خطی متغیرها، ضریب همبستگی بین جمعیت پرندگان با مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی برابر با ۰/۹۲۷ می‌باشد یعنی حدود ۸۶/۱ درصد از جمعیت گونه‌های پرندگان به افزایش یا کاهش مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی تالاب بستگی دارد. شدت و همبستگی

مجموع آنان تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ را بصورت نرمالایز شده بین صفر و یک نتیجه خواهد داد. برای بدست آوردن تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ نیاز هست مقدار بدست آمده برای آن غیرنرمالسازی گردد که برای این کار نیاز هست از معکوس رابطه (۱۲) استفاده گردد. نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که تفاضل مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ برابر با ۳۰۹ قطعه (واحد شمارش پرندگان) می‌باشد که شامل ۶/۱٪ از تعداد پرندگان واقعی در همان سال (۵۰۷۴) می‌باشد. در حقیقت پیش‌بینی پرندگان در سال ۱۳۹۴ با خطای ۶/۱٪ یا با دقت ۹۳/۹۰٪ صورت گرفته است که نشانگر دقت نسبتاً بالایی می‌باشد.

جدول ۹- نتایج پیش‌بینی تعداد پرندگان در منطقه مطالعاتی تالاب بند علیخان در سال ۱۳۹۴

پارامتر	مقدار
تعداد پرندگان پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۴	۴۷۶۵
تعداد پرندگان واقعی در سال ۱۳۹۴	۵۰۷۴
تفاضل مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴	۳۰۹
صحت برآورد تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴	۹۳/۹۰٪

با بررسی نتایج بدست آمده مشخص گردید که رابطه مستقیمی بین جمعیت پرندگان با مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی وجود دارد یعنی افزایش سطح این دو پارامتر باعث افزایش تعداد پرندگان می‌گردد البته تغییرات پوشش گیاهی نسبت به پهنه آبی در تعداد پرندگان دارای تاثیر بیش‌تری می‌باشد. با وجود اینکه مساحت تحت پوشش پهنه آبی تالاب در طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است اما به دلیل کاهش نسبتاً زیاد سطح پوشش گیاهی در همین مدت مانع از افزایش تعداد پرندگان شده است اما در سال ۱۳۹۴ با افزایش سطح هر دو پارامتر پهنه آبی و پوشش گیاهی نسبت به سال قبل یعنی ۱۳۹۳، تعداد پرندگان نیز افزایش یافته است که این خود نیز تصدیق کننده وجود رابطه مستقیم بین جمعیت پرندگان با مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی می‌باشد. هم‌چنین نتایج پیش‌بینی تعداد پرندگان در سال ۱۳۹۴ نشان داد که استفاده از پارامترهای پهنه آبی و پوشش گیاهی می‌تواند تا حد زیادی تعداد پرندگان در منطقه را پیش‌بینی و برآورد کرد.

- بررسی دیگر عوامل تاثیر گذار بر مهاجرت پرندگان در منطقه
 - بررسی تغییرات تعداد جانداران دیگر نسبت به تغییرات سطح پوشش گیاهی، پهنه آبی و دیگر عوامل موثر
 - بررسی ارتباط بین عوامل تاثیر گذار و جمعیت پرندگان یا دیگر جانداران در بازه‌های زمانی بلند برای افزایش درجه آزادی و افزایش قابلیت اطمینان نتایج بدست آمده
 - بررسی تاثیرات پهنه آبی بر سطح پوشش گیاهی یا دیگر عوامل تاثیرگذار بر مهاجرت پرندگان
 - بررسی رگرسیون‌هایی با درجات بالاتر و تعیین مناسبترین درجه رگرسیون
 - تعیین ضرایب رگرسیون با الگوریتم‌های بهینه‌سازی همانند ژنتیک و مقایسه آن با روش کمترین مربعات
 - پیش‌بینی تعداد پرندگان با روش‌های هوشمند همچون شبکه‌های عصبی
- بین مهاجرت پرندگان نسبت به افزایش و کاهش مساحت پهنه آبی و پوشش گیاهی در سطح نسبتاً قوی می‌باشد و نوع ارتباط این متغیرها در مدل رگرسیون، خطی مستقیم می‌باشد.
- نتایج نشان می‌دهد که پرندگان برای زندگی و بقا به شرایط زیست محیطی مناسبی احتیاج دارند زمانی که سطح پهنه آبی و پوشش گیاهی تالاب در شرایط مناسب نبوده و رو به کاهش هستند، پرندگان نیز از این شرایط پیروی می‌کنند و مکان‌های دیگری که دارای منابع آب و پوشش گیاهی مناسب‌تر هستند را برای زندگی انتخاب می‌کنند. به همین سبب می‌توان نتیجه گرفت پرندگانی که از مناطق دیگر در مسیر مهاجرت خود قرار دارند برای استراحت خود، سایت‌ها و تالاب‌های را در مسیر انتخاب می‌کنند که دارای پهنه آبی و پوشش گیاهی بهتری نسبت به سایر مناطق باشد.
- بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، موارد زیر برای پژوهش‌های آتی در این حوزه پیشنهاد می‌گردد.

مراجع

- [1] Mirzayi, M., (2012). "Effects of Climate Change on Biological Conditions and Bird Migration." Second Conference on Environmental Planning and Management, May 15-16, Tehran, pp. 22-25, (in Persian).
- [2] Rasouli, A.K., Abbasian, Sh., Jahanbakhsh, S., (2008). "Monitoring of Urmia Lake Water Surface Fluctuations by Processing of Multi- Sensors and Multi-Temporal Imageries." MJSP. 2008, Vol. 12, No. 2, PP. 53-71, (in Persian).
- [3] Sugumaran, R., et al. (2004). "Using Remote Sensing Data to Study Wetland Dynamics in Iowa." Iowa Space Grant (Seed) Final Technical Report, PP. 68-72.
- [4] Ahadnezhad Roshani, M., Yoshihisa, M., (2008). "Detecting Hamoon Wetland Changes Using Multi-Temporal Satellite Images and GIS." First International Conference on Water Crisis, PP. 20-23, (in Persian).
- [5] NazmFar, H., (2015). "Investigating the effects of Urmia lake water level on North West bio-ecology with using remote sensing data", Geography and Environmental Planning Journal, Vol. 27, pp. 59-193, (in Persian).
- [6] Kashaigili, J., Mbilinyi, B., McCartney, M., Mwanuzi, F., (2006). "Dynamics of Usangu plains wetlands: Use of remote sensing and GIS as management decision tools." Physics and Chemistry of the Earth; Vol. 31, PP. 967-975.
- [7] Rahimi Baloochi, L. (2011). "Environmental Risk Assessment of Shadegan International Wetland to Provide Management Strategies." M.Sc. Thesis, Faculty of Environment, University of Tehran, P. 136, (in Persian).
- [8] Ghaderi, K., Soleimani noor, E., Javadi, M.R., Gholami, Sh.A., (2013). "Monitoring the changes in water levels, of URMIA Lake, with using MODIS sensor image, and NDWI Index, since 2002 to 2013". Fifth Iran Water Resources Management Conference, PP. 114-130.
- [9] Miri, Gh.R., (2006). "investigating the environmental issues of Hamoon lake" Geographical Research, Vol. 56, PP. 113-103.
- [10] Allison, E.W. (1989). "Monitoring drought affected vegetation with AVHRR Digest". International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 4: pp. 1965-1967.

- [11] Behrooz rad, Behrooz. (2012). "The importance of desert lagoons existence, in the protection of biodiversity, Case Studies, for comparing the vegetation, and birds of Hamoon pond, in the Overhydration , and dehydration situations". articles collection of Third National Conference about combat against desertification and sustainable development of Iran's desert lagoons .arak. pp. 45-56.
- [12] Mirzaei, Mojgan. (2012). "the influence of, climate change, on subsistence and migration conditions of birds". second Conference, of Environmental Management and planning .pp. 22-25.
- [13] The Environmental protection Agency of Tehran province. (2017). The raw data of the census of waterfowl and waders wading wetlands Band Alikhan in the years 2011 to 2015, Natural Environment Department, P. 15.
- [14] Fatemi, R., Yousef, S.B., (2012). "Basics of Remote Sensing." Azadeh Publications, PP. 57.
- [15] Delavar, M., (2011). "Guide to the Use of Spatial Information and Remote Sensing Systems in Extracting Effective Parameters of Hydrological Studies of Catchment Basins." Ministry of Energy, Deputy of Water and Water Affairs, Journal No. 646, pp. 125-125.
- [16] Cohen, J., (1960). "A Coefficient of Agreement for Nominal Scales." Educational and Psychological Measurement, Vol. 20, No. 1, PP. 37-46.
- [17] Congalton, R.G, (1991). "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data." Remote Sensing of Environment, Vol. 37, No. 1, PP. 35-46.