

Investigation of periodic changes in the Coastline of Anzali international wetland using remote sensing

Seyed Aliakbar Hedayati^{*1}, Mohsen Mohammadi Galangash²,
Ahmadreza Pirali Zefrehei³, Maryam Fallah⁴, Mohammad Forouhar Vajargah⁵

1. Corresponding Author, Professor, Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hedayati@gau.ac.ir
2. Associate Prof., Dept. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran and Dept. of Water Engineering and Environmental Sciences, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran. E-mail: m_mohammadi@guilan.ac.ir
3. Ph.D., Dept. of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: ahmadreza.pirali@gmail.com
4. M.Sc., Dept. of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: maryam.fallah85@gmail.com
5. Ph.D., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. E-mail: mohammad.forouhar@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.05.2022
Revised: 05.12.2022
Accepted: 06.06.2022

Keywords:
Anzali International
Coastline,
Landsat,
NDWI,
Remote Sensing,
Wetland

ABSTRACT

Monitoring wetlands and especially their coastlines due to recording their periodic changes gives us a better understanding of the management of these areas. Remote sensing data and satellite images are one of the reliable sources for studying and interpreting changes in wetlands. In this study, Landsat images (TM-OLI) of 2007 and 2018 were examined in order to examine the changes. After performing the required processing and corrections, the NDWI index was used to separate the water and land border. Accordingly, the maximum coastline changes were in the east, west and center of the wetland with distances of 10885.82, 5781.22 and 3370.830 meters, respectively, compared to 2007. The results of the study of the wetland water area showed that the area of the wetland had a decreasing trend 2007 to 2018 (100.06 and 29.5 km², respectively) and the most changes were related to the eastern and central parts. Overall the results showed fluctuations of coastlines and water area in the studied years have been affected by changes in the water level of the Caspian Sea. Also, this study showed the efficiency remote sensing performance and NDWI index in identifying critical area in Anzali Wetland and better knowledge of the dynamic conditions of the wetland.

Cite this article: Hedayati, Seyed Aliakbar, Mohammadi Galangash, Mohsen, Pirali Zefrehei, Ahmadreza, Fallah, Maryam, Forouhar Vajargah, Mohammad. 2024. Investigation of periodic changes in the Coastline of Anzali international wetland using remote sensing. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (4), 1-10.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/japu.2022.20072.1643

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی تغییرات دوره‌های خطوط ساحلی تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از سنجش از دور

سیدعلی اکبر هدایتی^{۱*}، محسن محمدی گلنکش^۲، احمدرضا پیرعلی زفره‌ئی^۳،
مریم فلاح^۴، محمد فروهر واجارگاه^۵

۱. نویسنده مسئول، استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hedayati@gau.ac.ir
۲. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران و گروه مهندسی آب و محیط زیست، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. رایانامه: m_mohammadi@guilan.ac.ir
۳. دکتری گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: ahmadreza.pirali@gmail.com
۴. کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: maryam.fallah85@gmail.com
۵. دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، صومعه‌سرا، ایران. رایانامه: mohammad.forouhar@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	پایش تالاب‌ها و به‌خصوص خطوط ساحلی آن‌ها به‌دلیل ثبت تغییرات دوره‌های آن‌ها شناخت و درکی بهتر در مدیریت این نواحی به ما می‌دهد. داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای یکی از منابع معتبر جهت بررسی و تفسیر تغییرات تالاب‌ها محسوب می‌شوند. بدین‌منظور در این مطالعه از تصاویر لندست سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۸ (۱۳۸۶-۱۳۹۷ شمسی) به‌منظور بررسی تغییرات تالاب بین‌المللی انزلی استفاده شد. پس از انجام پردازش‌ها و تصحیحات مورد نیاز، از شاخص NDWI جهت تفکیک مرز آبی و خشکی استفاده شد. بر این اساس بیش‌ترین تغییرات خطوط ساحلی به‌ترتیب در شرق، غرب و مرکز تالاب با فاصله‌های ۱۰۸۸۵/۸۲، ۵۷۸۱/۲۲ و ۳۳۷۰/۸۳۰ متر نسبت به سال ۲۰۰۷ بود. نتایج بررسی پهنه آبی تالاب نشان داد که مساحت تالاب از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۸ روند کاهشی داشت (به‌ترتیب ۱۰۰/۰۶ و ۲۹/۵ کیلومتر مربع) و بیش‌ترین تغییرات مربوط به بخش‌های شرقی و مرکزی بود. به‌نظر می‌رسد نوسانات خطوط ساحلی و مساحت پهنه آبی در سال‌های مورد مطالعه متأثر از تغییرات سطح آب دریای خزر بوده است. هم‌چنین این مطالعه کارایی سنجش از دور و شاخص NDWI را در شناسایی مناطق حساس تالاب انزلی و آگاهی بهتر شرایط دینامیکی آن نشان داد.
واژه‌های کلیدی: تالاب بین‌المللی انزلی، خطوط ساحلی، سنجش از دور، شاخص NDWI، لندست	

استناد: هدایتی، سیدعلی اکبر، محمدی گلنکش، محسن، پیرعلی زفره‌ئی، احمدرضا، فلاح، مریم، فروهر واجارگاه، محمد (۱۴۰۲). بررسی تغییرات دوره‌های خطوط ساحلی تالاب بین‌المللی انزلی با استفاده از سنجش از دور. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۲ (۴)، ۱۰-۱.

DOI: 10.22069/japu.2022.20072.1643



مقدمه

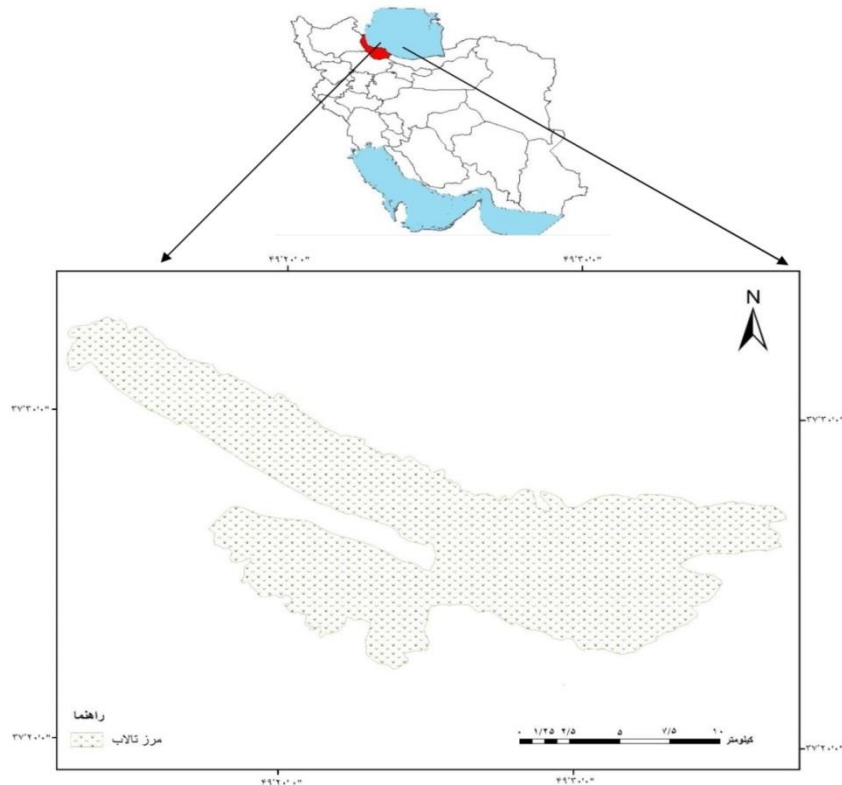
از اوایل قرن بیستم، اکوسیستم‌های جهانی تالاب با چالش‌های بزرگی مانند توسعه سریع اقتصادی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع زیستی، استفاده بیش از حد از آب‌های تالاب، رسوب، آلودگی آب، توسعه بیش از حد گردشگری و تخریب زیستگاه مواجهه است. بسیاری از اکوسیستم‌های تالاب تخریب شدیدتری، از جمله کاهش سطح تالاب، کاهش کیفیت آب، از دست دادن تنوع زیستی و اختلالات عملکرد تالاب را تجربه کردند (۱). زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌های تالابی به‌عنوان بارزترین مناطق محسوب می‌شوند که به لحاظ قرار گرفتن در منطقه بینابینی^۱ از اهمیت خاصی از نظر حفاظت، گردشگری، جاذبه‌های طبیعی، تنوع زیستی، شیلات و محیط‌زیست برخوردار هستند (۲، ۳). آشکارسازی روند تغییرات و آگاهی از سیر تحولات اکوسیستم‌ها به‌طور عام و تالاب‌ها به‌طور خاص می‌تواند در صورت ادامه وضع کنونی به‌عنوان شاخصی در پایش وضعیت تالاب‌ها و در راستای پیش‌بینی و مدیریت شرایط آتی راه‌گشا باشد. بهره‌گیری از ابزارها و فناوری‌های نوین هم‌چون سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌منظور شناسایی این تغییرات و تحلیل آن‌ها از اهمیت و کارآمدی بالایی برخوردار است (۴، ۵). کارآمدی و دقت ابزارهای پایش تالاب‌ها، به دنبال تخریب و آسیب آن‌ها ضروری است (۶، ۷). نقشه‌برداری دقیق از تالاب یک ابزار مهم برای درک عملکرد تالاب و پایش واکنش آن‌ها به فعالیت‌های طبیعی و انسانی است (۸). سنجش از دور مزایای بسیاری را برای پایش انواع تالاب‌ها به‌وجود آورده است (۹). مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. شیروود میرزایی (۲۰۱۲) از فن‌آوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای، جهت پایش تغییرات خط ساحلی تالاب گمیشان استفاده نمود.

بررسی تصاویر به خوبی پیشروی آب در فصل تابستان را نشان داد، به‌طوری‌که فاصله بین خط‌های ساحلی در دو فصل بهار و تابستان در بیش‌ترین حالت برابر با ۳۶۹ متر به‌دست آمد (۱۰). لیو و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات سطح و وضعیت آب تالاب‌های شهری را با استفاده از تصاویر لندست در دوره‌های زمانی مختلف بررسی کردند. نتیجه نشان داد که گسترش شهری و دخالت‌های انسانی باعث نابودی و تغییرات سطح و کیفیت آب این تالاب‌های ارزشمند شده است (۱۱). جوکار ارسنجانلی و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات زمانی مکانی دریاچه بختگان، استان فارس (۱۹۷۳-۲۰۱۳) را با استفاده از ۱۲ تصویر لندست بررسی نمودند. نتایج بیانگر کاهش مساحت در بازه ۱۹۸۶-۲۰۱۳ بود. هم‌چنین با تکنیک خودکارسلولی مارکوف تغییرات را تا سال ۲۰۱۷ پیش‌بینی نمودند (۱۲). تالاب انزلی، صاحب اکوتون ویژه‌ای است که ترکیبات منحصربه‌فردی از جوامع گیاهی و جانوری را در خود جای داده است. این تالاب دارای ارزش‌های اکولوژیک و اکوتوریسم و ارزش‌های اقتصادی و اجتماعی بسیاری بوده است. تالاب انزلی هم‌اکنون در فهرست تالاب‌های سیاه موترو^۲ قرار گرفته است و بر اساس آن، کشور ایران موظف به احیای مجدد تالاب و جلوگیری از تغییرات اکولوژیک آن است (۱۳). اگرچه از سال ۱۳۲۴ برخی مشاهدات در تالاب انزلی ثبت شده ولی تاریخچه مطالعات جامع تالاب به سال ۱۳۴۳ برمی‌گردد و در بسیاری از مطالعات از مشاوران خارجی بهره گرفته شده، هم‌چنین برخی اقدامات در ارتباط با احیای تالاب به‌وسیله سازمان‌های مختلف به اجرا در آمده است (۱۴). بنابراین با توجه به موارد مذکور و اهمیت این اکوسیستم منحصربه‌فرد در این مطالعه تغییرات خطوط ساحلی تالاب انزلی با استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: تالاب انزلی در شمال ایران، سواحل جنوبی دریای مازندران در استان گیلان در شهرستان انزلی در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). یکی از ویژگی‌های مشخص

تالاب انزلی وجود گیاهان آبی ماکروفیت فراوان است که مساحت بیش‌تر تالاب را به خود اختصاص داده است. همچنین متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶ سانتی‌گراد است. دمای آب در زمستان بین ۲ تا ۱۱ سانتی‌گراد می‌باشد (۱۵).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

تهیه و پردازش تصاویر: در این مطالعه با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای ETM-7 و OLI-8 به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۷ با شرایط زمانی مشابه (ماه‌می)، تغییرات دوره‌ای در تالاب بین‌المللی انزلی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). پس از بررسی‌ها سال‌های مورد مطالعه به دلیل وجود تغییرات بارز اکولوژیکی (عطف) انتخاب شدند. تصاویر لندست از پایگاه (earthexplorer.usgs.gov) استخراج

شد. در این مطالعه بر روی تصاویر جمع‌آوری شده در صورت نیاز تصحیح اتمسفری و رادیومتریک صورت گرفت. پس از بررسی روش‌های مختلف، تصحیح اتمسفری به روش^۱ DOS استفاده شد. همچنین براساس مطالعات این روش برای تصحیح اتمسفری در اکوسیستم‌های آبی مناسب تشخیص داده شد (۱۶، ۱۷).

1- Dark Object Subtraction

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در این مطالعه.

سنجنده	ماهواره	سال شمسی	سال میلادی
ETM ⁺	لندست-۷	۱۳۸۶	۲۰۰۷
OLI	لندست-۸	۱۳۹۷	۲۰۱۸

تعریف آن بین اعداد +۱ تا -۱ (۱ برابر پهنه آبی) تغییر می‌کند. جی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از شاخص NDWI جهت جداسازی و تفکیک پهنه‌های آبی و پایش تغییرات آن را پیشنهاد دادند (۱۸).

$$NDWI = (GREEN - NIR)/(GREEN + NIR) \quad (1)$$

بارش‌ها، نوسانات تراز آب و ... از محدودیت‌های این مطالعه بوده است.

نتایج و بحث

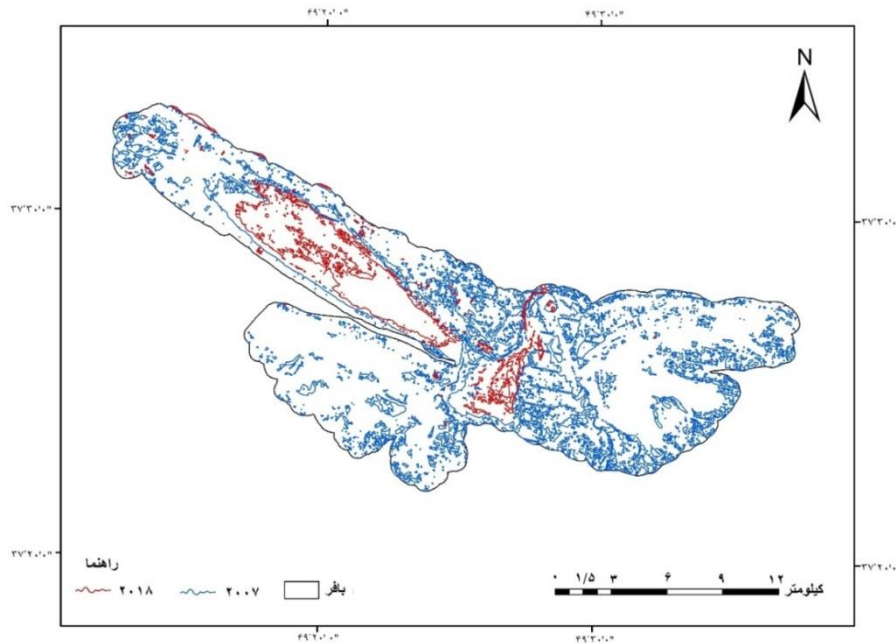
به منظور بررسی تغییرات خط ساحلی تالاب انزلی، پس از برش پهنه آبی، لایه وکتوری برای هر دو سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۷ استخراج شد. فاصله بین خط‌های ساحلی در ۱۳۸۶-۱۳۹۷ در بیشترین حالت خود به منظور آشکارسازی تغییرات پیشروی و پسروی آب اندازه‌گیری شد که مقدار آن برابر با ۱۰۸۸۵/۸۲ متر است. در شکل ۲، پسروی آب تالاب انزلی در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۸۶ به صورت وکتوری نمایش داده شده است.

از شاخص NDWI جهت تفکیک مرز آبی و خشکی استفاده شد (رابطه ۱). شاخص NDWI از ترکیب باندهای سبز و باند مادون قرمز نزدیک^۱ ایجاد شده است. مقدار عددی این شاخص بر اساس

که در آن، Green و NIR به ترتیب مربوط به باندهای سبز و نزدیک مادون قرمز لندست است.

پس از حصول اطمینان از دقت و نمایش قابل قبول نقشه‌های به دست آمده، با استفاده از شاخص NDWI نقشه رقومی پهنه آبی تالاب تهیه شد. به منظور بررسی تغییرات خط ساحلی تالاب انزلی، علاوه بر نقشه رقومی، محدوده تالاب به صورت لایه وکتور برای سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۷ استخراج شد و فاصله بین خط‌های ساحلی در بیشترین حالت خود اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب، پیشروی و پسروی آب تالاب مورد بررسی قرار گرفت. همه پردازش‌های مربوطه استخراج خطوط ساحلی با استفاده از Arc GIS 10.7 انجام شد.

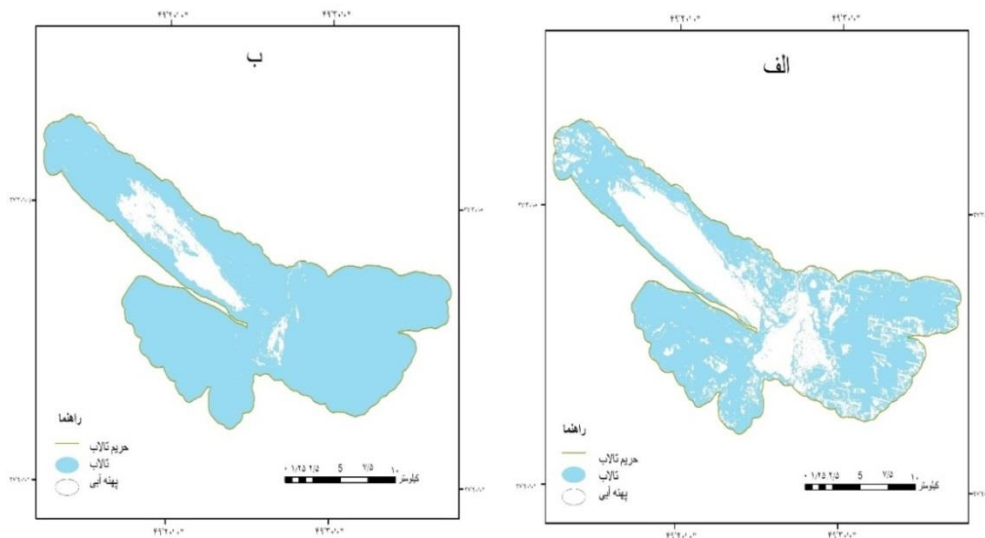
لازم به ذکر است دسترسی به داده‌ها و اطلاعات به روز در زمینه تالاب انزلی و دریای خزر (مانند



شکل ۲- تغییرات خطوط ساحلی در دوره‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۷.

۱۳۹۷ روند کاهشی داشت. در جدول ۲ مساحت تالاب در سال‌های مورد مطالعه به کیلومترمربع آورده شده است. بیش‌ترین مساحت در سال ۱۳۸۶ و کم‌ترین در سال ۱۳۹۷ بود.

تصاویر رقومی ایجاد شده تالاب انزلی براساس شاخص NDWI در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۷ در شکل ۳ قابل مشاهده است. نتایج مقایسه مساحت پهنه آبی تالاب بیانگر آن است که مساحت تالاب از ۱۳۸۶ تا



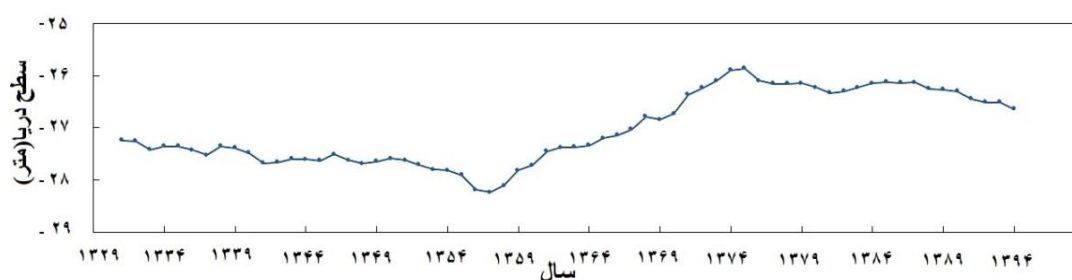
شکل ۳- تغییرات پهنه آبی تالاب انزلی به تفکیک هر سال الف- ۱۳۸۶ و ب- ۱۳۹۷.

جدول ۲- تغییرات پهنه آبی تالاب انزلی به تفکیک هر سال.

سال	مساحت (کیلومتر مربع)
۱۳۸۶	۱۰۰/۰۶
۱۳۹۷	۲۹/۵

جایی که تالاب به دریا متصل است، اندازه‌گیری می‌شود (۱۵).

جهت درک بهتر وضعیت موجود، از تراز متوسط سطح آب دریای خزر نیز استفاده شد (شکل ۴). لازم به ذکر است سطح آب دریای خزر در بندرانزلی،



شکل ۴- تغییرات سطح آب دریای خزر ۱۳۲۹-۱۳۹۴.

تائیه یا 2400 MCM^1 برآورد شده است و در بین ماه‌ها، ماه اردیبهشت و خرداد این میزان کم‌تر است (۱۹). لازم به ذکر است تصاویر اخذ شده در این مطالعه نیز در این بازه زمانی است و دارای شرایط یکسانی است.

اما با توجه به اقلیم منطقه (فراوانی نسبی بارندگی در اقلیم هیرکانی) و ارتباط تالاب انزلی با دریای خزر، نوسانات سطح آب دریای خزر، هیدرولوژی تالاب انزلی را متأثر می‌نماید (۲۰، ۲۱، ۲۲). گزارش جایکا نیز سطح آب تالاب انزلی را به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر سطح آب دریای خزر دانسته و بیان می‌نماید که تخلیه آب رودخانه‌ها به تالاب تأثیر کمی در تغییرات سطح آب تالاب دارد (۱۹). در این راستا جهت حرکت آب در تالاب انزلی در تابستان از دریا به تالاب (پیش‌روی) و در زمستان برعکس است

روند تغییرات بر اساس تصاویر رقومی شکل ۳، نشان می‌دهد بخش غربی تالاب در طی این بازه زمانی پرآب بوده است و تغییرات محسوسی نداشته است. در بخش مرکزی تالاب پهنه آبی سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۸۶ خیلی کم‌تر بوده است و می‌توان گفت سال ۱۳۸۶ وضعیت بهتری را داشته است و به‌طورکلی بخش شرقی تالاب نیز پهنه آبی ناچیزی را به خود اختصاص داده است.

با توجه به اقلیم تالاب انزلی، میزان بارش از شرق به غرب افزایش و تبخیر نیز غرب به شرق افزایش می‌یابد. هم‌چنین از نظر توپوگرافی تالاب نیز آبی که به نواحی شرق و مرکز وارد می‌شود سریع‌تر از غرب زهکش می‌گردد و باعث می‌شود نوسانات پهنه آبی در غرب تالاب کم‌تر باشد. متوسط تخلیه ۱۰ رودخانه عمده ورودی به تالاب در یکسال ۷۶ مترمکعب بر

1- Million Cubic Meter

(۲۶). ۳۰۳ هزار تن رسوب وارد تالاب می‌شود که بیش‌ترین سهم در مناطق ییلاقی (بالادست و نقاط مرتفع) یافت شد. که ۵۰ درصد از آن در تالاب ته‌نشین شده و ۵۰ درصد وارد دریای خزر می‌شود (۲۶). اما به دلیل سازه‌های انسانی که طی سال‌های اخیر در تالاب ایجاد شده (احداث کنار گذر و موج‌شکن ۲ در مسیر خروجی تالاب) این روند طبیعی به مشکل برخورد کرده و بنابراین همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۹۷ محدوده پهنه آبی تالاب در مقایسه با مدت زمان مشابه خود کم‌تر شده است. هم‌چنین بر اثر بار رسوبی وارده به تالاب، عمق آن از ۴-۶ متر در چند دهه گذشته به کم‌تر از یک متر در برخی مناطق رسیده است (۱۴). براساس مطالعات ثابت‌رفتار (۱۹۹۹) کل رسوبات وارده به تالاب در حدود ۵۳۹۶۴۴ تن در سال و ۷۵ درصد آن ترسیب (ته‌نشست) می‌شود که با توجه به وزن مخصوص ظاهری آن سالیانه بیش از ۴۳۰۰۰۰ تن از حجم آبی تالاب کاسته می‌شود. مطالعات هیدرولوژیک نیز نشان داد متوسط رسوب بخش‌های کوهستانی حوزه ۱۱۰ تن در کیلومترمربع، و در بخش دشتی و پست حوزه ۲۰۰ تن در کیلومترمربع است، که بیانگر آن است منشأ بیش‌تر رسوبات وارده به تالاب از مناطق دشتی است (۱۴، ۲۷).

با توجه به مطالب ذکر شده، گسترش زمین‌های زراعی در حاشیه تالاب انزلی و سایر فعالیت‌های اقتصادی مانند دامداری، صید و صیادی، احداث استخرهای پرورش ماهی و سایر فعالیت‌های اقتصادی، تغییرات و حتی تجاوزهایی را به بستر و حریم آن در پی داشته است و این امر با خشکسالی‌های متوالی و سدسازی‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر، و نوسانات سطح آب دریای خزر و حفاری‌های غیرمجاز و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و احداث شبکه‌های آبیاری غیراصولی

(۲۳). در مطالعه شیروود میرزایی (۲۰۱۲) در تالاب گمیشان نیز مشاهده گردید که در فصل تابستان برخلاف افزایش دما و تبخیر، میزان آب در تالاب گمیشان افزایش یافت و در فصول بهار و تابستان به‌ترتیب با پس‌روی و پیش‌روی آب در ساحل شرقی این تالاب مواجه بود (۱۰).

بررسی تغییرات خطوط ساحلی تالاب انزلی بیانگر نوسانات شدید در بخش‌های مختلف آن است. براین اساس بیش‌ترین فاصله بین خطوط به‌ترتیب در شرق، غرب و مرکز تالاب با فاصله‌های ۱۰۸۸۵/۸۲، ۵۷۸۱/۲۲ و ۳۳۷۰/۸۳۰ متر نسبت به سال ۱۳۸۶ بود. نتایج نشان داد که مساحت پهنه آبی تالاب انزلی در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۹۷ وضعیت به مراتب بهتری دارد. با توجه به شکل ۴، روند افزایش مساحت تالاب را می‌توان توجیه نمود و به عبارتی بعد از کاهش در میانه دهه ۷۰، از اوایل ۱۳۸۳ روند سطح دریای خزر شروع به افزایش نموده است و از اوایل ۱۳۹۰ مجدداً روند کاهش را در مقایسه با دهه قبل شروع نموده است.

براساس مطالعات آلاه و هولسیک (۱۹۹۲)، در بازه زمانی ۱۳۲۹-۱۳۴۵ مساحت تالاب انزلی از ۲۵۹ کیلومترمربع در ۱۳۲۹، به ۵۴/۳ کیلومترمربع در ۱۳۴۵ رسیده است. براین اساس می‌توان گفت تغییرات سطح آب دریای خزر به موازات تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب انزلی است و با مطالعات حاضر و آلاه و هولسیک (۱۹۹۲) مطابقت داشت. این روند در مورد عمق تالاب نیز مشابه بود (۲۴). به‌طوری‌که براساس مطالعه کیمبال و کیمبال (۱۹۷۴) عمق بخش غربی تالاب از ۸-۱۱ متر در سال ۱۳۰۰، به ۱-۱/۸ متر در سال ۱۳۵۳ رسید (۲۵). از عوامل دیگر دخیل در این امر و هم به‌عنوان تهدید کننده تالاب می‌توان رسوب‌گذاری رو به افزایش در تالاب انزلی با توجه به رودخانه‌های پیرامون آن را اشاره کرد. براساس آمار

نیز اتخاذ گردد تا حفاظت از این منابع به بهترین شکل اجرا شود. هم‌چنین نتایج این مطالعه کارایی سنجش از دور ابزار را در شناسایی نقاط بحرانی و تغییرات تاریخی تالاب انزلی و آگاهی بهتر شرایط دینامیکی آن نشان داد و می‌تواند به‌عنوان الگویی در سایر منابع آبی به‌کار گرفته شود.

سیاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی و با استفاده از اعتبارات پژوهشی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (شناسه ۳۲-۴۳۰-۹۹) و پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان انجام شده است؛ بدین‌وسیله از مساعدت ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

باعث خشک شدن بستر و پسروی تالاب گردیده است. با توجه به این‌که تالاب انزلی در لیست مونتر و قرار دارد در چنین شرایطی، جدیت بیش‌تر در حفظ حریم و تعیین محدوده آن را ضروری می‌سازد و چاره‌اندیشی اصولی در تغییر رفتار انسانی در ارتباط با حق استفاده از حریم تالاب، به‌عنوان یک معضل اصلی و دغدغه خاطر مسئولین را گوشزد می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

آب‌های داخلی مانند تالاب‌ها در زمره اکوسیستم‌های حساس محسوب می‌شوند که بهره‌وری پایدار از آن‌ها تنها با اتخاذ رویکرد زیست‌محیطی مناسب ممکن خواهد بود. بنابراین اطلاع از وضعیت دینامیک این منابع این امکان را فراهم می‌سازد تا علاوه بر استخراج اطلاعات به‌هنگام، مدیریتی مناسب

منابع

1. Talukdar, S., & Pal, S. (2020). Wetland habitat vulnerability of lower Punarbhaba river basin of the uplifted Barind region of Indo-Bangladesh, *Geocarto International*, 35 (8), 857-886.
2. Kiabi, B., Gaemi, R., & Abdoli, A. (1999). Wetland and river ecosystems of Golestan province. General Department of Environmental Protection of Golestan Province, 182p. [In Persian]
3. Mansori, G., & Khorasani, N. (1985). Wetlands, their value and importance for humans. *Journal of Environmental Studies*, 13 (13), 63-100. [In Persian]
4. Bagheri, R., & Shataee, Sh. (2010). Modeling forest areas decreases, using logistic regression (Case study: Chehl-Chay catchment, Golestan province). *Iranian Journal of Forest*, 2 (3), 243-252. [In Persian]
5. Soffianian, A., Mohamadi Towfigh, E., Khodakarami, L., & Amiri, F. (2011). Preparation of land use map using artificial neural network method (Case study: Kaboudarahang, Razan and Khonjin- Talkhab catchment in Hamedan province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 2(1), 1-11. [In Persian]
6. Özesmi, S. L., & Bauer, M. E. (2002). Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10, 381-402.
7. Mao, D., Wang, Z., Du, B., Li, L., Tian, Y., Jia, M., Zeng, Y., Song, K., Jiang, M., & Wang, Y. (2020). National wetland mapping in China: A new product resulting from object-based and hierarchical classification of Landsat 8 OLI images, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 11-25.
8. Cai, Y., Li, X., Zhang, M., & Lin, H. (2020). Mapping wetland using the object-based stacked generalization method based on multi-temporal optical and SAR data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 92, 102164.
9. Wang, J., Chen, J., Wen, Y., Fan, W., Liu, Q., & Tarolli, P. (2021). Monitoring

- the coastal wetlands dynamics in Northeast Italy from 1984 to 2016, *Ecological Indicators*, 129, 107906.
10. Shirood Mirzaie, F. (2012). Coastal classification of Gomishan Wetland according to the macroinvertebrates fauna and GIS, Master Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 130p. [In Persian]
 11. Liu, L., Zhou, Y., Wang, L., Hou, J., & Wu, M. (2013). Computer and Computing Technologies in Agriculture VI, IFIP Advances in Information and Communication Technology. 393, 177-186.
 12. Jokar Arsanjani, T., Javidan, R., Nazemosadat, M. J., Jokar Arsanjani, J., & Vaz, E. (2015). Spatiotemporal monitoring of Bakhtegan Lake's areal fluctuations and an exploration fits future status by applying a cellular automata model, *Computers & Geosciences*, 78, 37-43.
 13. Azari Dehkordi, F. (2009). Determining the border of the preserved area in Anzali wetland. Tehran: Iranian Department of Environmental Protection. p. 105. [In Persian]
 14. Mirzajani, A. R. (2009). Limnological survey of Anzali wetland data during 1990-2003 by use of GIS system (Report No. 2009.111). Ministry of Jihad-e-agriculture, Agricultural research education & extension organization, Iranian fisheries research organization, 123 p. [In Persian]
 15. Finlayson, C. M., Milton, R., Prentice, C., & Davidson, N. C. (Eds.). (2018). *The Wetland Book-II-Distribution, Description and Conservation*, 1966p.
 16. Urbanskia, J. A., Wochnaa, A., Bubakb, I., Grzybowski, W., Lukawska-Matuszewska, K., Łacka, M., Śliwiska, S., Wojtasiewicz, B., & Zajaczkowskida, M. (2016). Application of Landsat 8 imagery to regional-scale assessment of lake water quality, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 51, 28-36.
 17. Bonansea, M., Rodriguez, M. C., Pinotti, L., & Ferrero, S. (2015). Using multi-temporal Landsat imagery and linear mixed models for assessing water quality parameters in Río Tercero reservoir (Argentina), *Remote Sensing of Environment*, 158, 28-41.
 18. Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of dynamic thresholds for the Normalized Difference Water Index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75 (11), 1307-1317.
 19. Japan International Cooperation Agency, "JICA". (2005). Integrated management for Anzali Wetland. Department of Environment of Iran. Tehran.
 20. Caspian Environment Programme (CEP). (1998). Regional action plan for protection of Caspian habitats, CEP, Tehean, 276 p.
 21. Saravi, H., Nasrollahzadeh, Z., Din, B., & Makhloogh, A. (2007). Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity, *Continental Shelf Research journal*, 28, 1153-1165.
 22. Mescherskaya, A. V., & Aleksandrova, N. A. (1993). Caspian Sea level forecast from meteorological data, *Russ. Meteorol. Hydrol. J.* 3, 52-60.
 23. Anzali Jihad-e-agriculture Department. (2007). Report on the impact of Caspian Sea water fluctuations on coastal agricultural lands. Iran, Anzali Jihad-e-agriculture Department Press. 95 p. [In Persian]
 24. Holčík, J., & Oláh, J. (1992). Fish, fisheries and water quality in Anzali Lagoon and its watershed. Report prepared for the project - Anzali Lagoon productivity and fish stock investigations. Food and Agriculture Organization, Rome, **FI: UNDP/IRA/ 88/001 Field Document 2:x + 109 pp.**
 25. Kimball, D., & Kimball, S. (1974). *Limnology Anzali Wetland Studies*. Translate EPA.
 26. Ministry of Energy. (2011). Surveying the Determination of Floodway and buffer of Anzali Wetland (Environmental Report), Iran Water Resources Management Company. [In Persian]
 27. Sabetraftar, K. (1999). Anzali Wetland Protection and Restoration Project (Phase III). Environmental Protection Agency of Guilan and Guilan University, 570 p. [In Persian]