Archive of SID.ir

Journal of Amphibious Science and Technology
نشریه علوم و فنون آبخاکی
Journal of Amphibious Science and Technology
Online ISSN: 2783-2651

Long-term monitoring of changes in the waterbody of Gorgan Bay using the combined method of remote sensing indicators and numerical modeling

Sina Gholizadeh[1], Reza Dezvareh[*2], Abbas Kiani[3]

1- M.Sc. Student Marine Structures Engineering, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University, Iran
2- Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
3- Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

Amphibious Science and Technology, 2024, 5(1), 59-75

ARTICLE INFO

Article type:
Research article

Article history:
Received 5 May 2024
Accepted 8 June 2024
Available online 10 June 2024

Keywords:
Climate Changes, Support Vector Machine, Water Body, Water Index

Citation:
Gholizadeh, S., Dezvareh, R., Kiani, A. (2024). Long-term monitoring of changes in the waterbody of Gorgan Bay using the combined method of remote sensing indicators and numerical modeling. *Amphibious Science and Technology*, 5(1), 59-75.

DOI:
10.22034/JAMST.2024.544346.1133

ABSTRACT

Sea level rise and aquatic zone changes are among the serious effects of climate change that directly affect human life and the economy. In recent years, especially on coastal installations such as ports, this issue has had considerable effects. This research aims to present a method with low computational error and cost for preparing a map of water level changes. This method provides the possibility of remote sensing of extensive areas and is associated with a significant reduction in financial costs and human resources. In this article, long-term monitoring of the aquatic zone changes of the Gorgan Gulf using a combination of remote sensing indices and numerical modeling has been investigated. Satellite image data and aquatic indices such as NDWI, AWEI, and WRI have been used to analyze aquatic changes. Then, image processing methods and support vector machines were used to classify images into two classes water and dryness, and analyze marine data accurately. Additionally, wave motion modeling and accurate analysis of marine data using MIKE 21 software have been introduced as effective tools for monitoring environmental changes and water resources. The overall classification accuracy in a baseline period with NDWI index and linear processing kernel was 94.47%, and in the best method using AWEI index and radial basis function kernel was 97.51%, indicating the good potential of this method in extensive aquatic zones. The results show that the use of the AWEI index with radial basis function kernel has significantly improved the classification accuracy of images.

Publisher:
Imam Khomeini Maritime University

CC BY NC

[*] **Corresponding author e-mail:** rdezvareh@nit.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نشریه علوم و فنون آبخاکی

شاپای الکترونیکی: 2783-2651

Journal of Amphibious Science and Technology

نشریه علوم و فنون آبخاکی

پایش بلندمدت تغییرات پهنه آبی خلیج گرگان با استفاده از روش ترکیبی شاخص‌های سنجش از دور و مدل‌سازی عددی

سینا قلی‌زاده[۱]، رضا دزواره*[۲]، عباس کیانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

۲- دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

۳- استادیار، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

علوم و فنون آبخاکی، ۱۴۰۳، ۵(۱)، ۷۵-۵۹

مشخصات مقاله

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۳

پذیرش ۱۸ خرداد ۱۴۰۳

دسترسی آنلاین ۲۰ خرداد ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

شاخص آب، ماشین‌بردار پشتیبان، پهنه آبی، تغییرات اقلیمی

استناد:

قلی‌زاده، سینا، دزواره، رضا، کیانی، عباس (۱۴۰۳). پایش بلندمدت تغییرات پهنه آبی خلیج گرگان با استفاده از روش ترکیبی شاخص‌های سنجش از دور و مدل‌سازی عددی. *علوم و فنون آبخاکی*، ۵(۱)، ۷۵-۵۹.

DOI:

10.22034/JAMST.2024.544346.1133

چکیده

کاهش تراز آب دریاها و پهنه‌های آبی یکی از اثرات جدی تغییرات اقلیمی است که تأثیر مستقیمی بر وضعیت زیست انسانی و اقتصاد دارد. این مسئله در سال‌های اخیر به ویژه بر تاسیسات ساحلی مانند بنادر، اثرات قابل ملاحظه‌ای گذاشته است. هدف این تحقیق، ارائه یک روش با خطا و هزینه محاسباتی پایین به‌منظور تهیه نقشه تغییرات سطوح آبی است. این روش امکان سنجش از دور مناطق گسترده را فراهم می‌آورد و با کاهش شدید هزینه‌های مالی و نیروی انسانی همراه است. در این مقاله، پایش بلند مدت تغییرات پهنه آبی خلیج گرگان با استفاده از ترکیبی از شاخص‌های سنجش از دور و مدل‌سازی عددی مورد بررسی قرار گرفته است. از داده‌های تصویر ماهواره‌ای و شاخص‌های آبی مانند NDWI، AWEI و WRI برای تحلیل تغییرات آبی استفاده شده است. سپس از روش‌های پردازش تصویر و ماشین‌بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصاویر از دو کلاس آب و خشکی و تحلیل دقیق داده‌های دریایی بهره گرفته شده است. همچنین، مدل‌سازی حرکت امواج و تحلیل دقیق داده‌های دریایی با استفاده از نرم‌افزار MIKE 21 به‌عنوان ابزارهای موثر در پایش تغییرات محیطی و منابع آبی معرفی شده است. دقت کلی طبقه‌بندی در یک دوره زمانی در حالت پایه با شاخص NDWI و کرنل پردازشی خطی ۹۴/۴۷ درصد و در بهترین روش به کمک شاخص AWEI و کرنل تابع پایه شعاعی ۹۷/۵۱ درصد بود که بیانگر قابلیت خوب استفاده از این روش در پهنه‌های آبی گسترده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از شاخص AWEI با کرنل تابع پایه شعاعی، بهبود قابل توجهی در دقت طبقه‌بندی تصاویر داشته است.

ناشر:

دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

CC BY NC

* **رایانامه نویسنده مسئول:** r.dezvareh@nit.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

سواحل به‌عنوان محیط‌های حیاتی و حساس متأثر از عوامل گوناگونی هستند، از جمله امواج، جریانات و باد. از این‌رو تعیین نرخ انتقال رسوب عاملی اساسی در شکل‌گیری مورفولوژی و اکولوژی اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (باقری، ۱۴۰۲). در این بین امواج ناشی از باد، یکی از مهم‌ترین عوامل در ساز و کار تغییرات سواحل هستند. همچنین، جریانات دریایی نقش اساسی در شکل‌گیری تغییرات خطوط ساحلی ایفا می‌کنند. جریان‌های کرانه‌ای که در نواحی شکست امواج ایجاد می‌شوند، به دلیل تأثیرات موج و بستر دریا، اهمیت زیادی دارند. لذا، در این نواحی، محاسبه و تحلیل تغییرات موج، سطح آب و جریانات ساحلی امری ضروری است. همچنین از آن‌جایی که تبادل آب مابین دریای خزر و خلیج گرگان و به تبع آن نرخ رسوب‌گذاری در این محدوده از اهمیت فوق‌العاده‌ای در مسائل مهندسی سواحل برخوردار است، نیازمند پیشگیری و یا ارائه راه حل مناسب برای جلوگیری از مسدود شدن محدوده تبادل آب بین خلیج گرگان و دریای خزر در تراز پایین، نیازمند مطالعات دقیق با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و مدلسازی عددی می‌باشد (عزیزپور و همکاران، ۱۳۹۹).

در این بین نرم‌افزارهایی مانند MIKE 21 امکان مدل‌سازی جریانات در سواحل را فراهم می‌کنند. این نرم‌افزار، با استفاده از ماژول‌های مختلف، امکاناتی برای تحلیل هیدرودینامیک جریانات و موج‌ها در نواحی ساحلی فراهم می‌آورد. تحلیل پوشش آبی از تصاویر، ابزار مهمی در مدیریت و پایش سواحل است. با ترکیب ماشین‌بردار پشتیبان و شاخص‌های طیفی، امکان تفکیک و استخراج دقیق اطلاعات از تصاویر فراهم می‌شود. این روش، علاوه بر کاهش هزینه و زمان، دقت بالایی در طبقه‌بندی و پایش سواحل ارائه می‌دهد.

با استفاده از نرم‌افزار MIKE 21، به بررسی جهت موج و جریان در محدوده ساحل دریای خزر پرداخته شد. در این تحقیق، با بهره‌مندی از ماژول‌های SW و HD موجود در نرم‌افزار، مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان ناشی از موج، سرعت و جهت موج و جریان مورد بررسی قرار گرفت (ابراهیمی و حسینی، ۱۳۹۳).

استخراج پهنه‌های آبی امری مهم در رشته‌های مختلف است، مدیریت نواحی ساحلی دریاچه، پایش تغییرات ساحلی و نظارت بر فرسایش، پیش‌بینی سیل و ارزیابی منابع آبی از جمله کاربردهای آن هستند. نظارت برخط و به موقع آب‌های سطحی امری ضروری برای پروسه‌های تصمیم‌گیری است (دزواره، ۲۰۱۹؛ سارپ و اوزجلیک، ۲۰۱۷). نظارت بر تغییرات سطحی زمین به‌طور فراگیر در کاربردهای گوناگون سنجش‌ازدور مورد استفاده قرار گرفته است (سالمون و همکاران، ۲۰۱۳؛ دمیر و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از مزایای مهم روش‌های سنجش از دور نسبت به روش‌های میدانی، اقتصادی‌تر بودن این روش‌ها نسبت به زمان و هزینه است، سنجش از دور طیفی، برای استخراج و شناسایی پهنه‌های آبی و توده‌های یخی موجود در سطح، مورد استفاده است (جواک و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهشگران با ترکیب استفاده از سیستم‌های پردازشی ماشین‌بردار پشتیبان و شاخص‌های طیفی توانایی شگرفی در تفکیک اطلاعات تصویری ایجاد کردند. ماشین‌بردار پشتیبان از قابلیت مناسبی برای استخراج اطلاعات تصویر برخوردار می‌باشد (شقفت و دزواره، ۲۰۲۱). یکی از مناطق مورد اهمیت برای استخراج اطلاعات و تفکیک آن‌ها از یکدیگر، مناطق ساحلی و مناطق تحت پوشش پهنه‌های آبی می‌باشند. سارپ و اوزجلیک در سال ۲۰۱۶ مقاله‌ای تحت عنوان استخراج پهنه‌ی آبی و تشخیص تغییرات با استفاده از سری زمانی به مطالعه موردی دریاچه‌ی بوردور از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ ارائه دادند. آن‌ها با استفاده از داده‌های لندست و طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان SVM و شاخص‌های طیفی آب نظیر NDWI پهنه‌های آبی را از اطلاعات تصویری تفکیک نمودند. در مجموع عملکرد طبقه‌بندی‌کننده‌ی SVM نسبت به سایر روش‌ها دقت بالاتری داشت. میزان این دقت به‌کمک ریشه میانگین مربعات خطا و معیار شاخص شبیه‌سازی ساختاری تعیین شد (سارپ و اوزجلیک، ۲۰۱۷). پژوهشگران به‌منظور استخراج دقیق‌تر ویژگی‌های تصویر، اقدام به معرفی شاخص‌های جدید نمودند. آن‌ها با آزمایش‌های گوناگون اقدام به بهینه‌سازی شاخص‌ها کردند. پژوهش‌های متنوعی به‌کمک این شاخص‌ها به هدف طبقه‌بندی مناطق تحت پوشش پهنه‌های آبی و خاکی انجام شده است. لی و همکاران (۲۰۱۳) پژوهشی را جهت شناسایی بهینه‌ترین باندها برای شاخص NDWI طراحی کردند. آن‌ها ۱۱ مدل را آزمایش کردند. در بین آن‌ها شاخص آب با استفاده از فروسرخ کوتاه و سبز بهترین نتیجه را در برداشت. مونیزاگا و همکاران

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(۲۰۲۲) نیز شاخص AWEI شاخص خودکار استخراج آب را معرفی کردند تا دقت استخراج آب در مناطقی که شامل سایه‌ها و سطح تاریک هستند را بالا ببرد. فیزا و همکاران (۲۰۱۴) همچنین به توسعه شاخص AWEI کردند که منجربه افزایش دقت شناسایی مناطق آبی در حضور سایه می‌شد. آنان در چند منطقه مختلف، با استفاده از داده‌های لندست۵ اقدام به تهیه ی نقشه‌ی سیل کردند. روش پیشنهادی خود را با سایر روش‌ها مانند MNDWI و طبقه‌کننده بیشترین شباهت مقایسه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها به پیشرفت این شاخص در دقت و کاهش خطا در شناسایی نسبت به رویکردهای قیاسی منجر شد. اصغری و همکاران (۲۰۲۰) نیز با شاخص AWEI به استخراج مناطق آبی در منطقه گاماسیاب کرمانشاه پرداختند. آن‌ها با بررسی شاخص‌های متنوعی نظیر NDWI، MNDWI و AWEI در نهایت AWEI را دقیق‌ترین شاخص معرفی نمودند. دودانگه و همکاران (۲۰۲۱) به کمک چندین رویکرد مختلف شامل ویژگی‌هایی که از ترکیب شاخص‌های مختلف و حدود متنوعی از آستانه‌گذاری و پردازش داده به‌منظور طبقه‌بندی طراحی شده بود، اقدام به پایش تغییرات ناشی از سیلاب در استان گلستان کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که رویکردهای ترکیبی بیشترین دقت را دارند. دزواره و شفقت (۲۰۲۰) با استفاده از ماشین بردار پشتیبان نرخ انتقال رسوب را در سواحل خلیج فارس تخمین زدند. کریمی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از شبیه‌سازی دوبعدی و داده‌های سنجش از دور اقدام به ارزیابی هیدرودینامیک و مورفولوژی دلتای رودخانه سفیدرود کردند، آن‌ها به کمک مدل‌سازی نرم‌افزار MIKE21، وضعیت رسوب‌گذاری دلتای سفیدرود را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که ساحل شرقی و غربی دلتای سفید رود در حال رسوب‌گذاری است و ساحل شمالی دلتای سفیدرود در حال فرسایش است. چگونیان و همکاران (۲۰۱۶) نیز با استفاده از داده‌برداری از آبسنگ‌های مرجانی جزایر قشم و لارک و استفاده همزمان از سنجش از دور اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی پوشش صخره‌های مرجانی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست-۸ کردند. آن‌ها از طبقه‌بندی کننده بیشترین احتمال استفاده کردند. آن‌ها دریافتند بیشترین دقت طبقه‌بندی هنگامی است که از ۲ تا ۴ کلاس برای طبقه‌بندی استفاده می‌کنند. همچنین فلاح و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از داده‌های سنجش از دور لندست-۸ اقدام به ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر کیفیت آب تالاب بین‌المللی انزلی کردند. آن‌ها به‌کمک آنالیز آماری و اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر نیترات به این مهم دست یافتند که بخش زیادی از مساحت کاربری جنگل به سایر کاربری‌ها نظیر زمین‌های کشاورزی و کناره آب و شهر تبدیل شده است.

اگر چه استفاده از یک روش پردازشی نظیر ماشین‌بردار پشتیبان به‌تنهایی پس از آموزش کاربر به سیستم قابلیت طبقه‌بندی تصاویر را دارد، اما ترکیب باندها و شاخص‌های گوناگون تاثیر قابل‌توجهی در افزایش کیفیت دقت طبقه‌بندی دارد. از مزیت‌های بزرگ این روش کاهش خطای سیستم‌های هوش مصنوعی در طبقه‌بندی نظیر ماشین‌بردار پشتیبان است. شایان ذکر است، نرخ بالای خودکاربودن این روش به نسبت سایر روش‌های سنتی که از نظر زمانی یا پردازشی پرهزینه هستند، مزیت بزرگی به‌شمار می‌رود. مزیت اصلی انتخاب و پیشنهاد این روش، پایش با دقت و سرعت بیشتر و هزینه اقتصادی کمتر به نسبت سایر روش‌های سنتی موجود است. پایش وضعیت پیشین و حال‌حاضر پهنه‌های آبی نظیر خلیج ها، دریا ها و دریاچه‌ها اهمیت زیادی از نظر اقتصادی، محیط زیستی و مدیریت‌های کلان استراتژیک در سطح کشور دارد.

این پژوهش ابتدا در پنج فاز تهیه داده‌ها و پیش پردازش، ترکیب شاخص‌ها و باندها، طبقه‌بندی تصاویر، تهیه نقشه تغییرات و ارزیابی نتایج پژوهش در بخش منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. سپس در این پژوهش، توسعه یک روش ترکیبی برای مدل‌سازی جریانات ساحلی و استخراج پهنه‌های آبی از تصاویر توسط ماشین‌بردار پشتیبان ارائه شده است. این روش امکان پایش وضعیت سواحل، پیش‌بینی تغییرات، و مدیریت بهتر آن‌ها را فراهم می‌آورد.

۲- مواد و روش‌ها

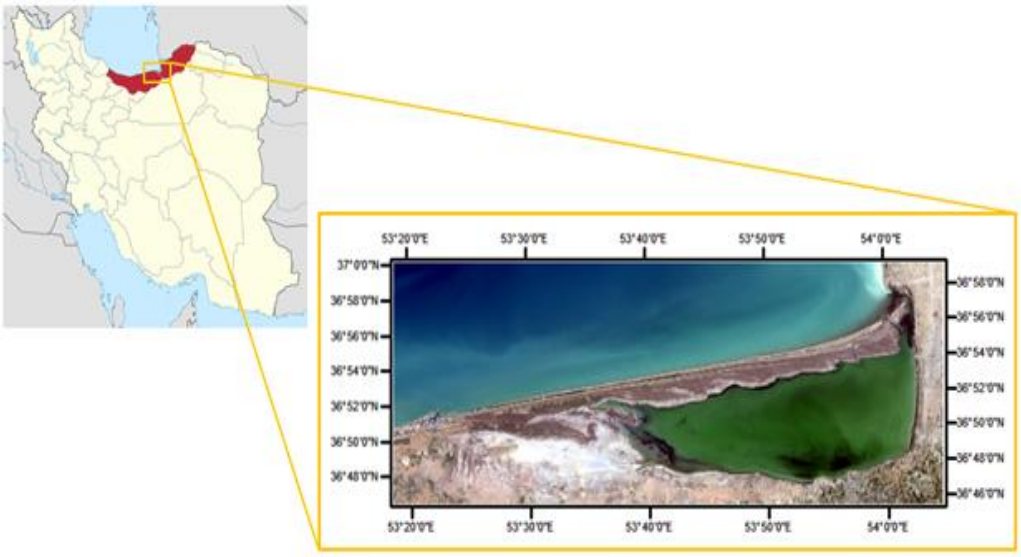
۲-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این خلیج گرگان در جنوب غربی دریای مازندران و بخش اعظم آن در استان مازندران و قسمتی نیز در استان گلستان واقع شده است. شبه جزیره‌ی میانکاله در قسمت شمالی این خلیج قرار دارد. به‌همین دلیل این خلیج تا حد قابل‌توجهی از جریانات دریای خزر مصون هستند. وسعت حدودی خلیج گرگان ۴۵۰ کیلومتر مربع بود که طی سال‌های اخیر به دلیل

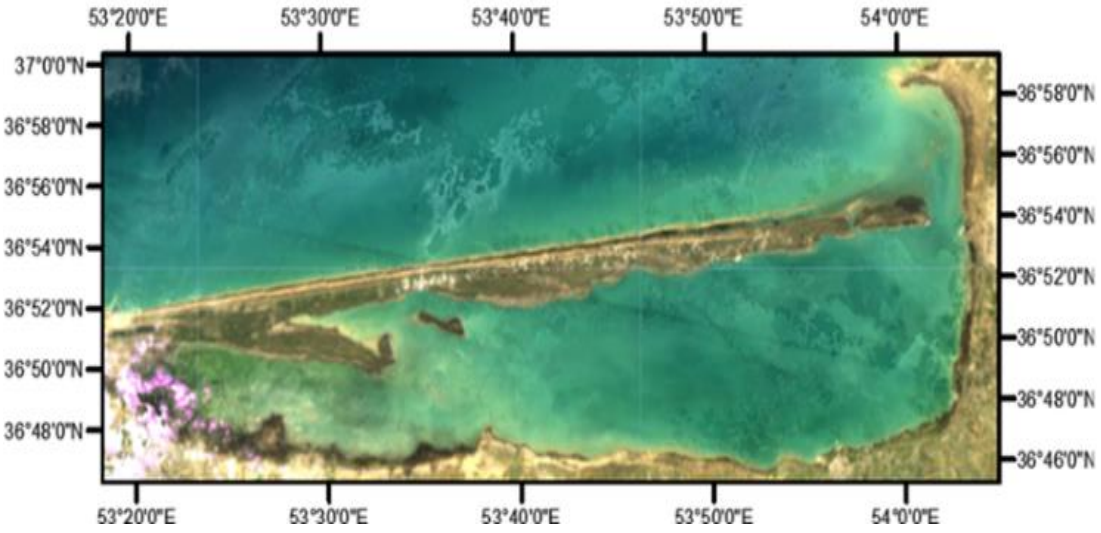
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

افت تراز آب دریای خزر، دچار تغییرات مورفولوژیک و کاهش مساحت آبی شده است. شکل ۱ شامل تصویر لندست–۸ مورداستفاده به‌صورت تصویر رنگی واقعی از منطقه مورد مطالعه است. طی بررسی‌های صورت‌گرفته تراز آب دریای خزر به‌صورت سالیانه رو به کاهش است. در سال ۲۰۰۰ میلادی که زمان شروع این مطالعه بود تراز سطح آب خلیج گرگان نسبت به زمان اتمام مطالعه در سال ۲۰۲۲ کاهش داشته است. این امر موجب عقب نشینی آب دریای خزر و پدید آمدن مناطق خشک‌شده جدیدی شده است. این خشکسالی نواحی شرقی استان مازندران و نواحی غربی استان گلستان را تحت تاثیر مستقیم قرار می‌دهد.



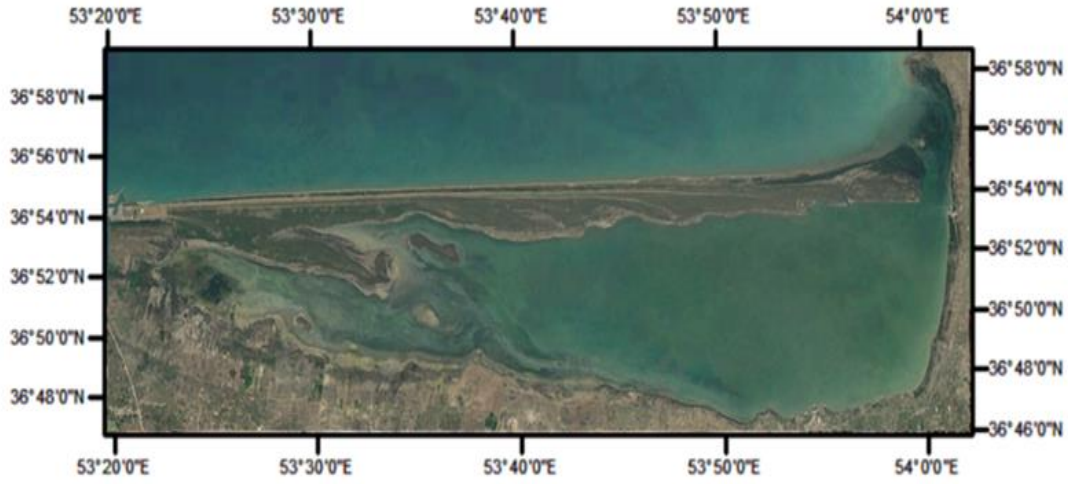
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



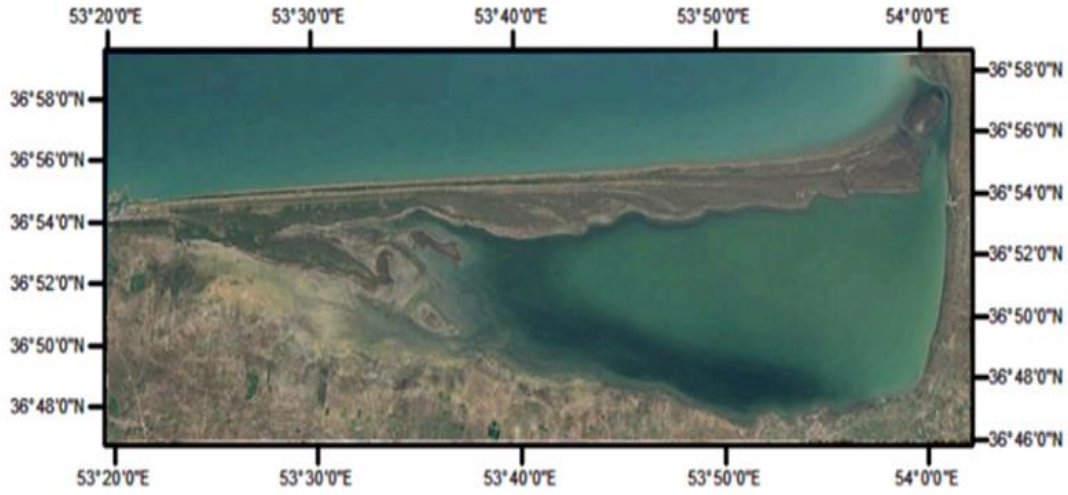
شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای لندست برای محدوده مورد مطالعه سال ۲۰۰۰

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳: تصویر ماهواره‌ای لندست برای محدوده مورد مطالعه سال ۲۰۱٤



شکل ٤: تصویر ماهواره‌ای لندست برای محدوده مورد مطالعه سال ۲۰۲۲

در این مقاله از تصاویر لندست از سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ بود. فیلتر ابری تعیین شده برای تصاویر ۵ درصد بود. داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش تصاویر لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری و قدرت تفکیک زمانی ۱۶روزه است. که از پایگاه داده‌های earthexplorer.usgs.gov تهیه شده است. پر اهمیت است که تصاویر مورداستفاده و فراخوانی تنها از بین ماه‌های پنجم و ششم هرسال، از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بوده است چرا که تراز آب دریای خزر در این ماه در بالاترین حد سالیانه خود قرار دارد. همچنین به دلیل جزر و مد ناچیز این دریاچه نیاز به اعمال فیلتر زمانی دقیق‌تر، در حد چند ساعت احساس نمی‌شود. شایان ذکر است خلیج گرگان به‌دلیل اتصال به سطح آب دریای خزر، رفتار مشابه‌ای از نظر تراز آبی با بقیه این پهنه‌ی آبی گسترده دارد. طی این پژوهش ۳ شاخص آب NDWI، AWEI و WRI با ترکیب ۶ باند سنجنده لندست و سه کرنل پردازشی ماشین‌بردارپشتیبان خطی، سیگموئید و تابع پایه شعاعی، تصاویر طبقه‌بندی شدند. در نهایت شیوه‌ای که بیشترین دقت را دارد انتخاب گردید.

رویکرد تحقیقاتی این پژوهش، شامل فازهای پنج‌گانه (تهیه داده‌ها، ترکیب شاخص و باندها، طبقه‌بندی تصویر، طبقه‌بندی، تهیه‌ی نقشه تغییرات و ارزیابی نتایج) است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱: مشخصات شاخص های مورد استفاده

شاخص	فرمول
AWEI	*BLUE+2.5*GREEN-1.5*(NIR+SWIR1)-0.25*SWIR2*
NDWI	$\frac{green - nir}{green + nir}$
WRI	$\frac{green + red}{nir + swir}$



شکل ۵: روند اجرایی پژوهش

۲-۲ روش پژوهش

فاز یکم: تهیه داده‌ها و پیش پردازش

در بخش یکم پژوهش، فراخوانی داده‌های لندست صورت گرفت. ماهواره Landsat یکی از مجموعه‌های ماهواره‌ای مهم در زمینه‌ی مشاهده و تصویربرداری از سطح زمین است. تصاویر ماهواره لندست (Landsat imagery) تصاویر با رزولوشن متوسط و با کیفیت بالا از سطح زمین هستند که از طیف‌های مختلف از نور مرئی و نامرئی (مانند مادون قرمز و مادون‌قرمز نزدیک) استفادهک می‌کنند. این تصاویر به عنوان یک منبع اصلی برای مطالعات زمین‌شناسی، اکولوژی، کشاورزی، تغییرات زمین‌شناسی و محیط زیستی، مطالعات اصلاحی زمین‌شناسی و حفاظت منابع طبیعی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در خصوص تصاویر لندست، از آن جایی که این تصاویر دوره تکرار مناسبی دارند و در هر ۱۶ روز از منطقه ثبت می‌شوند، امکان خوبی را برای پایش تغییرات در مناطق فراهم می‌آورند. سپس پیش پردازش انجام شد. پیش پردازش تصاویر شامل نرمال کردن تصاویر، تصحیح رادیومتریک و کالیبراسیون بود. همچنین تصاویری که کمتر از ۵ درصد ابر در آن وجود داشت فراخوانی شدند. وابسته به نوع پژوهش تصحیحات لازم در محیط ارث انجین گوگل روی تصاویر انجام شد. این تصحیحات روی ۶ باند از تصویر (۲ تا ۷) انجام شد.

فاز دوم: ترکیب شاخص‌ها و باندها

در فاز دوم، شاخص‌های آب به همراه باندهای موردنظر به‌کمک کرنل‌های مختلف محاسباتی ماشین‌بردار پشتیبان مورد پردازش قرار گرفتند. این شاخص‌ها شامل شاخص استخراج خودکار آب (AWEI)، آب تفاضلی نرمال شده (NDWI) و نسبت آب WRI بودند. کرنل‌های ماشین‌بردار پشتیبان در این پژوهش کرنل تابع پایه شعاعی (RBF)، خطی (Linear) و سیگموئید (Sigmoid) مورداستفاده قرار گرفتند. کرنل‌ها در ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) برای

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تبدیل داده‌های ورودی به فضای بعد بالاتری استفاده می‌شوند. کرنل RBF و Sigmoid؛ برای مسائل غیرخطی به کار می‌رود و به واسطه‌ی اینکه داده‌ها را به فضایی با ابعاد بی‌نهایت تبدیل می‌کند، مسائل غیرخطی را قابل حل می‌کند. کرنل Linear؛ این کرنل برای مسائل خطی استفاده می‌شود و بدون تبدیل داده‌ها به فضای بعد بالاتر، آن‌ها را به صورت خطی جدا می‌کند. شاخص‌ها بااستفاده از چندین باند برای نیل به اهداف خاصی در نهایت به یک باند می‌رسند (برزگر و همکاران، ۲۰۱۵؛ چن و همکاران، ۲۰۱۷). شاخص‌های ذکرشده کمک شایانی به بهبود دقت طبقه‌بندی تصاویر لندست کردند. درطی پژوهش آشکار شد هرچقدر باندهای ورودی که به‌همراه شاخص اقدام به طبقه‌بندی تصاویر می‌کنند بیشتر باشند، دقت بالاتری را در خروجی ارائه می‌دهند.

فاز سوم: طبقه‌بندی تصاویر

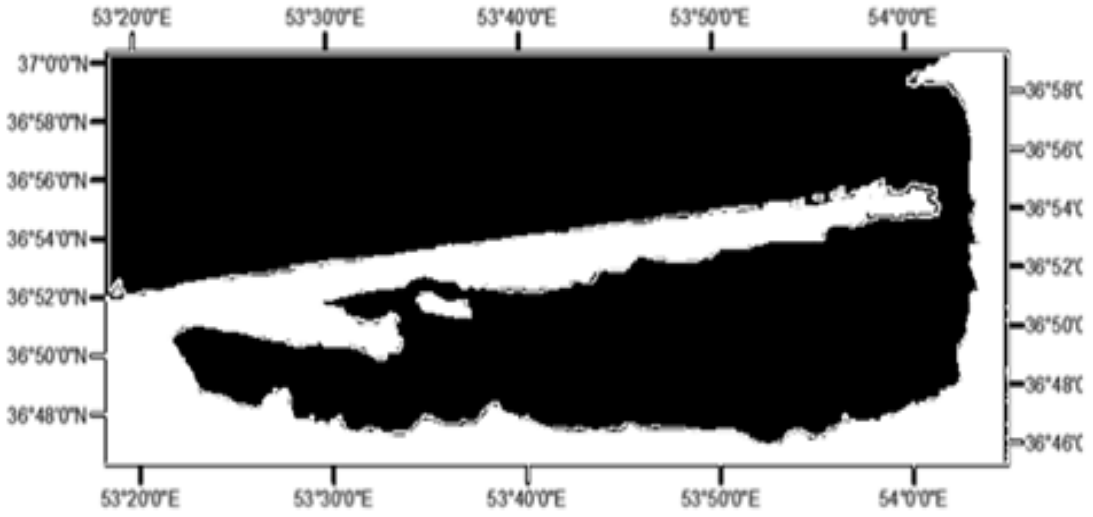
برای هر تصویر چهار شاخص آب اعمال شد. خروجی پایانی آن تحت اثر ماشین‌بردارپشتیبان در سه کرنل مختلفRBF،SIGMOID و LINEAR است به‌صورت ماسک آب تهیه شد. روی تصاویر پردازش‌شده، طبقه‌بندی نظارت‌شده در دو کلاس خشکی و آب صورت پذیرفت. بنابراین نقشه خشکی و آب محدوده‌ی موردپژوهش تهیه شد. نقاطی به‌صورت دستی به‌منظور آموزش سیستم یادگیری ماشین صورت پذیرفت. ترکیب شاخص‌های آب با باندهای مورداستفاده موجب شد که طبقه‌بندی دو کلاسه دقت بالاتری داشته باشد.

فاز چهارم: تهیه نقشه تغییرات

به‌منظور پایش تغییرات هر کلاس، نقشه‌های تغییرات ترسیم شدند. روشی که از نظر دقت طبقه‌بندی بهینه بود انتخاب شد و سپس نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ تهیه شدند. سپس این نقشه‌ها در محیط نرم‌افزار ENVI تفریق شدند تا نقشه های تغییرات کلاس‌ها حاصل شوند. تغییرات در سه گروه تغییریافته به کلاس خشکی، تغییر یافته به کلاس آب و تغییر نکرده تقسیم شدند.

فاز پنجم: (الف) ارزیابی نتایج پژوهش

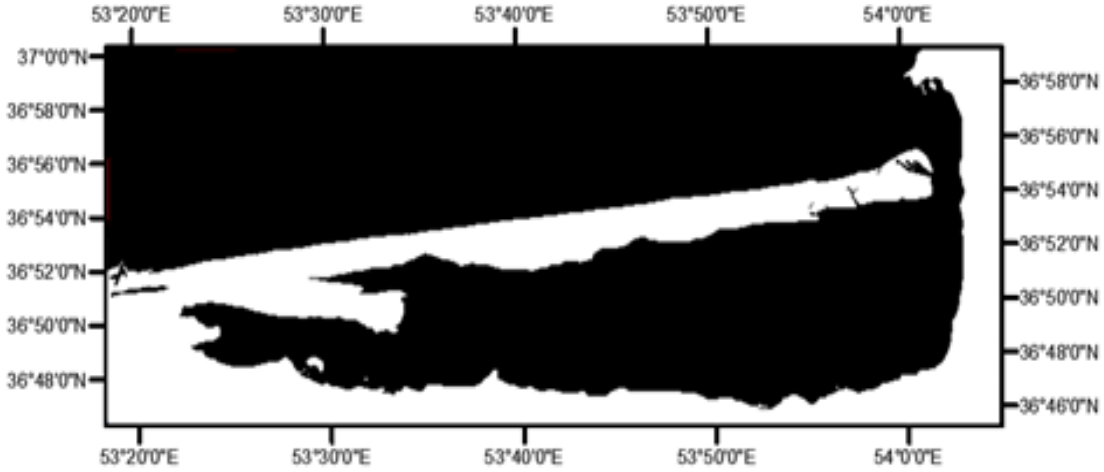
برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، نقشه‌های تولیدشده با داده‌ی واقعیت زمینی توسط کاربر خبره در محیط نرم‌افزار ENVI تهیه، مقایسه و ارزیابی گردید. متغیرهای ضریب کاپا، خطای مشارکت و عدم مشارکت و دقت کلی تمامی کرنل‌ها و شاخص‌های مختلف نیز محاسبه شد. همچنین دقت پایش تغییرات نیز از تفاضل تصاویر سال‌های ابتدا و انتهای پژوهش و تصویر واقعیت زمینی ابتدا و انتهای زمان پژوهش به‌دست آمد.



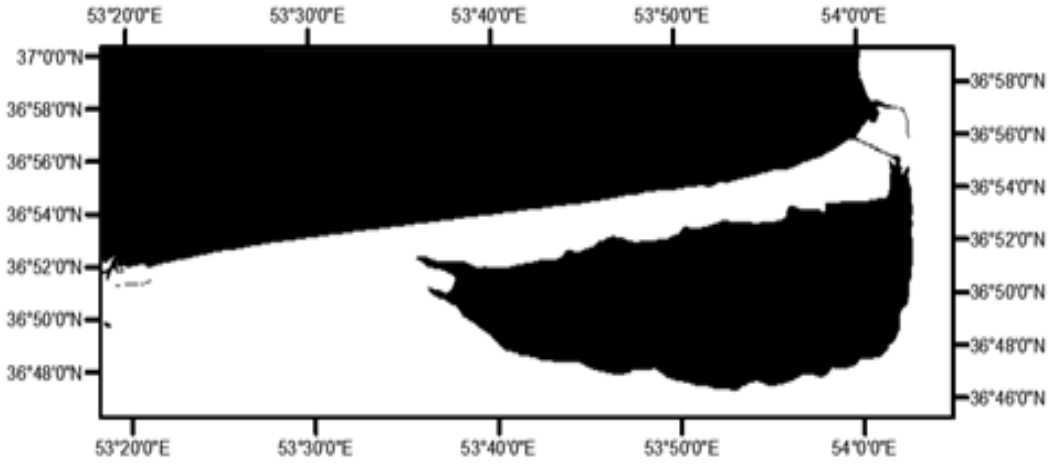
شکل ٦:تصویر واقعیت زمینی برای محدوده مورد مطالعه. سال ۲۰۰۰

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۷: تصویر واقعیت زمینی برای محدوده مورد مطالعه سال ۲۰۱٤



شکل ۸: تصویر واقعیت زمینی برای محدوده مورد مطالعه سال ۲۰۲۲

مهم‌ترین اقدام این پژوهش بدست آوردن با دقت ترین روش برای شناسایی و طبقه‌بندی دو کلاس در تصویر می‌باشد. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی می توان به کمک دقت کلی و ضریب کاپا و میزان دقت را رصد کرد. این محاسبات به کمک سه کرنل مختلف ماشین‌بردار پشتیبان انجام شد. محاسبات برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ انجام شد که به طور میانگین ۲۲ ساله قابل مشاهده است.

جدول ۲: مقادیر کاپا و دقت کلی شاخص‌های مختلف با کرنل تابع پایه شعاعی

		NDWI	WRI	AWEI
کرنل خطی	ضریب کاپا	۹۳.۵۷	۹۲.۸۹	۹۳.۶۶
	دقت کلی	۹۷.۱۷	۹۶.۸۸	۹۷.۲۱
کرنل سیگموئید	ضریب کاپا	۹۴.۳۳	۹۳.۲۵	۹۴.۳۰
	دقت کلی	۹۴.۴۷	۹۷.۰۴	۹۷.۴۶
کرنل تابع پایه شعاعی	ضریب کاپا	۹۴.۲۸	۹۳.۶۴	۹۴.۳۵
	دقت کلی	۹۷.۴۷	۹۷.۰۸	۹۷.۵۱

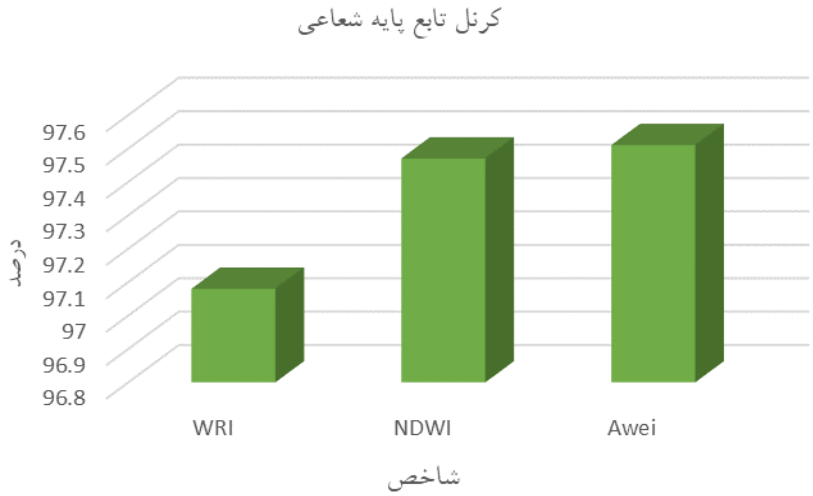
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۳- نتایج و بحث

بر اساس شیوه پیشنهادی این پژوهش که ترکیب باند های لندست با شاخص‌های آب و سپس طبقه‌بندی تصاویر به کمک کرنل‌های مختلف بود. به این نتیجه می رسیم که علی رغم نزدیک بودن نتایج حاصل از دقت طبقه‌بندی، شاخص AWEI در ترکیب با باندها و طبقه‌بندی تصویر مورد نظر بر اساس کرنل تابع پایه شعاعی بهترین عملکرد را از نظر دقت ارائه می‌دادند.

بنابر جدول ۲ بیشترین دقت طبقه‌بندی تصاویر در کرنل تابع پایه شعاعی را شاخص AWEI با همراهی سایر باندها داشتند. همچنین در کرنل سیگموئید بیشترین دقت طبقه‌بندی را شاخص AWEI به همراهی سایر باندها داشتند. اما در کرنل خطی بیشترین دقت طبقه‌بندی را شاخص NDWI داشت که با اختلاف اندکی از شاخص AWEI بیشتر بود. اما در مجموع، کرنل RBF با شاخص AWEI به نسبت سایر ترکیب‌ها دقت بالاتری را ارائه دادند.



شکل ۹: دقت طبقه‌بندی در کرنل تابع پایه شعاعی

یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش مساحت سطحی خلیج گرگان افت تراز آب دریای خزر است. این امر موجب کاهش سطح پوشش آب منطقه موردمطالعه که بخشی از دریای خزر و خلیج گرگان است را شامل می‌شود.

کاهش روز افزون تراز آب دریای خزر یکی از عوامل موثر بر کاهش مساحت سطحی پهنه آبی منطقه مورد پژوهش است. همانطور که در شکل ۶ قابل مشاهده است از سال ۲۰۰۰ میلادی تراز آب دریای خزر به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته است. در تصویر بالا مشاهده می‌شود که تراز آب دریای خزر در طی سال‌های اخیر از ۲۵/۵- متر نسبت به تراز آب‌های آزاد به کمترین میزان خود در سال‌های بعد به رقم ۲۸- متر پایین تر از تراز آب‌های آزاد رسیده است. رودخانه ولگا که یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های منتهی به این دریاچه است، طی سال‌های اخیر روندی کاهش در تامین آب این دریاچه داشته است. سهم تامین آب ولگا از این رودخانه در سال ۱۹۷۹ از ۷۴/۰۲ درصد در سال به ۶۲/۲۱ درصد در سال‌های اخیر رسیده است (چن و همکاران، ۲۰۱۷).

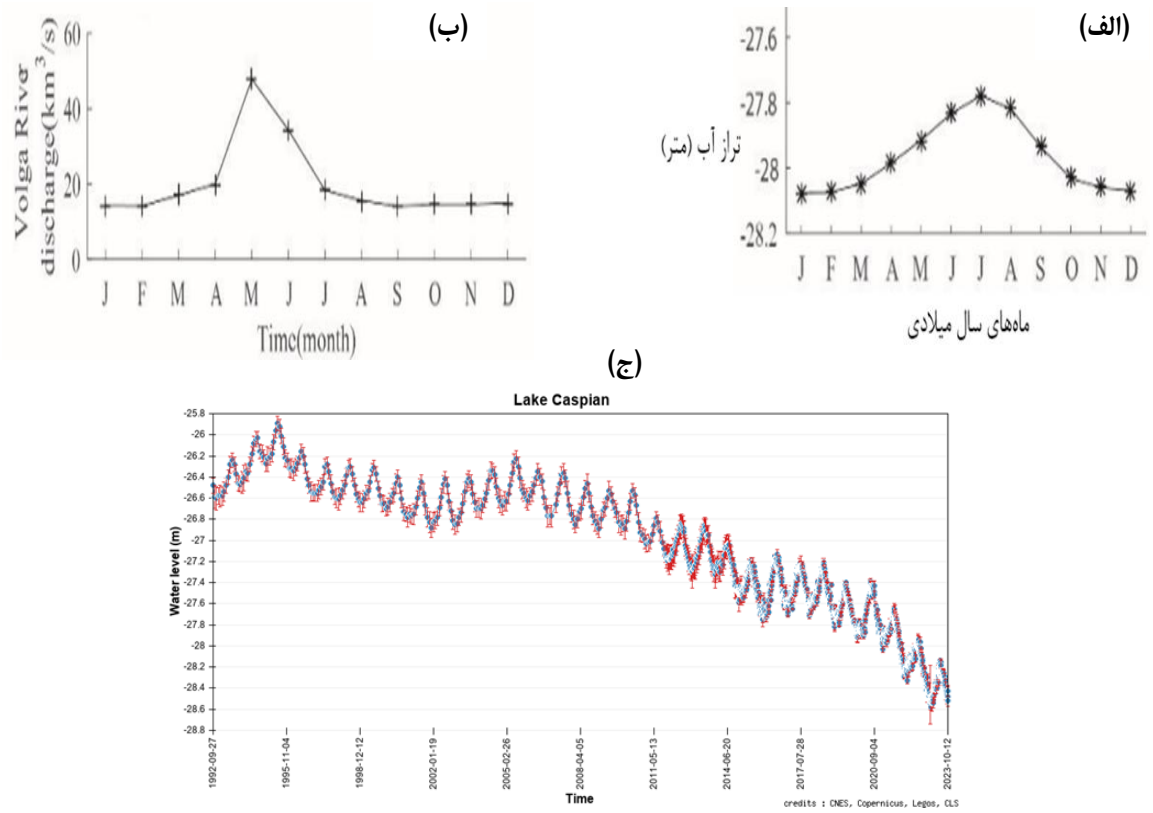
همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، تراز آب دریای خزر در این پژوهش از ماه‌های پنجم و ششم میلادی انتخاب شده است زیرا بالاترین تراز آب دریای خزر در ماه‌های مذکور ثبت شده است. در ماه‌های پنجم و ششم میلادی نزولات جوی و دبی رودخانه ولگا به دریای خزر به بیشترین مقدار می‌رسد. بنابراین تراز سطح آب دریای خزر در این دو ماه در بالاترین سطح خود قرار دارد.

در طبقه‌بندی تصاویر تمامی ترکیبات شاخص‌ها و کرنل‌های مختلف ماشین‌بردار پشتیبان از نظر میزان دقت طبقه‌بندی نزدیک به یکدیگر عمل کردند ولی از نظر بصری مخصوصا

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در نقاط حساسی مثل کانال‌های آب و نقاطی که تشخیص آب یا خشکی بودن آن بخش از تصویر دشوار بود، کرنل تابع پایه شعاعی به همراهی شاخص AWEI عملکرد بسیار خوبی را ارائه دادند. شایان ذکر است که گستردگی منطقه موردمطالعه بر نزدیک شدن ارقامی که بیانگر دقت طبقه‌بندی در تصویر بودند نیز تاثیر مثبت داشت. درصورتی که منطقه موردمطالعه گستره‌ی کمتر و متنوع‌تری از کلاس‌های طبقه‌بندی را پوشش می‌داد، ارقام مربوط به دقت طبقه‌بندی درخور تغییرات بیشتری و متفاوت‌تری می‌شدند.



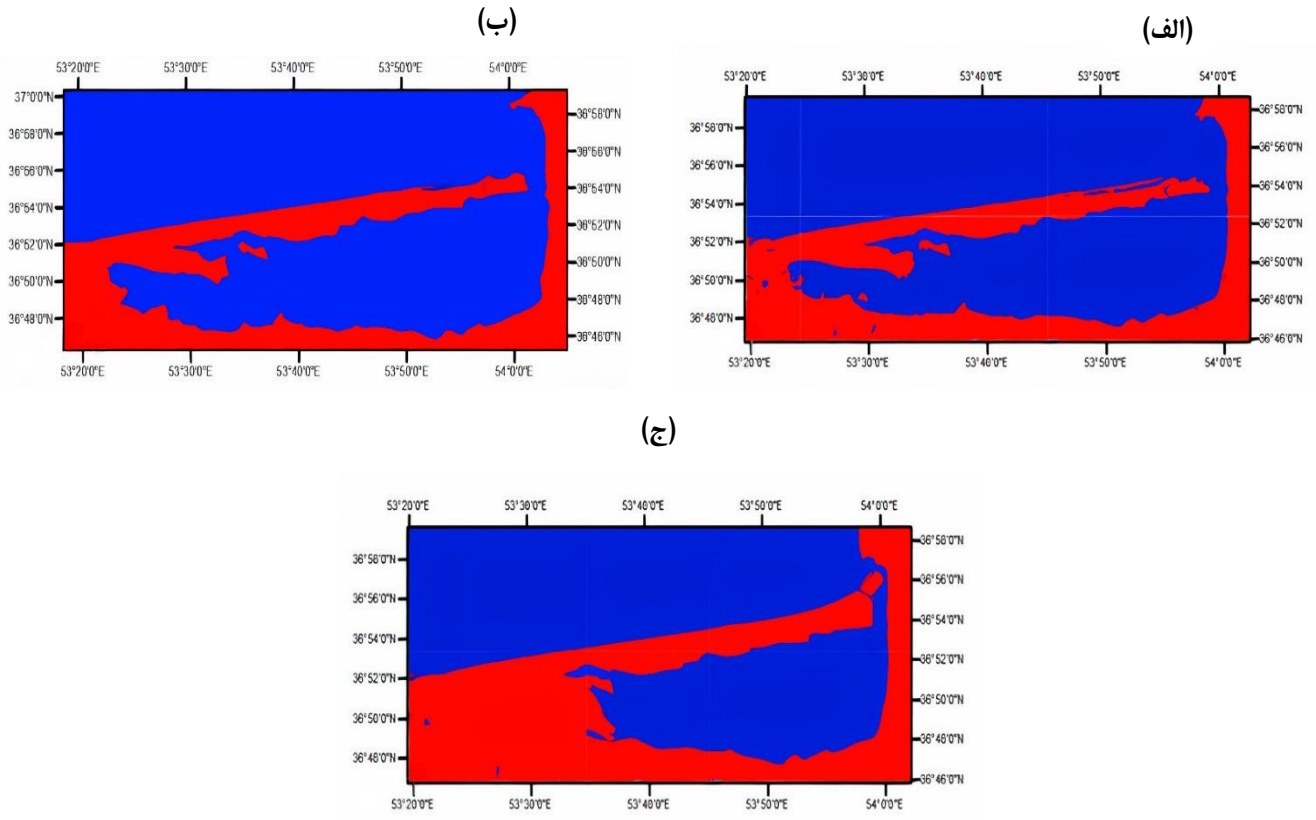
شکل ۱۰- عوامل موثر بر تغییرات تراز اب (الف) میانگین ٦٧ ساله تغییرات تراز آب پهنه جنوبی دریای خزر طی ماه‌های سال (عزیزپور و غفاری، ۲۰۲۳). (ب) میانگین٦٧ ساله تغییرات دبی خروجی آب رودخانه ولگا طی ماه‌های سال (عزیزپور و غفاری، ۲۰۲۳). (ج) تغییرات تراز آب دریای خزر

همانگونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، به مناطق خشک‌شده پیرامون خلیج گرگان و شبه‌جزیره میانکاله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ میلادی افزوده‌شده و روند کاهش مساحت آبی مشهود است. در بخش شرقی خلیج گرگان آبراه متصل به دریای خزر وجود دارد. وسعت و عرض این آبراه در سال‌های اخیر به‌شدت کاهش یافته و باریک شده است. بخشی از این آبراه هم به‌طور مصنوعی حفر شده است. همچنین بخش غربی خلیج گرگان به‌طور فزاینده‌ای در حال عقب‌نشینی است.

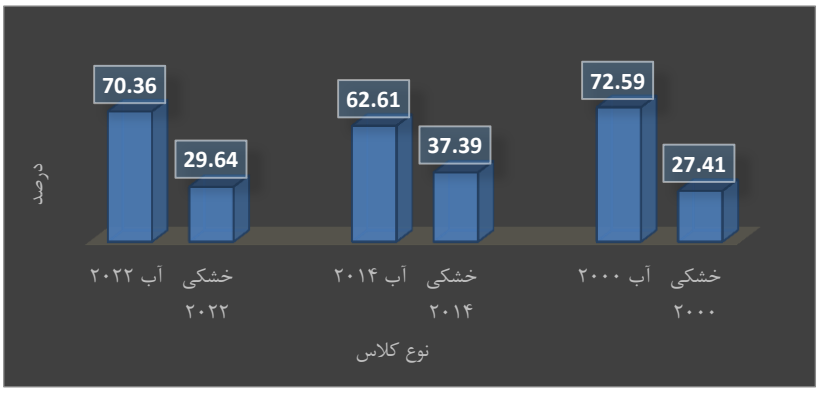
همچنین در سال ۲۰۰۰ میلادی زبانه ماسه‌ای موجود فرآیند رسوب‌گذاری را شروع کرده است. این زبانه در سال ۲۰۱۴ میلادی گسترش چشم‌گیری را تجربه کرده است. در سال ۲۰۲۲ میلادی این زبانه ماسه‌ای به‌طور کامل با رسوب کرانه‌ای پر شده و به ساحل اصلی شبه‌جزیره میانکاله متصل شده است. روند افزایش مساحت تحت پوشش گروه خشکی و روند کاهشی مساحت تحت پوشش گروه آب در طی سال‌های پژوهش در شکل ۱۲ به‌نمایش در آمده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۱: تصویر طبقه‌بندی شده برای محدوده مورد مطالعه. الف) سال ۲۰۰۰، ب) سال ۲۰۱۴ و ج) سال ۲۰۲۲

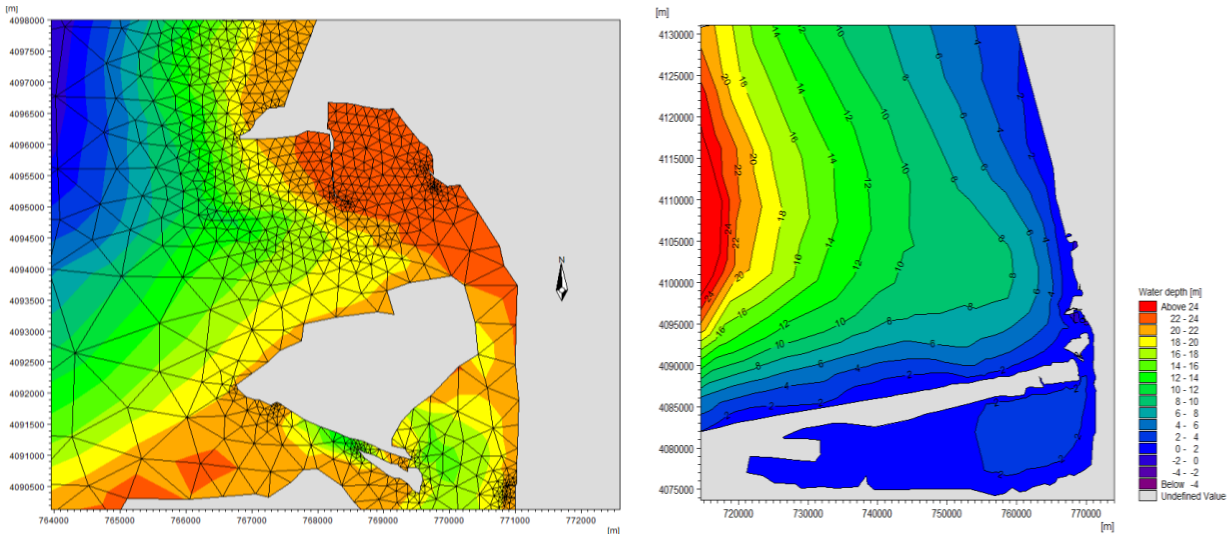


شکل ۱۲: مساحت تحت پوشش هر گروه طی سال‌های مختلف پژوهش

به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر تغییرات منطقه مورد مطالعه و واکاوی دلیل اصلی تغییر وضعیت خلیج گرگان، داده های دریایی مربوط به عمق، باد، جریان و موج از سازمان بنادر و دریانوردی تهیه شد. سپس داده‌ها توسط نرم افزار MIKE 21 و ماژول های SW و HD مدل‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. منظور از SW، مدل‌سازی انتقال موج از آب عمیق تا محدوده مطالعاتی و HD، مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان ناشی از موج می‌باشد. دامنه مورد مطالعه در بخش (۲-۱) توضیح داده شد. به‌منظور آغاز فرآیند مدل‌سازی در بخش دریایی، نیاز به آماده‌سازی داده‌های دریایی است. محیط مورد مطالعه مش‌بندی شده و سپس فایل عمق‌سنجی از منطقه موردنظر در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۲ میلادی تهیه شد. سپس مشخصات عمق آب و سایر پارامترها به سیستم معرفی شدند.

Archive of SID.ir

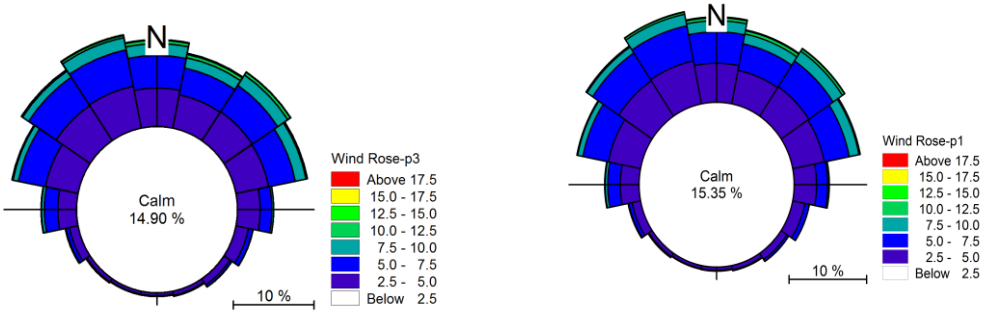
Archive of SID.ir



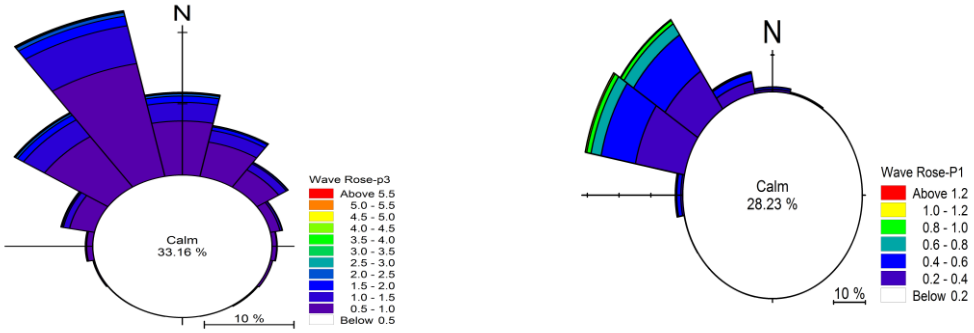
شکل ۱۳: (الف) المان‌بندی عمق‌سنجی منطقه در ناحیه آب عمیق، (ب) المان‌بندی عمق‌سنجی نواحی ساحلی

همچنان که در ترسیم گلباد ها و گل موج های منطقه در شکل ۱۴ و شکل ۱۵ نشان داده شده است، جهت غالب باد و موج دارای راستای شمال و شمال غربی و شمال شرقی است. بیشینه مقدار سرعت باد در این ناحیه حدود ۱۷ متر بر ثانیه است و بیشینه مقدار ارتفاع موج حدود ۵/۵ متر در ناحیه فراساحلی و حدود ۱/۲ متر در ناحیه نزدیک به ساحل است.

الگوی باد در تمام منطقه تقریبا یکنواخت است که به دلیل عدم وجود مناطق کوهستانی و مرتفع است. اما الگوی موج به دلیل پدیده های مختلف شکست موج، تفرق و کاهش عمق دچار کاهش ارتفاع موج و تغییر جهت موج شده است.



شکل ۱۴: گلباد مرتبط با نقاط محدوده بندر

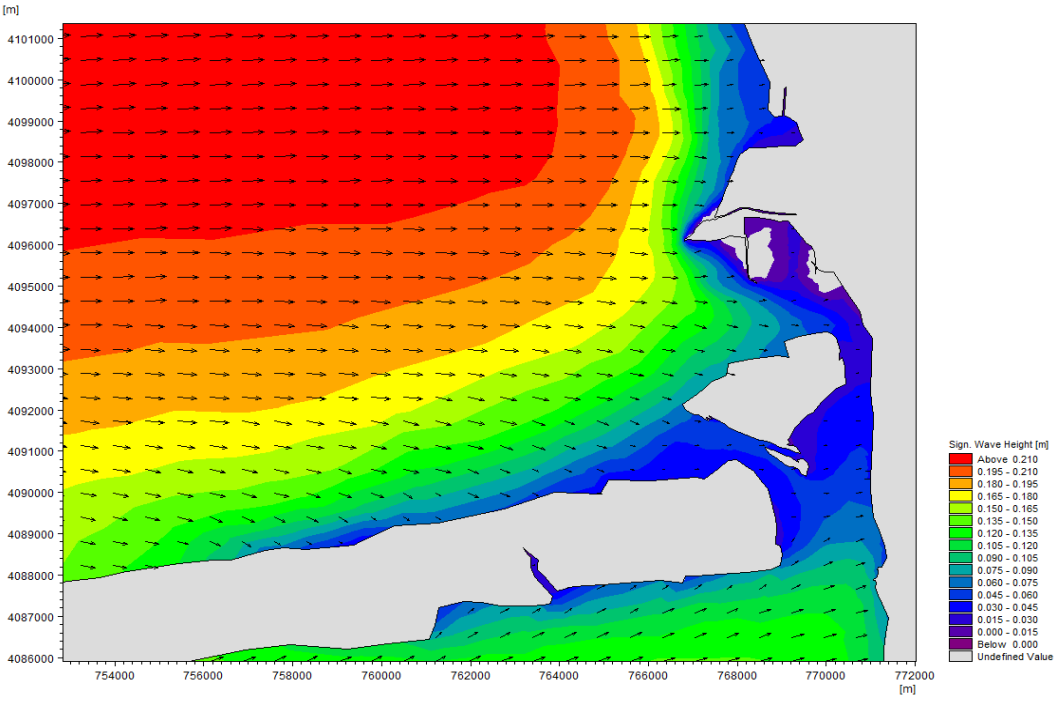


شکل ۱۵: گل‌موج مرتبط با نقاط فراساحل تا محدوده بندر

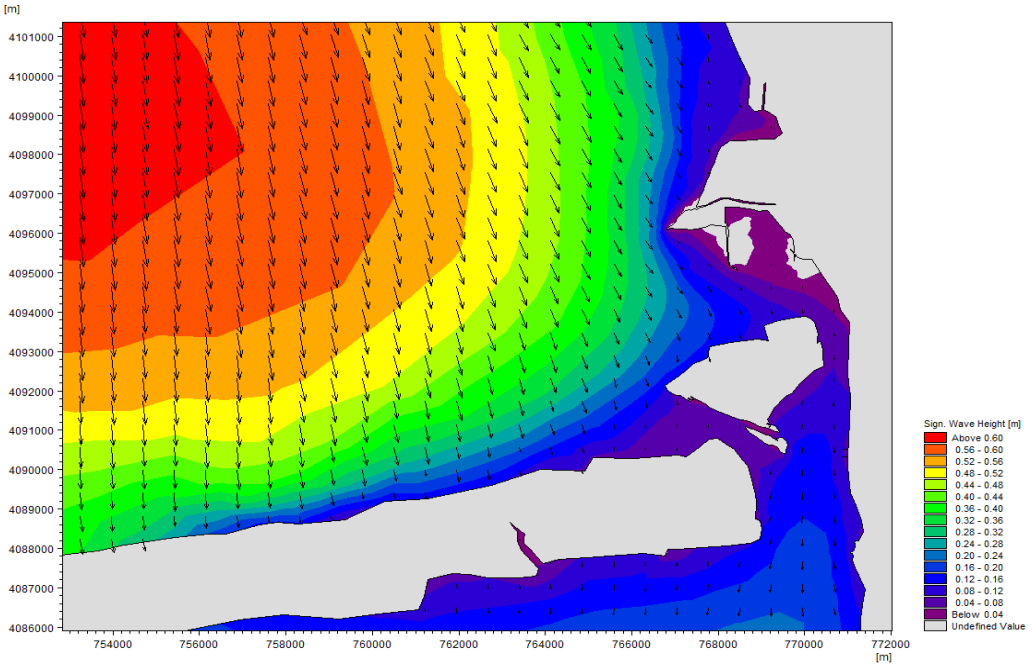
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

با توجه به اینکه با انتشار امواج به نواحی ساحلی، امواج دچار عمق کاستگی و پدیده‌های تفرق و شکست موج می‌شوند و درنهایت در اعماق خاصی می شکنند یک تنش با بستر دریا ایجاد می‌شود که بعد از ایجاد تنش جریان ناشی از شکست موج شکل می‌گیرد. تنش تشعشعی به دلیل برخورد امواج با بستر رخ می‌دهد که با توجه به شکل تراز بستر در راستاهای مختلف تشعشع می یابند. در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ نمایش حرکت انتشار لحظه ای امواج به سمت ساحل نشان داده شده است. این تصاویر نحوه انتشار و تاثیرات کاهش عمق و رفتار الگوی موج با نزدیک شدن به ساحل را نشان می‌دهند. امواج تقریبا به داخل خلیج‌گرگان نفوذ نمی کنند و در موقعیت دهانه خلیج و موقعیت تنگه چپقلی به کمینه مقدار خود رسیده و دچار شکست می‌گردد.



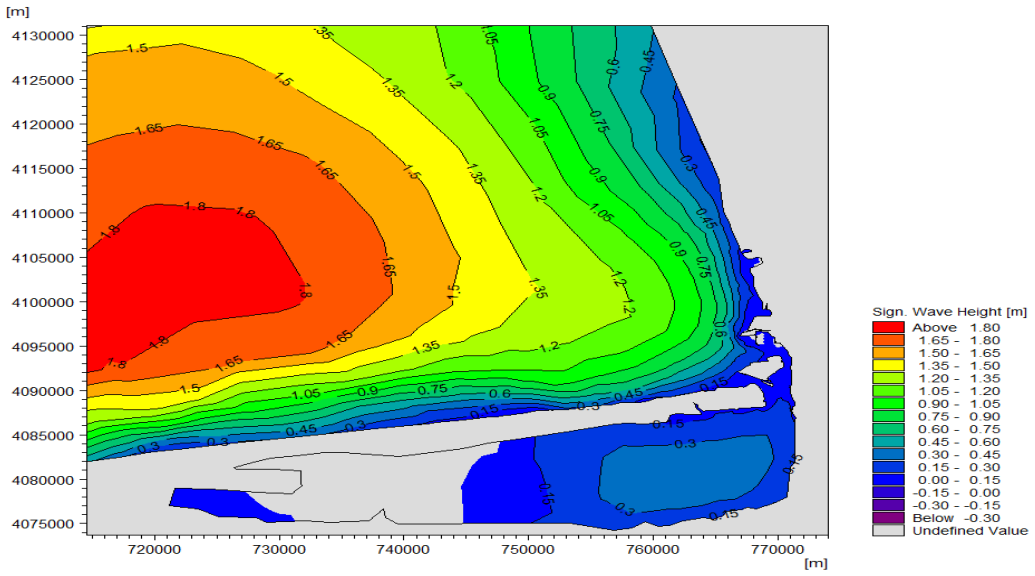
شکل ۱۶: حرکت انتشار لحظه‌ای امواج به سمت ساحل



شکل ۱۷: حرکت انتشار لحظه‌ای امواج به سمت ساحل

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۸: بیشینه مقدار ارتفاع موج در محدوده خلیج گرگان

با توجه به نتایج مدل‌سازی ها مقدار بیشینه پریود موج در ناحیه فراساحل حدود ۷ ثانیه و در ناحیه ساحلی حدود ۳ ثانیه است. با توجه به نتایج مدل انتشار موج از ناحیه آب عمیق به ناحیه ساحلی و با توجه به شیب بسیار ملایم بستر در منطقه امواج قبل از رسیدن به نوار ساحلی مقابل بندر دچار شکست می‌شوند. قابل ذکر است ارزیابی مدل با گزارش‌های موجود در سازمان سواحل بنادر صورت گرفته است. همچنان که قبلا ذکر شد بیش از ۴ کیلومتر به سمت دریا مسافت لازم است تا به عمقی معادل ۳ متر رسید و لذا امواج در فاصله بسیار دورتر از ساحل و موقعیت بندر دچار شکست می‌شوند و همچنان که انتظار می رود سرعت جریان ناشی از موج در محدوده خلیج گرگان بسیار کم است و در حدود ۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه است. این سرعت بسیار پایین توان حمل ذرات رسوبی زیادی را ندارد. ارزیابی ها نشان داد در حال حاضر امکان رسوب‌گذاری عمده‌ای در ناحیه مورد مطالعه وجود ندارد اما کاهش تراز آب دریای خزر باعث تغییرات شدیدی در وضعیت این پهنه‌ی آبی است.

٤- نتیجه‌گیری

پایش وضعیت پهنه‌های آبی یکی از مسائل مهم در مدیریت پهنه‌ها و خطوط ساحلی آن مناطق می‌باشد. تا دهه‌های اخیر نظارت و مدیریت بر این نواحی به‌دلیل گستردگی این مناطق امری بسیار دشوار و پرهزینه از نظر اقتصادی، لجستیکی و زمانی بود. در دهه‌های اخیر به لطف گسترش فناوری سنجش‌ازدور و فراگیرشدن سهولت استفاده از آن کمک شایانی به مدیریت مناطقی نظیر پهنه‌های آبی کرد. عملیات پردازشی برای تصاویر این پژوهش که ۲۲ سال متمادی را در بر می‌گرفت در فضای ارث انجین گوگل انجام گرفت. فضای ارث انجین گوگل قابلیت‌های پردازشی سریع و بادقتی را در اختیار کاربر قرار داد. همراهی باندهای تصویر با شاخص‌های آب که به‌منظور استخراج پهنه‌های آبی در تصویر معرفی شدند به مراتب کیفیت طبقه‌بندی تصویر را بهبود بخشید. در تمامی رویکردهای بررسی‌شده شاخص یا کرنل پردازشی در هر کدام با یکدیگر متفاوت بود. طی این پژوهش شاخص‌های NDWI، AWEI و WRI به‌کمک سه کرنل RBF، SIGMOID و LINEAR موردارزیابی قرار گرفتند. نتایج خروجی بسیار نزدیک به هم بود. ولی در تمام رویکردها شاخص AWEI به‌کمک کرنل پردازشی RBF در ماشین‌بردارپشتیبان دقت بالاتری را ارائه می‌داد.

در نهایت رویکرد نهایی که بیشترین دقت در میان سایر رویکردها داشت انتخاب شد. و قابلیت‌های فراگیر این روش برای پایش محدوده‌های گسترده مطالعاتی آشکار شد. همچنین به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌های دریایی مدل‌سازی شده و آشکار شد در حال حاضر امواج در ناحیه‌ای دور از ساحل شکسته شده و پتانسیل حمل رسوبات به خلیج گرگان را دارا نیستند. بنابراین تغییرات این

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

پهنه‌ی آبی عمدتا بر اثر کاهش تراز آب رخ داده است. برای پژوهش‌های بعدی بهتر است به‌کمک همین روش مناطقی با مقیاس کوچکتر، نظیر دلتاهای رودخانه‌ها که در اثر رسوبات موازی با ساحل و رودخانه‌ای تشکیل می‌شوند را مورد بررسی قرار داد.

۵- مراجع

ابراهیمی، ن.، حسینی، س.م.ع. (۱۳۹۳). بررسی جهت موج و جریان در محدوده ساحل دریای خزر با استفاده از مدل ریاضی (مطالعه موردی: بندر امیرآباد). نخستین همایش منطقه ای دریا، توسعه و منابع آب مناطق ساحلی خلیج.

باقری، ح. (۱۴۰۲). محاسبه نرخ رسوب‌گذاری در بخش جنوبی دریای خزر با استفاده از داده‌های میدانی (مطالعه موردی: عباس‌آباد). علوم و فنون آبخاکی، ۴ (۳)، ۴۳-۳۵.

عزیزپور، ج.، حمزه‌پور، ع.، رهنما، ر. (۱۳۹۹). محاسبه نرخ رسوب‌گذاری در دهانه خلیج گرگان. علوم و فنون آبخاکی، ۱(۲)، ۲۲-۱۴.

References

Asghari, S.S., Jalilyan, R., Pirouzinejad, N., Madadi, A., Yadeghari, M. (2020). Evaluation of water extraction indices using landsat satellite images (Case study: Gamasiab river of Kermanshah).

Azizpour, J., Ghaffari, P. (2023). Low-frequency sea level changes in the Caspian Sea: long-term and seasonal trends. Climate Dynamics, 24:1-11.

Barzegar, M., Ebadi, H., Kiani, A. (2015). Comparison of different vegetation indices for very high-resolution images, specific case UltraCam-D imagery. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 10(40), 97-104.

Chegoonian, A.M., Mokhtarzade, M., Valadan Zouj, M., Bolouki, M. (2016). Accuracy assessment of the coral reef mapping using landsat-8 imagery-Case study: Persian Gulf. Journal of Oceanography, 6(24), 85-93.

Chen, J.L., Pekker, T., Wilson, C.R., Tapley, B.D., Kostianoy, A.G., Cretaux, J.F., Safarov, E.S. (2017). Long-term Caspian Sea level change. Geophysical Research 44(13), 6993-7001.

Demir, B., Bovolo, F., Bruzzone, L. (2012). Updating land-cover maps by classification of image time series: A novel change-detection-driven transfer learning approach. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(1), 300-312.

Dezvareh, R. (2019). Providing a new approach for estimation of wave set-up in Iran coasts. Research in Marine Sciences, 4(1), 438-448.

Dezvareh, R., Shafaghat, M. (2020). Predicting the sediment rate of Nakhilo Port using artificial intelligence. International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering, 5(2), 41-49.

Fallah, M., Fakheran Isfahani, S. (2016). Impacts of Land Use Changes on Water Quality of Anzali International Wetland. Journal of Oceanography, 6(24), 53-59.

Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S.R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. Remote Sensing of Environment. 140, 23-35.

Jawak, S.D., Kulkarni, K., Luis, A.J. (2015). A review on extraction of lakes from remotely sensed optical satellite data with a special focus on cryospheric lakes. Advances in Remote Sensing, 4(3), 196.

Karimi, M., Vali Samani, J.M., Mazaheri, M. (2018). Evaluating the Hydrodynamic and Morphology of Sefidroud River Delta Using 2D Simulation and Remote Sensing Data. Journal of Oceanography, 9(33),1-12.

Li, W., Du, Z., Ling, F., Zhou, D., Wang, H., Gui, Y., Sun, B., Zhang ,X. (2013). A comparison of land surface water mapping using the normalized difference water index from TM, ETM+ and ALI. Remote Sensing. 5(11),5530-5549.

Munizaga, J., García, M., Ureta, F., Novoa, V., Rojas, O., Rojas, C. (2022). Mapping Coastal Wetlands Using Satellite Imagery and Machine Learning in a Highly Urbanized Landscape. Sustainability. 14(9):5700.

Salmon, B.P., Kleynhans, W., Van den Bergh, F., Olivier, J.C., Grobler, T.L., Wessels, K.J. (2013). Land cover change detection using the internal covariance matrix of the extended Kalman filter over multiple spectral bands. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 6(3), 1079-1085.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Sarp, G., Ozcelik, M. (2017). Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. Journal of Taibah University for Science, 11(3), 381-391.

Shafaghat, M., Dezvareh, R. (2021). Support vector machine for classification and regression of coastal sediment transport. Arabian Journal of Geosciences, 14, 1-20.

Archive of SID.ir