نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۵، تابستان ۱۴۰۱

شاخص دورسنجی بررسی کیفیت آبهای ساحلی به کمک سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای

دریافت مقاله: ۹۷/۱۰/۲۵ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۶/۱۶

صفحات: ۲۲۶-۲۰۷

سیده ترانه میرقیداری: دانش آموخته دانشکده محیط زیست، کرج، ایران
Email: taraneh.miri94@gmail.com
بهزاد رایگانی: دانشیار دانشکده محیط زیست، کرج، ایران[1]
Email: bhz.ray@gmail.com
جواد بداق جمالی: دانشیار دانشکده محیط زیست، کرج ، ایران
Email: jbjamali@gmail.com

چکیده

تحقیق حاضر، با هدف ارائه شاخص دورسنجی کیفیت آب به کمک فناوری سنجش از دور صورت گرفته است. در این پژوهش ابتدا با توجه به شرایط منطقه، مطالعه منابع علمی و دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای پارامترهای فلزات‌سنگین، یون‌های محلول، دمای آب، کلروفیلa و pH انتخاب شد. سپس توسط بررسی منابع و مقایسه بین عملکرد سنجنده‌های مختلف، محصول کد ۰۲ و ۰۹ سنجنده مودیس و تصاویر سطح دوم یک‌کیلومتر کلروفیلa و دمای آب سنجنده مودیس تهیه و آماده‌سازی شد. همچنین اطلاعات میدانی آبهای بندرعسلویه همزمان با تصویربرداری ماهواره آکوا و ترا، در ماه اوت سال ۲۰۱۴ تهیه گردید. سپس رابطه میان مقادیر اندازه-گیری شده و مقادیر بازتابش تصاویر ماهواره‌ای، به‌صورت مدلهای خطی بررسی شد و ضریب تشخیص بین ۰/۵۹ تا ۰/۹۴ از مدلها به دست آمد. درادامه تصاویر سنجنده مودیس بین سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ تهیه و مدلهای به‌دست آمده بر روی آنها اعمال گردید. سپس لایه‌ها برای بیان میزان مطلوبیت هر ناحیه با استفاده از منطق فازی استانداردسازی شد. همچنین سری‌های زمانی داده‌های دمای آب از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ تهیه و برای هر ماه مقادیر میانگین پیکسلی محاسبه شد و برهمان اساس تغییرات این پارامتر استانداردسازی شد. در نهایت شاخصی کارآمد جهت بررسی کیفیت آبهای ساحلی به کمک سری‌های زمانی داده‌های دورسنجی ارائه گردید و آبهای بندرعسلویه پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد کیفیت آب از سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ از وضعیت ضعیف به وضعیت بسیارضعیف تغییر پیدا کرده است. براساس نتایج این پژوهش با توسعه شاخص پیشنهادی در مطالعات آتی بررسی مداوم پایش زیست‌محیطی امکان‌پذیر خواهد بود.

کلیدواژگان: سنجنده مودیس، منطق فازی، پهنه‌بندی آبهای ساحلی، شاخص دورسنجی کیفیت آب، رگرسیون خطی چندگانه.

۱ . نویسنده مسئول: کرج پژوهشکده محیط زیست

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

مقدمه

انسان در طول دوران حضورش در طبیعت، در نتیجه اجرای بعضی برنامه‌های توسعه، توازن طبیعت را بر هم زده است که این امر عوارضی را در مقیاس‌های محلی یا منطقه‌ای و حتی جهانی به همراه داشته است. آلودگی محیط-زیست یکی از عوارض مهم به هم خوردن توازن طبیعت می‌باشد و آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل کننده محیط-زیست به شمار می‌روند (وهاب زاده، ۱۳۷۲). عناصر ویژه محیط یعنی آب، خاک و هوا امروزه مورد تهاجم انواع آلاینده‌ها و تخریبات انسانی قرار می‌گیرند (هدائی و همکاران، ۱۳۹۱). آب یک ماده حیاتی محسوب می‌شود و اهمیت آن از نظر کشاورزی، تولید برق، آشامیدن و صنعت آشکار است. موضوع آلودگی، نه تنها در کشورهای صنعتی بلکه در کشورهای دارای کشاورزی و درحال توسعه نیز مطرح است (بهزادی و امیدوار، ۱۳۹۶). تا مدت‌ها این تصور در ذهن بشر وجود داشت که آب دریاها و اقیانوس‌ها آن‌قدر گسترده است که می‌توان از میزان آلاینده‌های وارد شده به آنها چشم‌پوشی کرد. اما امروزه که اثرات مستقیم و غیرمستقیم آلودگی آب دریاها بر زندگی انسان ثابت شده است، مسئله رفع این آلودگی‌ها به شکل بسیار جدی‌تری مطرح می‌باشد. محیط‌های ساحلی با دارا بودن مجموعه‌ای از زیستگاه‌های متنوع، به طور مداوم در معرض آلاینده-های وارد شده از خشکی و دریا می‌باشند (شیدایی و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش غلظت آلاینده‌ها می‌تواند باعث کاهش کیفیت آب شود که بر سلامتی اکوسیستم‌های دریایی و افراد وابسته به آنها، تأثیر می‌گذارد (اسلام و تاکانا[۱]، ۲۰۰۴)، در نتیجه پایش محیط‌های ساحلی الزامی است. روش‌های سنتی ارزیابی کیفیت آب شامل اندازه‌گیری داده‌های در محل می‌باشد. این تکنیک‌ها معمولاً زمان بر و پرهزینه است و غالباً اطلاعات حاصل، در مکان و زمان محدود می‌باشد؛ بنابراین بررسی پتانسیل روش استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در ارزیابی و بررسی کیفیت آبهای ساحلی را ایجاب می‌نماید (بیرمن[۲] و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از تکنیک سنجش از دور به منظور پایش، مدیریت و پیش بینی پارامترهای کیفی آب و آلاینده‌ها از مسائل مهم سال‌های اخیر محسوب می‌شود (اوسالی و اسماعیل[۳]، ۲۰۱۰). منابع آلودگی، اغلب به آسانی می‌توانند به وسیله سنجش از دور تشخیص داده شوند. امروزه سنجش از دور به عنوان یک ابزار بسیار قوی مطرح بوده و در مطالعات منابع آب اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. اقداماتی نظیر مطالعات شوری، دما، مواد معلق و بررسی میزان کلروفیلa از جمله مواردی است که می‌توان توسط تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار داد (فرزین و همکاران، ۱۳۹۶؛ مومی‌پور، ۱۳۹۵). تحقیقاتی در رابطه با بررسی کیفیت آب با استفاده از محصولات سنجش از دوری انجام شده است که هر مطالعه‌ای هدف ویژه‌ای را دنبال نموده است. به عنوان مثال در پژوهشی مدل رگرسیونی برای تخمین مقادیر فلزات سنگین رودخانه تایهو چین با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس[۴] و اندازه‌گیری آزمایشگاهی، ارائه شد و نتایج نشان داد تصاویر مودیس در برآورد فلزات سنگین در آبهای وسیع مفید است. همینطور مشخص شد ترکیب تفاضلی باندهای B8-B19 برای تشخیص مس (R۵ =۰/۴۳) و روی (R =۰/۵۲)، ترکیب تفاضلی B11-B18 برای ارزیابی سرب (R =۰/۶۷) و B8-B7 برای تشخیص کادمیم (R =۰/۶۴) مناسب است (چنگ[۶] و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین در مطالعه‌ای،

۱ Islam and Takana
۲ Bierman
۳ Usali and Ismail
۴ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)
۵ Correlation Coefficient (r)
۶ Cheng

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

غلظت نیتروژن کل، فسفر کل و مواد جامد معلق در شمال دریای عربی، با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه برای توسعه مدل‌های مواد مغذی و رسوبات معلق استفاده شد و مقدار ضریب تشخیص[۱] برای پارامتر نیتروژن کل ۰/۷۷، برای فسفر۰/۸۴ و برای رسوبات معلق ۰/۸۴ به دست آمد (متیو[۲] و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهش دیگری درجه حرارت آب ۳ در آبهای ساحلی دریای زرد با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این مطالعات، از داده‌های اندازه-گیری شده نیز استفاده گردیده است. مقدار ضریب تشخیص برای ماهواره ترا۴ با درجه حرارت آب ۰/۹۸۹، برای ماهواره اکوا۵ ۰/۹۸۷ به دست آمد (هااو۶ و همکاران، ۲۰۱۷). همینطور در پژوهشی، تغییرات زیست محیطی تالاب بین‌المللی شادگان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست وبـه کمـک روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم شباهت طی یک دورهٔ زمانی ۲۰ ساله (۲۰۱۱-۱۹۹۰) بررسی گردیـد. نتایج نشان داد پوشـش گیاهی در تالاب به سرعت رو به افزایش بوده که نشان از آلودگی آب، افزایش پدیده تغذیه‌گرایی و از بین رفتن زودهنگام این تالاب دارد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۳). در تحقیق دیگری، پارامترهای کلروفیلa، عمق سنجی ۷و مواد آلی محلول رنگی ۸درمصب رودخانه هادسون نیویورک به کمک مقایسه تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵-TM۹ بررسی شد. براساس نتایج حاصل پارامتر عمق سنجی و کلروفیلa بیشترین همبستگی را با تصاویر سنجنده‌ی TM داشت (به ترتیب R =۰/۶۲ و R =۰/۴۱) و مواد آلی محلول رنگی کمترین همبستگی را با باندهای سنجنده‌ی TM(R =۰/۲۶) نشان داد (لارکین[۱۰]، ۲۰۱۴). همینطور در پژوهشی پارامترهای شوری، کدورت، دمای آب و کلروفیل-a در آبهای ساحلی تنگه هرمز، با استفاده از تصاویر مودیس، مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، ضریب تشخیص برای پارامتر شوری (R2 =۰/۸۹)، دمای آب (R2 =۰/۸۱)، کدورت (R2 =۰/۷۵) و کلروفیلa (R2 =۰/۷۵) به دست آمد (علیمزاده و فاضل‌پور، ۱۳۹۵). همچنین در مطالعه‌ای آلودگی کشند سرخ در آبهای خلیج فارس و دریای عمان به وسیله سنجنده‌های مودیس، مریس و سیویوز[۱۱] مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بین الگوریتم‌های مورد استفاده، الگوریتم OC3M برای سنجنده مودیس آکوا، بهترین نتیجه جهت استفاده در آشکارسازی کشند سرخ را حاصل نمود (حمزه ای و غیبی، ۱۳۹۳). با این وجود متاسفانه در ایران تاکنون تلاشی جهت ارائه یک مدل جامع پایش کیفیت آبهای ساحلی به کمک داده‌های ماهواره‌ای صورت نپذیرفته است. بنابراین در این پژوهش ارائه شاخص دورسنجی کیفیت آب در بندر عسلویه به کمک فناوری سنجش از دور به عنوان هدف اصلی در نظر گرفته شده است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بندر عسـلویه در کرانه شـمالی خلیج‌فارس، در ۱/۶ کیلومتری شـمال غرب خلیج نایبند (سـامی و همکاران، ۱۳۸۹)، ۷۰ کیلومتری جنوب شـرقی بندرکنگان و ۳۷ کیلومتری شـرق بندر سـیراف

۱ Coefficient of Determination (R2)
۲ Mathew
۳ Sea surface temperature (SST)
۴ Terra
۵ Aqua
۶ Hao
۷ Secchi disk depth (SDD)
۸ Coloured dissolved organic matter (CDOM)
۹ Landsat-5 TM
۱۰ Larkin
۱۱ MODIS, MERIS and SeaWiFS

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

(طاهری) که از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول ´۳۶ °۵۲۰ شرقی و ´۲۸ °۲۷ عرض شمالی واقع شده ا ست و فاصله آن تا مرکز استان (بوشهر) ۳۰۰ کیلومتر می‌باشد. همچنین فاصله آن از گاز پارس جنوبی ۱۰۰ کیلومتر ا ست (دل شاب[۱] و همکاران، ۲۰۱۷). آبهای منطقه عسلویه در خلیج‌فارس به دلیل موقعیت ا ستثنائی خود که محل احداث تعداد زیادی پالایشگاه گاز و کارخانه پتروشیمی ا ست، به طور مستقیم و غیر مستقیم در معرض ورود آلاینده های مختلف آلی و معدنی قرار دارد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین این بخش، منطقه مناسبی جهت ارائه شاخص دورسنجی کیفیت آب به کمک فناوری سنجش از دور است. شکل(۱).



شکل(۱). معرفی منطقه مطالعاتی

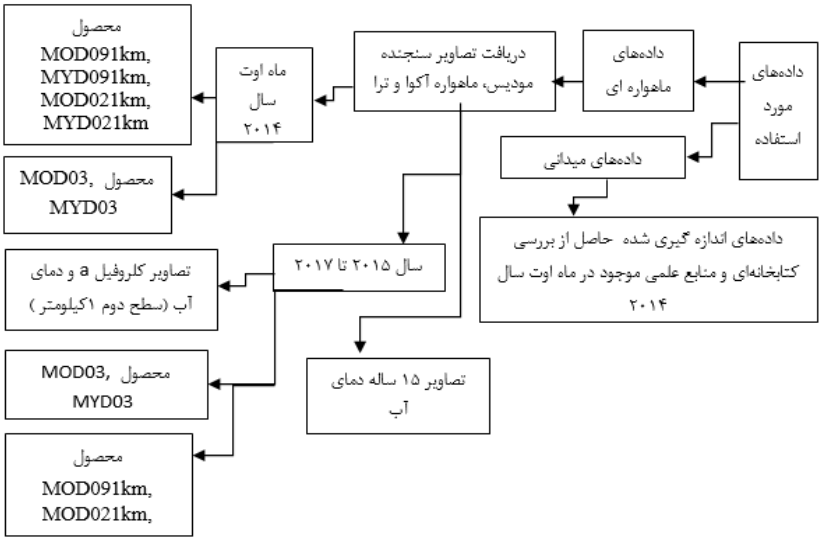
داده و روش کار

شکل(۲) داده‌های مورد استفاده پژوهش را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از بخش‌ها تشریح خواهد شد.

۱ Delshab

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]



شکل(۲). داده‌های مورد استفاده در این پژوهش

دریافت تصاویر سنجنده مودیس، ماهواره آکوا و ترا

پس از بررسی و مقایسه عملکرد سنجنده‌های مختلف توسط مطالعه منابع علمی (حسن تبار و همکاران؛ علمیزاده و فاضل‌پور؛ چنگ و همکاران ؛ متیو و همکاران ؛ هااو و همکاران ؛ کاهرو۱ و همکاران؛ استیسبرگ۲ و همکاران). برای انجام این پژوهش از محصول MOD091km، MOD021km، MYD091km، MYD021km سنجنده مودیس ماهواره آکوا و ترا استفاده شد.

محصول MOD091km، MOD021km،MYD091km، MYD021km

محصول MOD021km، MYD021km به عنوان محصول Level-1B با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر و محصول MOD091km، MYD091km به عنوان محصول Level 2 با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر مربوط به مرداد ماه سال ۱۳۹۳ (اوت ۲۰۱۴)، از طریق آدرس (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov) به منظور به کارگیری در مدلسازی دریافت گردید. همچنین در این تحقیق با هدف تعیین کیفیت آب ناحیه مطالعاتی در یک دوره طولانی‌تر، محصول-های MOD021km و MOD091km در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ (۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) دریافت گردید.

محصول MOD03 و MYD03 به منظور تصحیح هندسی محصول MOD02 و MYD02

داده‌هایLevel-1B نیازمند تصحیح هندسی و رادیومتریک هستند (چنگ و همکاران، ۲۰۱۵)، بنابراین محصول MOD03 و MYD03 ۱کیلومتر از طریق آدرس (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov) جهت رفع

۱ Kahru

۲ Steissberg

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

خطاهای هند سی داده‌های ماهواره‌ای ماه اوت سال ۲۰۱۴ و سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ دریافت گردید (قا سمیان و آخوندزاده، ۱۳۹۶).

دریافت تصاویر کلروفیلa و دمای آب سنجنده مودیس

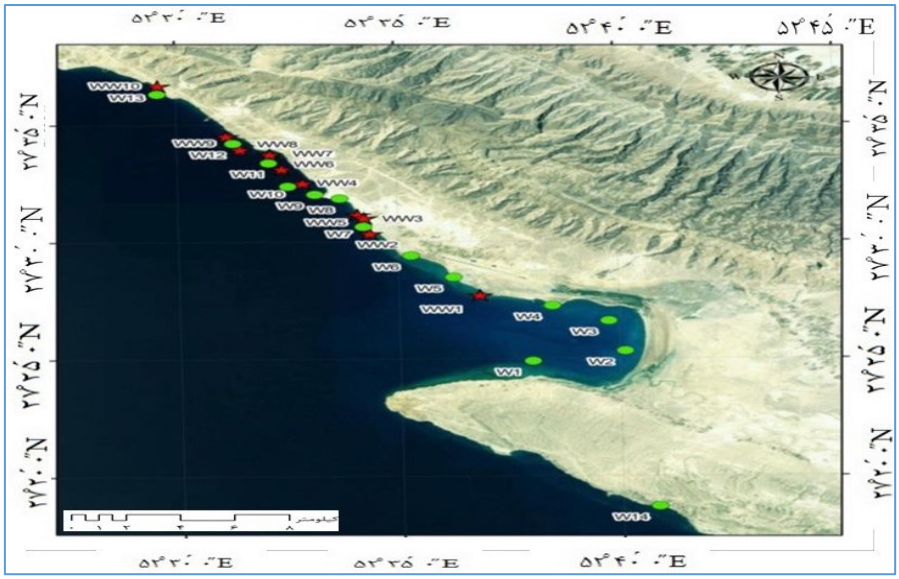
دمای سطح آب دریا به عنوان یک شاخص مهم اقلیمی و میزان غلظت کلروفیلa به عنوان یک شاخص زیستی فیتوپلانکتونی دو پارامتر مهم در مطالعات زیست‌دریایی هستند. از این رو پایش دمای سطح آب دریا و غلظت کلروفیلa جهت ارزیابی مسائل و تهدیدات آن ضروری است (ادب و همکاران، ۱۳۸۹). به منظور انجام این بررسی تصاویر کلروفیل a و دمای آب سنجنده مودیس، ماهواره ترا و آکوا در سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ (۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) از طریق آدرس (https://oceancolor.gsfc.nasa.gov) به عنوان محصول Level 2، ۱کیلومتر دریافت گردید.

دریافت تصاویر ۱۵ سال دمای آب، سنجنده مودیس

به منظور مقایسه میانگین دمای آب استاندارد بندر عسلویه با میانگین دمای آب ۳ سال این منطقه، تصاویر ۱۵ سال دمای آب (۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷) از طریق آدرس (https://oceancolor.gsfc.nasa.gov) به عنوان محصول Level 2، ۱ کیلومتر دریافت گردید.

داده‌های میدانی ماه اوت سال ۲۰۱۴

در این تحقیق به کمک بررسی کتابخانه‌ای و منابع علمی موجود، اطلاعات میدانی آبهای بندرعسلویه به دست آمد. دلشاب و همکاران (۲۰۱۷)، به نمونه‌برداری از آب و اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب مثل فلزات سنگین، برخی از یون‌های محلول، pH در طول بندر عسلویه از ۲۴ ایستگاه در تاریخ مرداد ۱۳۹۳ (اوت ۲۰۱۴) پرداختند. این نمونه‌برداری شامل ۱۴ ایستگاه نمونه‌برداری از آب و ۱۰ ایستگاه نمونه برداری از پساب منطقه بود. شکل(۳).

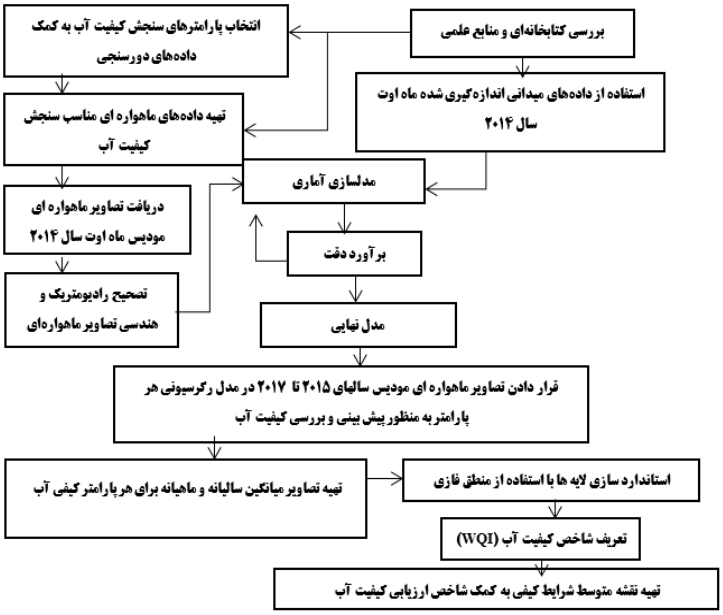


شکل(۳). موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب از بندر عسلویه (دلشاب و همکاران، ۲۰۱۷)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

در این مطالعه به منظور مقایسه اطلاعات میدانی با تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده، از میان ۱۴ ایستگاهی که از آن نمونه برداری آب صورت گرفته، ۵ ایستگاه نمونه‌برداری که قسمت هایی از آن در داخل خشکی افتاده بود حذف گردید و ۹ ایستگاه نمونه‌برداری (w1, w2, w3, w5, w7, w8, w9, w12, w13) که دقت بالاتری داشتند، انتخاب شد. همچنین فرآیند کلی روش تحقیق در شکل(۴) نشان داده شده است. در ادامه به ذکر جزییات این فرآیند پرداخته خواهد شد.



شکل(۴).فرآیند کلی تحقیق

بررسی کتابخانه‌ای و منابع علمی

در این تحقیق ابتدا با توجه به شرایط منطقه و بررسی منابع علمی، پارامترهای سنجش کیفیت آب : فلزات سنگین (کادمیم، مس، سرب، سلنیم)، یون‌های محلول (منیزم، پتاسیم، کلرید)، دمای آب، کلروفیلa و pH انتخاب شدند (قلیزاده[۱] و همکاران، ۲۰۱۶؛ موسیمنگیپ[۲]،۲۰۱۶؛ سوجانیا[۳] و همکاران، ۲۰۱۵).

پیش‌پردازش داده‌های مودیس

به منظور پیش‌پردازش محصول MOD021km از سنجنده مودیس ماهواره ترا و محصول MYD021km از سنجنده مودیس ماهواره آکوا بر روی آنها تصحیحات هندسی و رادیومتریکی صورت گرفت. تصحیح هندسی تصاویر مودیس شامل حذف خطای Bow tie می شود (قاسمیان و آخوندزاده، ۱۳۹۶). جهت تصحیح خطای Bow tie از افزونه‌ی MODIS conversion toolkit (MCTK) که بر روی نرم افزار ENVI نصب می‌شود، استفاده گردید و به کمک داده‌های MOD03 وMYD03 (فخرالدین، ۱۳۹۱)، تصحیح هندسی محصول MOD021km و MYD021km صورت گرفت. همزمان با حذف خطای Bow tie سیستم مختصات تصاویر از سیستم مختصات محلی به جهانی انتقال یافت. همچنین محصول MOD02 و MYD02 به کمک افزونه

۱ Gholizadeh
۲ Mosimanegape
۳ Sowjanya

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

FLAASH تصحیح رادیومتری مطلق شدند (قاسمیان و آخوندزاده، ۱۳۹۶). همینطور محصول MOD091km و MYD091km، به دلیل سطح دوم بودن نیازی به تصحیحات هندسی، رادیومتریکی ندارند (عبداله زاده، ۱۳۹۲). بنابراین به وسیله افزونه‌ی MODIS conversion toolkit (MCTK) سیستم مختصات تصاویر آنها از سیستم مختصات محلی به جهانی انتقال یافت.

تصاویر کلروفیلa و دمای سطح آب سنجنده مودیس

به کمک نرم افزار SeaDAS تصاویر دمای سطح دریا و کلروفیلa مورد بررسی قرار گرفت. این نرم افزار، یک ابزار جامع کاربردی برای پردازش تصاویر، تجزیه و تحلیل و کنترل کیفیت داده‌های رنگ اقیانوس است. همچنین برای بسیاری از داده‌های علوم زمین ماهواره‌ای مبتنی بر تجزیه و تحلیل قابل اجرا است (سواری و همکاران، ۱۳۸۴). در ادامه عمل تبدیل سیستم مختصات[۱] و تبدیل فرمت تصاویر از netCDF4 به GeoTIFF نیز در محیط این نرم‌افزار صورت پذیرفت.

رگرسیون میان داده‌های سنجش از دور و مقادیر پارامترهای کیفی آب (مدلسازی آماری)

در این تحقیق از رویکرد تجربی برای شناخت پارامترهای کیفیت آب از روی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. رویکرد تجربی براساس رگرسیون میان داده های سنجش از دور و مقادیر اندازه‌گیری میدانی است (مومی پور، ۱۳۹۵). بدین منظور با استفاده از ۹ ایستگاه نمونه‌گیری در بندر عسلویه، رگرسیون خطی چندگانه[۲]، توسط نرم افزار آماری SPSS برای جستجوی ارتباط بین باندهای سنجنده مودیس و مقادیر پارامترهای کیفی آب مورد استفاده قرار گرفت. شکل معمول معادله به صورت رابطه (۱) نشان داده می‌شود (زارع چاهوکی و بی‌همتا، ۱۳۹۴).

$$y=a0+a1\ x1+a2\ x2+\cdots+an\ xn+e$$ رابطه (۱).

که در آن، a0 عرض از مبدا و پارامترهای a1، a2، ....، an ضرایب رگرسیونی می‌باشند (زارع چاهوکی و بی‌همتا، ۱۳۹۴). همینطور معیار ریشه میانگین مربعات خطا[۳]، برای بررسی دقت مدلها بر اساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر برآورد شده ارزیابی شد. هر چه این مقدار کمتر و به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل است (آبتین و همکاران، ۱۳۹۵). رابطه(۲):

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(oi-Pi)^2}{n}}$$ رابطه (۲).

Oi: داده مشاهده شده (متغیرواقعی)

pi: داده پیش بینی شده

n: تعداد داده ها

بررسی کیفیت آب بندر عسلویه در سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷

در این تحقیق، توسط نرم افزار ERDAS IMAGINE تصاویر ماهواره‌ای مودیس سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ جهت ورودی مدل‌ها استفاده شد و توانایی هر مدل، برای پیش‌بینی کیفیت آب، بررسی گردید.

۱ Reprojection

۲ Multiple Linear Regression

۳ RMSE

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

تهیه تصاویر میانگین سالیانه و ماهیانه

در ادامه از تصاویر حاصل از مدل‌های رگرسیونی هر پارامتر کیفی آب، به منظور تهیه نقشه متوسط شرایط کیفی و اطلاع از وضعیت کیفی آبهای بندر عسلویه، میانگین سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷، میانگین سه سال و همچنین تصاویر متوسط ماهیانه توسط مدول Model Maker در نرم افزار ERDAS IMAGINE به دست آمد.

استانداردسازی لایه‌ها با استفاده از منطق فازی

جهت نشان‌دادن تغییرات پارامترهای تعیین کننده کیفیت آب ساحلی در کلاس‌بندی‌های مربوط به وضعیت آب، تصاویر میانگین توسط نرم افزار TerrSet به صورت فازی تهیه شدند. در این مطالعه برای تبدیل ارزش‌های هر کلاس به امتیاز، از روش استاندارد سازی حداکثری برای کلاس با مطلوبیت پایین استفاده شد. بدین‌معنی که کلاس‌های با ارزش پایین تر، امتیاز مطلوبیت بالاتری می‌گیرند. جهت استاندارد کردن لایه ها در این روش از رابطه (۳) استفاده می‌گردد، که Xi لایه مورد مطالعه، Xmin حداقل ارزش موجود در لایه و Xmax حداکثر ارزش موجود در لایه است (ضیائیان[۱] و همکاران، ۲۰۱۱).

رابطه (۳).
$$\frac{x_{\max} - x_i}{x_{max} - x_{min}}$$

همچنین مقادیر جدول استاندارد کیفیت آبهای ساحلی طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا[۲] برای استانداردسازی تصاویر میانگین مورد استفاده قرار گرفت. جدول(۱).

جدول (۱). استاندارد کیفیت آبهای ساحلی (آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۶)

پارامتر	استاندارد کیفیت آبهای شور Saltwater (Criterion Continuous Concentration)
کادمیم (Cd)	۷/۹ (µg/L)
سرب (Pb)	۸/۱ (µg/L)
مس (Cu)	۳/۱ (µg/L)
سلنیم (Se)	۷۱ (µg/L)
pH	۶/۸-۵/۵
دمای سطح آب	فعالیت های انسانی نباید تغییرات در دمای سطح آب را در هر زمان، مکان یا عمق بیش از یک درجه سانتیگراد ایجاد کند
کلروفیلa	مناسب<۵ (mg/m3)
منیزیم (+Mg2)	۱۳۱۰ (mg/L)
کلرید (-Cl)	۱۹۷۰۰ (mg/L)
پتاسیم (+K)	۳۹۰ (mg/L)

ارائه شاخص دورسنجی بررسی کیفیت آب

امروزه جهت پایش و کنترل کیفی آبهای سطحی، از شاخص‌های کیفی آب[۳] استفاده می‌شود. شاخص‌های کیفی با ساده‌سازی اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان

۱ Ziaeian
۲ USEPA
۳ Water Quality Index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

می‌دهند (لمپتی۱ و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از شاخص‌های پرکاربرد در دنیا، شاخص کیفیت آب کانادا۲ است. این شاخص به منظور بالا بردن دقت ارزیابی، نیاز به پارامترها و طول دوره آماری زیادی دارد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین در این مطالعه به دلیل استفاده نکردن از ۳۸ پارامتر موجود در این شاخص با توجه به ایجاد هزینه بالا و کمبود منابع مالی و همچنین کوتاه بودن طول دوره آماری بررسی شده، شاخص دورسنجی بررسی کیفیت آب به کمک سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای و با توجه به شرایط منطقه و برمبنای میانگینی از شاخص‌های موجود در منابع علمی تعریف شد. همچنین از وزن اختصاص یافته به هر پارامتر که بر اساس نظرات کارشناسان در مطالعات قبلی برآورد شده است، استفاده شد. بنابراین ۱۰ پارامتر کیفی فلزات سنگین (کادمیم، مس، سرب، سلنیم) : به دلیل ایجاد خاصیت مسموم کنندگی، تجمع در بافتها و خطر مرگ در جانداران، یون‌های محلول (منیزم، پتاسیم، کلرید): به ترتیب به دلیل ایجاد سختی آب، اثر بر تکثیر ماهیان و افزایش شوری، دمای سطح آب : به دلیل کاهش اکسیژن محلول در آب، تاثیر در شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها و خطر مرگ جانداران دریایی، کلروفیلa : به دلیل کاهش اکسیژن محلول در آب، خفگی ماهیان و pH : به دلیل آسیب شدید به جانداران دریایی و کاهش گونه‌ها، برای ایجاد شاخص کیفیت آب انتخاب گردیده است (شیدایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ طاهری و همکاران، ۱۳۸۷؛ فرازمند و همکاران، ۱۳۸۴؛ قادیکلایی و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین مقادیر مورد نیاز برای محاسبه شاخص براساس روابط (۴)، (۵)، (۶)، (۷) برآورد گردید (بالان[۳] و همکاران، ۲۰۱۲؛ لمپتی و همکاران، ۲۰۱۳).

$$RW= \frac{AW_i}{\sum_{i=1}^{n}(AW_i)}$$ رابطه (۴).

RW: وزن هر پارامتر، AWi: امتیاز هر پارامتر، $\sum_{i=1}^{n}(AW_i)$: مجموع امتیازها

$$Qi:100(vi)/(Si\ )$$ رابطه (۵).

vi: میانگین مقدار اندازه گیری شده، Si : میانگین مقدار استاندارد

$$SIi= RW \times Qi$$ رابطه (۶).

$$WQI= \sum_{i=1}^{n} SI_i$$ رابطه (۷).

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شده براساس کیفیت آب به کمک شاخص دورسنجی کیفیت آب

داده های حاصل از این مطالعه با توجه به شاخص تعریف شده پهنه‌بندی و نقشه نهایی آن تهیه گردید. این تصاویر پهنه‌بندی شده دارای اطلاعات پیش‌بینی شده در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ از وضعیت کیفی آب بندر عسلویه می‌باشند.

نتایج

نتایج رگرسیون میان داده‌های سنجش از دور و مقادیر پارامترهای کیفی آب

نتایج نشان داد مدلها از دقت بالایی برخوردارند و به جز مدل رگرسیونی pH که با داده‌های محصول MOD021km ایجاد گردید، تمامی مدل‌های رگرسیونی پارامترهای کیفی سرب، مس، کادمیم، سلنیم، کلرید، منیزیم، پتاسیم با داده‌های محصول MOD091km دقت بالاتری نشان داد. جدول (۲). در ادامه میان مقادیر

۱ Lamptey
۲ CWQI
۳ Balan

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

اندازه‌گیری شده پارامترهای آرسنیک، نیکل، روی، مواد جامد محلول، کلسیم، سدیم، سولفات، بی‌کربنات و مقادیر بازتابش تصاویر سنجنده مودیس مدل‌های رگرسیونی به لحاظ آماری معنی دار نبود، بنابراین از استفاده‌ی آنها در مدل‌های نهایی صرف نظر شد.

جدول (۲). نتایج حاصل از مدل‌های رگرسیونی میان داده های سنجش از دور و مقادیر پارامترهای کیفی آب

مدل	پارامتر	ضریب تشخیص (R2)	ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)
Cu= ۱۹۷/۵۸۳×B۶ – ۲۴۵/۱۹۵×B۲ ۱+۱۲/۶۷۲	مس	۰/۹۴	۰/۰۸۷۳
Pb= ۱۳۸/۱۹۳× B۳ – ۶۱/۸۸۷×B۲ ۲+۴/۹۹۹	سرب	۰/۹۱	۰/۰۸۶۲
Cd= ۲/۰۴۴×B۲ – ۶/۷۴۳×B۵ ۳+۲/۷۷۶	کادمیم	۰/۷۵	۰/۱۰۹۹
Se = ۴۳۳/۷۷۸× B۷ – ۳۵۱/۳۵۳× B۲ ۴+۲۲/۰۳۰	سلنیم	۰/۸۲	۰/۰۸۸۷
Mg2+ = -۱۶۰۲۹/۱۵۲×B۸۵ +۳۶۳۵/۳۹۷	منیزیم	۰/۵۹	۰/۰۷۸۵
Cl- = -۸۳۵۹۶.۹۴۲×B ۸ ۶+۳۳۲۶۱.۰۱۱	کلرید	۰/۸۲	۰/۰۷۶۸
K+ = ۲۱۷۰/۴۹۰×B۹۷+۶۳/۲۰۶	پتاسیم	۰/۶۵	۰/۰۸۷۷
pH= ۴/۷۷۰×B۱۸ +۵/۷۸۵×B۷۸+۵/۷۱۳	pH	۰/۹۱	۰/۰۸۸۲

۱- باند ۶ و۲ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۲- باند ۳ و۲ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۳- باند ۵ و۲ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۴- باند ۷ و۲ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۵- باند ۸ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۶- باند ۸ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۷- باند ۹ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD091km)
۸- باند ۷ و۱۸ سنجنده مودیس، ماهواره ترا محصول (MOD021km)

تعریف شاخص دورسنجی کیفیت آب

در ایجاد شاخص دورسنجی کیفیت آب پیشنهادی پارامترهای انتخابی با بهره‌گیری از مقالات مختلف وزن‌دهی گردید. (جدول(۳).

جدول(۳).پارامترهای کیفیت آب و وزن هریک بر اساس منابع موجود

پارامترهای کیفی آب	امتیاز هر پارامتر	وزن هر پارامتر
کادمیم (Cd)	۵	۰/۱۷۸۵۷
سرب (Pb)	۵	۰/۱۷۸۵۷
مس (Cu)	۴	۰/۱۴۲۸۵
سلنیم (Se)	۴	۰/۱۴۲۸۵
کلروفیل a	۳	۰/۱۰۷۱۴
دمای سطح آب	۲	۰/۰۷۱۴۲
pH	۲	۰/۰۷۱۴۲
منیزیم (Mg2+)	۱	۰/۰۳۵۷۱
کلرید (Cl-)	۱	۰/۰۳۵۷۱
پتاسیم (K+)	۱	۰/۰۳۵۷۱

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

(اصل هاشمی و حیدری، ۱۳۸۵؛ خلجی و همکاران، ۱۳۹۵؛ شاکری،۱۳۹۴؛ عباسپور و همکاران،۱۳۹۴؛ موتایری۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ نارایانان۲،۲۰۱۵؛ سوجانیاو همکاران، ۲۰۱۵؛تاکر۳ و همکاران، ۲۰۱۱)

با افزایش میزان آلودگی آب، شاخص کیفیت آب کاهش می‌یابد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی و گزارش شرایط آلودگی، پنج رنگ به شرح جدول (۴) در نظر گرفته شده است.

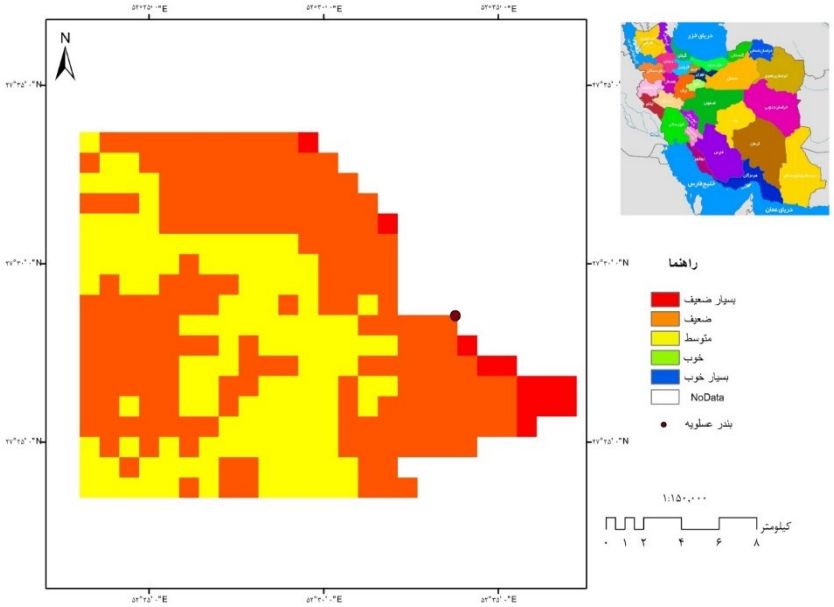
جدول(۴). شاخص کیفی تعریف شده براساس منابع موجود

مقدار شاخص کیفی تعریف شده براساس منطق فازی	کیفیت	رنگ
۰/۱-۹	بسیارخوب	آبی
۰/۰-۷/۹	خوب	سبز
۰/۰-۵/۷	متوسط	زرد
۰/۰-۴/۵	ضعیف	نارنجی
۰-۰/۴	بسیار ضعیف	قرمز

(صادقی و همکاران، ۱۳۸۷؛ موتایری و همکاران، ۲۰۱۴؛ سوجانیاو همکاران، ۲۰۱۵؛ اوسالی و اسماعیل، ۲۰۱۰)

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شده بندر عسلویه براساس شاخص دورسنجی کیفیت آب

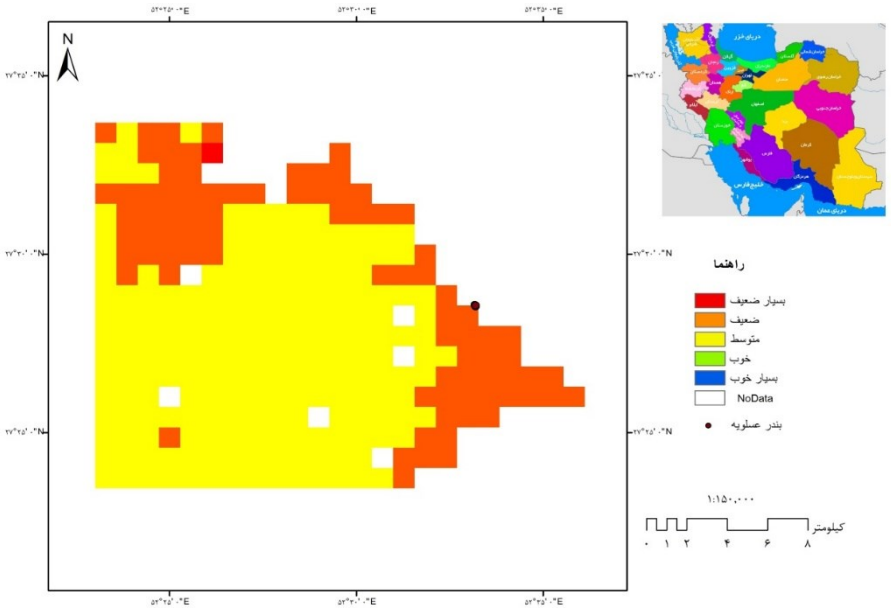
نقشه‌های پهنه‌بندی شده بندر عسلویه براساس شاخص دورسنجی کیفیت آب به کمک داده‌های سنجش از دور، در شکل(۵) تا(۸) نشان داده شده است.



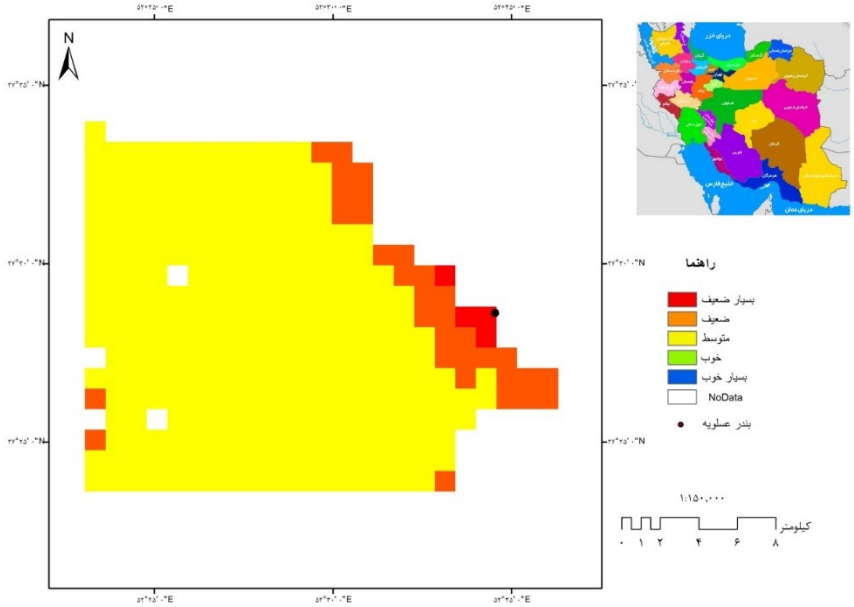
شکل (۵) .نقشه پهنه بندی کیفی آب های ساحلی بندرعسلویه براساس شاخص RSWQI در سال ۲۰۱۵

۱ Mutairi
۲ Narayanan
۳ Thakor

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]



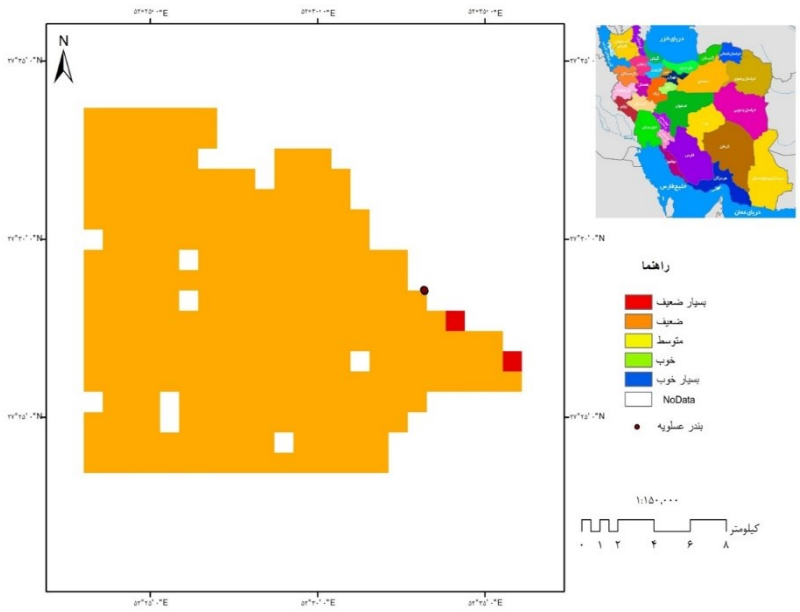
شکل (۶).نقشه پهنه بندی کیفی آب های ساحلی بندرعسلویه براساس شاخص RSWQI در سال ۲۰۱۶



شکل (۷).نقشه پهنه‌بندی کیفی آب‌های ساحلی بندرعسلویه براساس شاخص RSWQI در سال ۲۰۱۷

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]



شکل (۸).نقشه پهنه‌بندی کیفی آب‌های ساحلی بندرعسلویه براساس شاخص RSWQI (متوسط سه سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷)

رنگ قرمز در تصاویر بیانگر وضعیت بسیار ضعیف، رنگ نارنجی بیانگر وضعیت ضعیف و رنگ زرد بیانگر وضعیت متوسط کیفیت آب است. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان اعلام کرد که کیفیت آب در بندرعسلویه دارای وضعیت ضعیف و بسیار ضعیف در طی سه سال بررسی شده است.

نتیجه‌گیری

برخورداری از سواحل طولانی خلیج فارس از مواهب کشور ایران است که اقدامات حفاظتی در این راستا، مدیریت و برنامه‌ریزی کوتاه و بلندمدت در زمینه‌های مختلف زیست‌محیطی و منابع دریایی را می‌طلبد. لذا نیاز مبرم به اطلاعات جامع و گسترده در تمامی سطوح، به خصوص مطالعات زیست محیطی، ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از تکنولوژی سنجش از دور به عنوان ابزاری مفید برای مطالعه و استخراج اطلاعات در سطح وسیع و در زمان واحد، پوشش‌های تکراری از مناطق مورد نظر و بررسی روند تغییرات، دقت بالا، هزینه کم و نسبت به روشهای میدانی بی خطر، از برتری ویژه ای برخوردار است (سواری و همکاران، ۱۳۸۴). بنا به موارد ذکر شده در این تحقیق برای اولین بار در کشور به ارائه شاخص دورسنجی کیفیت آب در بندر عسلویه به کمک فناوری سنجش از دور پرداخته شده است. براساس نتایج حاصل از مطالعه منابع علمی، سنجنده مودیس، اطلاعات مفیدی جهت بررسی کیفیت آب در اختیار ما قرار می‌دهد از این رو استفاده از این سنجنده در راستای انجام تحقیق حاضر نسبت به سایر سنجنده‌ها کارآمد تلقی می‌گردد (سواری و همکاران، ۱۳۹۴؛ حمزه ئی و غیبی، ۱۳۹۳؛ حسن تبار و همکاران،۱۳۹۶؛ علمیزاده و فاضلپور، ۱۳۹۵؛ چنگ و همکاران ،۲۰۱۵؛ متیو و همکاران ،۲۰۱۷؛ هااو و همکاران، ۲۰۱۷؛ کاگیسو، ۲۰۱۶؛ کاهرو و همکاران ،۲۰۱۴؛ استیسبرگ و همکاران ،۲۰۱۰). طبق نتایج به دست آمده می‌توان از سنجنده مودیس برای تخمین مقادیر فلزات سنگین استفاده کرد و ارتباط بالایی میان بازتابش باندهای این سنجنده و میزان فلزات سنگین وجود دارد که این نتیجه با مطالعه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

چنگ و همکاران (۲۰۱۵)، مطابقت دارد. همینطور پیش بینی مقادیر فلزات سنگین تو سط این سنجنده کمتر مورد توجه قرار گرفته است که در این تحقیق به بررسی فلزسنگین کادمیم، سرب، مس و سلنیم پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد میزان فلزات سنگین در حاشیه بنادر بیشتر است و هرچه فاصله از حاشیه بنادر بیشتر با شد، آلودگی فلزات سنگین کمتر خواهد بود که این نتیجه با مطالعه چنگ و همکاران (۲۰۱۵)، خان[۱] و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. همچنین در این تحقیق پهنه‌بندی آبهای ساحلی براساس شاخص کیفیت آب به کمک داده های سنجش از دور انجام شده ا ست در حالی که در اکثر مطالعات بدون ا ستفاده از تصاویر ماهواره‌ای و با اندازه‌گیری آلاینده‌ها، آنالیز آزمایشگاهی و پرداخت هزینه‌ی بالا پهنه‌بندی کیفی آبها صورت گرفته است (نصیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ خلجی و همکاران، ۱۳۹۵؛ شاه[۲] و همکاران، ۲۰۱۷؛ یوگندرا[۳] و همکاران، ۲۰۰۸). در این مطالعه می‌توان اعلام کرد که ا ستفاده از سنجش از دور در تعیین کیفیت آب دقت لازم را دا شت (ضریب ت شخیص بین ۰/۵۹ تا ۰/۹۴و ری شه میانگین مربعات خطا بین ۰/۰۷ تا ۰/۱). بدین معنی که می‌توان از این تصاویر برای تعیین مقادیر پارامترهای کیفی آب و به منظور پیش بینی کیفیت آب استفاده نمود. همچنین مشخص شد که مدل‌های رگرسیونی از کارایی مناسبی در این مطالعات برخوردارند. بر اساس نتایج حاصل پارامترهای مس و سرب دارای بیشترین مقادیر ضریب تعیین (به ترتیب ۰/۹۴و ۰/۹۱) و کمترین ریشه میانگین مربعات خطا (به ترتیب ۰/۰۸۷و ۰/۰۸۶) نسبت به سایر پارامترهای کیفی بررسی شده می‌با شند. یعنی ۹۴٪ و ۹۱٪ از تغییرات متغیر وابسته (پارامترهای مس و سرب) به و سیله متغیرهای مستقل (باند های سنجنده مودیس) تبیین می شود. نتایج مقایسه بین نق شه‌های پهنه‌بندی شده آبهای بندرع سلویه برا ساس کیفیت آب ن شان داد؛ کیفیت آب در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ دارای و ضعیت ضعیف و در سال ۲۰۱۷ دارای و ضعیت ب سیار ضعیف می‌با شد که این تغییرات به دلیل گ سترش فعالیت‌های صنعتی مختلف در این منطقه (به طور مثال بهره برداری رسمی از فازهای ۲۰ و ۲۱ عسلویه در فروردین ۱۳۹۶ (آوریل ۲۰۱۷) رخ داده است (شبکه اطلاع رسانی نفت و انرژی شانا ، ۱۳۹۶).

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌های محیط‌های دریایی می‌با شند که به علت پایداری در اکو سیستم به راحتی تو سط فرآیندهای زی ستی قابل تجزیه نبوده و به مرور زمان به صورت ترکیبات مختلف تجمع پیدا می‌کنند و منجر به ایجاد آلودگی‌های حاد و مزمن جمعیت های زیستی، اعم از گیاهی، جانوری و انسانی می‌شوند (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲). علت وجود این آلودگی در منطقه می‌تواند گسترش صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی باشد. عملیات متداول اکتشاف، حفاری، بهره برداری و انتقال، از مهمترین عوامل آلاینده محیط زیست به ویژه اکو سیستم‌های آبی ا ست (فخرالدین، ۱۳۹۱). تخلیه پسابهای صنعتی، به ویژه پسابهای صنایع نفت، گاز و پترو شیمی و پساب صنایع آب شیرین‌کن و همینطور تخلیه آب توازن کشتی‌ها به اکو سیستم‌های آبی می‌تواند از جمله علل آلودگی آب منطقه عسلویه به فلزات سنگین باشد (تقوی و همکاران، ۱۳۹۵؛ فخرالدین، ۱۳۹۱). یکی دیگر از اثرات نامطلوب زیست محیطی، افزایش دمای سطح آبهای سواحل صنعتی عسلویه ا ست که می‌تواند متاثر از عواملی همچون تخلیه پسابهای حرارتی تا سیسات عظیم صنعتی، واحدهای

۱ Khan
۲ Shah
۳ Yogendra

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

پتروشیمی و همچنین پساب صنایع آب شیرین‌کن باشد (تقوی و همکاران، ۱۳۹۵؛ اردکانی و همکاران، ۱۳۹۳). همینطور تغییرات آب و هوایی (گرم شدن کره ی زمین) باعث کاهش بارش‌های جوی، افزایش میزان تبخیر و افزایش دمای سطح آب می‌گردد (تقدیسیان و میناپور، ۱۳۸۲). همچنین استفاده از سیستمهای آب‌شیرین‌کن در منطقه عسلویه سبب اعمال فشار بر اکوسیستم دریایی شده است که از جمله آن افزایش نمک‌های محلول دریا می‌توان اشاره نمود (تقوی و همکاران، ۱۳۹۵). همینطور در دهه‌های اخیر، از زمان شروع صنعتی شدن جهان، به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای مثل گاز کربن دی اکسید پدیده تغییرات آب و هوایی رخ داده است (تقدیسیان و میناپور، ۱۳۸۲). در اثر حل شدن گاز کربن دی اکسید تولید شده ناشی از فعالیت‌های صنعتی در آب دریاها، pH آب کاهش پیداکرده و منجر به اسیدی شدن دریاها شده است (راون[۱] و همکاران، ۲۰۰۵). در منطقه عسلویه سالانه بیش از ۲۰ میلیون تن گاز کربن دی اکسید از منابع احتراقی ثابت فازهای گازی و شرکتهای پتروشیمی به محیط وارد می شود (ایرانمنش و نیایی، ۱۳۹۴). بنابراین اسیدی شدن آبهای ساحلی بندر عسلویه می‌تواند ناشی از فعالیت‌های صنعتی این منطقه باشد.

منابع

آبتین، افروز؛ پیری صحراگرد، حسین؛ پهلوانروی، احمد؛ پیری، جمشید. (۱۳۹۵). **مقایسه دقت روش‌های رگرسیونی و هوش‌مصنوعی در برآورد سرعت روزانه باد در منطقه سیستان**، مجله مدیریت بیابان، **۴(۸)**: ۹۵-۸۴.

ادب، حامد؛ عتباتی، آزاده؛ امیراحمدی، ابوالقاسم؛ اسماعیلی، رضا.(۱۳۸۹). **پایش زمانی دمای سطح دریا و کلروفیل a با استفاده از تحلیل تصاویر دورسنجی در دریای خزر**، مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا، **۲(۸)**: ۱۲-۳.

اردکانی، علی سرکارگر؛ شریف جعفری، محمدحسین؛ تقیه، محمد؛ خجسته‌پور، بهاره.(۱۳۹۳). **استفاده از تصاویر ماهواره لندست در تهیه نقشه SST خلیج فارس در منطقه صنعتی بندر عسلویه**، نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ۵ الی ۶ اسفند ماه.

اصل هاشمی، احمد ؛ حیدری، آرام. (۱۳۸۵). **اندکس کیفیت منابع آب (WQI)**، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۳۰ بهمن الی تا ۱ اسفندماه.

ایرانمنش، سیدحسین؛ شخصی نیایی، مجید.(۱۳۹۴). **ارایه مدل انتخاب پروژه های کاهش انتشار کربن در سطح کلان**، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، **۱۲(۴۷)** : ۶۶-۲۷.

بهزادی کریمی، حیسن؛ امیدوار؛ کمال.(۱۳۹۶). **تحلیل فضایی پارامترهای شیمیایی مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی و مدلهای زمین آماری (مطالعهٔ موردی: دشت بیضاء-زرقان)**، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، **۸(۴)**: ۱۷-۳۵.

تقدیسیان، حسین؛ میناپور، سعید.(۱۳۸۲). **تغییر آب و هوا، آنچه باد بدانیم**. چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۴۰ صفحه.

۱ Raven

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

تقوی، لعبت؛ محبیان، ماندانا؛ سعادتیان، سمیه. (۱۳۹۵). **بررسی اثرات ناشی از آب شیرین کن های صنعتی بر اکوسیستم آبی خلیج فارس**، فصلنامه پایداری، توسعه و محیط زیست، **۳(۳)** : ۱۳-۱.

حسن تبار، حسین؛ راه بانی، مریم؛ شیخ الا سلامی، روح اله.(۱۳۹۶). **بررسی توزیع دمای سطح آب درمنطقه خزرجنوبی با استفاده ازداده های ماهواره ای MODIS**، فصلنامه علوم و فناوری دریا،**۸۱(۸۱)** : ۴۸-۵۶.

حمزه ئی، صمد؛ غیبی، ابوالحسن.(۱۳۹۳). **بررسی روشهای تعیین کیفیت آب دریا با استفاده از سنجنده های ماهواره ای(مطالعه موردی آلودگی کشند سرخ در آبهای خلیج فارس و دریای عمان)**، اولین همایش منطقهای دریا، توسعه و منابع آب مناطق ساحلی خلیجفارس، بندرعباس، جهاددانشگاهی هرمزگان، ۲۰ الی ۲۱ اسفند ماه.

خلجی، مهتاب؛ ابراهیمی درچه، عیسی؛ هاشمی نژاد، هستی. (۱۳۹۵). **ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص کیفی آب در سال ۱۳۹۲**، مجله علوم آب و خاک، **۲۱(۱)**: ۶۳-۵۱.

دهقانی، منصوره؛ نبی پور، ایرج؛ دوبرادران، سینا؛ گودرزی، حافظ. (۱۳۹۳). **بررسی میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم و سرب در رسوبات سطحی در خلیج نایبند عسلویه، ایران**، مجله تحقیقات سلامت، **۳(۱)**: ۳۰-۲۲.

دوبرادران، سینا؛ محمدزاده، فردیس.(۱۳۹۳). **بررسی تاثیر آلاینده‌های صنایع نفت و گاز بر انسان و محیط زیست**، ماهنامه طب جنوب، **۱۷(۱)**:۹۸-۸۵.

رحیمی بلوچی، لیلا؛ زرع کار، آزاده؛ ملک محمدی، بهرام.(۱۳۹۳). **بررسی تغییرات زیست محیطی با استفاده از سنجش از دور و شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی: تالاب بین المللی شادگان)**، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، **۵(۲)**: ۷۳-۶۱.

زارع چاهوکی، محمدعلی؛ بی همتا، محمدرضا. (۱۳۹۴). **اصول آمار در علوم منابع طبیعی**. چاپ چهارم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران،۳۰۲ صفحه.

سامی، سعیده؛ سلطانپور، محسن؛ لک، راضیه.(۱۳۸۹). **رسوب شناسی سواحل غرب خلیج نایبند و رسوبگذاری رسوبات کربناته در بندر صیادی عسلویه**، نشریه مهندسی دریا، **۶(۱۱)**: ۴۵-۵۷.

سواری، احمد؛ رنگزن، کاظم؛ خالدی، هدی؛ چینی پرداز، رحیم. (۱۳۸۴). **کاربرد تکنیکهای سنجش از دور (R.S) و (GIS) در تخمین تولید اولیه (فیتوپلانکتونهای) سواحل جزیره قشم و تنگه هرمز**، ششمین همایش علوم و فنون دریایی، تهران، مرکز علوم جوی و اقیانوسی،۱ الی ۲ دی ماه.

شاکری، عطا.(۱۳۹۴). **تعیین منشأ و آلودگی عناصر بالقوه سمناک در خاک های آلوده مناطق نفتی، استان بوشهر، ایران**، نشریه زمین شناسی مهندسی، **۹(۱)**: ۲۶۹۴-۲۶۷۵.

شیدایی، لاله؛ زمینی، عباسعلی؛ وهاب زاده، حبیب؛ برادران نویری، شهروز. (۱۳۹۱). **بررسی تأثیرات یون‌ها در کیفیت اسپرماتوزوآی تاس ماهی ایرانی تحت شوری‌های مختلف**. نشریه توسعه آبزی پروری، **۶(۲)** : ۴۶-۳۷.

صادقی لاری، عدنان؛ معاضد، هادی؛ بستانیان، غلامرضا. (۱۳۸۷). **مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه زهره با استفاده ازشاخص‌های کیفیت آب CWQI و WQI**، دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز، دانشگاه چمران، ۱ بهمن ماه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

طاهری، حمیده؛ صداقی، معصومه؛ کراچیان، رضا.(۱۳۸۷). **راهکارهایی برای کاهش اثرات زیست محیطی طرحهای توسعه بنادر و سازه های ساحلی**، هشتمین همایش بین المللی مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، سازمان بنادر و کشتی رانی، ۴ الی ۶ آذر ماه.

عباسپور، مجید؛ جاوید، امیرحسین؛ حسنی، امیرحسام؛ کوهبر، سحر. (۱۳۹۴). **تدوین شاخص کیفی آب شرب**، فصلنامه پایداری، توسعه و محیط زیست، **۲(۳)**: ۱-۱۰.

عبداله زاده، محمود.(۱۳۹۲). **سنجش از دور و کاربرد آن در برنامه ریزی توسعه کشاورزی و ارزیابی پروژه تهیه نقشه پوشش اراضی با تصاویرMODIS**، تهران: موسسه پژوهش های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.

عظیمی، علی؛ سهراب، علی دادالهی؛ صفاهیه، علیرضا؛ ذوالقرنین، حسین؛ سواری، احمد؛ فقیری، ایرج. (۱۳۹۲). **مطالعه سطوح فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و مس در رسوبات شمال غرب خلیج فارس- بندر امام خمینی(ره)**. نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس شناسی، **۳(۱۱)**: ۴۱-۳۳.

علیمزاده، هیوا؛ فاضلپور، خسرو.(۱۳۹۵). **برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی در تنگه هرمز با استفاده از تصاویر ماهوارهای مودیس**، نشریه علمی پژوهشی اقیانوس شناسی، **۷(۲۷)**: ۳۹-۲۹.

فازهای ۲۰ و ۲۱ پارس جنوبی به بهره‌برداری رسمی رسید. (۱۳۹۶، فروردین). برگرفته از شبکه اطلاع رسانی نفت و انرژی شانا :https://www.shana.ir

فخرالدین، غلامرضا. (۱۳۹۱). **پایش آلاینده های ناشی ازتخلیه پسابهای خروجی صنایع مستقر در منطقه عسلویه (مجتمع های گازی وپتروشیمی) در آب و رسوبات ساحلی و اثرات آنها روی موجودات پلانکتونی در منطقه عسلویه استان بوشهر**، دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، سازمان بنادر و دریانوردی، ۲۹ آبان الی ۱ آذرماه.

فرازمند، عباس؛ ارومیه، حمیدرضا؛ تشیعی، حمیدرضا.(۱۳۸۴). **بررسی آلودگی ناشی از پساب های حاوی فلزات سنگین واحدها و کارگاه‌های آبکاری استان اصفهان**، نشریه آب و فاضلاب، **۱۶(۳)**: ۷۶-۶۹.

فرزین، محسن؛ نظری سامانی، علی اکبر؛ منبری، سعیده؛ فیض‌نیا، سادات؛ کاظمی، غلام عباس.(۱۳۹۶). **شناسایی محدوده احتمالی حضور چشمه‌های زیردریایی خلیج فارس در سواحل استان بوشهر با استفاده از داده‌های حرارتی لندست ۸**، فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، **۸(۴)**: ۱۰۸-۹۱.

قادیکلایی، کیومرث؛ فروغی‌فرد، حجت ا.. ؛ عبدالعلیان، عیسی؛ معزی، مریم؛ زاهدی، محمدرضا.(۱۳۹۶). **معرفی قلیائیت و سختی به عنوان شاخص‌های موثر بر کیفیت آب**، مجله آبزیان زینتی، **۴(۳)**: ۳۳-۲۹.

قاسمیان، نفیسه؛ آخوند زاده هنزائی، مهدی.(۱۳۹۶). **بررسی عملکرد روش های یادگیری جمعی با توجه به روش انتخاب ویژگی، به منظور ادغام طبقه بندی کننده های انعکاسی و حرارتی با هدف شناسایی ابر، ابر سیروس و برف/یخ در تصاویر مادیس**، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، **۷(۱)**: ۱۵۵-۱۳۷.

مومی پور، مهدی.(۱۳۹۵). **مطالعه کیفیت آب های ساحلی با تصاویر ماهواره ای فراطیفی Hyperion مطالعه موردی ساحل اروندکنار**، مجله علوم و فنون دریایی، **۱۵(۱)**: ۱۲۰-۱۱۱.

نصیراحمدی، کامران؛ یوسفی، ذبیح اله؛ ترسلی، احمد.(۱۳۹۱). **پهنه بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI**، مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، **۲۲(۹۲)**: ۶۴-۷۱.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

هدائی، علی اصغر؛ ساعد موچشی، رامین؛ نگهبان، سعید.(۱۳۹۱). **بررسی و شناخت آلودگیهای محیط زیست ساحلی در شهر چابهار و ارائه راهکارهائی در جهت مدیریت پایدار ساحلی**، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، چابهار، نیروی دریایی ارتش جمهوری اسلامی ایران، ۲۸ الی ۳۰ بهمن ماه.

وهاب زاده، عبدالحسین. (۱۳۷۲). **مبانی محیط زیست**، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد،۴۳۹صفحه.

Bierman P, Lewis M, Ostendorf B, Tanner J.2011. **A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal water quality**, Ecological Indicators, **11(1):** 103-114.

Balan IN, Shivakumar M, Kumar PM.2012. **An assessment of groundwater quality using water quality index in Chennai, Tamil Nadu, India**, Chronicles of young scientists, **3(2):** 146-150

Cheng G, Qiu X, Wang Y. 2015.**Quantitative study of Heavy Metals in Taihu Lake based on MODIS images**. InGeoinformatics, 23rd International Conference on 2015 Jun 19 (pp. 1-6). IEEE.

Delshab H, Farshchi P, Mohammadi M, Moattar F.2017. **Preliminary assessment of heavy metal contamination in water and wastewater from Asaluyeh Port (Persian Gulf)**, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science, **41(2)**: 363-373.

EPA's National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table (2016): https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table.

Gholizadeh MH, Melesse AM, Reddi L.2016. **A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques**, Sensors, *16*(8):1298.

Hao Y, Cui T, Singh VP, Zhang J, Yu R, Zhang Z.2017. **Validation of MODIS Sea Surface Temperature Product in the Coastal Waters of the Yellow Sea**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, ***10*(5):** 1667-1680.

Islam MS, Tanaka M. 2004.**Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis**, Marine pollution bulletin, ***48*(7-8):** 624-649.

Kahru M, Kudela RM, Anderson CR, Manzano-Sarabia M, Mitchell BG.2014. **Evaluation of satellite retrievals of ocean chlorophyll-a in the California Current**,Remote Sensing, **6(9):** 8524-8540.

Khan MZ, Hasan MR, Khan M, Aktar S, Fatema K.2017. **Distribution of heavy metals in surface sediments of the bay of Bengal coast**, Journal of toxicology,**2017(2017).**

Lamptey AM, Ofori-Danson PK, Abbenney-Mickson S, Breuning-Madsen H, Abekoe MK.2013. **The influence of land-use on water quality in a tropical coastal area: case study of the Keta lagoon complex, Ghana, West Africa**, Open Journal of Modern Hydrology**, 3(04):** 188-195.

Larkin J.2014. **Detecting long-term trends in water quality parameters using remote sensing techniques**, university of illinois at urbana-champaign for the degree of Master of Science in Natural Resources and Environmental Sciences.

Mathew MM, Rao NS, Mandla VR.2017. **Development of regression equation to study the Total Nitrogen, Total Phosphorus and Suspended Sediment using remote sensing data in Gujarat and Maharashtra coast of India**, Journal of Coastal Conservation, **21(6)**: 917-927.

Mosimanegape K.2016**. Integration of physicochemical assessment of water quality with remote sensing techniques for the Dikgathong Damin Botswana**, M.Sc. THESIS IN IWRM.

Mutairi N, Abahussain A, El-Battay A. 2014. **Application of water quality index to assess the environmental quality of Kuwait Bay,** International Conference on Advances in Agriculture, Biological & Environmental Sciences *(AABES-2014)* (pp. 15-16).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]

Narayanan RM.2015. **Development of Integrated Marine Water Quality Index – A GIS Approach,**International Journal of coastal and ocean research, **1:** 27-33.
Raven J, Caldeira K, Elderfield H, Hoegh-Guldberg O, Liss P, Riebesell U, Shepherd J, Turley C, Watson A. 2005. **Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide**, The Royal Society.
Shah KA, Joshi GS.2017**. Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India**,Applied Water Science, *7***(3):** 1349-1358
Sowjanya V, Pavan BV, Sekhar PS .2015. **Assessment of Coastal Water Quality through Weighted Arithmetic Water Quality Index around Visakhapatnam, Bay of Bengal, India**, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, **4:** 11775-11781.
Steissberg T, Schladow G, Hook SJ. 2010.**Monitoring past, present, and future water quality using remote sensing**, Tahoe environmental research center and jet propulsion laboratory (NASA), 108.
Shyue SW, Lee CL, Chen HC.1996. **An approach to a coastal water quality index for Taiwan**. InOCEANS'96. MTS/IEEE. Prospects for the 21st Century. Conference Proceedings 1996 Sep 23 (Vol. 2, pp. 904-907). IEEE.
THAKOR FJ, BHOI D, DABHI H, PANDYA S, CHAUHAN NB. 2011.**Water Quality Index (WQI) of Pariyej Lake Dist. Kheda-Gujarat**, **6(2):** 225-231.
Usali N, Ismail MH.2010. **Use of remote sensing and GIS in monitoring water quality**, Journal of Sustainable Development**, 3(3):** 228-238.
Yogendra K, Puttaiah ET.2008. **Determination of water quality index and suitability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka**, InProceedings of Taal2007: The 12th World Lake Conference 2008 ,342: 346.
Ziaeian Firoozabadi P, Khaledi Sh, Khandan S, Alizadeh A. 2011. **Zoning citrus in the Lorestan province using overlap index and fuzzy logic with compared the models**, Journal of geographic Logistics, **No. 8**.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.52547/jgs.22.65.207]