مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی روش‌های تعیین میزان گسترش کشند سرخ در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از سنجنده های ماهواره ای

صمد حمزه‌ئی[1*]، حسین ملکوتی[2]، ابوالحسن غیبی[3]، مریم رضازاده[2]

[1] گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[2] گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم- فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

[3] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰۸/۰۲
اصلاح: ۹۵/۰۳/۰۹
پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۵

کلمات کلیدی:
سنجنده ماهواره ای
کشند سرخ
خلیج فارس

چکیده

تغییر رنگ آب دریا ناشی از شکوفایی جلبکی در دهه های اخیر به طور مداوم در حال افزایش است، این امر به دلیل افزایش اثرات مخرب فعالیتهای انسانی از حالت طبیعی به حالتی غیرطبیعی رسیده است. سنجنده های ماهواره ای به عنوان در دسترس ترین و ارزان ترین ابزارهای پایش توانسته اند بخش زیادی از مطالعات علوم دریایی را به خود اختصاص دهند. داده های ماهواره ای سنجنده‌ی MODIS در بررسی تغییرات ناشی از رنگ دریاها کاربرد دارد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. در خلیج فارس و دریای عمان پدیده کشند سرخ از مهر ماه سال ۱۳۸۷ شروع شد و تا اردیبهشت ۱۳۸۸ با شدت زیاد ادامه داشت که مناطق وسیعی را در بر گرفت. نتایج این تحقیق نشان می دهد با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و با انجام تصحیحات لازم می توان میزان غلظت و وسعت کشند سرخ را به وسیله‌ی تغییر رنگ آب دریا با استفاده از سنجنده های ماهواره ای دریایی و اقیانوسی شناسایی نمود و وسعت تغییرات آن را پیدا کرد.

مقدمــه

در دهه های اخیر آلودگی آبها به یک مسئله گسترده و پر اهمیت در جهان تبدیل شده است. این روند ناشی از دو عامل تغییرات طبیعی و انسانی الگوهای آب و هوایی و شرایط محیطی می باشد، از جمله گسترش پراکندگی گونه های فیتوپلانکتونی از طریق جریان، طوفان و افزایش فاضلابهای ساحلی (روان آبها ، فاضلابهای خانگی، صنعتی و کشاورزی، آبزی پروری و انتقال گونه ها از طریق آب توازن کشتی ها) است که همزمان با بهبود ابزار و تکنیک‌های تحلیلی، تشخیص این پدیده ها نیز آسان شده است (Glibert *et al*., 2005; Anderson, 1994; Hallegraeff, 1993). در نتیجه، پیش بینی، تشخیص و نظارت بر آلودگیهای دریایی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: sh_hamzei@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

برای به حداقل رساندن اثرات سوء آنها بر سلامت انسان و محیط زیست، و زیان های اقتصادی به جوامع ساحلی ضروری است (Schofield *et al*., 1999).

روش های میدانی و آزمایشگاهی دشوار و زمان‌بر بوده و برای مشاهدات فضایی و زمانی ضعیف است. بنابراین، روش های جایگزین اجازه می‌دهد تا تشخیص‌ها سریع تر، وسیع تر و مناسب تر باشد. بر اساس این واقعیت که بسیاری از آلودگی ها از جمله فیتوپلانکتونها به شدت تحت تاثیر خواص اپتیکی آبهای طبیعی هستند و هنگامی‌که به غلظت کافی می رسند از طریق تغییر رنگ آب خود را نشان می دهند، منجر به تشخیص با روش‌های زیست نوری می شود (McLeroy and Roesler, 1998). به دلیل پراکندگی نور ناشی از ذرات موجود در جو زمین باید در محاسبات تصحیحات جوی و روش‌های محاسبه انتقال تشعشع، جزئیات پراکندگی نور را برای اهدف دریایی و اقیانوسی با دقت بررسی نمود، تا نتایج بهتری در محاسبه گسترش و شدت شکوفایی مضر جلبکی به دست آورد (Zhou and Wang, 2012).

شکوفایی مضر جلبکی در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ به صورت فراگیر و طولانی مدت دریای عمان و خلیج فارس را تحت تاثیر اثرات مخرب خود قرار داد که باعث خسارات جبران ناپذیر اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در این منطقه گردید به گونه ای که در کنار عدم مصرف آبزیان توسط مردم، بوی بد ناشی از تجزیه فیتوپلانکتونها باعث ناراحتی ساحل نشینان منطقه گردید (Hamzehei *et al*., 2012; Seraji, 2009).

مواد و روش‌ها

از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده های مودیس، مریس و سیویفس جهت پایش ماهواره ای این تحقیق استفاده شد، که با توجه به دقت مناسب‌تر و کارآیی بیشتر داده های سنجنده مودیس (آکوا) نسبت به دیگر سنجنده ها بیشتر مورد تحلیل قرار گرفت. داده های سنجنده های مودیس (آکو) ، مودیس (ترا) و سیویفس با عضویت در سایت سازمان فضایی ایالات متحده (ناسا) و از بخش ocean color تهیه شده و داده های سنجنده مریس نیز با عضویت در سایت سازمان فضایی اروپا (ESA) تهیه شد.

داده های سنجنده ها در سطوح ۰ و ۱ دارای خطاهای متفاوتی هستند که جهت بهره برداری از این داده ها باید این خطاها را به حداقل ممکن رساند به همین منظور باید تصحیحاتی مانند تصحیحات رادیومتری، تصحیحات هندسی و تصحیحات جوی را روی داده ها انجام داد. خطای نوار نوار شدگی از جمله خطاهای رادیومتری است که به دلیل عدم عملکرد همزمان تک تک آشکارسازهای طیف‌های طول موجی در سنجنده ها ظاهر می شود، سه نوع نوار نوار شدگی عمده در سنجنده مودیس شامل نوار نوار شدگی آشکارساز به آشکارساز، نوار نوار شدگی لبه آینه سنجنده و نوار نوار شدگی ناشی از نویز می باشد. با استفاده از روشهای تطبیق هیستوگرام، میان یابی و فیلترهای فرکانسی این خطاها قابل رفع می باشد.

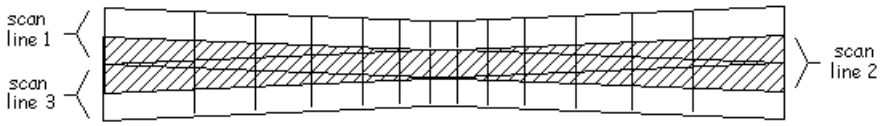


شکل ۱. خطای نوار نوارشدگی در سنجنده مودیس منطقه تنگه هرمز

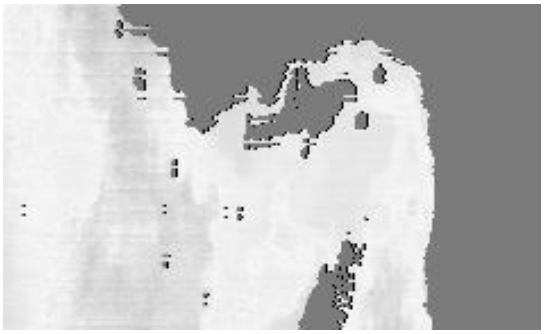
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

خطای هندسی بوتای یک خطای هندسی متداول در سنجنده های اقیانوسی است که به دلیل زیاد بودن زاویه دید به وجود می‌آید که باید تصحیح گردد. مثلاً در سنجنده مودیس زاویه دید بین ۵۵- تا ۵۵+ است که باعث می شود این خطا بسیار زیاد باشد. جهت تصحیح این خطا از بسته نرم افزاری مودیس تولز[1] استفاده می شود.



three scan lines overlapping each other (middle scan line is shaded)



شکل ۲. خطای هندسی بوتای در سنجنده مودیس منطقه تنگه هرمز

به دلیل جذب شدید آب، تابش برخاسته از آب دریا تنها می تواند ۱۰ تا ۱۵ درصد تابش کل اندازه گیری شده را تشکیل دهد، این امر باعث می شود اطلاعاتی از جو و ذرات آن نیز به همراه تابش برخاسته از آب باشد (Hu *et al*., 2001). از این رو برای رسیدن به اطلاعات قابل بهره برداری باید تصحیحات جوی روی داده های سنجنده ها انجام شود.

$$R_{rs}(\lambda) = L_w(\lambda) / E_d(\lambda) \approx 0.083 \{b_b(\lambda) / a(\lambda)\}$$

$R_{rs}(\lambda)$ سنجش از دور انعکاسی، $L_w(\lambda)$ تابش بر خاسته از آب در طول موج λ ، $E_d(\lambda)$ تابش خورشیدی پایین سو، $b_b(\lambda)$ مجموع ضریب پراکندگی، $a(\lambda)$ ضریب جذب است.

$$b_b(\lambda) = b_{bw}(\lambda) + b_{bp}(\lambda)$$

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + a_p(\lambda) + a_{CDOM}(\lambda)$$

هر یک از اندیس‌های w ناشی از ذرات ملکولهای آب، P ناشی از فیتوپلانکتونها و تخریب جلبکها و CDOM ناشی از مواد محلول رنگی حل شده در آب است (Smith and Baker, 1981).

با استفاده از داده های ماهواره ای سنجنده های مودیس، مریس، سیویفس و استفاده از الگوریتم‌های خاصی که کار ترکیب طیفی را انجام می دهد با استفاده از نرم افزارهای SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System) و BEAM به خروجی طیفی مناسبی

[1] Modistools

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

جهت شناسایی کشند سرخ و میزان غلظت آن در هر ناحیه و گسترش آن در نواحی مختلف می رسیم که در این تحقیق به آن پرداخته شده است.

روشهای مختلفی جهت شناسایی پدیده کشند سرخ با استفاده از سنجنده های ماهواره ای به وجود آمده است که هر روش بسته به ویژگی سنجنده، نوع شکوفایی، محل شکوفایی و هدف از آشکارسازی دارای اهمیت می باشد. با استفاده از روش NRB (طیفهای نزدیک به باند سرخ) و با استفاده از الگوریتمهای NRB1 و NRB2 در سنجنده های مودیس و مریس می توان کشند سرخ را شناسایی و شدت آن را تشخیص داد. آشکارسازی کشند سرخ در سنجنده مودیس از الگوریتم NRB1 که از طیف‌های نزدیک به طول موج سرخ استفاده می کند انجام می شود.

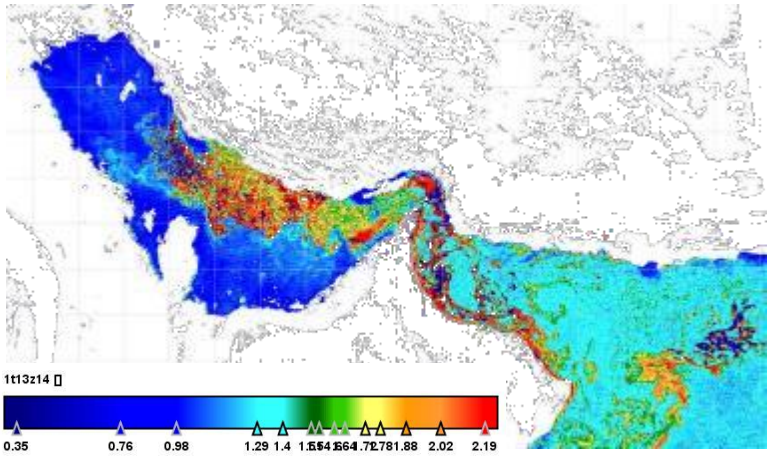
NRB1=R13-1*R14 (MODIS sensor)

NRB2=R7-1*R8 (MERIS sensor)

نتایــج

بر اساس تصاویر سنجنده ها از ابتدای پاییز ۱۳۸۷ تا بهار ۱۳۸۹ در خلیج فارس، دریای عمان و تنگه هرمز یک شکوفایی مضر جلبکی به و قوع پیوسته است. این کشند قرمز در شمال تنگه هرمز دوره ای ۹ ماهه داشت که تاکنون کشند قرمزی با این دوره طولانی گزارش نشده است.

در شکل ۳ با استفاد از الگوریتم NRB1 مناطق درگیر با پدیده کشند سرخ در خلیج فارس و دریای عمان مشخص شده است که بیشترین مقدار این پدیده در شمال تنگه هرمز و خلیج فارس و بخش‌های جنوبی دریای عمان دیده می شود. در این روش کشند سرخ در مناطق ساحلی به خوبی شناسایی و آشکارسازی می شود.



شکل ۳. آشکارسازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم NRB1 در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا

با استفاده از تفاضل باندهای طول موجی سرخ RBD و تفاضل باندهای طول موجی سبز GBD نیز می توان شکوفایی جلبکی در هر ناحیه را بر اساس نوع شکوفایی شناسایی و آشکارسازی نمود. تفاضل طیفی بین باندهای طول موجی مختلف روشی مناسب جهت تشخیص میزان تغییر رنگ آب اقیانوسها و دریاها در اثر شکوفایی جلبکی است. باندهای سبز و سرخ به دلیل اینکه تغییرات طول موجی را برای فیتوپلانکتونها بهتر به نمایش می گذارند مناسبتر هستند. در استفاده از روشهای RBD یا GBD باید به تغییر

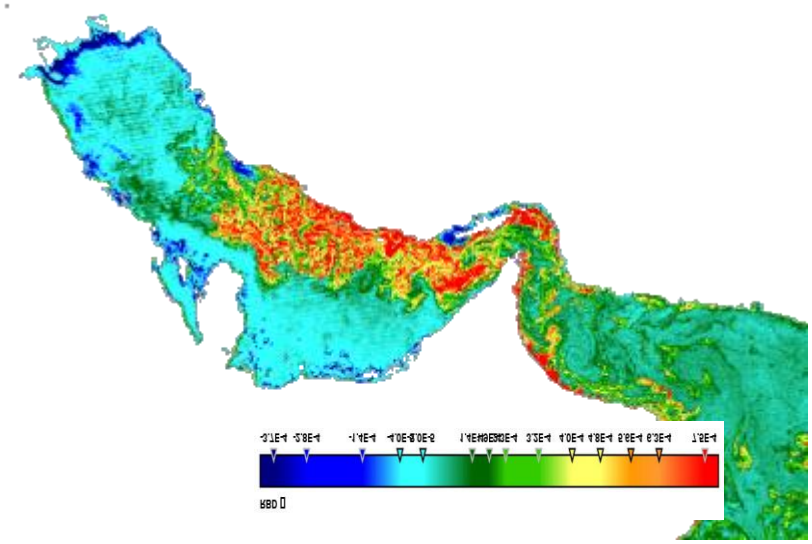
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

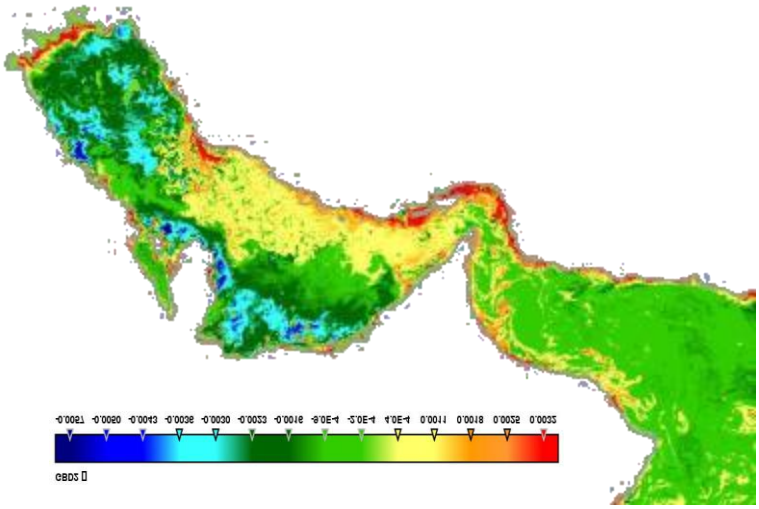
رنگ ناشی از فیتوپلانکتون عامل کشند سرخ دقت کرد برای جلبکهای سبز و آبی بهتر است از روش GBD و برای جلبک‌های قرمز و قهوه ای بهتر است از روش RBD استفاده نمود.

$RBD = R_{rs}(678) - R_{rs}(667)$ (MODIS sensor)

$GBD = R_{rs}(531) - R_{rs}(488)$ (MODIS sensor)



شکل ۴. آشکار سازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم RBD در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا

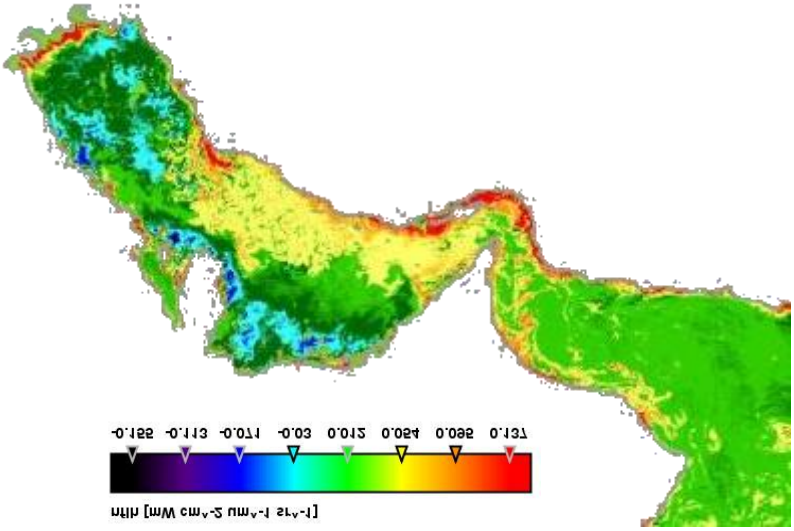


شکل ۵. آشکارسازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم GBD در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا

با استفاده از الگوریتم ارتفاع خط تشعشع نرمال شده NFLH نیز می توان کشند سرخ را در محدوده سه طول موج طیفی شناسایی نمود. در این الگوریتم بازتاب ناشی از آب در محدوده ای که کلروفیل بالاتری دارد مورد ارزیابی قرار می گیرد که ناشی از تفاوت باندی در طیف‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ سنجنده مودیس حاصل می شود.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

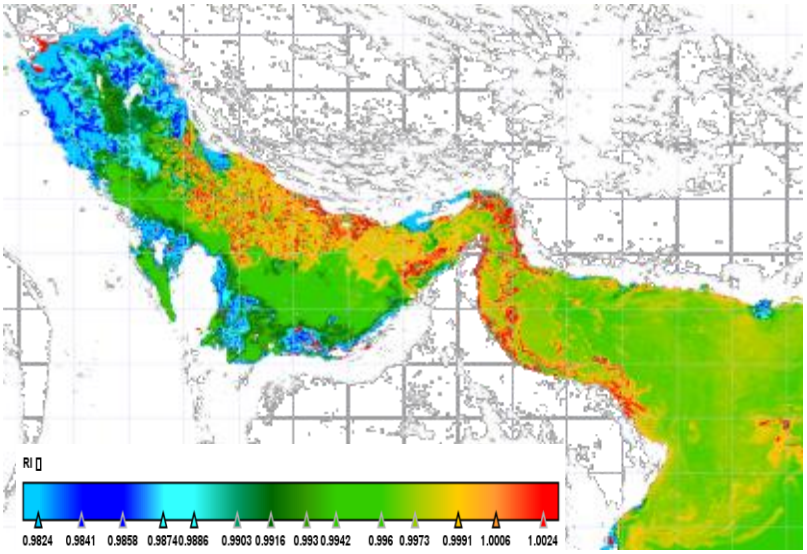
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]



شکل ۶. آشکارسازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم NFLH در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا

روش شاخص کشند سرخ RI در شناسایی و آشکارسازی کشند سرخ متداول است. در این روشها از نسبت‌های باندی طیف بازتاب شده استفاده می شود. این روش توسط Ahn و Shanmugam (۲۰۰۶) ارائه شده است.

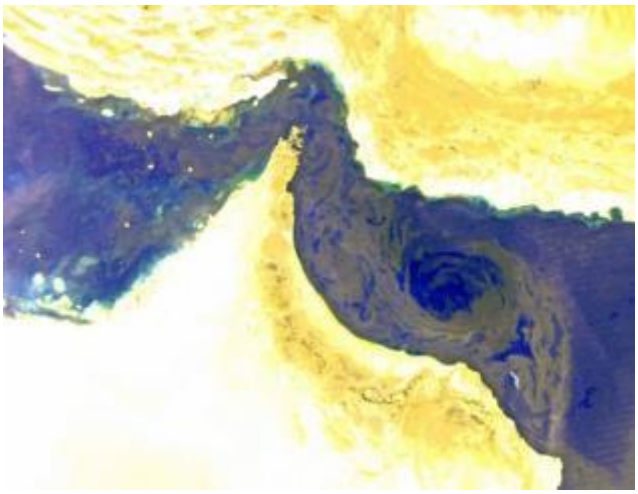
$$RI = \left(\frac{Rrs(488)/Rrs(555) - Rrs(443)}{Rrs(488)/Rrs(555) + Rrs(443)} \right)$$



شکل ۷. آشکارسازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم RI در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا

یکی دیگر از راههای شناسایی کشند سرخ در مناطق، استفاده از روش RGB است، این روش استفاده از باندهای سرخ، سبز و آبی به منظور دستیابی به تصاویر واقعی در مناطق مختلف با استفاده از سنجنده هاست. در صورتی که نیاز به هدف خاصی باشد می‌توان با استفاده از تغییر باندها در تصاویر RGB به تصاویر مورد نظر دست یافت. به همین منظور در هر یک از سنجنده ها این تصاویر با تغییر باندهای R، G و B به باندهای حساس نسبت به پدیده کشند سرخ حاصل شده است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

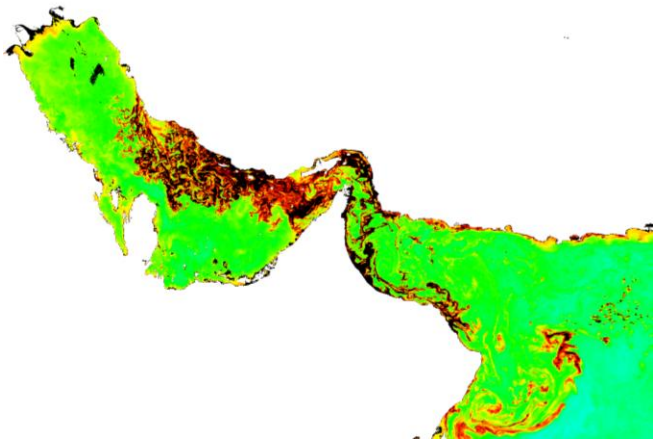


شکل ۸. تصویر سنجنده مودیس آکوا طیف‌های طول موجی RGB در ۳۰ آبان ۱۳۸۷ جهت تعیین مناطق دارای کشند سرخ و حرکات جریان‌های آبی

با مقایسه تصاویر به دست آمده و با تصحیح ضرایب مدل سرانجام مدل OC3M که با تصحیح ضرایب به دست آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی حاصل شده است به عنوان بهترین نتیجه جهت استفاده در آشکارسازی کشند سرخ رخ داده در سال ۱۳۸۷ مورد استفاده قرار گرفت. در این روش مناطقی که تراکم جلبکی زیادی دارند با رنگ‌های تیره تری دیده می شوند.

جدول۱. الگوریتم OC3M استفاده شده در تعیین کلروفیل آب دریا برای سنجنده مودیس بر اساس رابطه O'Reilly و همکاران (۲۰۰۰)

OC3M	$chl\ a\ (\mu g/L) = 10^{(a_0 + a_1R + a_2R^2 + a_3R^3 + a_4R^4)}$
نسبت باند	$R=\log[(\max(R_{rs}443, R_{rs}488))/R_{rs}555)$
ضرایب a	a=[0.26, -2.3, 1.52, 0.62, -1.37]



شکل ۹. آشکارسازی کشند سرخ با استفاده از الگوریتم OC3M رایلی و همکاران در ۳ دی ماه ۸۷ با استفاده از سنجنده مودیس ماهواره آکوا که ضرایب برای خلیج فارس تصحیح شده است

بحث

روش‌های به کار برده شده در شناسایی و آشکارسازی پدیده کشند سرخ نشان می دهد که بسته به نوع و تغییر رنگی که در آبهای منطقه ایجاد می شود می توان از یکی از روش‌های ذکر شده استفاده نمود. در کشند سرخ رخ داده در سال ۱۳۷۸ استفاده از

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]

تکنیک‌های RBD ، RI و OC3M بهترین نتایج را داشته است که به دلیل رنگ قهوه ای این نوع فیتوپلانکتون و کارآیی بهتر این روش‌ها در منطقه با توجه به تصحیحات انجام شده در روش‌های ذکر شده می باشد.

تصاویر سنجنده ها گسترش شکوفایی جلبکی در خلیج فارس و دریای عمان در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۷ را نشان می دهد که از دریای عمان شروع شده و به خلیج فارس کشیده می شود. در تصاویر ماهواره ای دیده شده است که دریای عمان و خلیج فارس به دلیل شرایط خاص فیزیکی، زیست محیطی و بیوشیمیایی، محل مناسبی برای وقوع پدیده شکوفایی جلبکی با ماندگاری طولانی مدت است. همچنین پیچک‌های میان مقیاس دریای عمان و جریان‌های ورودی و خروجی خلیج فارس نقش مهمی در انتقال شکوفایی جلبکی از دریای عمان به خلیج فارس دارند. در مقابل، تغییرات دمایی شدید در خلیج فارس یک عامل محدود کننده شکوفایی جلبکی در فصول تابستان و زمستان در این ناحیه محسوب می شود. استفاده از سنجنده های ماهواره ای در شناسایی و پیش یابی مسیر توسعه کشند قرمز در خلیج فارس و دریای عمان دارای کاربرد مناسبی می باشد.

منابـع

Ahn, Y.H., Shanmugam, P. 2006. Detecting the red tide algal blooms from satellite ocean color observations in optically complex Northeast-Asia coastal waters. Remote Sensing of Environment. 103: 419-437.

Anderson, D.M. 1994. Red Tides. Scientific American. 271: 52-58.

Glibert, P.M., Anderson, D.M., Gentien, P., Granéli, E., Sellner, K.G. 2005. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. Oceanography. 18(2): 136-147.

Hamzehei, S., Bidokhti, A.A., Mortazavi, M.S., Gheiby, A.H. 2012a. Analysis of red tide in Strait of Hormuz in 2008-2009 using ocean satellite data. International Journal of Marine Science Engenering. 2(4): 225-232.

Hamzei, S., Bidokhti, A.A., Mortazavi, M.S., Gheibi, A. 2012b. Utilization of satellite imageries for monitoring harmful algal blooms at the Persian Gulf and Gulf of Oman. International conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology, IPCBEE, 41, IACSIT Press, Singapore. pp. 171–174.

Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycologia. 32: 79-99.

Hu, C., Muller-Karger, F.E., Andrefouet, S., Carder, K.L. 2001. Atmospheric correction and calibration of LANDSAT-7/ETM+ imagery over aquatic environments: A multiplatform approach using SeaWiFS/MODIS. Remote Sensing of Environment. 78: 99-107.

McLeroy-Etheridge, S.L., Roesler, C.S. 1998. Are the inherent optical properties of phytoplankton responsible for the distinct ocean colors observed during harmful algal blooms? SPIE Ocean Optics XIV. 1: 109-116.

O'Reilly, J.E., Maritorena, S., Siegel, D., O'Brien, M.C., Toole, D., Mitchell, B.G., Kahru, M., Chavez, F.P., Strutton, P., Cota, G., Hooker, S.B., McClain, C.R., Carder, K.L., Muller-Karger, F., Harding, L., Magnuson, A., Phinney, D., Moore, G.F., Aiken, J., Arrigo, K.R., Letelier, R., Culver, M. 2000. Ocean color chlorophyll a algorithms for SeaWiFS, OC2 and OC4: Version 4. In: Hooker, S.B., Firestone, E.R. (eds.). SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses (Part3), NASA Technical Memorandum 2000-206892. Volume 10. NASA GSFC. pp. 9-23.

Schofield, O., Grzymski, J., Bissett, W.P., Kirkpatrick, G.J., Millie, D.F., Moline, M., Roesler, C.S. 1999. Optical monitoring and forecasting systems for harmful algal blooms: possibility or pipe dream? Journal of Phycology. 35: 1477-1496.

Seraji, F. 2009. The latest status, proceedings and recommendations report on plankton bloom in Southern Waters of Iran. Reports of Occurrence of Red Tide, Iranian Fisheries Research Centre. p. 9.

Smith, R.C., Baker, K.S. 1981. Optical properties of the clearest natural waters (200–800 nm). Applied Optics. 20(2): 177-184.

Zhou, W., Wang, G.F. 2012. Variations in the optical scattering properties of phytoplankton cultures. Optics Express. 20(10): 11189-11206.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.2.0]