



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.





نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی

ICOPMAS 2010

10-8 آذر ماه (تهران)



مطالعه توسعه کشند قرمز در خلیج فارس و دریای عمان با استفاده از داده های سنجش از دور سنجنده MODIS

صمد حمزه یی ، مربی ، دانشگاه آزاد بندرعباس ، sh_hamzei@yahoo.com

کلید واژه: کشند قرمز، خلیج فارس، سنجش از دور، سنجنده MODIS

مقدمه

پدیده ای که به عنوان کشند قرمز یا رشد جلبکهای تک سلولی در دریاها مطرح است با نام شکوفایی مضر جلبکی (Harmful Algal Bloom) شناخته می شود، این پدیده با گسترش و افزایش تراکم این جلبکها به عنوان یک مشکل در دریاها و اقیانوسها مطرح است و با مرگ و میر ماهیها ، صدفها و دیگر موجودات دریایی در زمینه های اقتصادی، اکولوژیکی و بهداشتی تاثیرات نامطلوبی می گذارد. اثرات مخرب این پدیده بر توریسم، کاهش ذخایر آبزیان و به خطر افتادن سلامتی موجودات و انسانها ناشی از انتقال سم موجود در جلبک به ماهیها و صدفها و در نهایت به انسان می شود. افزایش روز افزون فعالیتهای صنعتی بشر باعث آلودگی بیشتر دریاها، اقیانوسها و مواد مغذی موجود در آن شده که اثراتی مانند افزایش شکوفایی جلبکهای مضر را در پی داشته است. [1]

کشند قرمز در سواحل آسیای اقیانوس آرام به طور متناوب تکرار می شود که برای اولین بار در سال 1961 شکوفایی جلبکی مضر از نوع *Cochlodinium polykrikoides* در سواحل پورتوریکو در دریای کارائیب توسط (Margalef (1961) به ثبت رسید. اما بیشترین شکوفایی این جلبک در سواحل شبه جزیره کره به ثبت رسیده که در سال 1995 خساراتی بالغ بر 95 میلیون دلار آمریکا به صنعت شیلات این کشور وارد نمود و نزدیک به هشت هفته در سواحل کره حضور داشت (Kim, 1998).

شکوفایی جلبکی مضر که در سواحل کره به وقوع می پیوندد معمولاً از اواخر تابستان شروع شده و تا پاییز ادامه می یابد و اثراتی مانند کاهش اکسیژن موجود در آب دریا، مرگ و میر صدفها و آبزیان شیلاتی و تغییراتی در آنزیمهای حیاتی این موجودات دارد. [2]

آشکارسازی ماهواره ای شکوفایی پلانکتونی مضر (HAB) در آبهای جهان از سال 1979 به وسیله ماهواره CZCS شروع شد، در آن دوران ابتدا استفاده از تغییرات ساده در رنگ آبها مورد استفاده قرار گرفت، سپس با استفاده از الگوریتمهای ترکیبی، آشکار سازی شکوفایی پلانکتونی در مناطق مختلف جهان انجام شد. سنجش از دور با ماهواره روش مناسبی برای پدیده هایی است که در سطح آبها و خشکیها رخ می دهد. در شناسایی کشند قرمز نیز می توان با استفاده از استانداردهای الگوریتم تخمین کلروفیل، تعیین جذب فیتوپلانکتونها، بررسی تغییرات کدورت و نفوذ نور در آب دریا و بررسی طیفی طول موجهای مختلف با روشهای سنجش از دور ، میزان و وسعت کشند قرمز را محاسبه کرد. [3]

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعه شامل خلیج فارس ، دریای عمان و تنگه هرمز می شود که در شمال غرب اقیانوس هند واقع شده است. خلیج فارس یک محدوده آبی کم عمق نیمه بسته با میانگین عمق 37 متر می باشد که از طریق دریای تنگه هرمز به دریای عمان متصل شده است. به دلیل قرار گرفتن در محدوده ای کم بارش،

شوری و چگالی آب خلیج فارس بالا می باشد. تنگه هرمز محل تبادل آب چگال خلیج فارس و آب کمتر چگال اقیانوس هند می باشد که باعث گردش آب در خلیج فارس می شود (شکل 1). [5]



شکل 1: محدوده مورد مطالعه و نقشه جریان آب در خلیج فارس بر اساس الگوی کلی گردش (Reynolds, 1993)

داده های ماهواره ای و میدانی

داده های مورد استفاده در این تحقیق از داده های سنجنده MODIS با استفاده از دو ماهواره Aqua و Terra و داده های سنجنده SeaWiFS که از داده های سطح 0، 1، 2 و 3 استفاده شده است و شامل تصاویر روزانه و میانگینهای ماهانه می شود. در ساخت این تصاویر الگوریتمهای متنوعی به کار برده شده که جهت شناسایی و تعیین کسند قرمز استفاده می شود.

داده های میدانی این تحقیق از طریق اندازه گیری و شمارش سلولهای پلانکتون *Cochlodinium polykrikoides* توسط پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انجام شده به دست آمده است. همچنین در این تحقیق از گزارشهای وقوع این پدیده که به صورت مشاهدات میدانی بوده است نیز استفاده شده است.

پردازش داده ها و انتخاب الگوریتم

سنجنده MODIS بر روی ماهواره های Aqua و Terra در مجموع دارای 36 باند طیفی می باشد که باندهای 8 تا 16 آن در شناسایی رنگ اقیانوسها، بررسی تجمع فیتوپلانکتونها، بیوژئوشیمیایی آب دریا اهمیت دارد. در بررسی کسند قرمز، فیتوپلانکتونها و جلبکهای دریایی عمدتاً از تغییرات کلروفیل آب دریا استفاده می شود که به همین منظور الگوریتمهای زیادی با دقتها و وضوح متنوعی ارائه شده است. با استفاده از نرم افزار SeaDAS که برای محاسبات سنجش از دور اقیانوسها برای سنجنده های MODIS، MERIS و SeaWiFS ارائه شده می توان تغییرات کلروفیل را بررسی نمود.

در این تحقیق از دو الگوریتم OC3 و OC2 برای سنجنده MODIS و از الگوریتم OC4 برای سنجنده SeaWiFS استفاده شده است. [6]

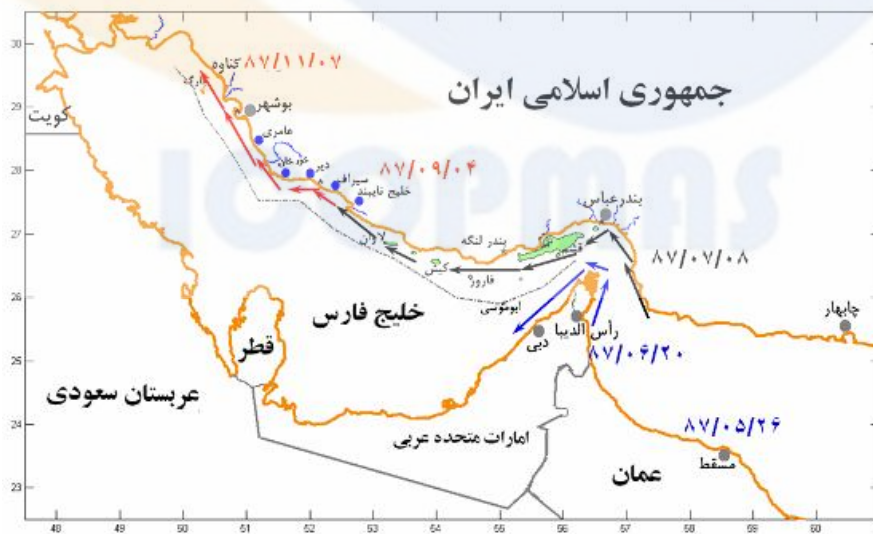
$\text{chl } a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 10^{(a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3 + a_4 R^4)}$	OC3
$R = \log[(\max(\text{Rrs443}, \text{Rrs488}))/\text{Rrs551}]$	نسبت باند
$a = [0.283, -2.753, 1.457, 0.659, -1.403]$	ضرایب a
$\text{chl } a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 10^{(a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3 + a_4)}$	OC2
$R = \log(\text{Rrs488}/\text{Rrs551})$	نسبت باند
$a = [0.319, -2.336, 0.879, -0.135, -0.071]$	ضرایب a

بررسی وسعت و دوره زمانی شکوفایی

از ابتدای پاییز 2008 تا بهار 2009 در خلیج فارس، دریای عمان و تنگه هرمز یک کشند قرمز از نوع *Cochlodinium polykrikoides* به وقوع پیوست. این کشند قرمز در شمال تنگه هرمز دوره ای 9 ماهه داشت که نسبت به موارد مشابه بسیار طولانی می باشد و تاکنون کشند قرمزی با این دوره طولانی گزارش نشده است. بر اساس اولین مشاهدات شروع کشند قرمز برای اولین بار در 26 مرداد 1387 (17 آگوست 2008) در سواحل جنوبی دریای عمان در بندر مسقط دیده شد که پس از آن بار دیگر در 20 شهریور 1387 (11 سپتامبر 2008) در جنوب غرب دریای عمان محدوده راس الدیبا دیده شد.

در سواحل ایران اولین مشاهده کشند قرمز از نوع *Cochlodinium polykrikoides* در 8 مهرماه 1387 (30 سپتامبر 2008) در سواحل جزیره هرمز توسط پژوهشگرده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان به ثبت رسید. با مطابقت مشاهدات اولیه با تصاویر ماهواره ای می توان دریافت که مشاهدات اولیه کشند قرمز نسبت به تاریخ وقوع این پدیده که با اطلاعات ماهواره ای به دست آمده تاخیر در مشاهدات اولیه و گزارش پدیده را نشان می دهد.

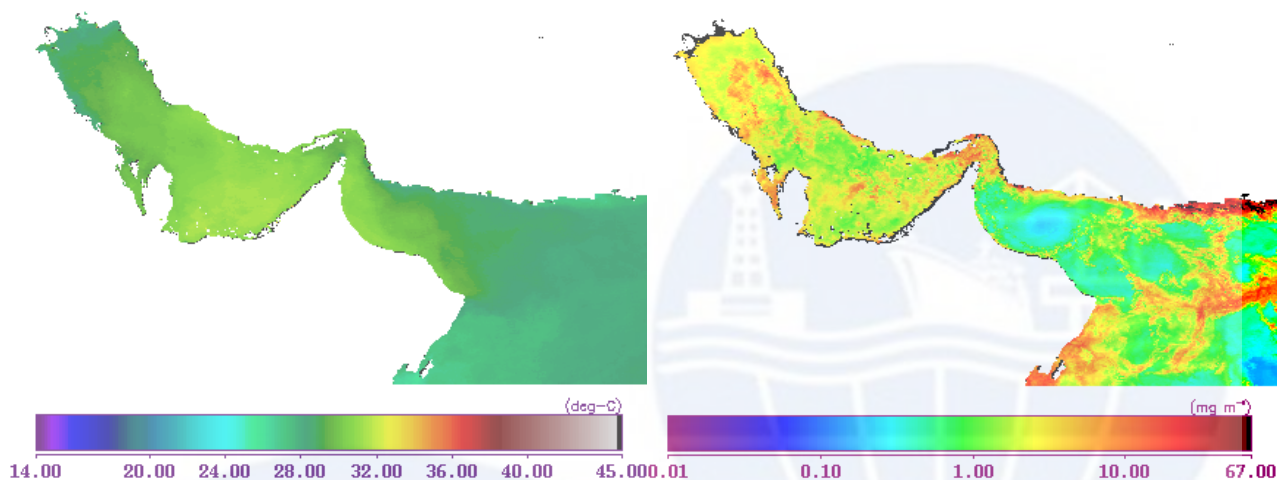
بر اساس اطلاعات موجود و تفسیر تصاویر ماهواره ای به نظر می رسد شروع پدیده کشند قرمز از سواحل کشور عمان در دریای عرب شروع شده و پس از حرکت به جنوب دریای عمان از طریق جریان دریایی ناشی از پیچکهای میان مقیاس در این ناحیه که در اکثر مواقع سال فعال هستند به شمال دریای عمان و سواحل شمالی تنگه هرمز کشیده شده است. با توجه به فراهم شدن شرایط شکوفایی با کاهش دما و افزایش مواد مغذی، این پدیده توانسته است گسترش یابد و تا فصل بهار در منطقه حضور داشته باشد.



شکل 2: نقشه گسترش شکوفایی پلانکتونی در خلیج فارس و دریای عمان بر اساس مشاهدات و اندازه گیری میدانی (سراجی، 1387)

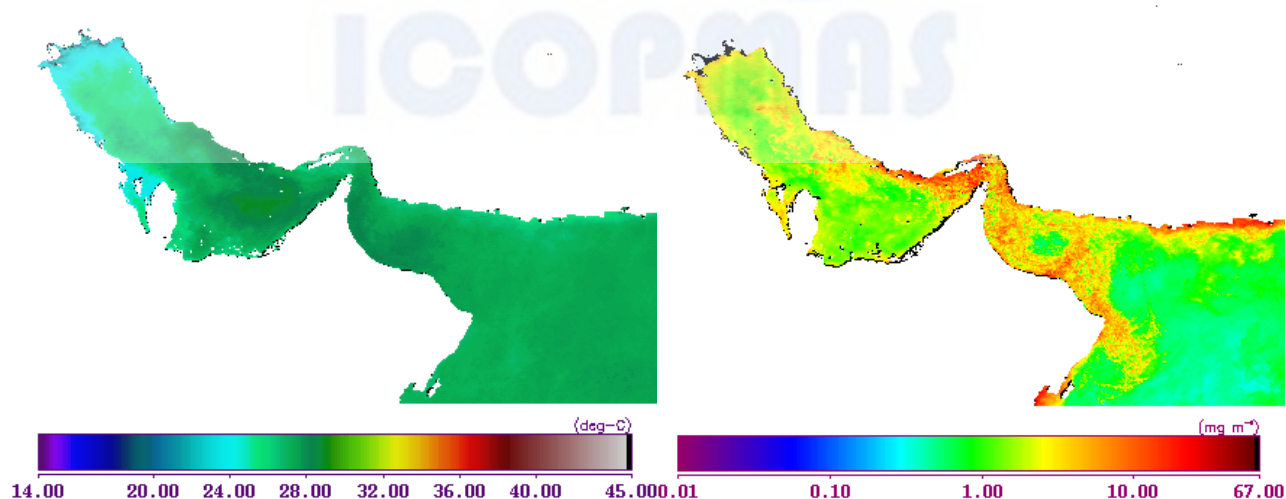
بررسی میزان دما و کلروفیل - آ توسط سنجنده MODIS در کشتند قرمزی که طی پاییز و زمستان سال 1387 در خلیج فارس و دریای عمان به وقوع پیوسته نشان می دهد که در ابتدای شهریور ماه این سال پدیده خاصی در سواحل شمالی دریای عمان و خلیج فارس مشاهده نشد، اما در اوایل مهر ماه 87 با استفاده از پردازش داده های سنجنده MODIS و تصویرسازی، تراکم پلانکتونی در سواحل شمالی تنگه هرمز (محدوده سواحل بندرعباس، قشم و هرمز، شرق جزیره قشم و سواحل بندر سیریک تا بندر تیباب) دیده شد، روند تصاویر نشان می دهد که در محدوده تنگه هرمز کلروفیل بالای آب به طور نسبی وجود دارد، اما در سواحل شمالی میزان انباشت کلروفیل بیشتر است، به نظر می رسد شکوفایی جلبکی با کاهش دمای آب تا 29 درجه سلسیوس در گذر از شهریور ماه به مهر ماه در شمال تنگه هرمز در حال شکل گیری است.

اطلاعات و تصاویر ماهواره از اولین روزهای کشتند قرمز که در 31 شهریور ماه 1387 در شمال تنگه هرمز به وقوع پیوست نشان می دهد که این پدیده به سرعت در شمال تنگه هرمز گسترش یافت و تا سواحل جنوبی تنگه هرمز نیز کشیده شد.



شکل 3: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دمای سطحی در مهر ماه 87 با استفاده از سنجنده ماهواره Aqua MODIS

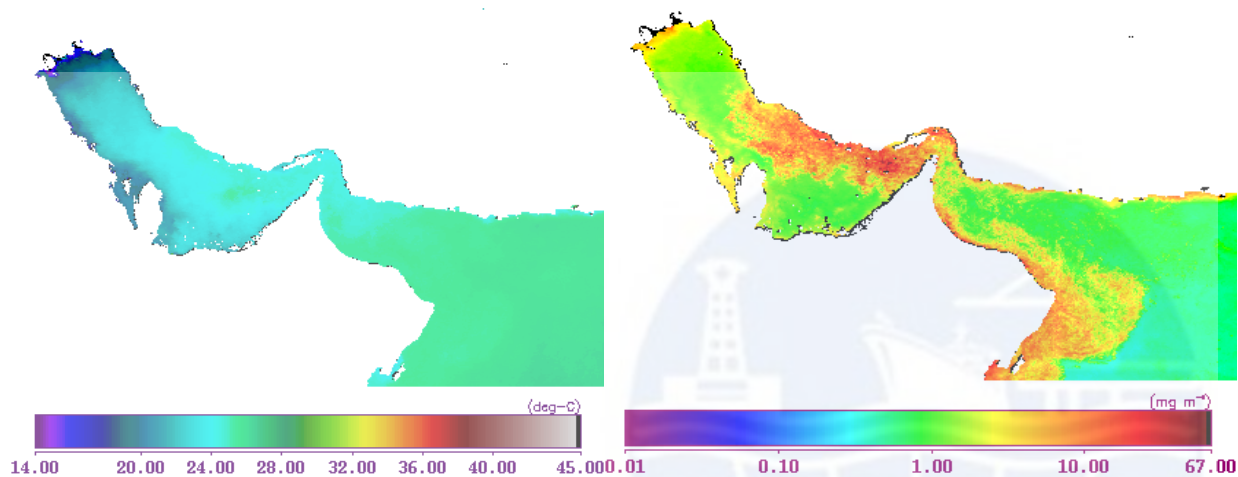
شکل 4: میزان تراکم کلروفیل - آ و دما در آبان ماه 1387 نشان می دهد که کلروفیل موجود در آب افزایش یافته است و تقریباً کل محدوده شمال تنگه هرمز را فرا گرفته است، با توجه به شرایط اقلیمی و جریانهای فصلی تنگه هرمز به نظر می رسد با کاهش دما شرایط رشد پلانکتون *Cochlodinium polykrikoides* فراهم شده است، تصاویر ماهواره ای این دوره زمانی کشیده شدگی یک نوار متراکم جلبکی در طول سواحل شمالی و محدوده مرکزی تنگه را نشان می دهد که تمایل بیشتر جلبک به خط ساحلی و تراکم بیشتر به مناطق مرکزی تنگه از مشخصه های این دوره زمانی است. در دریای عمان نیز یک پیچک میان مقاس باعث حرکت توده جلبکی از جنوب به شمال دریای عمان شده است که در شمال دریای عمان روی نوار ساحلی دیده می شود. کاهش دما در این مدت تا 28 C و شوری میانگین 37 psu در نواحی شمالی و مرکزی تنگه از مشخصات فیزیکی شمال تنگه هرمز است.



شکل 4: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در آبان ماه 87 با استفاده از سنجنده ماهواره Aqua MODIS

شکل 5: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در آذر ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

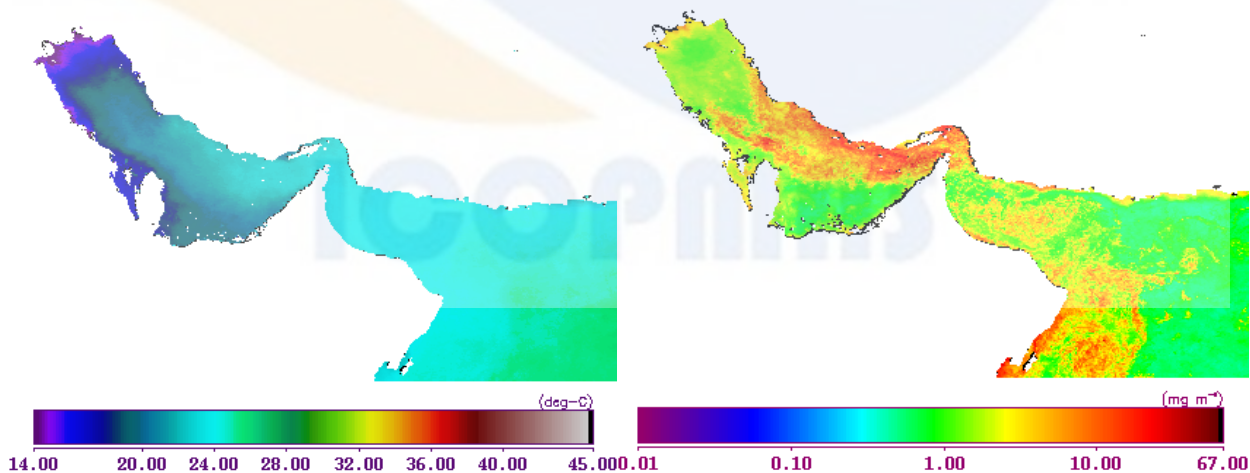
شکل 6: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در دی ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua



شکل 5: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در آذر ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

شکل 6: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در دی ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

شکل 6: برای دوره دی ماه 1387 نشان می دهد که شکوفایی جلبکی توسعه یافته و قسمتهای وسیعی از نواحی شمالی خلیج فارس و تنگه هرمز و مناطق شمال و جنوب دریای عمان را در بر گرفته است. تراکم پلانکتونی تا نواحی مرکزی استان بوشهر پیشروی داشته که به نظر می رسد این پیشروی نسبت به آذر ماه به کندی صورت گرفته است و دلیل این امر نیز کاهش سرعت جریانهای ورودی به خلیج فارس (IOSW) در تقابل با جریانهای بازگشتی از سر خلیج فارس باشد. تراکم جلبکی نیز از سواحل شمالی خلیج فارس به سمت سواحل جنوبی تر کشیده شده است که تا نزدیکی شبه جزیره قطر قابل رویت است.



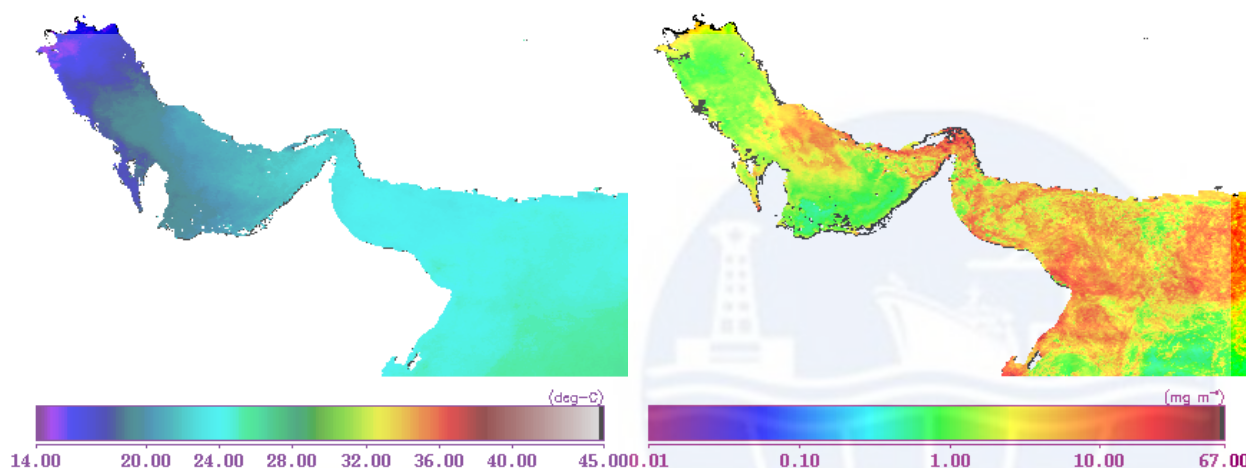
شکل 6: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در دی ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

شکل 7: دوره زمانی بهمن ماه 1387 به طور کلی در

شکل 7: طی دی ماه کاهش میزان تراکم جلبکی در دریای عمان مشاهده می شود، در سواحل شمالی دریای عمان در حرکت از بندر چابهار به سمت بندر جاسک تراکم میانگین افزایش می یابد. کاهش تراکم در محدوده مرکزی خلیج فارس و پیش روی شاخه شمالی توده جلبکی تا استان خوزستان و پیش روی شاخه جنوب غربی تا نزدیکی کشور کویت با فاصله ای دورتر از ساحل از ویژگیهای شکوفایی پلانکتونی در این دوره است. شکل 7 دوره زمانی بهمن ماه 1387 به طور کلی در

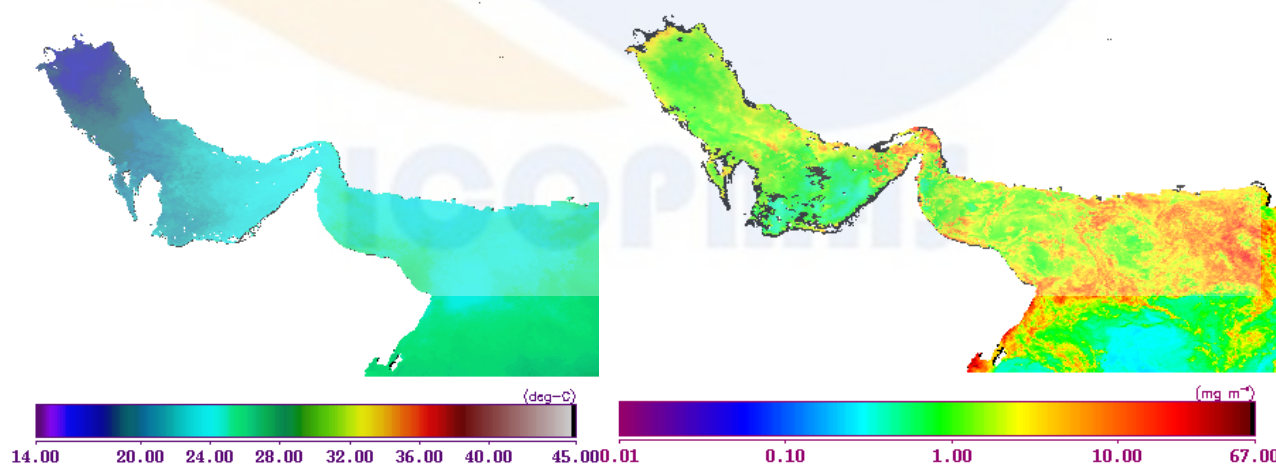
این دوره میانگین تراکم جلبکی در حال کاهش است و به نظر می رسد شکوفایی در خلیج فارس متوقف شده است و توده های جلبکی در حال انباشت هستند. کاهش دما، پایان دوره شکوفایی، کاهش اکسیژن آب و کاهش مواد مغذی را می توان از علل کاهش شکوفایی در این دوره برشمرد. در این دوره دو شاخه شمالی و جنوبی کاملاً تضعیف شده و از بین می رود، اما در محدوده های شمال و جنوب تنگه هرمز تراکم پلانکتونی وجود دارد و در مرکز تنگه تراکم رو به زوال است.

در جنوب دریای عمان شکوفایی کوتاه مدت در اواخر بهمن ماه به وقوع می پیوندد که در مناطق جنوبی با تراکم بیشتر به دلیل تقویت توسط مواد مغذی می باشد این شکوفایی تحت تاثیر پیچک میان مقیاس به نواحی مرکزی دریای عمان کشیده می شود، این امر می تواند ناشی از شرایط محیطی و دمایی بهتر این محدوده نسبت به خلیج فارس که دمای آن به زیر 20 c رسیده است باشد.



شکل 7: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در بهمن ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

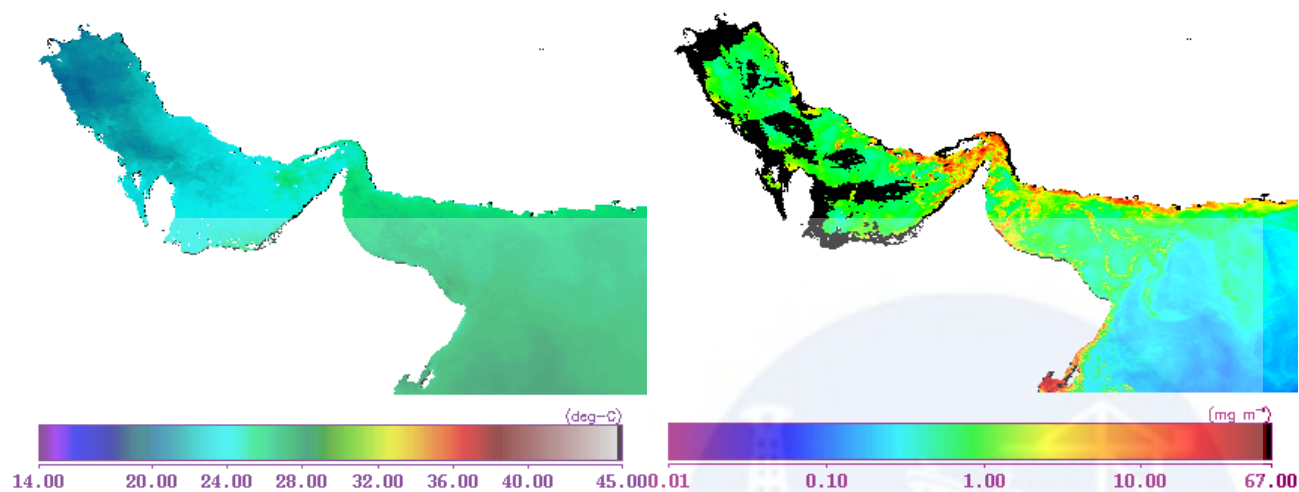
در دوره زمانی اسفند ماه 1387 تضعیف شدید شکوفایی پلانکتونی در کل خلیج فارس در شکل 8 دیده می شود، به غیر از شمال تنگه هرمز که در کل دوره شکوفایی دارای تراکم جلبکی بالایی بوده است در بقیه مناطق خلیج فارس شکوفایی از بین رفته است اما در برخی از مناطق شمالی و جنوبی دریای عمان شکوفایی از بین رفته است.



شکل 8: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در اسفند ماه 87 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

شکل 9 فروردین ماه 88 را نشان می دهد که بیشترین تراکم در شمال تنگه هرمز دیده می شود اما در کل خلیج فارس تراکم شدیداً تضعیف شده و یا از بین رفته است. در دریای عمان نیز تراکم جلبکی کاهش زیادی داشته است. افزایش دمای آب نیز شروع شده است اما تاثیری در افزایش شکوفایی جلبکی نداشته است.

از اردیبهشت ماه 88 تا خرداد این سال تراکم پلانکتونی به شدت کاهش می یابد و فقط در سواحل بندرعباس لکه های پلانکتونی پراکنده ای دیده می شود. به نظر می رسد کشتن قرمز از بین رفته و تراکم پلانکتونی به حداقل میزان خود رسیده است. این روند تا شهریور ماه 1388 حفظ می شود و تراکم جلبکی خاصی در منطقه مشاهده نمی شود.

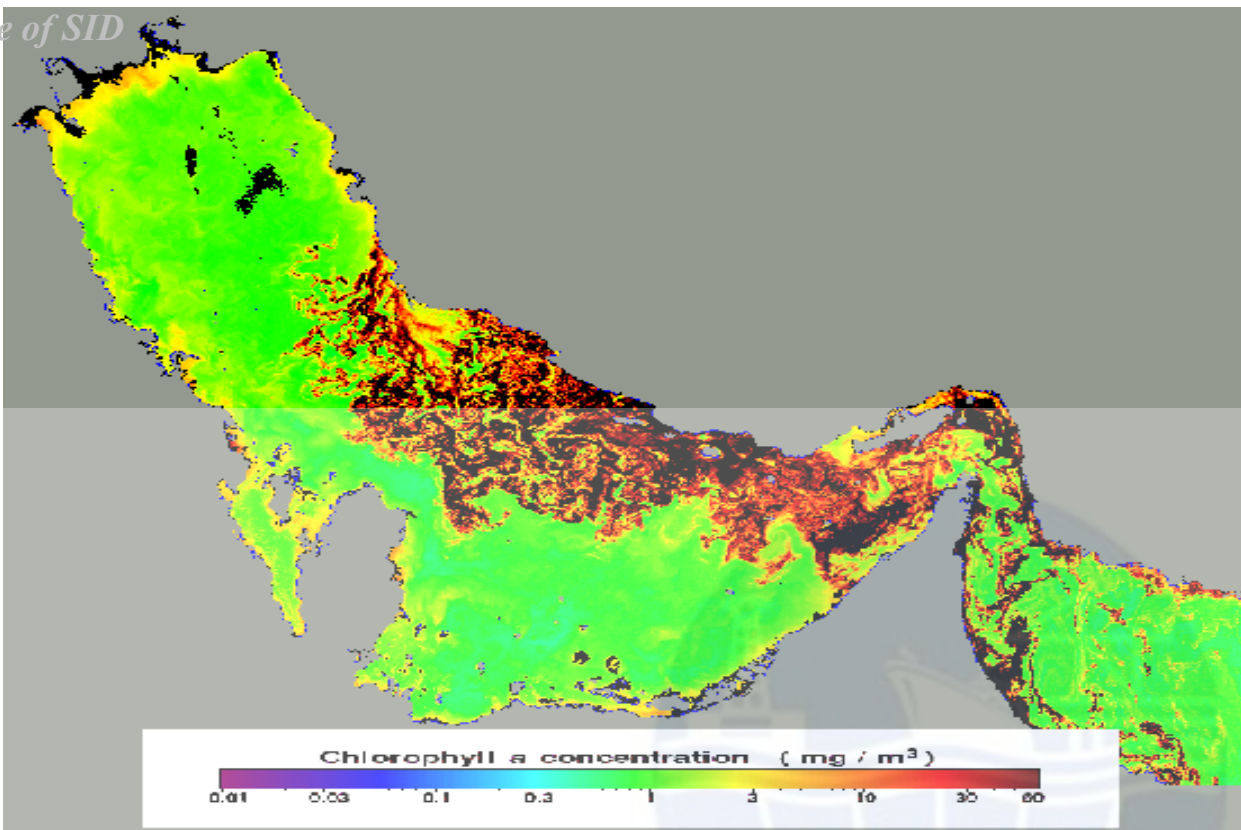


شکل 9: میانگین ماهیانه کلروفیل a و دما در فروردین ماه 88 با استفاده از سنجنده MODIS ماهواره Aqua

بررسی مسیر حرکت و شرایط رشد

مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره ای نشان می دهد مسیر توسعه و افزایش کشتن قرمز از نوع *Cochlodinium polykrikoides* در خلیج فارس و دریای عمان کاملاً مطابق با مسیر گردش کلی آب در خلیج فارس بوده است. در دریای عمان نیز ساختار پیچکهای میان مقیاس اقیانوسی در انتقال جلبک نقش داشته است. شکل 2 نشان می دهد انتقال جلبک از دریای عمان به سمت مرکز و شمال تنگه هرمز و همراهی با آبهای ساحلی ایران وارد خلیج فارس شده است که این مسیر را ادامه داده تا به محور تاو در مرز استانهای هرمزگان و بوشهر رسیده است و از آنجا بخشی از توده جلبکی ادامه مسیر داده و بخشی به سمت مرکز خلیج فارس و سواحل جنوبی خلیج فارس تغییر جهت داده است که در آنجا نیز مجدداً بخش از توده جلبکی به سمت سواحل بحرین و کویت و بخشی دیگر نیز به سمت سواحل امارات متحده عربی حرکت نموده تا از طریق جنوب تنگه هرمز وارد دریای عمان شود.

ICOPMAS



شکل 10: تراکم کلروفیل آب دریا در خلیج فارس و دریای عمان در تاریخ 1 دی ماه 1387 به وسیله سنجنده MODIS

مسیر پیچ در پیچ هر یک توده های پلانکتونی نشان می دهد که حرکت این توده ها کاملاً با حرکات جزر و مدی آب دریا هماهنگ بوده و در مسیر حرکت خود با پیچشهای ناشی از جزر و مد در خلیج فارس و حرکات پیچکی ناشی از گردش فصلی آب در دریای عمان گسترش یافته است.

محدودیت‌های محیطی و زیستی

بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققین کره ای (Kim et al., 2001, 2004; Lee et al., 2001) محدودیت‌های فیزیکی برای رشد این جلبک دمایی بین 21 تا 25 درجه سلسیوس و شوری بین 15 تا 50 psu می باشد که جلبک در سواحل کره با این شرایط رشد می کرد. اما در خلیج فارس و دریای عمان با تغییر شرایط محیطی ما شاهد رشد جلبک در دمایی 29 درجه سلسیوس نیز بودیم. [7]

محدودیت دیگری که باعث توقف رشد و شکوفایی عمدتاً در دریای عمان شده بود کمبود مواد مغذی بود با اینکه در شمال تنگه هرمز که شهرهای صنعتی بندرعباس و قشم وجود دارند و به دلیل نقص در سیستم فاضلاب شهری و صنعتی در کل سال مواد آلی آب دریا بالا است و تقریباً تمام دوره 9 ماهه تراکم جلبکی در آن بسیار بالا بود در بقیه مناطق تراکم جلبکی به صورت دوره ای کاهش و افزایش می یافت که این کاهش و افزایش در مناطق شمالی و جنوبی دریای عمان مشهود بود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق با استفاده از داده های دریافت شده برای دما نشان داد که کاهش دمایی آب تا 25°C باعث افزایش کشتند قرمز شده است. تصاویر ماهواره ای نشان می دهد که در مناطقی که شکوفایی مضر جلبکی (کشتند قرمز) رخ داده است کلروفیل آب افزایش یافته است. در شهرهای صنعتی پر جمعیت حاشیه تنگه هرمز مانند بندرعباس و قشم تراکم جلبکی کشتند قرمز بیشتر است و جریان اصلی آب ورودی به خلیج فارس در انتقال کشتند قرمز به نواحی غربی تر خلیج فارس مؤثر بوده است.

بیشترین تراکم و رشد کشتند قرمز توسط ماهواره در شمال تنگه هرمز قابل رویت می باشد که نزدیک به 9 ماه در این منطقه ماندگار بوده است. رشد و توسعه کشتند قرمز بر اساس الگوی جریان و جزر و مد در خلیج فارس و دریای عمان بوده که در دریای عمان پیچکهای میان مقیاس اقیانوسی نقش مهمی در انتقال توده های جلبکی از جنوب به مرکز و شمال این محدوده را داشته است.

Archive of SID شرایط دمایی (تغییر فصل)، مواد مغذی و محدودیتهای زیستی جلبک را می توان به عنوان عامل ماندگاری طولانی مدت و عدم ماندگاری کشت قرمز در منطقه در نظر گرفت.

مراجع

- [1] Anderson, D.M. (ed.). 1995. ECOHAB, The ecology and oceanography of harmful algal blooms: A national search agenda. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA. 66 pp.
- [2] Kim, D.-I., Matsuyama, Y., Nagasoe, S., Yamaguchi, M., Yoon, Y.-H., Oshima, Y., Imada, N., Honjo, T., 2004. Effects of temperature, salinity and irradiance on the growth of the harmful red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* Margalef (Dinophyceae). *J. Plankton Res.* 26, 61–66.
- [3] Ishizaka, J. 2003. Detection of red tide events in the Ariake Sound, Japan. *Ocean Remote Sensing and Applications*, 4892:264-268
- [4] Lavender, S.J. and S.B. Groom. 2001. The detection and mapping of algal blooms from space. *International Journal of Remote Sensing*, 22(2-3):197-201.
- [5] Reynolds, R.M., 1993. Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman-results from the Mt Mitchell expedition. *Mar. Pollut. Bull.* 27, 35– 59.
- [6] O'Reilly, J.E., Maritorena, S. Mitchell, B.G., Siegel, D.A., Carder, K.L., Garver, S.A., Kahru, M., and McClain, C. 1998. Ocean Color Chlorophyll Algorithms for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research*. 103:24,937-24,953.
- [7] Kim, C.S., Lee, S.G., Lee, C.K., Kim, H.G., Jung, J., 1999. Reactive oxygen species as causative agents in the ichthyotoxicity of the red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *J. Plankton Res.* 21, 2105-2115.

