Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی 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.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران- ایران)

بررسی پدیده کشند قرمز در خلیج فارس و دریای عمان با نرم افزار یک بعدی PROBE[1]

سیده صفورا صدیق مروستی[2] ، بهزاد لایقی[3] ، عباسعلی علی اکبری بیدختی[4] ، صمد حمزه ای[5]

کلید واژه :کشند قرمز، خلیج فارس، دریای عمان، نرم افزار PROBE.

چکیده

پدیده کشند قرمز یا شکوفایی جلبکهای مضر باعث شکوفایی فیتوپلانکتون های مضر در آب دریا و نابودی زیستگاهها و بسیاری از گونه های موجودات دریایی می‌شود. با توجه به مهم بودن این پدیده و اثرات آن بر زیستگاههای جانداران دریایی، مطالعه این پدیده در منطقه خلیج فارس و دریای عمان ضروری است. برای بررسی این پدیده روشهای مختلفی مانند مطالعات میدانی، مطالعات ماهواره ای و مدلسازی عددی وجود دارد. استفاده از روشهای عددی به سبب هزینه اندک و امکان بررسی پارامترهای مختلف از مزایای بالایی برخوردار است. بدین منظور نرم افزار یک بعدی PROBE برای ایستگاههای مختلف عمان، تنگه هرمز، خلیج فارس آزموده شده است. PROBE برنامه لایه های مرزی در محیط است که در این کار به عنوان یک حل کننده معادلات برای انتقال یک بعدی بکار گرفته شده است. با توجه به مقدار غلظت پلانکتون در منطقه خلیج فارس و عمان می توان فرض کرد که از نوع پلانکتون های نوع دوم یعنی از گروههای جلبکهای سبز- آبی که وابسته به فسفات و دما و شوری هستند، می باشند. داده های ورودی مدل شامل داده های سینوپنیک هواشناسی: دمای هوا، مؤلفه های u و V سرعت باد، ابرناکی و رطوبت نسبی در ماه فوریه ۲۰۰۸ می‌باشند.

با توجه به نتایج حاصله، به نظر می رسد در ایستگاه های ۱۲ ، ۱۶ ، ۲۲ که در تنگه قرار دارد بدلیل وجود اختلاط شدید مدل نمی تواند مقدار غلظت پلانکتون را به خوبی شبیه سازی نماید البته نتایج دما ، شوری ، فسفات و نیترات با داده های اندازه گیری تقریبا همخوانی دارد. در ایستگاه های ۲ ، ۲۶ ، ۳۰ که در خلیج فارس و عمان قرار دارند در جایی که مقدار دما و شوری و مواد مغذی ماکزیمم می باشد غلظت پلانکتون نیز که وابسته به این پارامترهاست نیز به ماکزیمم خود می رسد. همانطور که پیش بینی شده بود مقدار غلظت پلانکتون نوع دوم از نوع اول بیشتر می باشد.

مقدمه

پدیده کشند قرمز یا شکوفایی جلبکهای مضر که در آب دریا اتفاق می افتد، باعث شکوفایی فیتوپلانکتون های مضر در آب دریا می شود که مقدار معمول آن ۲۰۰۰ عدد در لیتر است و با این پدیده آب دریا به رنگ قرمز یا مایل به قرمز در می آید و باعث نابودی زیستگاهها و بسیاری از گونه های موجودات دریایی می شود. همچنین پدیده Red tide به فیتوپلانکتون های سطحی بستگی دارد. این پدیده در بسیاری از مناطق دریایی جهان مانند سواحل کره، هنگ کنگ، چین، ژاپن، کشورهای حوزه دریای سیاه و مدیترانه و عمده خلیج فارس دردسرساز شده است. شکوفایی مضر جلبکی توسط Cochlodinium polykrikoides از خانواده Dinoflagiate در سپتامبر ۲۰۰۸ از جنوب دریای عمان، تنگه

---

[1] Program for Boundary Layers in the Environment

[2] دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و فنون دریایی، safoora.seddigh@gmail.com
[3] دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و فنون دریایی، layeghi۲۰۰۱@yahoo.com
[4] استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و فنون دریایی، bidokhti@ut.ac.ir
[5] دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و فنون دریایی، sh_hamzei@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

هرمز و خلیج فارس کشیده شد و بیشتر از ۹ ماه طول کشید. دینامیک این نوع فیتوپلانکتون به گونه ای است که اکسیژن فعال ازاد می کند و باعث اکسید شدن ابشش ماهی ها می گردد بنابراین در زمان وقوع پدیده کشند قرمز مقدار اکسیژن در آن منطقه افزایش یافته است و با توجه به اینکه محدوده دمای مناسب برای رشد فیتوپلانکتون ها در زمستان وجود دارد، مشاهده وقوع این پدیده در فصل زمستان بوده است. با توجه به مهم بودن این پدیده و اثرات آن مطالعه این امر ضروری است.

عوامل مؤثر در پدیده کشند قرمز

۱) دما: دمای آب باعث رشد فیتوپلانکتونهاست در فصولی از سال که دمای آب کمتر است رشد آنها نیز کمتر دیده می شود معمولاً رنج دمای مؤثر برای رشد فیتوپلانکتون ها ۳۰c– ۲۵ می باشد که بسته به شرایط آب و هوایی منطقه که این محدوده دما در چه پدیده در فصل تابستان مشاهده می شود ولی در منطقه خلیج فارس در کشورها این محدوده دما در فصل زمستان وجود دارد.

۲) نور: فیتوپلانکتون موجودات زنده ای هستند که برای رشد نیاز به نور هم دارند لذا عمق نفوذ نور و شدت نور، در این پدیده مهم می باشد. فیتوپلانکتون یک نوع جلبک است که در آن پدیده فتوسنتز اتفتق می افتد لذا اثر روز و شب نیز در وقوع Redtide مهم است.

۳) مواد مغذی (Nutrient):

الف: ورودی رودخانه ها

ب: فاضلابهای خانگی و صنعتی

ج: لایه ترموکلاین: شناخت لایه ترموکلاین مهم است چون در این لایه مواد مغذی و نور کافی است.

د: اثر باد: اثر باد روی Upwelling که مواد مغذی را از کف به سطح می آورد و باعث رشد فیتوپلانکتون های سطح می شود مهم می باشد.

ه: گرد و غبار بیابان ها: دانه های گرد و غبار که با وزش باد روی بیابان ها و ورود دانه ها به دریا باعث افزایش مواد مغذی می گردد.

ز: فرآیندهای فیزیکی: جریان، باد، جزرومد، اثر لایه بندی آب و..... مهم می باشد. نرخ رشد فیتوپلانکتون به همراه شرایط هیدرو دینامیکی آب مهم می باشد. به طور مثال در یک مکان نرخ رشدی وجود دارد ولی آنقدر جریان زیاد است که فیتوپلانکتون ها را با خود می برد ولی همین نرخ رشد برای شرایط هیدرودینامیکی دیگری برای وقوع Red tide مناسب است.

* مجموعه عوامل ذکر شده در فوق در وقوع پدیده کشند قرمز دخالت دارند، اما رفتار و دینامیک فیتوپلانکتون ها نیز متفاوت است:

۱) با بوجود آمدن شرایط مناسب و افزایش مواد مغذی، نرخ فیتوپلانکتون ها نیز افزایش یافته و با توجه به اینکه فیتوپلانکتون موجود زنده است و اکسیژن مصرف می کند مقدار اکسیژن کاهش می یابد.

۲) دسته ای از فیتوپلانکتون ها، علاوه بر مصرف اکسیژن، سم هم ترشح می کنند بنابراین علاوه بر کاهش اکسیژن، آب هم سمی خواهد شد.

۳) دسته دیگری از فیتوپلانکتون ها سم تولید نمی کنند ولی اکسیژن فعال آزاد می کند که روی آبشش ماهی قرار می گیرد و باعث اکسید شدن آبشش ماهی ها و موجودات زنده و مرگ و میر آنها خواهد شد اما در این فرآیند بدلیل آزاد شدن اکسیژن فعال مقدار اکسیژن افزایش خواهد یافت.

در کشور ما در زمستان سال ۱۳۷۸ (فوریه سال ۲۰۰۸) پدیده کشند قرمز در خلیج فارس و تنگه هرمز مشاهده شده است که علاوه بر آنکه بسیاری از گونه های زیست محیطی در معرض نابودی قرار گرفته اند، مشکلات زیادی را برای ساکنین آن منطقه ساحل نشین داشته است.

با توجه به مطالعات قبلی مشخص شده است که این پدیده در خلیج فارس و دریای عمان و تنگه هرمز در تابستان و زمستان اتفاق می افتد. معمولاً، گونه های محلی خانواده Nictolica در تابستان رشد می کنند و گونه ی محلی خانواده Dinoflagiate در زمستان رشد می کند.

شکوفایی مضر جلبکی توسط Cochlodinium polykrikoides از خانواده Dinoflagiate در سپتامبر ۲۰۰۸ از جنوب دریای عمان، تنگه هرمز و خلیج فارس کشیده شد و بیشتر از ۹ ماه طول کشید. دینامیک این نوع فیتوپلانکتون به گونه ای است که اکسیژن فعال ازاد می کند و باعث اکسید شدن ابشش ماهی ها می گردد بنابراین در زمان وقوع پدیده کشند قرمز مقدار اکسیژن در آن منطقه افزایش یافته است و با توجه به اینکه محدوده دمای مناسب برای رشد فیتوپلانکتون ها در زمستان وجود دارد، مشاهده وقوع این پدیده در فصل زمستان بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به مهم بودن این پدیده و اثرات آن مطالعه این امر ضروری است. برای بررسی این پدیده روشهای مختلفی وجود دارد:

۱) مطالعات میدانی و استفاده از داده های اندازه گیری شده

۲) مطالعات ماهواره ای

۳) مطالعات آزمایشگاهی

۴) مدلسازی عددی

مطالعات میدانی و ماهواره ای علیرغم محدودیتهای زیادی که دارد مانند کمبود داده های مناسب در زمان وقوع پدیده و همچنین سطحی بودن اطلاعات ماهواره ای، توسط حمزه ای و همکاران انجام شده است و مدلسازی عددی که باید برای شبیه سازی این پدیده معادلات فیزیکی و بیولوژیکی به صورت کوپل شده با هم در در نظر گرفته شود و سناریوهای مختلفی را باید بررسی نمود.

مدلسازی این پدیده را به صورت یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی می توان انجام داد.

نرم افزارهای یک بعدی مثل PROBE، GOTM و ..... و نرم افزارهای Mike و Coherense برای شبیه سازی دوبعدی و سه بعدی مناسب می باشند.کارایی یک نرم افزار یک بعدی نمونه برای منطقه خلیج فارس و دریای عمان باید آزموده شود احتمالاً در منطقه تنگه هرمز که این پدیده در سال ۱۳۷۸ بیشتر مشاهده شده است بدلیل اختلاط های شدید، همچنین تداخل آبهای ورودی و خروجی در تنگه مدل یک بعدی که اثر اختلاط را در نظر نمی گیرید، کارایی مناسبی ندارد.

به این منظور توسط نرم افزار PROBE در ایستگاههای مختلف عمان، تنگه هرمز، خلیج فارس مدل یک بعدی اجرا شده است تا این امر را بررسی کنیم.

PROBE برنامه لایه های مرزی در محیط است که در این کار به عنوان یک حل کننده معادلات برای انتقال یک بعدی بکار گرفته شده است. PROBE در فرترن ۷۷ استاندارد، نوشته شده است و از دو بخش تشکیل شده است، بخش اصلی یا Main که معادلات اصلی را شامل می شود و زیربخشی به نام Case که برای مثال های گوناگون می توان به صورت ضمیمه به برنامه اصلی اضافه کرد و هر نوع اصلاحی باید روی زیر بخش Case انجام شود.

تمام معادلات دیفرانسیلی به صورت معادله بقا نوشته می شود و گسسته سازی آن به روش تفاضل محدود است. برای بررسی پدیده کشند قرمز باید معادلات فیزیکی و بیولوژیکی را با هم در نظر بگیریم:

الف: معادلات فیزیکی:

معادله دیفرانسیل کلی را در یک سیستم قائم می نویسیم، که معادله اصلی مدل در PROBE است:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial\phi}{\partial t}+W\frac{\partial\phi}{\partial z}&=\frac{\partial}{\partial z}\left(\Gamma_{\psi}\frac{\partial\phi}{\partial z}\right)+S_{\psi}\\ \Gamma_{\varphi}&=\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{\varphi\text{eff}}}\end{aligned}\right\} \qquad (۱)$$

که φ خاصیت میانگین است (به عنوان مثال تکانه، دما، شوری، اکسیژن، یا غلظت سایر ترکیبات شیمیایی است)، W سرعت میانگین قائم، S_{φ} عبارت چشمه و چاه مربوط به خواص مورد نظر، Γ_{φ} ضریب انتشار موثر، μ_{eff} و $\sigma_{\varphi\text{eff}}$ وشکسانی دینامیکی موثر و عدد پرانتل/اشمیت موثر برای φ هستند. مختصات مکان، z و مختصات زمان t می باشد. شرایط مرزی برای افزودن به این معادله مورد نیاز است. معادله فوق شامل فرایندهایی است که در ابعاد قائم و زمان عمل می کند، بنابراین تغییرات در راستای افقی را شامل نمی شود. با این حال، تغییرات در راستای افق، به عنوان مثال ناشی از جریان آب، می تواند به وسیله سرعت متوسط قائم، با انتگرال گیری از معادله پیوستگی مدل سازی شود:

$$W(z)=\left[Q(z)_{\text{in}}-Q(z)_{\text{out}}\right]/A(z) \qquad (۲)$$

که سرعت قائم در عمق z از ورودی و خروجی در همان عمق به دست می آید و بر سطح توده آب در همان عمق تقسیم می شود.
معادله انتقال برای تکانه افقی به شکل زیر است:

$$\frac{\partial\rho_0 U}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho_0}\frac{\partial\rho U}{\partial z}\right]+f\rho_0 V-C_{\text{decay}}\rho_0 U$$

$$\frac{\partial\rho_0 V}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho_0}\frac{\partial\rho V}{\partial z}\right]-f\rho_0 U-C_{\text{decay}}\rho_0 V$$

www.SID.ir

Archive of SID

(۳)

که U و V مولفه های شرقی و شمالی جریان هستند، f پارامتر کوریولیس، .ρ چگالی آب که در معادله حاضر به عنوان ثابت و مساوی با ۱۰۰۰ ($m^3\ s^{-1}$) در نظر گرفته شده، C_{decay} یک ثابت، و μ_{eff} ویسکوزیته دینامیکی موثر است.
ویسکوزیته دینامیکی موثر اکنون به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{eff}} = \frac{\mu}{\sigma} + \frac{\mu_T}{\sigma_T} \qquad (۴)$$

که μ و μ_T ویسکوزیته دینامیک و تلاطمی، و σ، σ_T و σ_{eff} عدد پرانتل، پرانتل تلاطمی و پرانتل موثر هستند. انتقال تلاطمی قائم در لایه مرزی سطحی با استفاده از مدل k-ε ، مدل دو معادله ای تلاطم که در آن معادله انتقال برای انرژی جنبشی تلاطم k و آهنگ تضعیف آن ε محاسبه می شود. معادله انتقال برای k به صورت زیر است:

$$\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho_0 \sigma_k}\frac{\partial k}{\partial z}\right] + \frac{\mu_{eff}}{\rho_0}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] - \varepsilon \qquad (۵)$$

که σ_k عدد اشمیت برای k است. معادله مربوطه برای ε به صورت زیر است:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho_0 \sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right] + C_{1\varepsilon}\frac{\mu_{eff}}{\rho_0}\frac{\varepsilon}{k}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] - C_{2\varepsilon}\frac{\varepsilon^2}{k} \qquad (۶)$$

که σ_ε عدد اشمیت برای ε، و $C_{1\varepsilon}$ و $C_{2\varepsilon}$ ثابت هستند. در لایه مرزی اکمن فرض می کنیم که شارش شاره تلاطمی است، آنگاه ویسکوزیته دینامیکی موثر به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\mu_{eff} = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \qquad (۷)$$

که C_μ ثابت است. تنش باد τ_x^a و τ_y^a با استفاده از فرمول بندی اندازه استاندارد محاسبه می شود و شرایط مرزی برای معادله تکانه به صورت زیر است:

$$\frac{\mu_{eff}}{\rho_0}\frac{\partial \rho_0 U}{\partial z} = \tau_x^a$$
$$\frac{\mu_{eff}}{\rho_0}\frac{\partial \rho_0 V}{\partial z} = \tau_y^a \qquad (۸)$$

که مولفه های تنش باد در دو جهت x و y می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$\tau_x^a = \rho^a C_d^a U^a W^a$$
$$\tau_y^a = \rho^a C_d^a V^a W^a \qquad (۹)$$

که اندیس a هوا را نشان می دهد، ρ^a چگالی هوا و مساوی با ۱/۳(kgm^{-3}) ، U^a و V^a مولفه های باد در جهت x و y هستند، $W^a = \sqrt{(U^a)^2 + (V^a)^2}$ سرعت باد است، و C_d^a ضریب تنش باد مورد استفاده برای شرط مرزی پایین تر است.
معادله بقای گرما به صورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{\partial \rho c_p T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho \sigma_{eff}}\frac{\partial \rho c_p T}{\partial z}\right] + \Gamma_{Sun} \qquad (۱۰)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که c_p و T ظرفیت گرمایی و دمای آب هستند، و Γ_{sun} عبارت چشمه برای تابش طول موج کوتاه است. عبارت چشمه به صورت زیر است:

$$\Gamma_{Sun} = F_s^w(1-\eta)e^{-\beta(D-z)} \quad (11)$$

که F^w_s تابش طول موج کوتاه از طریق آب های سطحی، η بخش مادون قرمز تابش موج کوتاه که در لایه سطحی به دام می افتد، β ضریب جذب حجمی آب، و Dعمق آب است.

اکنون یک معادله برای بقای شوری به مدل اضافه می کنیم:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + W\frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{eff}}\frac{\partial S}{\partial z}\right] \quad (12)$$

که S شوری است.

ب: معادلات بیولوژیکی:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial {}^{O_2}C}{\partial t} + W\frac{\partial {}^{O_2}C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{O_2}}\frac{\partial {}^{O_2}C}{\partial z}\right] + S_{O_2C}\\
&\frac{\partial {}^{pp}C}{\partial t} + W\frac{\partial {}^{pp}C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{{}^{pp}C}}\frac{\partial}{\partial z}{}^{pp}C\right] + S_{{}^{pp}C}\\
&\frac{\partial {}^{n}C}{\partial t} + W\frac{\partial {}^{n}C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{{}^{n}C}}\frac{\partial}{\partial z}{}^{n}C\right] + S_{{}^{n}C}\\
&\frac{\partial {}^{a}C}{\partial t} + W\frac{\partial {}^{a}C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{{}^{a}C}}\frac{\partial}{\partial z}{}^{a}C\right] + S_{CO_2}\\
&\frac{\partial {}^{b}C}{\partial t} + W\frac{\partial {}^{b}C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\mu_{eff}}{\rho\sigma_{{}^{b}C}}\frac{\partial}{\partial z}{}^{b}C\right] + S_{CaCO_3}
\end{aligned}\right\} \quad (13)$$

S_{CO_2} چشمه و چاه های CO_2 وابسته به تولیدات بیولوژیکی را نشان می دهد (مثل فتوسنتز) معادله ^{b}C فقط چشمه و چاههای سنگ آهک ($Ca\ CO_3$) مربوط به صدف از رشد و انحطاط فیتوپلانکتون را شامل می شود. بقیه علامتها در ادامه هستند: ^{pp}C غلظت فیتوپلانکتون و ^{n}C غلظت مواد مغذی محدود کننده هستند که به عنوان غلظت فسفرهای غیرآلی حل شده مدل شده اند، ما تنها رشد پلانکتون، رسوبگذاری و معدنی شدن را فرض می کنیم، ترم های چشمه و چاه عبارتند از:

$$\left.\begin{aligned}
&S_{O_2} = G_p{}^{pp}C s_{O_2} - \alpha_{1m} W_{min}\\
&S_{{}^{n}C} = G_p{}^{pp}C + w_p\frac{\partial {}^{pp}C}{\partial z} - \alpha_{1m} W_{min}/s_{O_2}\\
&S_{{}^{n}C} = -G_p{}^{pp}C s_P + \alpha_{1m} W_{min} s_P/s_{O_2} + \alpha_{2s} W_{P_{sed}}\\
&S_{CO_2} = -G_p{}^{pp}C s_{CO_2} + \alpha_{1m} W_{min} s_{CO_2}/s_{O_2}\\
&S_{CaCO_3} = 0
\end{aligned}\right\} \quad (14)$$

G_p رشد خالص توده فیتوپلانکتون است و W_pسرعت Sink کردن یا نشست کردن توده فیتوپلانکتون و s_{CO_2}, s_P, s_{O_2} روابط استوکیومتری هستند که غلظت پلانکتون را به اکسیژن، فسفرها و کربن با ثابت ۱۳۸ و۱و ۱۰۶ به ترتیب تبدیل می کنند.

فرض می کنیم که فیتو پلانکتون صدف حلزونی تولید نمی کند، اگر فرض شود که پلانکتون صدف تولید کند، این باید به عنوان ترم چشمه در معادله b_c وارد شود .

شرایط مرزی سطح آب و هوا عبارتند از:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{O_2}}\frac{\partial\, {}^{O_2}C}{\partial z} = F_{O_2}\\
&\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{wC}}\frac{\partial\, {}^{pp}C}{\partial z} = 0\\
&\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{nC}}\frac{\partial\, {}^{n}C}{\partial z} = 0\\
&\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{nC}}\frac{\partial\, {}^{a}C}{\partial z} = F_{CO_2}\\
&\frac{\mu_{\text{eff}}}{\rho\sigma_{nC}}\frac{\partial\, {}^{b}C}{\partial z} = 0
\end{aligned}\right\} \qquad (۱۵)$$

فلاکس عبارت است از:

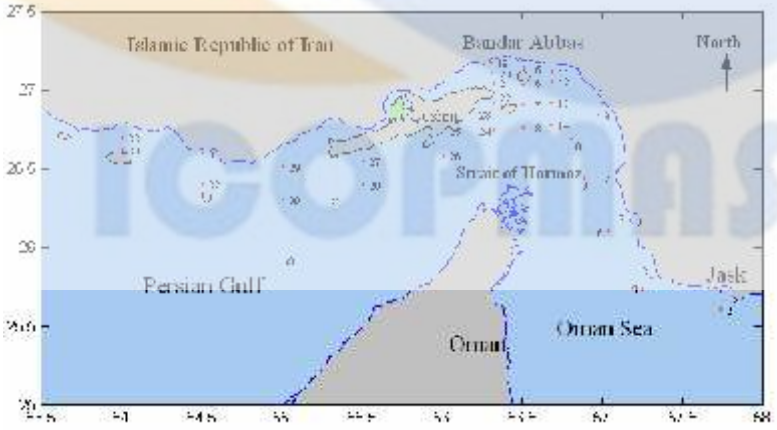
$$\left.\begin{aligned}
F_{O_2} &= r_{O_2}(O_2 - O_{2\text{sat}}(1 + c_{Da}))\\
F_{CO_2} &= k_{wCO_2}\alpha_{CO_2}(pCO_2^w - pCO_2^a)
\end{aligned}\right\} \qquad (۱۶)$$

با حل این معادلات برنامه PROBE می توان مثال های مختلفی را حل کرد. اما مسئله مورد بررسی از نظر ما مقدار غلظت پلانکتون می باشد. برنامه PROBE دو نوع پلانکتون را فرض می کند. پلانکتون نوع اول که رشد آن فقط وابسته به مقدار فسفات و نیترات است و پلانکتون نوع دوم (از گروه جلبکهای سبز – آبی) فقط وابسته به فسفات است ولی به دما و شوری هم بستگی دارد.

با توجه به مقدار غلظت پلانکتون در منطقه خلیج فارس و عمان می توان فرض کرد که از نوع پلانکتون های نوع دوم در برنامه PROBE یعنی از گروههای جلبکهای سبز– آبی که وابسته به فسفات و دما و شوری هستند، می باشند.

ابتدا با توجه به داده های سینوپنیک فایل داده های هواشناسی که شامل دمای هوا مؤلفه های u و V سرعت باد، ابرناکی و رطوبت نسبی است، آماده وبه مدل معرفی شده است. (این داده ها برای ماه فوریه ۲۰۰۸ یا اسفند ۱۳۸۷ می باشند.)

با توجه به ایستگاههای اندازه گیری که مطابق شکل زیر معرفی شده است و در این ایستگاهها اندازه گیری میدانی صورت گرفته است.



شکل ۱– موقعیت ایستگاه های اندازه گیری پلانکتون

برای ایستگاههای شماره ۲ (دریای عمان)، ۱۲، ۱۶ (تنگه هرمز) و ۳۰ (خلیج فارس) مدل اجرا شده است.

برای هر ایستگاه باید مقدارهای زیر را مشخص کنیم که برای نمونه برای ایستگاه شماره ۲ (جاسک) بیان می گردد.

عرض جغرافیای منطقه =FLAT =۲۵ درجه

دمای عمق =TBOT =۲۴,۳

www.SID.ir

Archive of SID

دمای سطح =TSUR =۲۳,۴

شوری عمق =SBOT =۳۶,۸

شوری کف =SSUR=۳۶,۸

عمق =ZDIM = متر ۳۴

عمق بالای ترموکلاین=ZST۱ =۰

عمق پایین ترموکلاین =ZSTZ =۳۰

فسفات عمق= NCBOT= $4.5\ \mu gr/_{lit}$ $4.5 \times 10^{-6} gr/lit$ $\frac{4/5\times10^{-6}}{96} = 0.045 \times 10^{-6}\ \frac{mol}{lit}$

نیترات عمق= TNBOT = $\frac{159.4\times10^{-6}}{76} = 2.59 \times 10^{-6}\ \frac{mol}{lit}$

اکسیژن عمق= O_2BOT = $\frac{7180}{32} = 224.37 \times 10^{-6}\ \frac{mol}{lit}$

مقدار فسفات، نیترات و اکسیژن را با واحد $\frac{mol}{lit}$ به صورت میانگین در عمق و سطح مقدار یکسان فرض می شود.

برای محاسبه تعداد گام زمانی برای ماه فوریه که ۲۸ روز می باشد داریم: (با توجه به اینکه گام زمانی ۶۰۰s می باشد.)

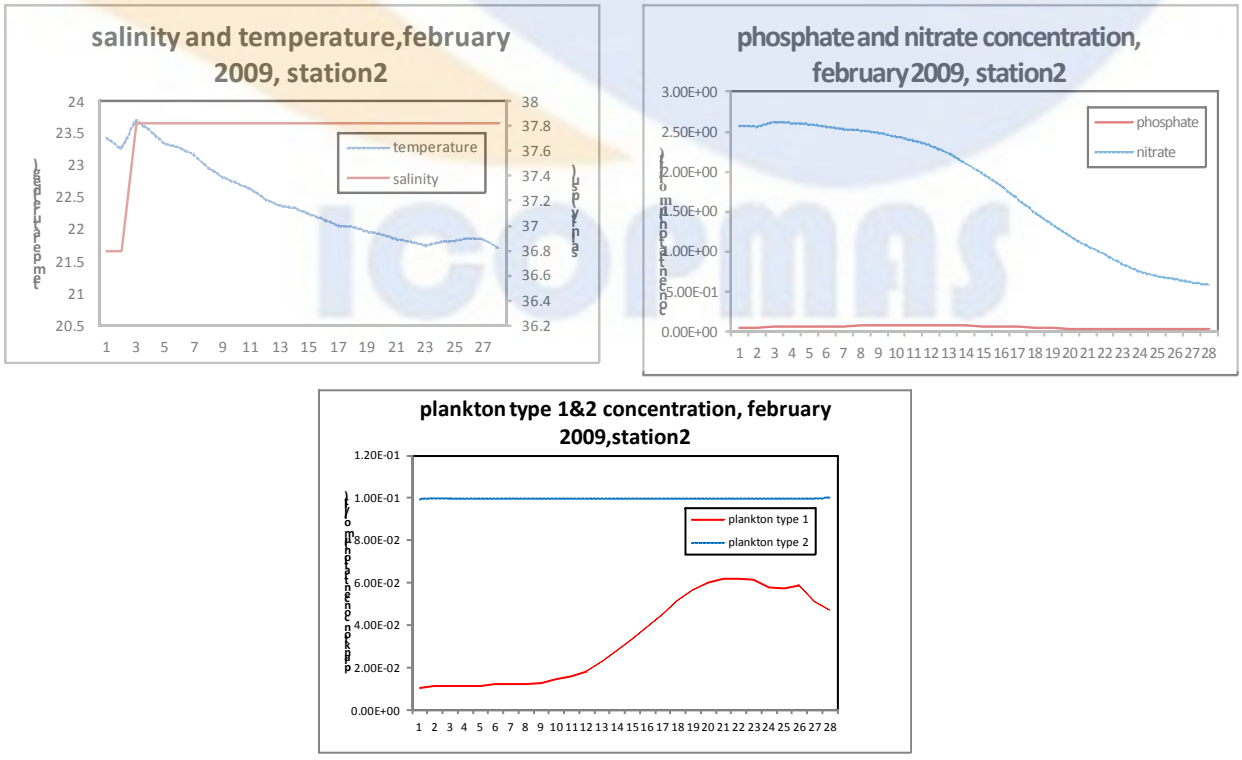
$$\frac{28 \times 24 \times 3600}{600} = 4032$$

تعداد گام زمانی =Lstep =۴۰۳۲

برای تمام ایستگاهها این مقادیر به صورت جداگانه محاسبه و در برنامه تغییر داده شده است. مقدار اولیه پلانکتون را به صورت پیش فرض برابر با 1×10^{-3} فرض می کنیم.

خروجی های برنامه برای ایستگاههای مختلفی در خلیج فارس، تنگه هرمز و عمان بدست آمده است تا بتوان قابلیت برنامه PROBE را برای شرایط اختلاط و عمق های مختلف آزمود.

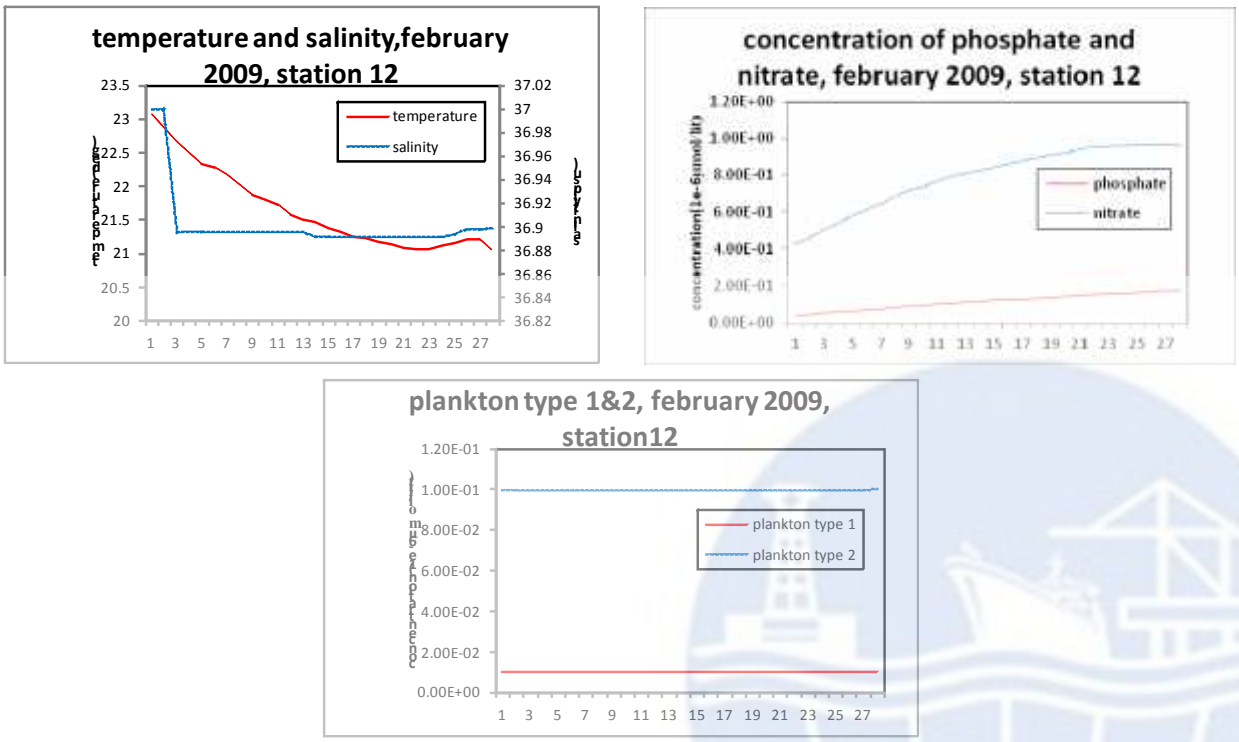
خروجی های برنامه که شامل دما،شوری مقدار مواد مغذی شامل فسفات و نیترات ،مقدار غلظت پلانکتون نوع اول و دوم می باشد برای ایستگاه شماره ۲ بصورت زیر است:



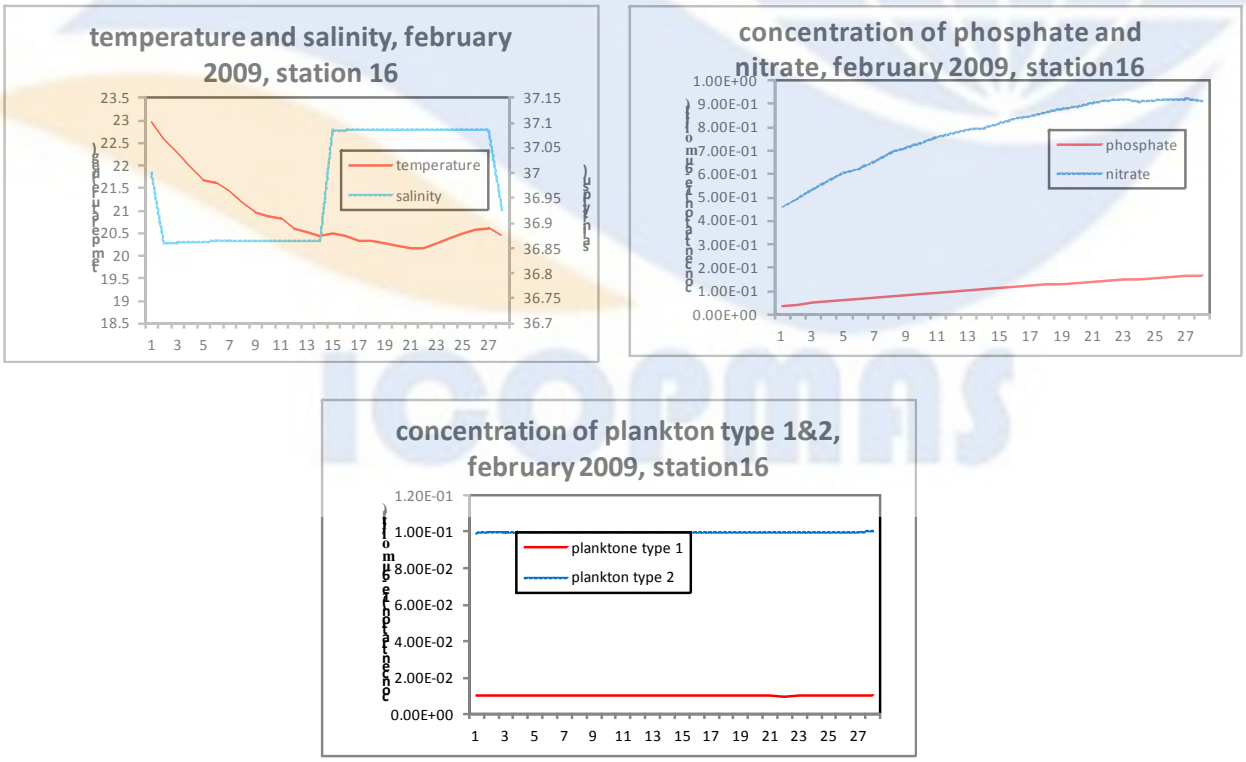
شکل ۲- نمونه خروجی مدل برای ایستگاه شماره ۲ (دریای عمان)

www.SID.ir

Archive of SID



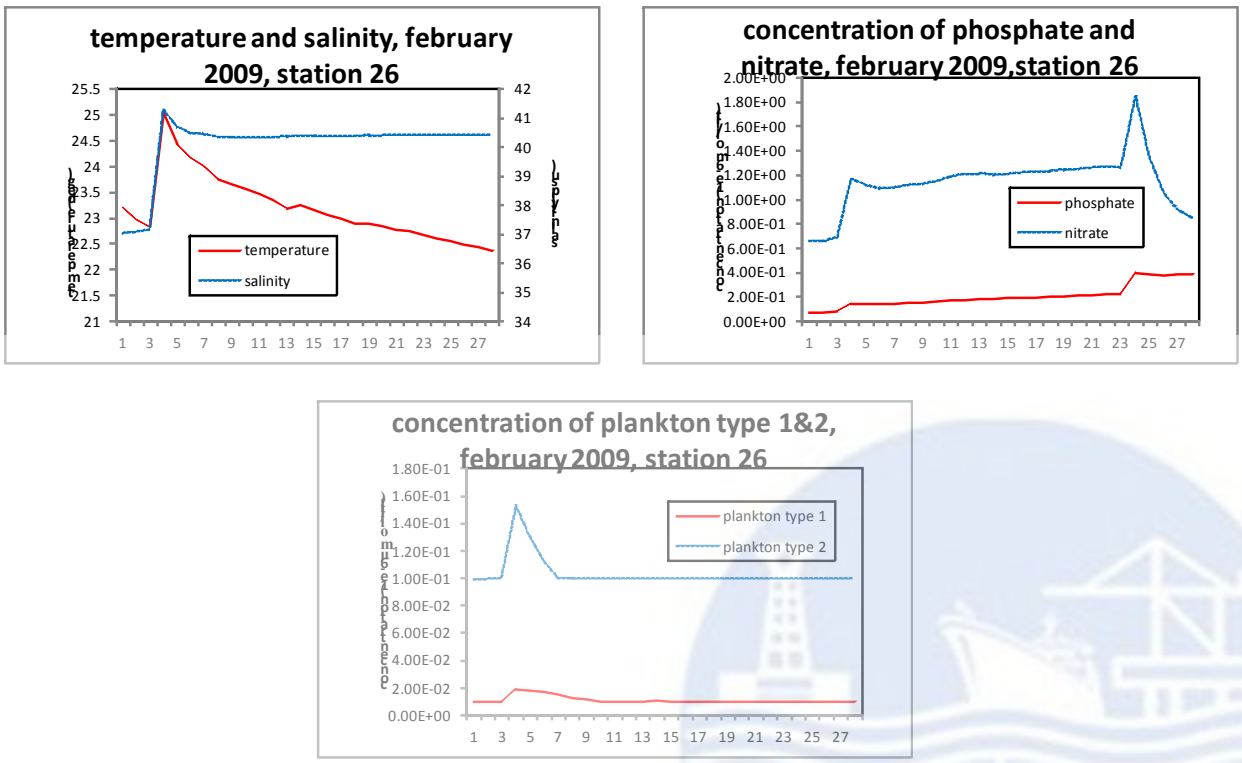
شکل ۳- نمونه خروجی مدل برای ایستگاه شماره ۱۲ (تنگه هرمز)



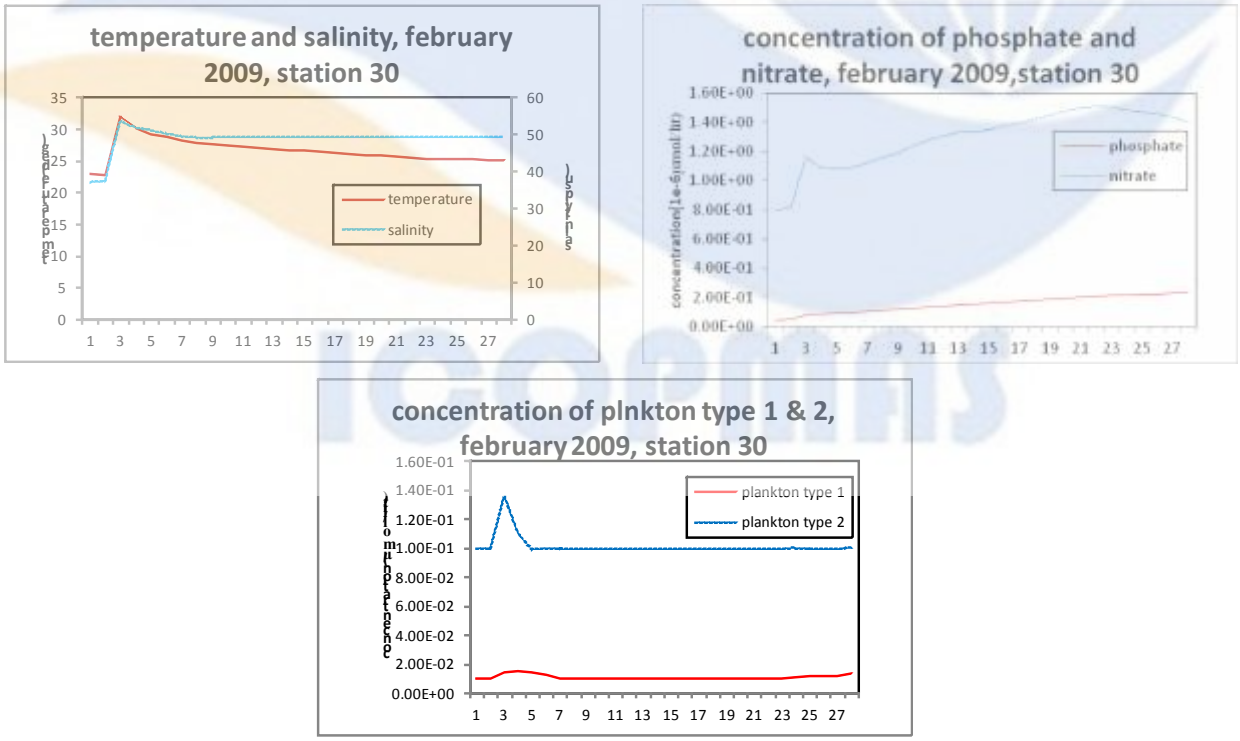
شکل ٤- نمونه خروجی مدل برای ایستگاه شماره ١٦ (تنگه هرمز)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- نمونه خروجی مدل برای ایستگاه شماره ۲۶ (خلیج فارس)



شکل ٦- نمونه خروجی مدل برای ایستگاه شماره ۳۰ (خلیج فارس)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

به نظر می رسد در ایستگاه های ۱۲ ، ۱۶ که در تنگه قرار دارد بدلیل وجود اختلاط شدید مدل نمی تواند مقدار غلظت پلانکتون را به خوبی شبیه سازی نماید البته نتایج دما ، شوری ، فسفات و نیترات با داده های اندازه گیری تقریبا همخوانی دارد. در ایستگاه های ۲ ، ۲۶ ، ۳۰ که در خلیج فارس و عمان قرار دارند در جایی که مقدار دما و شوری و مواد مغذی ماکزیمم می باشد غلظت پلانکتون نیز که وابسته به این پارامترهاست نیز به ماکزیمم خود می رسد. همانطور که پیش بینی شده بود مقدار غلظت پلانکتون نوع دوم از نوع اول بیشتر می باشد.

مراجع

۱. Omstead.A,(۲۰۱۱), Guide to Process Based Modeling of Lakes and Coastal Seas, Springer

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of Red Tide in Persian Gulf and Oman Sea Using PROBE One Dimensional Model

S. S. Moroosti
Ph.D candidate, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch
safooraseddigh@gmail.com

B. Layeghi
PhD candidate, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch
Layeghi2001@yahoo.com

A. Ali Akbari Bidokhti
Professor, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch
Bidokhti@ut.ac.ir

S. Hamzehi
Ph.D candidate, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch
Sh_hamzei@yahoo.com

Abstract:

The red tide or harmful seaweeds blossoming causes in efflorescence of harmful phytoplankton in sea water and destroys habitats and lots of aquatics species. Considering the importance of this phenomenon and its effects on marine organisms' habitats, the study of this phenomenon in Persian Gulf and Oman Sea regions seems necessary. There are various methods for investigating this phenomenon such as field study, satellite study and numerical modeling. Because of low costs and the possibility of investigating various parameters, using numerical modeling has lots of benefits. Thus, the one-dimensional ROBE software was tested for various stations of Oman, Hormoz strait, and Persian Gulf. PROBE is a program for boundary layers in the environment which has been applied as a solver of one-dimensional transmission equations. Regarding the amount of plankton concentration in Persian Gulf and Oman Sea region, it can be supposed that these planktons are type 2 or from green-blue seaweeds group which are dependent on phosphate, temperature and salinity. Considering the results, it seems that in stations 12, 16 and 22, which are in the strait; because of intense mixture the model can't simulate the plankton concentration well. But, the temperature, salinity, phosphate and nitrate results almost comply with measurement data. In stations 2, 26, and 30 which are in Persian Gulf and Oman Sea, when the temperature, salinity, and nutrients are at their maximum level, the plankton concentration which is dependent on these parameters reaches to its maximum level too. As it was forecasted, the concentration of plankton type 2 is more than type 1.

Key words: red tide, Persian Gulf, Oman Sea, PROBE software (Program for Boundary Layers in the Environment)

www.SID.ir