

برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی در تنگه هرمز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس

هیوا علمیزاده^{۱*}، خسرو فاضل‌پور^۲

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: elmizadeh@kmsu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد محیط زیست دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر، پست الکترونیکی: fazelpoor68@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۶

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۱۸

چکیده

این مقاله با هدف بررسی و برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی مانند شوری، کدورت، دما و کلروفیل-a، آب‌های ساحلی تنگه هرمز را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس، مورد مطالعه قرار داده است. جهت سنجش و برآورد این پارامترها از الگوریتم‌های جهانی و تصاویر سنجنده مودیس استفاده شد. ماتریس محتوی اطلاعات و داده‌های استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از کدنویسی و شبیه‌سازی نرم‌افزاری در نرم‌افزار Matlab، استخراج گردید و در نهایت توسط اعمال فیلتر در نرم‌افزار Arc GIS، میزان این پارامترها در طول و عرض جغرافیایی منطبق بر داده‌های دریایی دیگر محاسبه شدند. بر اساس نتایج به دست آمده، بالاترین ضریب تعیین برای پارامتر شوری $R^2 = 0/89$ به دست آمد و RMSE بین داده‌های میدانی و داده‌های استخراجی پارامتر شوری سطحی ۰/۶۸، دما ۱/۲، کلروفیل-a ۲/۳ و کدورت ۱/۷۸ حاصل شد. نتایج توزیع کلروفیل-a، حاکی از مستعد بودن بخش ساحلی محدوده تنگه‌هرمز برای شکوفایی، نسبت به بخش غربی و شرقی تنگه هرمز است.

کلمات کلیدی: مودیس، سنجش از دور، شوری سطحی دریا، کدورت، کلروفیل-a، تنگه هرمز.

۱. مقدمه

میان پارامترهای زیست محیطی دما، کلروفیل-a، شوری و کدورت را حائز اهمیت دانست. این توجه همه جانبه، به دلیل ارتباط تنگاتنگ کیفیت آب با سلامت محیط و کیفیت زندگی است.

استفاده از روش سنجش از دور در برآورد این پارامترها نسبت به روش‌های میدانی گذشته بسیار کاربردی‌تر است، زیرا که پوشش گسترده و وسیع سطحی تصویر ماهواره، انسان را در سنجش این پارامترها بسیار کمک می‌کند که در نتیجه به

امروزه کیفیت آب یکی از مسائل مورد توجه سازمان‌های زیست محیطی، صنایع شیمیایی، شیلات و سایر سازمان‌های مرتبط است. برای استفاده بهتر از منابع دریایی، حمل و نقل آبی، حفاظت تاسیسات ساحلی در برابر امواج و بهره‌برداری از انرژی آب، داشتن اطلاعات کمی و کیفی از مشخصه‌های پهنه‌های آبی و پارامترهای زیست محیطی، لازم و ضروری است. می‌توان در

استدلال‌های دقیق‌تری در سیاست‌گذاری‌های آینده می‌توان دست یافت (Matsubara and Nagasoe, 2007).

تنگه هرمز به‌عنوان یک ذخیره‌گاه ویژه زیست آبی در دنیا مطرح است. از این جهت پایش دمای سطح آب، شوری، کدورت، غلظت کلروفیل-a و دستیابی به روند تغییرات افقی و عمودی این پارامترها جهت ارزیابی مسائل و تهدیدات آن ضروری است. به رغم اینکه آب‌های خلیج فارس و دریای عمان پیوسته توسط جریان‌های سطحی (از عمان به خلیج فارس) و عمقی (از خلیج فارس به عمان) از طریق تنگه هرمز در حال تبادل هستند، با این حال این دو حوضه آبی از دیدگاه بوم‌شناسی به عنوان دو زیست‌بوم متفاوت محسوب گشته و خصوصیات آن‌ها از قبیل عمق، دما، شوری، کدورت و مواد مغذی با یکدیگر متفاوت می‌باشند (Dorgham, 1989). در این تحقیق با هدف بررسی و برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی مانند شوری، کدورت، دما و کلروفیل-a با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس که روی ماهواره آکوا و ترا متعلق به ناسا قرار دارد، آب-های ساحلی تنگه هرمز مورد مطالعه قرار گرفت.

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی جهت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعه پارامترهای کیفی آب انجام شده است. نتایج این مطالعات حاکی از کارایی تصاویر ماهواره‌ای در این رابطه دارد که در این راستا می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. مباشری و همکاران (۱۳۸۹) شار تابشی در لایه سطحی آب (SST) را به روش سنجنش از دور بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که امکان تخمین دمای آب با تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. موسوی و همکاران (۱۳۹۰) با شناسایی معیارهای موثر در مکان‌یابی، زیستگاه‌های مصنوعی دریایی را با استفاده از سنجنش از دور مطالعه کردند. چگونیان و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، به ارزیابی دقت طبقه‌بندی پوشش صخره‌های مرجانی خلیج فارس پرداختند. Falkowski و Wilson (۱۹۹۲) با استفاده از سنجنش از دور و پارامتر SDD به مشاهده تغییرات در میزان فیتوپلانکتون‌ها و میزان بهره‌وری در اقیانوس آرام شمالی پرداختند. Yang و همکاران (۱۹۹۶) از تصاویر SPOT X برای مطالعه کیفی آب رودخانه Ta_Chia در بخشی به طول ۱۴۰۰ کیلومتر استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که کانال‌های طیفی برای مطالعه تغییرات خصوصیات کیفیت آب مناسب است. بر اساس نتایج به دست آمده توسط این محققین نتیجه گرفتند که کانال‌های طیفی برای مطالعه تغییرات خصوصیات کیفیت آب مناسب است.

Dekker و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به مطالعه کدورت پرداختند و یک رابطه نمایی بین رادیانس و کدورت آب در طول موج‌های مختلف ارائه نمودند. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین کدورت آب و بازتاب در باندهای مذکور وجود دارد. Miller و McKee (۲۰۰۴) از تصاویر سنجنده مودیس با استفاده از باندهای ۲۵۰ متر، به محاسبه پارامتر رسوبات معلق پرداختند که در نهایت ضریب تعیین بالایی (۰/۸۹) $R^2 =$ بین داده‌های استخراجی و داده‌های میدانی در مصب رودخانه می‌سی‌سی‌پی به دست آوردند. Chen و همکاران (۲۰۰۴) از تصاویر ماهواره SeaWifes و سنجنده AVHRR جهت طبقه‌بندی کیفی آب رودخانه Pearl استفاده کردند. همچنین Madrinan و همکاران (۲۰۱۰) در خلیج Tampa در فلوریدا، Dogliotti و همکاران (۲۰۱۳) در رودخانه‌ی Laplata در آرژانتین و Garaba و همکاران (۲۰۱۴) در دریای Wadden با استفاده از روش سنجنش از دور به سنجنش پارامتر کدورت و کالیبره کردن الگوریتم آن پرداختند که نتایج این تحقیقات کارایی تصاویر ماهواره‌ای را در این رابطه نشان داد. Chang و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات پارامترهای کیفی آب از جمله کلروفیل-a، کدورت، درجه حرارت، عمق آب، غلظت مواد آلی محلول، رنگ و مواد جامد معلق کل را با استفاده از روش سنجنش از راه دور بررسی نمودند. بر اساس گزارش این محققین، مقرون به صرفه-ترین روش نظارت، بهبود مدیریتی محیط زیست و پیگیری چرخه مواد مغذی موجود در آب استفاده از این روش است که در چهار دهه گذشته به طور مداوم به آن رجوع شده است.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل آب‌های محدوده تنگه هرمز از بندر جاسک تا جزیره کیش است. این منطقه از نظر ساختار بوم‌شناسی و تقسیم‌بندی محیط‌های دریایی در منطقه نریتیک واقع گردیده است. آب و هوای آن خشک بوده به طوری که میزان تبخیر آن بیشتر از مجموع ورودی رودخانه‌ها و نزولات جوی آسمانی است. اگرچه اندازه‌گیری دقیق جریان‌ات آب شیرین آن منطقه خارج از دسترس است ولی مقادیر منتشر شده، یک مفهوم تعادلی را در توازن آب‌های این منطقه نشان می‌دهند (Swift and Bower, 2013).

از آنجایی‌که در این تحقیق از داده‌های استخراجی تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردیده است، برای کالیبره و ارزیابی آن به

متغیرها، خروجی ماتریس حاوی اطلاعات دریافت شد. با وارد نمودن فایل ماتریس به نرم‌افزار ArcGIS پارامترهای مورد نظر قابل مشاهده شدند. در این رابطه داده‌های بدست آمده با استفاده از برنامه گرافیکی در محیط نرم‌افزار Matlab مورد پردازش واقع شدند و نمودارهای مربوط به توزیع عمودی و افقی آنها تهیه و ترسیم گردیدند.

۳. نتایج و بحث

۳-۱- سنجش شوری

برای بهینه‌سازی تصاویر با نرخ‌های طیفی از روش‌های کالیبره کردن خطی-تجربی استفاده گردید. بر این اساس از قاعده و اصول استفاده از بخش‌های تاریک و روشن پیکسل‌ها، جهت کالیبره کردن داده‌ها بر اساس رگرسیون‌های خطی جهت حذف اثرات اتمسفری استفاده شد (رابطه‌های ۱ و ۲).

$$MD = A_0 + \sum_{i=1}^k A_i (MODIS_i) \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه MD داده دریایی، A_0 عدد ثابت برای هر الگوریتم، A_i ضریب باند مورد استفاده برای هر الگوریتم است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^k (x_i - \mu_i)^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

پارامتر x_i عبارت است از داده‌های میدانی، μ_i داده‌ی استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای و N مجموع داده‌ها می‌باشد. جهت سنجش نسبت بین باندی و پارامتر شوری سطحی دریا (SSS) از رابطه‌های ۳ و ۴ استفاده گردیده شد (Morel and Mueller, 2002):

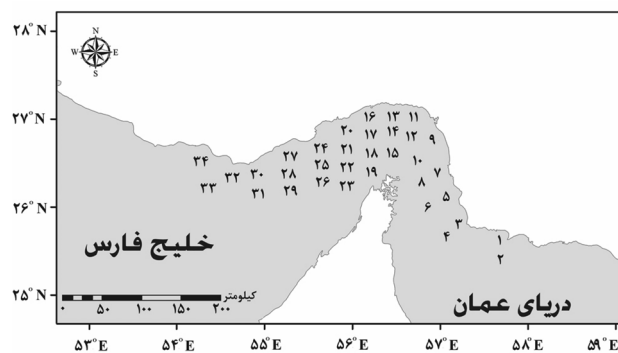
$$R_{RS} (sr^{-1}) = \frac{L_0(\lambda) - (f \times L_s(\lambda))}{E_d(\lambda)} \quad \text{رابطه ۳}$$

$R_{RS} (sr^{-1})$ نسبت بازتاب بین باندی، پارامتر L_0 برابر با تابش به سطح آب، f ضریب ثابت، L_s تابش بازتاب و E_d ضریب ثابت برای باندها است.

رابطه ۴

$$SSS = 14.256 - 240.163 \times \text{Band1} - 72.533 \times \text{Band2} + 124.700 \times \text{Band3} + 191.266 \times \text{Band4} + 36.044 \times \text{Band5} - 11.117 \times \text{Band6} - 39.789 \times \text{Band7}$$

داده‌های میدانی نیاز است. داده‌های میدانی توسط موسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور، با استفاده از عملیات نمونه-برداری انجام شده به وسیله کشتی تحقیقاتی فردوس استخراج شد. این نمونه‌برداری در سال ۱۳۸۸ در ۳۴ محل انجام گردید (شکل ۱). به دلیل این که بتوان بخش مهمی از آب‌های محدوده استان که احتمال حضور شکوفایی جلبکی در آن مناطق وجود دارد را تحت پوشش قرار داد، تعداد ۱۳ ترانسکت عمود بر ساحل که هر کدام به فاصله تقریبی حدود ۴۰ کیلومتر از یکدیگر قرار داشتند، در نظر گرفته شد. سپس ایستگاه‌های نمونه‌برداری به نحوی انتخاب شدند که روی هر ترانسکت، تعداد ۲ ایستگاه و هر کدام به فاصله حدود ۱۱۵ مایل دریایی از یکدیگر قرار داشتند. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های نمونه-برداری نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

اندازه‌گیری پروفیل عمودی کلیه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل دما، شوری، کلروفیل-a و کدورت در تمام ایستگاه‌ها از سطح آب تا تقریباً سطح بستر دریا (تا عمق ۸۰ متر) با استفاده از دستگاه مدل Ocean seven-316 مورد سنجش قرار گرفت.

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس روی ماهواره آکوا استفاده شد. با توجه به روزانه بودن این تصاویر نسبت به زمان و مکان نمونه‌برداری، تصویر از روی سایت ماهواره دریافت گردید و سپس فرآیند پردازش انجام شد. در این راستا فرآیند محاسبه پارامترها، تصحیح رادیومتریک، ماسک ابر و تصحیح هندسی بر اساس برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab -کد- نویسی گردید. در این راستا تصویر ماهواره‌ای با فرمت HDF به برنامه Matlab وارد شد. سپس جهت ادامه روند پردازش وارد بخش Modis_Swath_Type_L1B گردید و با تغییر و شناساندن

۳-۲ سنجش کلروفیل-a

ماهواره و تصحیح اتمسفری (با استفاده از تفاضل بین باندها) از دقت بالاتری برخوردار است. مدل MCSST مورد استفاده در رابطه ۷ آمده است.

رابطه ۷

$$\text{Modis_SST} = C1 + C2 * T31 + C3 * T3132 + C4 * (\sec(\Theta) - 1) * T3132$$

در این رابطه T31، حرارت ظاهری باند ۳۱، T3132، اختلاف حرارت ظاهری باند ۳۱ و ۳۲ و $\sec(\Theta)$ ، سکانت زاویه زینت ماهواره است. زینت ماهواره از اطلاعات آغازین تصویر ماهواره استخراج گردید و مقدار آن برای تمام پیکسل‌های تصویر محاسبه شد. برای محاسبه ضرایب مدل MCSST معمولاً از دو دسته ضرایب استفاده می‌شود. این ضرایب، ضرایب مدل جهانی ECMWF و ضرایب به دست آمده از رادیوساندها هستند. ضرایب معادله MCSST در دو حالت شامل اختلاف بین حرارت‌های ظاهری در باندهای ۳۱ و ۳۲ بزرگتر از ۰/۷ و کوچکتر یا مساوی ۰/۷ محاسبه شدند (جدول ۳).

۳-۴ سنجش کدورت

کدورت^۱، میزان جذب یا افتراق نور است که برای اندازه‌گیری آن از دستگاه کدورت سنج استفاده می‌گردد. معمولاً برای سنجش میزان کدورت از دو واحد NTU^۲ و JTU^۳ استفاده می‌کنند. در نوع NTU کدورت بر اساس نور عبوری از محیط اندازه‌گیری می‌شود و معمولاً در کدورت‌های بیش از ۲۵ واحد استفاده می‌گردد. در نوع JTU کدورت بر اساس تفرق نور از محیط اندازه‌گیری می‌شود و معمولاً برای کدورت‌های کمتر از ۲۵ واحد استفاده می‌گردد. برای سنجش کدورت (T) از رابطه ۸ و جدول ۴ استفاده شد (Madrinan et al., 2010).

$$T = (44 - 19.489 * (P2./P4) - 0.711 * P3) * 100 \quad \text{رابطه ۸}$$

از الگوریتم‌های OC2 و OC3 جهت تعیین کلروفیل-a دریا با استفاده از سنجنده مودیس استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱: الگوریتم OC2 و OC3 جهت سنجش کلروفیل-a

OC3	نسبت باند ضرایب a
$\text{Chl}_a (\mu\text{g/L}) = 10^{(a+1R+a2R^2+a3R^3+a4R^4)}$	
$R = \log[(\max(\text{Rrs443}, \text{Rrs488}))/\text{Rrs551}]$	
$a = [0.283, -2.753, 1.457, 0.659, -1.403]$	
OC2	نسبت باند ضرایب a
$\text{Chl}_a (\mu\text{g/L}) = 10^{(a+1R+a2R^2+a3R^2+a4)}$	
$R = \log(\text{Rrs488}, \text{Rrs488})/\text{Rrs551}$	
$a = [0.319, -2.336, 0.879, -0.135, -0.071]$	

۳-۳ سنجش دمای سطحی آب

با استفاده از دمای جسم و محدوده طول موج‌ها می‌توان مقدار انرژی گسیل شده را محاسبه کرد (رابطه ۵، جدول ۲).

$$t = k2 / \log((k1/r) + 1) \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه t دمای جسم و r میانگین ضریب برای تمام شار پرتوها است.

جدول ۲: ضرایب مربوط به معکوس تابع پلانک

	K1	K2
باند ۳۱	۷۲۹,۰۷	۱۳۰۴,۰۴
باند ۳۲	۴۷۴,۷۱	۱۱۹۷

با استفاده از این عمل کالیبراسیون رادیومتریک روی تصاویر نیز صورت گرفت. مقدار انرژی رسیده به سنجنده برای هر پیکسل با استفاده از رابطه معکوس پلانک به گرمای روشنایی تبدیل شد. در مرحله بعد، حرارت‌های ظاهری باندهای ۳۱ و ۳۲ با استفاده از مقادیر گسیلی تصویر و به کمک عکس قانون پلانک محاسبه گردید (رابطه ۶).

$$T = \frac{\left(\frac{hc}{k}\right)}{\lambda * \ln\left(\frac{2hc^2}{L\lambda^5} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه T، حرارت ظاهری، λ ، طول موج (m)، h ثابت پلانک، C، سرعت نور، k، ثابت استفان بولتزمن و L، گسیل انرژی است. مدلی که برای محاسبه دمای سطحی آب (SST) استفاده شد، مدل MCSST از سری الگوریتم‌های موسوم به Split window است که به دلیل نظر گرفتن زوایای زینتی (Zenith)

¹ Turbidity

² Nephelometric Turbidity Unit

³ Jackson Turbidity Unit

جدول ۳: ضرایب مربوط به الگوریتم جهانی Modis_SST

	T31-32<=۰/۷	T31-32>۰/۷
C1	۱,۲۲۸۵۵۲	۱,۶۹۲۵۲۱
C2	۰,۹۵۷۶۵۵۵	۰,۹۵۵۸۴۱۹
C3	۰,۱۱۸۲۱۹۶	۰,۰۸۷۳۵۷۴

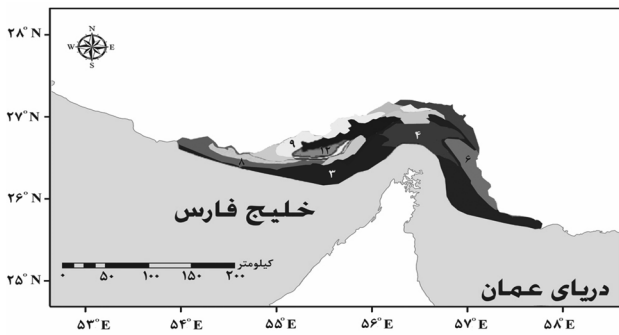
جدول ۴: ضرایب مربوط به پارامتر P

ضرایب P	
P2=	REFLECTANCE_MULT_BAND_2*b1+REFLECTANCE_ADD_BAND_2
P3=	REFLECTANCE_MULT_BAND_3*b1+REFLECTANCE_ADD_BAND_3
P4=	REFLECTANCE_MULT_BAND_4*b1+REFLECTANCE_ADD_BAND_4

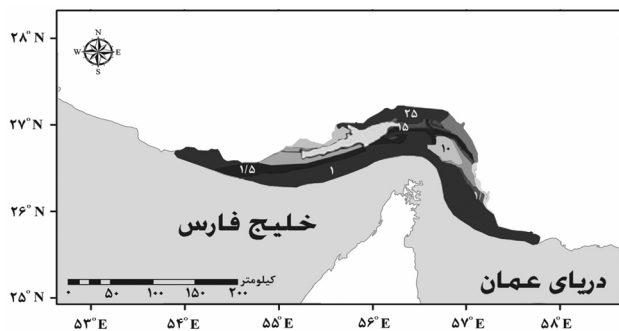
نتایج اعمال روابط بر پارامترهای زیست محیطی (دما، کلروفیل-a، شوری و کدورت) به قرار زیر است (نمودارهای ۱ تا ۴)، (جدول ۵).

جدول ۵: مقادیر ضرایب همبستگی و تعیین

	RMSE	R ²	R
کدورت	۱,۷۸	۰,۷۵	-۰,۸۶
دما	۱,۲	۰,۸۱	-۰,۹۰
شوری	۰,۶۸	۰,۸۹	-۰,۹۴
کلروفیل-a	۲,۳	۰,۷۵	-۰,۸۶



نمودار ۳: نتایج رگرسیون خطی بین داده‌های استخراجی و میدانی پارامتر کدورت

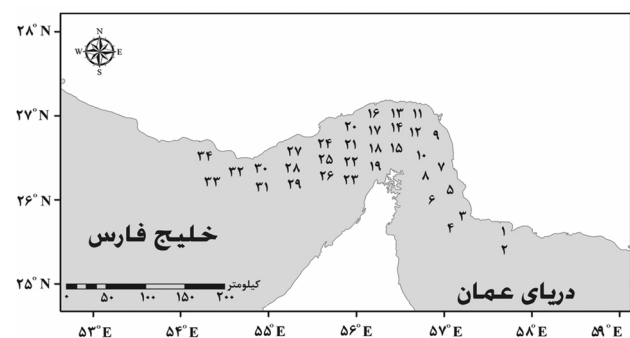


نمودار ۴: نتایج رگرسیون خطی بین داده‌های استخراجی و میدانی پارامتر شوری

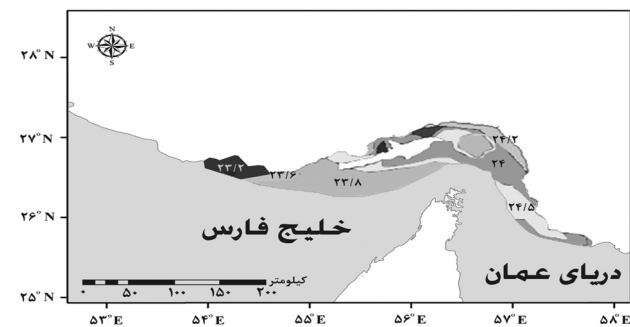
برای اینکه بتوان دامنه تغییرات عمودی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (جدول ۶) را در مناطق مختلف (شمال شرقی، غربی و مرکزی تنگه هرمز) با یکدیگر مقایسه نمود، در هر کدام از مناطق، پروفیل عمودی پارامترهای مورد بررسی ترسیم شده‌اند. با مقایسه نمودارهای ۵ الی ۱۶ ملاحظه می‌گردد که روند تغییرات عمودی پارامترهای مورد بررسی در محدوده تنگه هرمز و نواحی شرقی آن به نحوی است که مقدار دما از سطح به عمق کاهش یافته و مقدار شوری نیز در این مناطق از سطح به عمق افزایش ناچیزی داشته است. بیشترین مقدار کلروفیل-a نیز در هر سه منطقه مورد نظر در اعماق تقریباً ۱۰ تا ۲۰ متر ظاهر شده است، اما غلظت آن در محدوده شمال تنگه هرمز به مراتب بیشتر از نواحی شرقی و غربی به دست آمده است.

جدول ۶: مقادیر عددی پارامترها در مناطق مختلف (اسفندماه ۱۳۸۸)

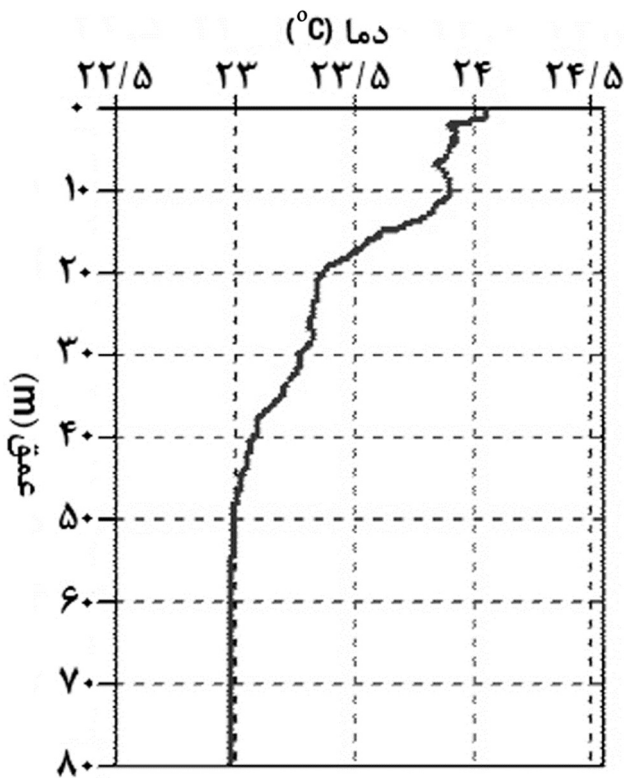
موقعیت کلی	دامنه تغییرات	کدورت	کلروفیل a	شوری	دما
غربی	حداقل	۳,۰۲	۰,۲۵	۲۶	۲۴,۵
	حداکثر	۱۰,۲	۳,۱۲	۳۶,۵	۲۵,۶۵
	میانگین	۴,۸۲	۰,۹۵	۳۶,۸	۲۴,۱۵
مرکزی	حداقل	۳,۲	۰,۳۸	۳۶,۵۲	۲۴,۰۵
	حداکثر	۱۷,۵	۲۶,۰۴	۳۷,۱۳	۲۵,۲۳
	میانگین	۸,۵	۱۱,۴۲	۳۶,۵۹	۲۳,۵۲
شرقی	حداقل	۲,۲	۰,۰۳	۳۶,۸	۲۳,۲
	حداکثر	۱۷,۵	۲,۹	۳۷,۸۶	۲۴,۱۲
	میانگین	۵,۳	۱,۲۳	۳۷,۲	۲۳,۳۵



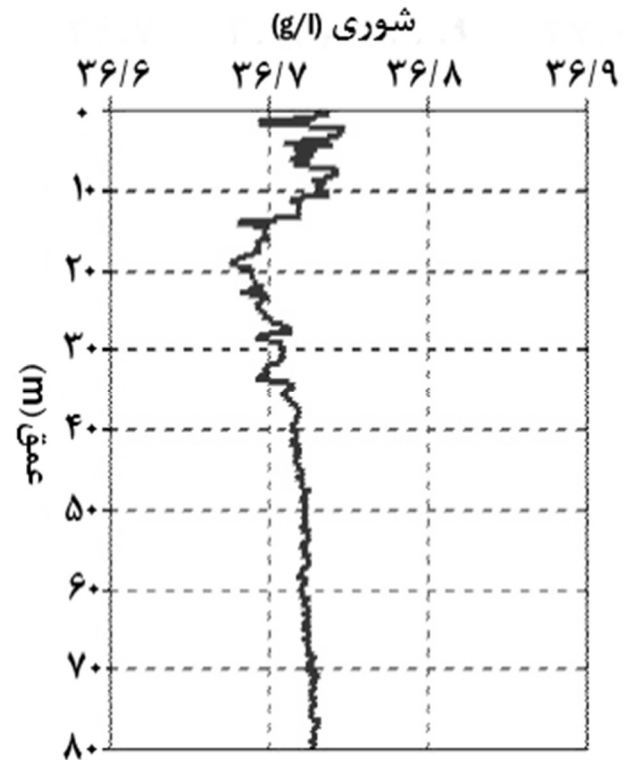
نمودار ۱: نتایج رگرسیون خطی بین داده‌های استخراجی و میدانی پارامتر دما



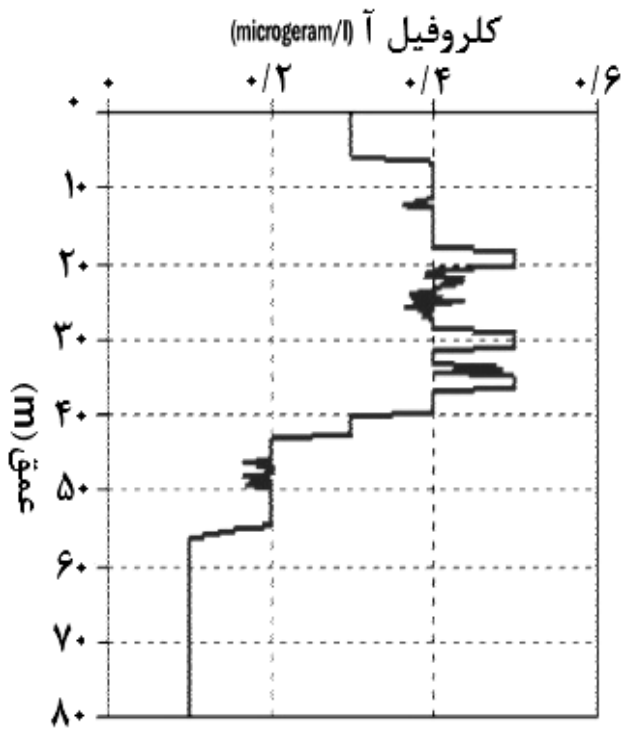
نمودار ۲: نتایج رگرسیون خطی بین داده‌های استخراجی و میدانی پارامتر کلروفیل-a



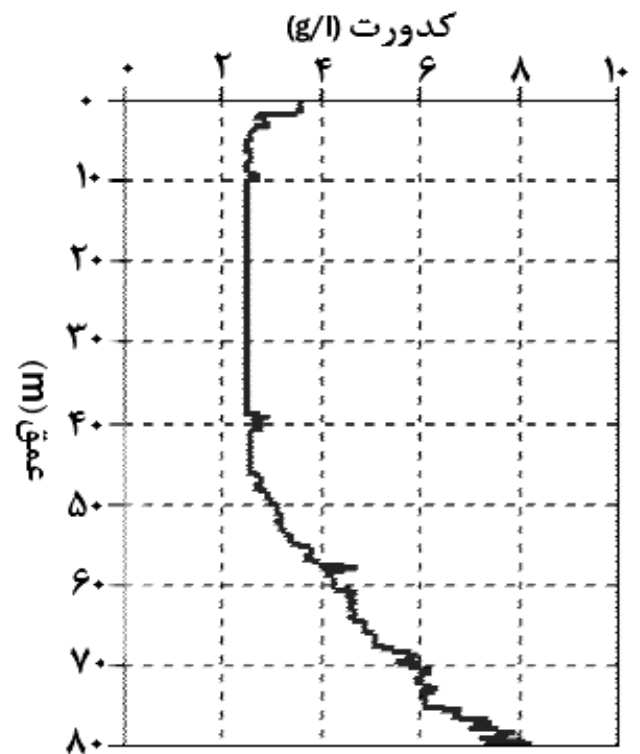
نمودار ۷: میانگین توزیع عمودی پارامتر دما و روند تغییرات آن در منطقه شرقی تنگه هرمز



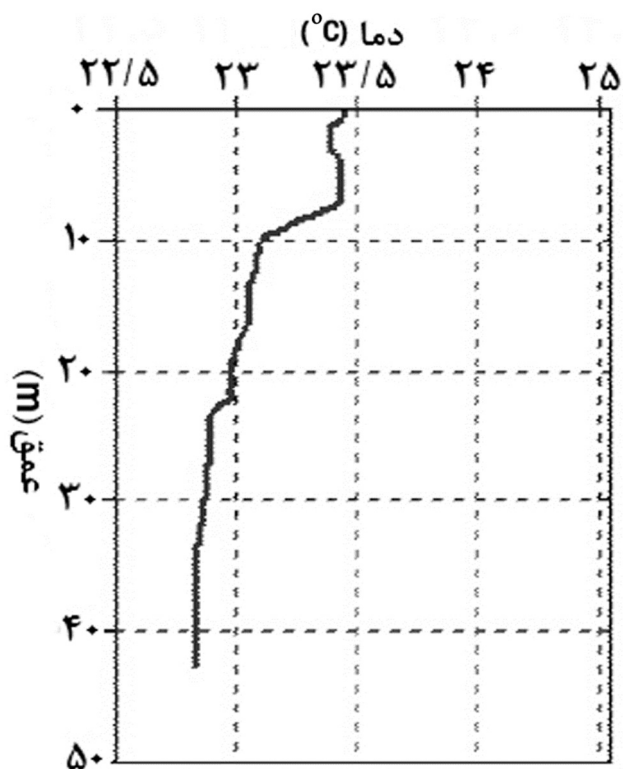
نمودار ۵: میانگین توزیع عمودی پارامتر شوری و روند تغییرات آن در منطقه شرقی تنگه هرمز



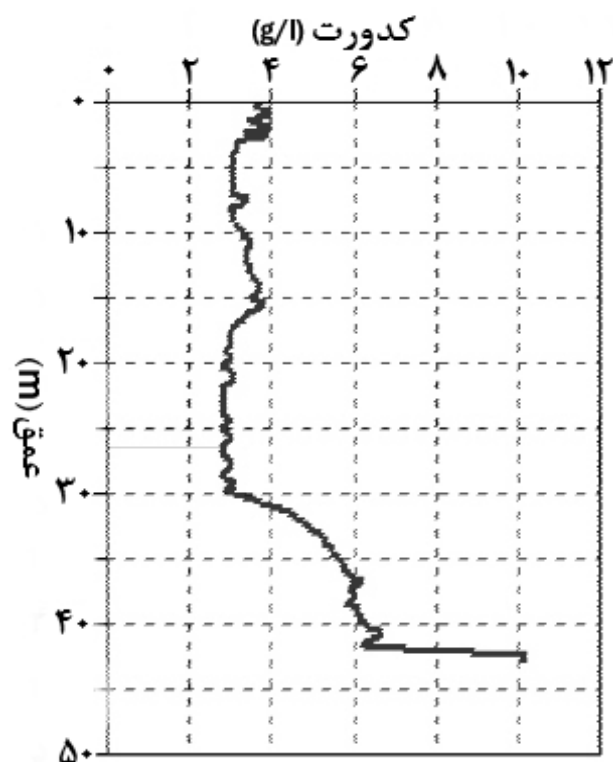
نمودار ۸: میانگین توزیع عمودی کلروفیل a و روند تغییرات آن در منطقه شرقی تنگه هرمز



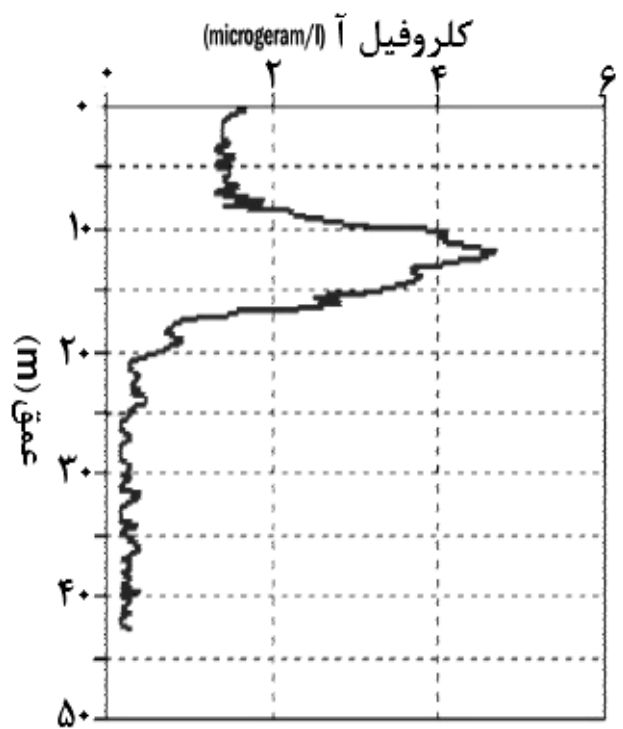
نمودار ۶: میانگین توزیع عمودی کدورت و روند تغییرات آن در منطقه شرقی تنگه هرمز



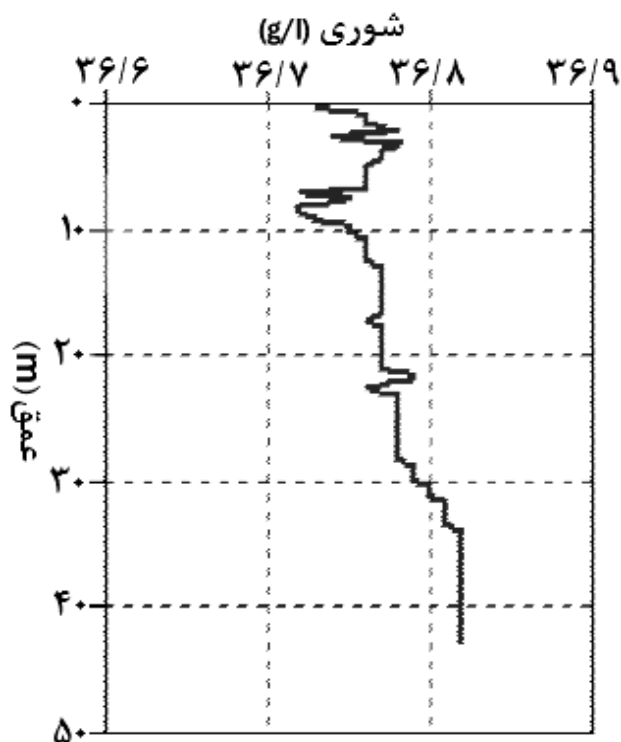
نمودار ۱۱: میانگین توزیع عمودی پارامتر دما و روند تغییرات آن در تنگه هرمز



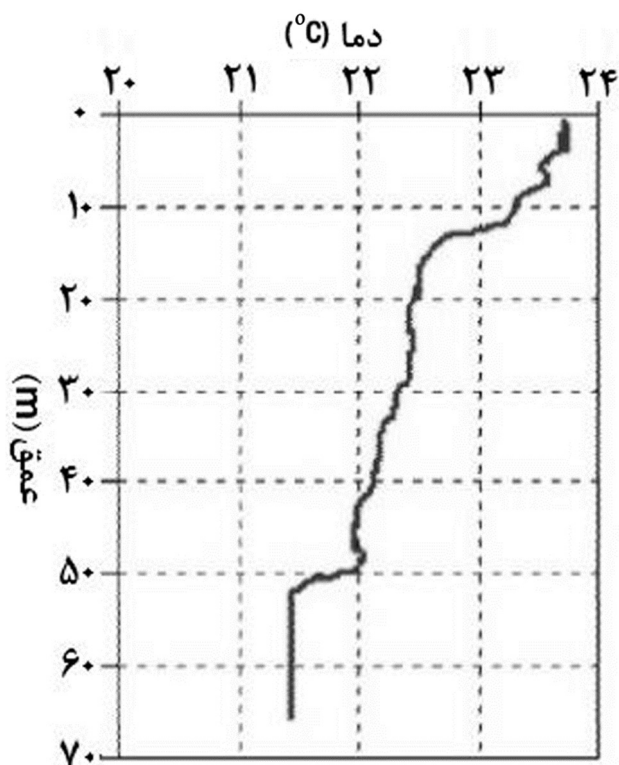
نمودار ۹: میانگین توزیع عمودی پارامتر کدورت و روند تغییرات آن در تنگه هرمز



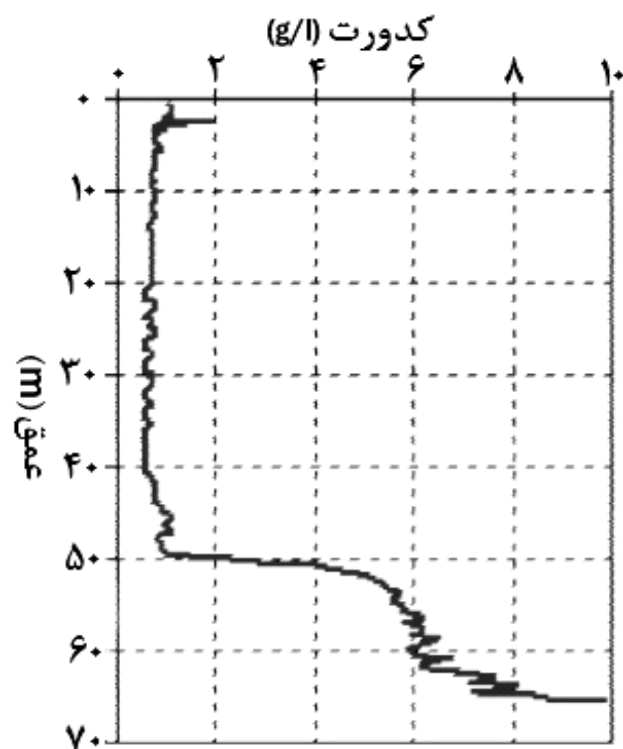
نمودار ۱۲: میانگین توزیع عمودی پارامتر کلروفیل-a و روند تغییرات آن در تنگه هرمز



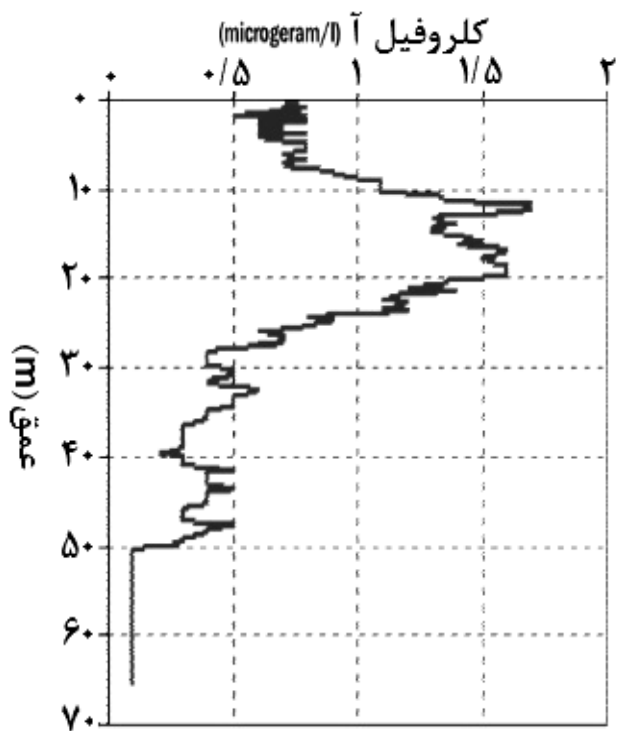
نمودار ۱۰: میانگین توزیع عمودی پارامتر شوری و روند تغییرات آن در تنگه هرمز



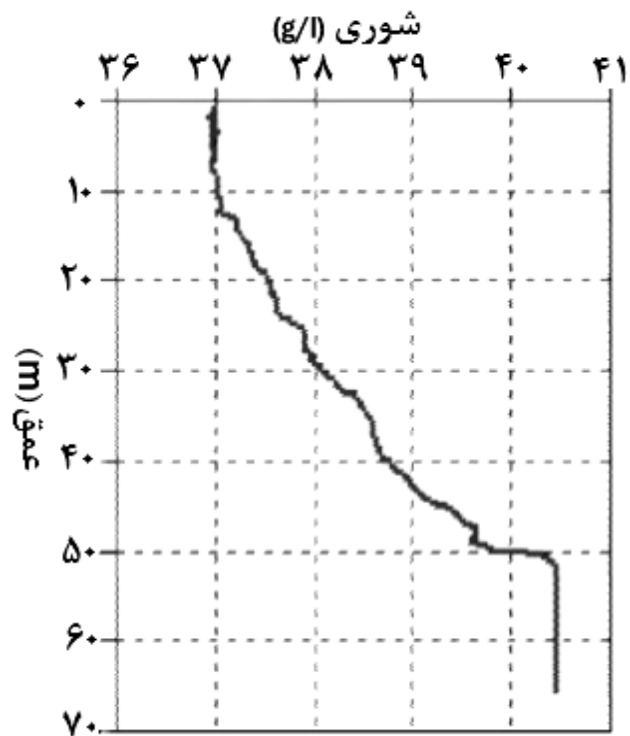
نمودار ۱۵: میانگین توزیع عمودی پارامتر دما و روند تغییرات آن در منطقه غربی تنگه هرمز



نمودار ۱۳: میانگین توزیع عمودی گدورت و روند تغییرات آن در منطقه غربی تنگه هرمز



نمودار ۱۶: میانگین توزیع عمودی کلروفیل-a و روند تغییرات آن در منطقه غربی تنگه هرمز



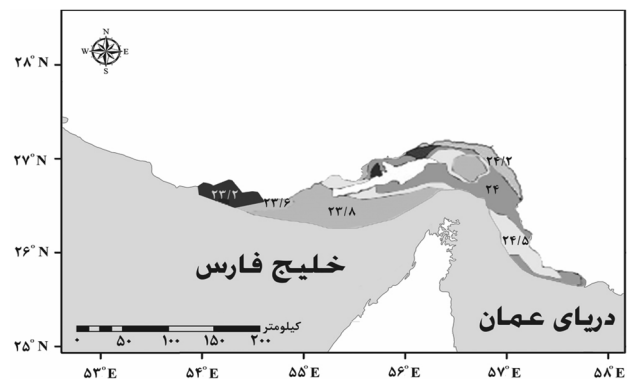
نمودار ۱۴: میانگین توزیع عمودی پارامتر شوری و روند تغییرات آن در منطقه غربی تنگه هرمز

۴. نتیجه‌گیری

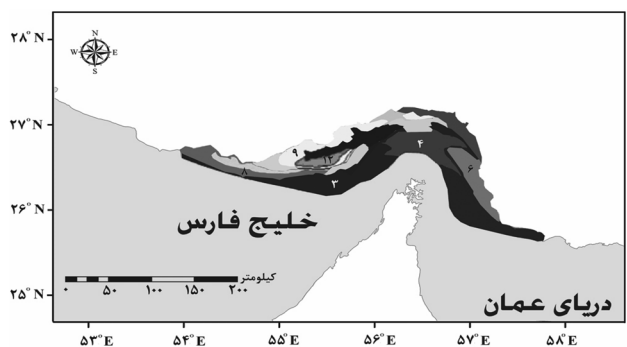
نتایج حاصل از بررسی پروفیل عمودی دما و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و روند تغییرات آن‌ها از سطح به عمق در شمال تنگه هرمز و محدوده شمال غربی و شرقی آن (شکل‌های ۵-۲) نشان داد که پارامترهای مورد نظر در تنگه هرمز از سطح به عمق نسبت به مناطق غربی و شرقی آن از نوسانات کمتری برخوردار هستند. به نظر می‌رسد یکی از عوامل مهمی که باعث این وضعیت گردیده، وجود جریان‌های دریایی از قبیل جریانات سطحی و جزر و مدی است که در تنگه هرمز به دلیل محدودیت مکانی و کم عرض شدن منطقه، عبور جریان آب در این محدوده از سرعت و شدت بیشتری نسبت به سایر مناطق برخوردار بوده و در نتیجه باعث بهم خوردن نسبی ستون آب در این نواحی می‌گردد. علی‌رغم اینکه نتایج حاصل از بررسی و توزیع عمودی دمای آب نشان داد که در کلیه مناطق مورد نظر مقدار آن از سطح به عمق کاهش می‌یابد، اما مقدار این تغییرات در حدی نبود که نشانگر ترموکلاین فصلی در این زمان از سال باشد.

میانگین دمای لایه سطحی آب در کل خلیج فارس در تابستان ۳۵ و در زمستان ۱۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (UNEP, 1999). بیشترین دامنه تغییرات دما بین تابستان و زمستان در نواحی شمال غربی آن حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. در مطالعات به عمل آمده طی سال‌های ۸۱-۱۳۸۰ میانگین دمای لایه‌های سطحی آب‌های محدوده استان هرمزگان در تابستان ۳۴٫۵ و در زمستان ۲۳٫۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. مطالعات انجام شده در رابطه با تغییرات دمای آب‌های محدوده استان هرمزگان نشان داد که در تابستان دمای نواحی شرقی تنگه هرمز خنک‌تر از مناطق غربی، و در زمستان گرم‌تر از مناطق غربی است. نتایج مطالعات انجام شده توسط کارشناسان فائو در سال ۱۹۸۱ در رابطه با توزیع افقی شوری، حاکی از روند تغییرات فصلی در خلیج فارس بوده است (فاضل‌پور، ۱۳۹۳). نتایج تحقیق حاضر نیز بیانگر روند افزایشی شوری از شرق به غرب است.

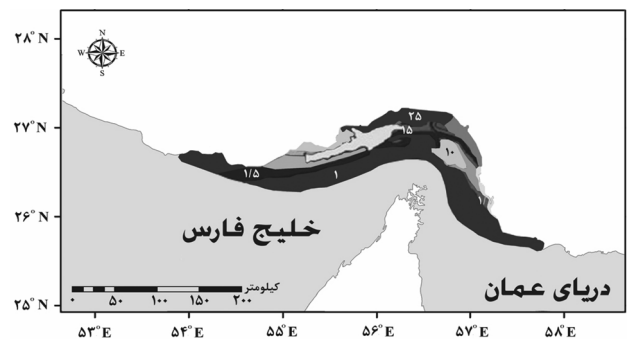
میانگین میزان کلروفیل-a در نواحی مختلف خلیج فارس متفاوت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان غلظت توزیع افقی کلروفیل-a در لایه‌های سطحی (۱ تا ۱۰ متر) آب‌های محدوده استان هرمزگان در خلیج فارس و تنگه هرمز، در نواحی شمالی تنگه هرمز به مراتب بیشتر از مناطق شمال شرقی و غربی



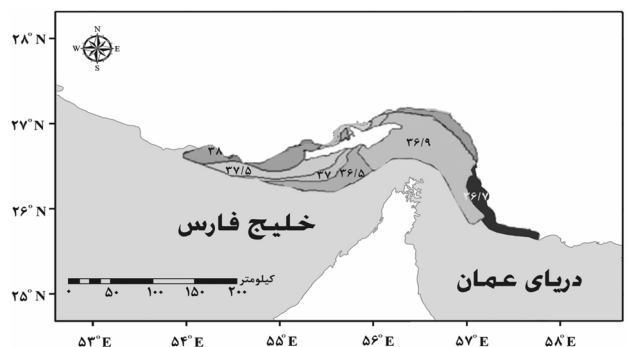
شکل ۲: نقشه توزیع دما در لایه‌های سطحی در محدوده مورد مطالعه



شکل ۳: نقشه توزیع کدورت در محدوده مورد مطالعه



شکل ۴: نقشه توزیع کلروفیل-a در محدوده مورد مطالعه



شکل ۵: نقشه توزیع شوری در محدوده مورد مطالعه

- data for water quality classification in the Pearl River Korean, Journal of Remote Sensing, 23(3): 161-169.
- Chang, N.; Imen, S.; Vannah, B., 2015. Remote sensing for monitoring surface water quality status and ecosystem state in relation to the nutrient cycle: A 40-year perspective. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(2): 101-166.
- Dekker, A.G.; Vos, R.J.; Peters, S.W.M., 2001. Comparison of remote sensing data, model results and in situ data for total suspended matter (TSM) in the southern Frisian lakes. *Science of the Total Environment*, 268: 197-214.
- Dogliotti, A.; Kevin, R.; Nechad, B.; Lasta, C.; Mercado, A., 2013. Calibration and validation of algorithm for remote sensing of turbidity over La Plata river estuary, Argentina. *European Association of Remote Sensing Laboratories*, 10(2): 20-12.
- Dorgham, M.M., 1989. Environmental conditions and phytoplankton distribution in the Persian Gulf. *Marine Biology*, 31(182): 36-53.
- Falkowski, P.; Wilson, C., 1992, Phytoplankton productivity in the North Pacific Ocean since 1900 and implications for absorption of anthropogenic CO₂. *Nature*, 358: 741-743.
- Garaba, S.; Badewien, T.; Braun, A.; Schulz, A.; Zienlinski, O., 2014. Using ocean colour remote sensing product to estimate turbidity at the wadden sea time series station spiekeroog. *Journal of Europe Public*, 9: 14-20.
- Madrinan, M.; Al-Hamdan, M.; Rickman, D.; Karder F., 2010. Using the surface reflectance Modis terra product to estimate turbidity in Tampa Bay, Florida. *Remote Sensing*, 2: 2713.
- Matsubara, T.; Nagasoe, S., 2007. Effects of temperature, salinity, and irradiance on the growth of the dinoflagellate *Akashiwo sanguine*, *Experimental Marine Biology and Ecology*, 342: 226-230.
- تنگه هرمز است که علت این امر به خاطر وجود کشتند قرمز می باشد. نتایج حاصل از بررسی میانگین توزیع عمودی کلروفیل-a در مناطق سه گانه مورد بررسی نشان داد که نحوه تغییرات عمودی آن در مناطق دریایی، که فاقد اثرات شکوفایی جلبکی بوده است، از تغییرات طبیعی برخوردار بوده است یعنی بیشترین مقدار آن در لایه‌های ۱۰ تا ۲۰ متری مشاهده شد. اما در مناطق ساحلی که اثرات شکوفایی پلانکتونی در آنجا وجود داشته، روند تغییرات عمودی کلروفیل-a، بیشترین میزان غلظت خود را در لایه‌های سطحی داشته و سپس با افزایش عمق آب، غلظت کلروفیل-a نیز کاهش یافته است.
- ### ۵. سپاسگزاری
- مقاله حاضر مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده با شماره قرارداد ۱۰۰ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر است.
- ### منابع
- چگونیان، الف؛ مختارزاده، م؛ ولدان زوج، م.ج؛ بلوکی، م، ۱۳۹۴. ارزیابی دقت طبقه‌بندی پوشش صخره‌های مرجانی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸- مطالعه موردی: خلیج فارس. نشریه اقیانوس‌شناسی. سال ششم. شماره ۲۴. صفحات ۸۵-۹۳.
- فاضل پور، خ، ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی تصاویر ماهواره‌ای در سنجش دمای سطحی آب دریا و تثبیت کربن در خلیج فارس پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۹۹ صفحه.
- مباشری، م؛ مباشری، الف، ۱۳۸۹. بررسی تحلیلی شار تابشی در پوسته سطحی آب با هدف کاربرد در سنجش از دور SST. نشریه اقیانوس‌شناسی. سال اول. شماره ۱. صفحات ۳۳-۴۴.
- موسوی، ح؛ دانه‌کار، الف؛ شکری، م؛ پورباقر، ه؛ جوانشیر، آ؛ ازدری، ح، ۱۳۹۰. شناسایی معیارهای موثر در مکان‌یابی زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش). نشریه اقیانوس‌شناسی. سال دوم. شماره ۵. صفحات ۴۷-۵۸.
- Chen, X.L.; Li, Y.S.; Liu, Z.G.; Yin, K.D.; Li, Z.L.; Wai, W.H.B.; King, W.H., 2004. Integration of multi-source

- Research, 108: 1029-2002.
- United Nations Environment Program (UNEP)., 1999. Overview on Land-based sources and affecting the marine environment in the ROPME Sea Area. UNEP Regional Seas Report and Studies, 168-127.
- Yang, M.D.; Merry S.M., 1996. Adaptive short-term water quality forecasts using remote sensing and GIS; RWRA symposium on GIS and water resources research center symposium proceedings, September 22-26, Fort Lauderdale Florida, 109-118PP.
- Miller, R.L.; McKee, B.A., 2004. Using MODIS Terra 250 m imagery to map concentration of total suspended matter in coastal waters, Remote Sensing of Environment, 93: 259-366.
- Morel, A.; Mueller, J.L., 2002. Normalized water-leaving radiance and remote sensing reflectance: Bidirectional reflectance and other factors. In J.L. Mueller (Ed.), Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation, 4(3): 32-59.
- Swift, S.A.; Bower, A.S., 2013. Formation and circulation of dense water in the Persian Gulf. Geophysical