

## تغییرات فصلی کلروفیل-آ، اکسیژن محلول و کدورت در جنوب دریای خزر (سواحل نوشهر)

سمیه نهاوندیان<sup>\*۱</sup>

۱- گروه فیزیک دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

### چکیده

در مطالعه حاضر تغییرات فصلی خصوصیات مختلف ستون آب اعم از کلروفیل-آ، اکسیژن محلول و کدورت در منطقه نوشهر در جنوب دریای خزر در سواحل نوشهر، بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در فصول مختلف سال ۱۳۹۷ با استفاده از دستگاه CTD مورد بررسی قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشینه کلروفیل-آ در فصل بهار در منطقه دور از ساحل و در زیر لایه آمیخته در عمق حدود ۲۰ متر، در فصل تابستان با کمترین غلظت در میان تمامی فصول در منطقه دور از ساحل و در داخل لایه آمیخته در عمق ۲۰ متر و در پاییز و زمستان بیشترین غلظت کلروفیل-آ در نزدیکی ساحل مشاهده می‌شود. بیشینه اکسیژن محلول در فصل بهار در منطقه دور از ساحل در عمق حدود ۲۰ متری، در فصل تابستان در دور از ساحل در عمق حدود ۴۰ متر و در فصول پاییز و زمستان با بیشترین مقدار در نزدیکی سطح و کمترین مقدار در بستر قابل مشاهده است. بیشینه کدورت در تمامی فصول در نزدیکی ساحل و در نزدیک‌ترین ایستگاه به ساحل با عمق ۵ متر و بیشترین مقدار کدورت در فصل‌های سرد سال مشاهده شد. در فصل زمستان در دور از ساحل، کدورت درون لایه آمیخته صفر، در حالیکه در پاییز و تابستان در زیر لایه آمیخته و در فصل بهار نیز در لایه عمیق مقدار آن به صفر می‌رسد.

**کلید واژه‌ها:** نوشهر، دریای خزر، پارامترهای فیزیکوشیمیایی، اندازه‌گیری میدانی

### نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۳

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

\*نویسنده مسول:

s.nahavandian@modares.ac.ir

### مقدمه

آب و هوای کره زمین به طور مستقیم تحت تاثیر تبادلات جو و اقیانوس‌هاست. از طرفی با توجه به پرجمعیت بودن شهرهای ساحلی و استفاده روزافزون از دریاها در زندگی امروز، شناخت فرآیندهای ساحلی، نقش آن‌ها در زندگی ساکنین مناطق ساحلی و همچنین یافتن راهی برای مقابله با چالش‌های ناشی از تغییر اقلیم، از مسیر شناخت هرچه بیشتر اقیانوس‌ها میسر است. دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه جهان، با مساحت حدود ۴۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع، به دلیل کشیدگی زیاد در راستای عرض جغرافیایی، دارای شرایط آب و هوایی متنوعی است. بزرگترین دریاچه دنیا، به واسطه آلودگی زیاد ناشی از تخلیه زائدات شهری، کشاورزی و صنعتی، مواد نفتی ناشی از اکتشاف و استخراج چاه‌های نفت و گاز در شرایط بسیار خطرناکی قرار گرفته است که اکوسیستم آن را دچار تهدید و نابودی کرده است. از طرفی، دریای خزر از لحاظ اقتصادی، سیاسی و اکوسیستم مختص به خود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱-۴]. با توجه به افزایش مصرف پروتئین دریایی در سال‌های اخیر به علت افزایش جمعیت، علاوه بر روش‌های سنتی، بهره‌برداری از روش‌های جدید مانند پرورش ماهی در قفس در این دریاچه توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در مطالعه‌ای با موضوع مکان‌یابی قفس‌های پرورش ماهی در منطقه مازندران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مناسب‌ترین مکان‌ها برای پرورش ماهی در قفس مشخص شدند. نتایج تحقیق نشان داد عوامل مختلفی اعم از عوامل زیستی مانند کلروفیل-آ و اکسیژن و عوامل فیزیکی مانند

شیب بستر، عمق، سرعت جریان آب، سرعت باد و ارتفاع موج در تعیین مناسب‌ترین مکان جهت پرورش ماهی در قفس دخیل هستند<sup>[۵]</sup>. نتایج مطالعه‌ای با موضوع انتشار آلاینده‌های شیمیایی ناشی از قفس‌های پرورش ماهی در منطقه سیسنگان با استفاده از مدل عددی سه بعدی، نشان داد پس از گذشت ۸ ماه بیشترین فاصله انتشار فسفات در راستای شرقی به فاصله ۱۱ کیلومتری و به ترتیب در راستای جنوبی، غربی و شمالی به فاصله‌های ۹/۵، ۸/۵ و ۵/۷ کیلومتری از قفس‌ها مشاهده می‌شود. در راستای قائم نیز به دلیل اغتشاش موجود در لایه آمیخته سطحی که به دلیل تبادلات بالای جو و اقیانوس، بیشترین اغتشاش در لایه آمیخته مشاهده و فسفات تا عمق ۴۰۰ متری نیز منتشر می‌شود<sup>[۶]</sup>. لایه آمیخته به لایه سطحی اقیانوسی گفته می‌شود که به دلیل در معرض جو قرار گرفتن و اغتشاشات زیاد در این لایه، خصوصیات فیزیکی در این لایه تقریباً ثابت است. فیتوپلانکتون‌ها به علت قرار گرفتن در زیرزنجیره غذایی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. منظور از قرار گرفتن فیتوپلانکتون‌ها در زیرزنجیره غذایی این است که توسط مصرف‌کنندگان اولیه مانند زئوپلانکتون‌ها، ماهی‌ها و سخت پوستان کوچک خورده می‌شوند و از آنجا که پایه زنجیره غذایی هستند پایان زنجیره غذایی در حوضه‌های آبی را شکل می‌دهند<sup>[۷، ۸]</sup>. کلروفیل-آ نماینده میزان جمعیت فیتوپلانکتون و پارامتر قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه CTD می‌باشد. پارامترهای فیزیکی از جمله عمق لایه آمیخته به طور مستقیم و غیر مستقیم بر اکوسیستم دریاها از جمله جمعیت فیتوپلانکتون‌ها، تاثیرگذار هستند. لایه آمیخته به لایه سطحی اقیانوسی گفته می‌شود که به علت تبادلات شدید جو با دریا، خصوصیات فیزیکی اعم از دما، شوری و چگالی در آن تقریباً یکنواخت است<sup>[۹، ۱۰]</sup>. نتایج بررسی ساختار قائم دما، شوری و چگالی با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در پاییز، بهار و تابستان ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در دو ترنسکت آلاشت‌رود و لاویج‌رود نشان داد عمق لایه آمیخته در فصل‌های پاییز، بهار و تابستان به ترتیب در حدود ۵۵-۶۰ متر، ۵-۱۰ متر و ۱۹-۱۶ متر است<sup>[۱۱]</sup>. نتایج مطالعه مشابه در منطقه رامسر و بابلسر، بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده در فصول مختلف سال ۱۳۹۱ نشان داد که عمق لایه آمیخته در بهار، تابستان و پاییز به ترتیب حدود ۱۵، ۳۰ و ۴۰ (m) است<sup>[۱۲]</sup>. نتایج مطالعه بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز سال ۲۰۰۸ در نزدیکی بندر انزلی، نشان داد که غلظت کلروفیل-آ در فصل بهار با افزایش عمق افزایش یافته تا به بیشینه مقدار خود در نزدیکی بستر برسد در حالی که بیشینه مقدار آن در فصل‌ها تابستان و پاییز در نزدیکی سطح مشاهده شد<sup>[۱۳]</sup>. بررسی اکسیژن محلول با استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام شده در ژانویه ۲۰۰۸، نشان دهنده نفوذ اکسیژن بالای لایه‌های فوقانی به لایه‌های عمیق آب بود<sup>[۱۴]</sup>. مطالعه دیگری با موضوع بررسی رابطه میان کلروفیل-آ با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب بر اساس داده‌های اندازه‌گیری در ۳ ماه اردیبهشت تا تیرماه سال ۱۳۹۳ در دو منطقه نوشهر و تنکابن نشان داد کلروفیل-آ بیشترین همبستگی را با نترات و سپس با اکسیژن دارد<sup>[۱۵]</sup>.

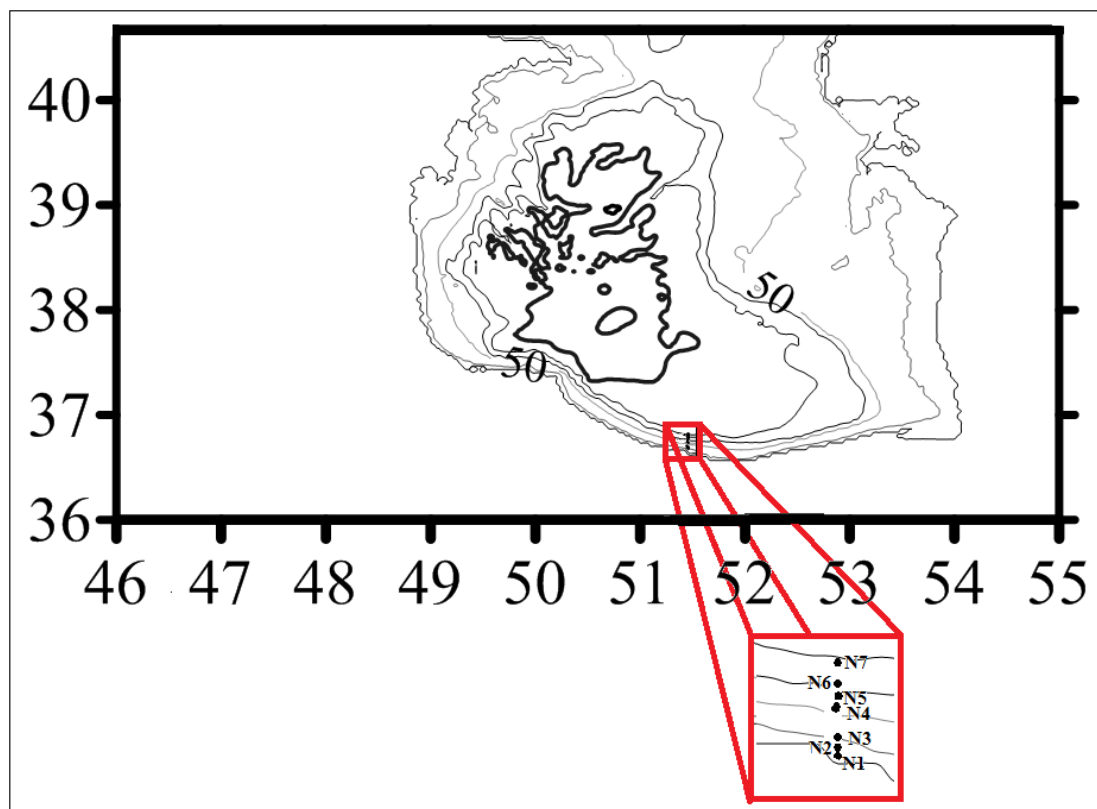
هدف از مطالعه حاضر، تغییرات فصلی خصوصیات مختلف آب اعم از کلروفیل-آ، اکسیژن و کدورت در منطقه نوشهر است. همچنین تغییرات فصلی این خصوصیات به صورت برش عمودی و همزمان در راستای قائم و افقی و همچنین فراوانی هر کدام از این خصوصیات در فصول مختلف در دو منطقه نزدیک به ساحل (< ۲۰ متر) و دور از ساحل (> ۲۰ متر) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از طرفی فراوانی خصوصیات مختلف ذکر شده در هر فصل به صورت دقیق بررسی می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه و اندازه‌گیری‌های میدانی

داده‌های استفاده شده در این مطالعه شامل داده‌های اندازه‌گیری شده در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۷ در منطقه نوشهر واقع در طول جغرافیایی حدود ۵۱°۲۷' و عرض جغرافیایی بین ۳۶°۴۰' و ۳۶°۴۶'۵۰" است (شکل ۱ و جدول ۱). اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه CTD ساخت کمپانی Sea&Sun، مدل M115 انجام شده است. لازم به ذکر است، تمام دستگاه‌های CTD، قابلیت اندازه‌گیری دما، هدایت الکتریکی، فشار را دارند و علاوه بر این سه پارامتر، می‌توانند مجهز به حسگرهای چندگانه اندازه‌گیری پارامترهای مختلف اعم از کلروفیل-آ، کدورت، اکسیژن محلول، PH، فلورسانس، PAR، سرعت و غیره باشند. دستگاه CTD استفاده شده در این مطالعه دارای حسگرهای اضافی

کلروفیل-آ ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )، کدورت (FTU)، اکسیژن محلول ( $\text{mg.l}^{-1}$ )، PH و CDOM (ppb) است که در مطالعه حاضر از داده‌های اندازه‌گیری شده فشار (عمق)، کلروفیل-آ، کدورت و اکسیژن محلول استفاده شده است. نظر به اینکه در دریاها و اقیانوس‌ها فشار در اعماق کم‌تر از ۱۰۰۰ متر برحسب dbar معادل عمق بر حسب متر است، در دستگاه‌های CTD، با اندازه‌گیری فشار، عمق نیز تخمین زده می‌شود [۲۰]. برای هر اندازه‌گیری، ابتدا حسگر فشار در آزمایشگاه کالیبره می‌شود و پس از آن به منظور کالیبراسیون حسگر دما، دستگاه در عمق ۱ متر برای مدتی نگه داشته می‌شود و سپس دستگاه به آرامی با سرعت ۱ متر بر ثانیه داخل آب رها و اندازه‌گیری‌ها با فاصله زمانی مشخص، ثبت و در حافظه دستگاه ذخیره می‌شوند. پس از اتمام اندازه‌گیری‌ها، دستگاه و حسگرهای آن با آب شیرین شستشو داده شده و در نهایت با استفاده از نرم افزار مخصوص دستگاه، به کامپیوتر انتقال داده می‌شوند. همچنین برای تعیین موقعیت جغرافیایی نیز از GPS و برای سنجش عمق آب از اکوساندر دستی استفاده شده است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه واقع در جنوب دریای خزر، منطقه نوشهر. دایره‌های نشان داده شده در شکل، ایستگاه‌های اندازه‌گیری می‌باشند.

جدول ۱. زمان‌بندی اندازه‌گیری‌ها در منطقه مورد مطالعه

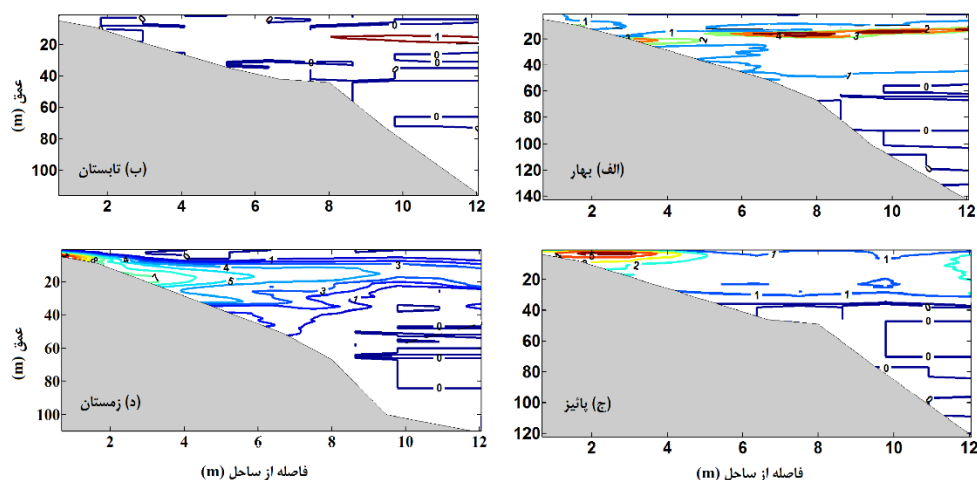
فصل	روز	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی
بهار	پنج‌شنبه	۱۳۹۷/۰۳/۱۷	۲۰۱۸/۰۶/۰۷
تابستان	دوشنبه	۱۳۹۷/۰۵/۰۸	۲۰۱۸/۰۷/۳۰
پاییز	چهارشنبه	۱۳۹۷/۰۹/۰۷	۲۰۱۸/۱۱/۲۸
زمستان	یکشنبه	۱۳۹۷/۱۰/۱۶	۲۰۱۹/۰۱/۰۶

## تحلیل داده‌ها

در مطالعه حاضر ابتدا کنتورهای (ساختار قائم) پارامترهای مختلف بر حسب عمق و فاصله از ساحل رسم می‌شوند. به منظور رسم کنتورها، ابتدا پارامترهای مورد نظر (کلروفیل-آ، اکسیژن محلول و کدورت) با استفاده از روش مکعبی (Cubic) درون‌یابی و نمودار کنتور پارامترها رسم می‌شوند. سپس تابع چگالی احتمال (Probability Density Function (PDF)) پارامترهای مورد نظر برای فصول مختلف، برای مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) محاسبه گردید. لازم به ذکر است که تابع چگالی احتمال همان هیستوگرام نرمال شده است، بدین معنا که نمودار به دست آمده از هیستوگرام در هر محدوده (Bin) بر تعداد داده‌های موجود در آن محدوده و همچنین مقدار محدوده از پیش تعیین شده، نرمال می‌شوند. در ادامه، میزان هم‌بستگی پارامترهای مختلف به یکدیگر با نمایش پارامترها بر حسب یکدیگر در مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر)، سنجیده می‌شوند. لازم به ذکر است تمامی مراحل مربوط به تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار متلب (Matlab) انجام می‌شود.

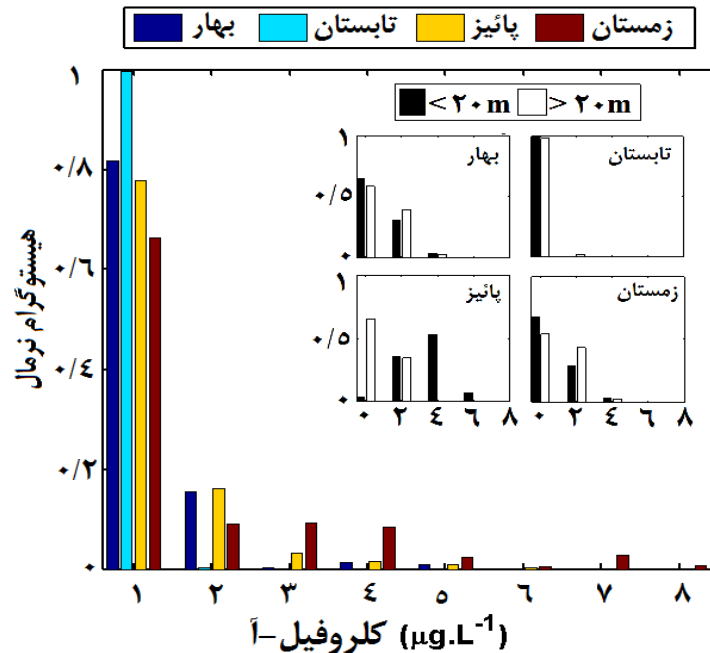
## نتایج

در این بخش از تحقیق ابتدا به بررسی تغییرات فصلی کنتورهای دما، کلروفیل-آ، کدورت و اکسیژن و سپس تغییرات هر کدام از پارامترهای عنوان شده بر حسب دیگری، در مناطق نزدیک ساحل و دور از ساحل پرداخته می‌شود. کنتور کلروفیل-آ در شکل ۲ الف نشان می‌دهد که در فصل بهار کلروفیل-آ در منطقه مورد مطالعه بین  $0-4/8$  ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) متغیر و در مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) کمتر از مناطق دور ساحل ( $< 20$  متر) است. همچنین مقدار کلروفیل-آ در اعماق بیش از  $60$  متر در مناطق دور از ساحل به صفر می‌رسد. مقدار بیشینه کلروفیل-آ در فصل تابستان از تمامی فصل‌ها کمتر و به بیشینه مقدار  $1/7$  ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در عمق حدود  $20$  متر در دور از ساحل می‌رسد (شکل ۲ ب). عمق تقریبی بیشینه مقدار کلروفیل-آ در دو فصل بهار و تابستان یکسان و در حدود  $20$  متر است. در فصل پاییز بیشینه مقدار کلروفیل-آ در نزدیک ساحل در آب‌های کم‌عمق‌تر از  $20$  متر و در سطح در عمق حدود  $5$  متر قرار دارد و در ایستگاه‌های دور از ساحل، بیشینه مقدار کلروفیل از حدود  $1/9$  تا  $2/5$  ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) (شکل ۲ ج). عمق بیشینه کلروفیل-آ در این فصل در ایستگاه‌های نزدیک‌تر به ساحل (ایستگاه‌های با عمق حدود  $5-10$  متر) حدود  $3$  متر است و در ایستگاه عمیق (با عمق بیش از  $100$  متر)، مقدار بیشینه کلروفیل-آ از مقدار  $2/56$  ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) (در عمق  $7$  متر) تا مقدار  $2$  ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) (در عمق  $29$  متر) دیده می‌شود. مقدار کلروفیل-آ در تمامی ایستگاه‌هایی که ترموکلاین در آن‌ها دیده می‌شود درست در زیر لایه آمیخته سطحی به صفر می‌رسد. در فصل زمستان نیز مانند فصل پاییز بیشینه کلروفیل-آ در نزدیکی ساحل و در ایستگاه‌های با عمق کمتر از  $20$  متر با بیشینه مقدار در نزدیکی بستر دیده می‌شود. لازم به ذکر است در این فصل، بیشترین مقدار کلروفیل-آ نسبت به دیگر فصول مشاهده می‌شود. در ایستگاه‌های با عمق بیش‌تر از  $20$  متر بیشینه مقدار کلروفیل-آ در عمق حدود  $20$  متر مشاهده می‌شود و مقدار کلروفیل-آ در پایه لایه آمیخته صفر است (شکل ۲ د).



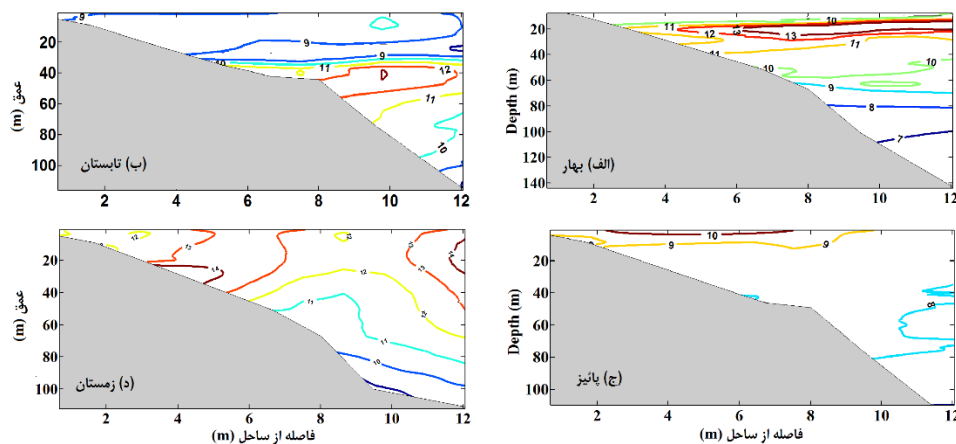
شکل ۲- تغییرات فصلی کنتور کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در منطقه مورد مطالعه

شکل ۳ میزان فراوانی کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در منطقه مورد مطالعه در هر فصل نشان می‌دهد. در این شکل میزان فراوانی (PDF) هیستوگرام نرمال شده) کلروفیل-آ نیز در بازه‌های مختلف محاسبه شده است. بیشترین فراوانی کلروفیل-آ برای کل داده‌ها بین ۰ و  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  (۳ و سپس بین ۱ و  $2 \text{ mg.m}^{-3}$ ) قرار دارد. در فصل بهار بیشترین نسبت فراوانی مشاهده شده مربوط به مقادیر کمتر از  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  است و در مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) فراوانی مقادیر کمتر از  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  کمی بیشتر از مناطق دور از ساحل ( $< 20$  متر) هستند. مقادیر بین  $3-4 \text{ mg.m}^{-3}$  در فصل بهار بسیار کم و با فراوانی تقریباً برابر در مناطق نزدیک به ساحل و دور از ساحل دیده می‌شوند. در فصل تابستان شاهد کمترین مقدار کلروفیل-آ هستیم، به طوریکه بیشترین مقدار فراوانی غلظت کلروفیل-آ در این فصل کمتر از  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  و با نسبت یکسان در مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و مناطق دور از ساحل ( $< 20$  متر) مشاهده می‌شود. بیشترین غلظت کلروفیل-آ در میان تمامی فصول، مربوط به فصول پاییز و زمستان است، به طوریکه مقادیر بیش از  $4 \text{ mg.m}^{-3}$  در پاییز و زمستان دیده می‌شوند. همچنین همانطور که در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار مشاهده شده در میان تمامی فصول، مربوط به فصل زمستان در نزدیک ساحل می‌باشد. در فصل پاییز مقدار بیش از  $3 \text{ mg.m}^{-3}$  تنها در منطقه نزدیک به ساحل ( $< 20$  متر) مشاهده می‌شود و در فصل زمستان مقدار کلروفیل-آ بین  $3-4 \text{ mg.m}^{-3}$  با نسبت کم‌تر نسبت به پاییز ولی به طور یکسان در مناطق نزدیک به ساحل و دور از ساحل یافت می‌شود.



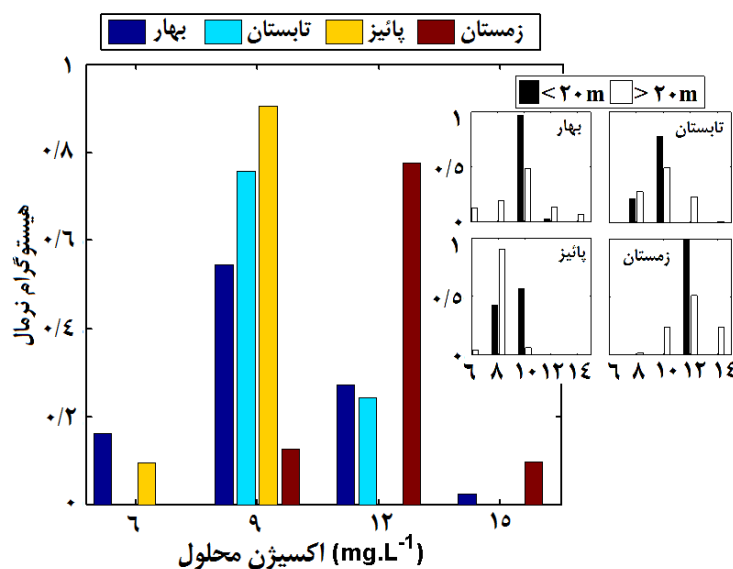
شکل ۳. تغییرات فصلی نسبت فراوانی کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در منطقه مورد مطالعه. در شکل کوچکتر نسبت فراوانی کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) به تفکیک فصل و برای منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) نشان داده شده است.

دامنه تغییرات اکسیژن محلول در فصل بهار بین  $6/2$  و  $14$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) (شکل ۴الف) و در فصل بهار مقدار اکسیژن محلول در سطح حدود  $10$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) است و در عمق حدود  $20$  متر به بیشینه مقدار خود در حدود  $14$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) می‌رسد. در فصل تابستان مقدار اکسیژن محلول در لایه سطحی حدود  $9$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) است و در اعماق بیشتر شروع به افزایش می‌کند و پس از رسیدن به بیشینه مقدار خود حدود  $13$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در عمق حدود  $40$  متر، در اعماق بیشتر کاهش یافته تا در بستر مقدار اکسیژن محلول به حدود  $8$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) می‌رسد (شکل ۴ب). بیشینه مقدار اکسیژن محلول در فصل پاییز در سطح قرار دارد و مقدار بیشینه اکسیژن در ایستگاه‌های نزدیک به ساحل تا عمق  $50$  متر حدود  $10$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و در ایستگاه‌های با عمق بیشتر مقدار اکسیژن محلول در سطح  $9$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و پس از آن کاهش یافته و در بستر عمیق‌ترین ایستگاه به  $6/6$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) می‌رسد (شکل ۴ج). بیشینه مقدار اکسیژن محلول در زمستان در آخرین ایستگاه، با مقدار حدود  $14/4$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در سطح مشاهده می‌شود و دارای لایه بندی شدید است و در عمق به کمینه مقدار  $8/8$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) می‌رسد.

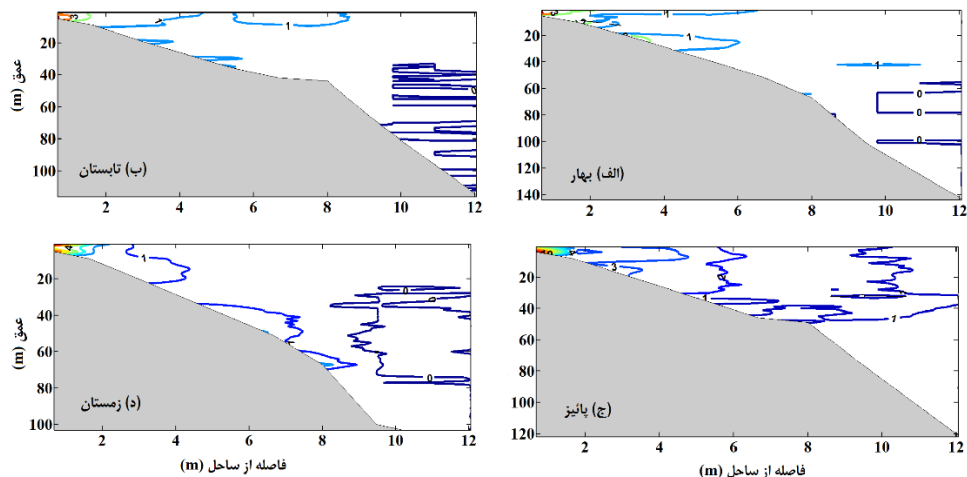


شکل ۴. تغییرات فصلی کنتور اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در مورد مطالعه

نسبت فراوانی اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در منطقه مورد مطالعه در هر فصل و همچنین به تفکیک مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و دور از ساحل ( $< 20$  متر) در شکل ۵ نمایش داده شده است. بیشترین نسبت فراوانی اکسیژن محلول در سه فصل بهار، تابستان و پاییز مقدار در حدود  $9 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  است. در فصل زمستان بیشترین نسبت فراوانی اکسیژن در حدود  $12 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  و بیشینه مقدار اکسیژن محلول در میان فصول مختلف، در فصل زمستان با مقدار حدود  $14/5 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  و سپس در بهار با مقدار حدود  $14 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  قابل مشاهده است. توزیع اکسیژن محلول در فصل بهار در هر دو منطقه نزدیک به ساحل و دور از ساحل، بیشترین فراوانی را در مقدار حدود  $10 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  دارد. کمینه و بیشینه مقدار اکسیژن محلول در فصل بهار به ترتیب  $6/25$  و  $14 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  است و بیشترین نسبت فراوانی اکسیژن محلول در فصل تابستان در مقدار حدود  $10 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  در هر دو منطقه نزدیک و دور از ساحل و با نسبت فراوانی بیشتر در منطقه نزدیک ساحل مشاهده می‌شود. بالاترین مقدار اکسیژن محلول در تابستان در منطقه دور از ساحل با مقدار حدود  $13 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  قابل مشاهده است. بیشترین نسبت فراوانی اکسیژن محلول در فصل پاییز در منطقه نزدیک ساحل به ترتیب در مقدار  $10 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  و سپس در مقدار  $8 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  و در منطقه دور از ساحل در حدود  $8-9 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  می‌باشد. در فصل زمستان بیشینه نسبت فراوانی اکسیژن در منطقه نزدیک به ساحل با مقدار حدود  $13-12 \text{ (mg.L}^{-1}\text{)}$  و در منطقه دور از ساحل نیز با نسبت فراوانی کمتر در همین حدود مشاهده می‌شود. علت کمتر بودن نسبت فراوانی در منطقه دور از ساحل به علت کم شدن اکسیژن محلول در اعماق بالاست.



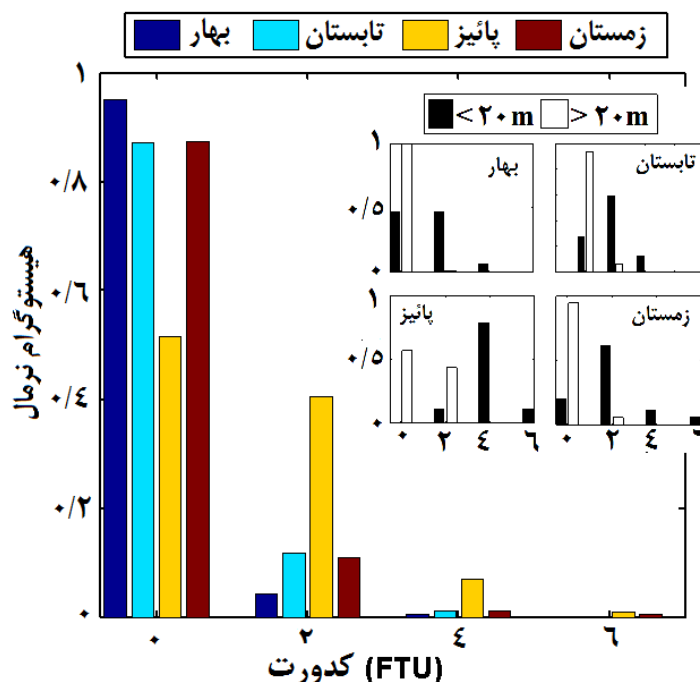
شکل ۵- تغییرات فصلی فراوانی اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در منطقه مورد مطالعه. شکل کوچکتر در گوشه شکل اصلی، نسبت فراوانی اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) به تفکیک فصل و برای منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) را نشان می‌دهد. برش قائم فصلی کدورت در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، این شکل به طور همزمان نشان‌دهنده تغییرات زمانی و مکانی (نزدیک ساحل به دور از ساحل) کدورت می‌باشد. بیشترین کدورت در فصل بهار، در نزدیک‌ترین ایستگاه به ساحل با عمق ۵ متر دیده می‌شود. در دیگر ایستگاه‌ها در این فصل، کدورت به طور کلی پایین و کمتر از  $1 \text{ (FTU)}$  و در اعماق بیشتر از  $50$  متر نیز مقدار آن صفر است. کدورت در فصل تابستان نیز مشابه بهار است و بیشترین مقدار آن در نزدیک‌ترین ایستگاه به ساحل دیده می‌شود و در اعماق بیش از  $40$  متر نیز مقدار آن به صفر می‌رسد. در فصل پاییز نسبت به دو فصل دیگر مقدار کدورت افزایش قابل توجه دارد و در سه ایستگاه نزدیک به ساحل (ایستگاه‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ متر) از بیشینه مقدار حدود  $14 \text{ (FTU)}$  در ایستگاه ۵ متری تا بیشینه مقدار  $4 \text{ (FTU)}$  در ایستگاه ۲۰ متری تغییر می‌کند و هر چه فاصله از ساحل بیشتر می‌شود، کدورت کاهش می‌یابد (شکل ۶).



شکل ۶- تغییرات فصلی کنتور کدورت در منطقه مورد مطالعه

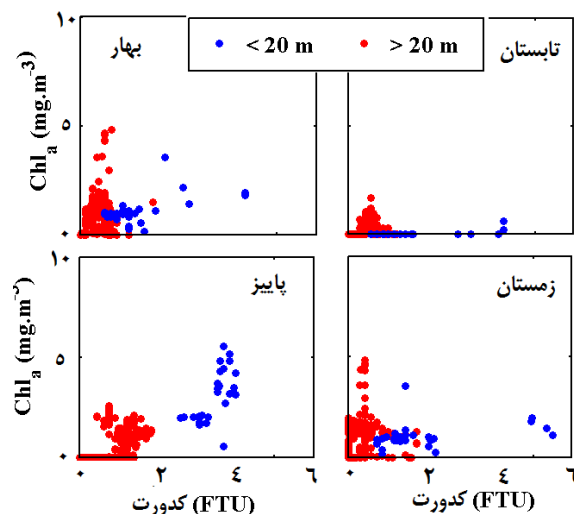
شکل ۷ نشان می‌دهد که بیشترین نسبت فراوانی کدورت در تمامی فصول دارای مقدار کمتر از ۱ (FTU) و سپس مقدار ۱-۲ (FTU) است. بیشینه مقدار کدورت در میان تمامی فصول، بیش از ۶ (FTU) در فصل‌های پاییز و زمستان است که در فصل پاییز نسبت فراوانی کدورت با مقدار حدود ۴ (FTU) قابل ملاحظه می‌باشد. لازم به ذکر است که تمامی مقادیر بالای کدورت در تمامی فصول، مربوط به منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) است. در فصل بهار بیشترین نسبت فراوانی کدورت در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر)، با مقادیر کمتر از ۲ (FTU) و در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) مقدار کمتر از ۱ (FTU) است. در فصل تابستان نیز بیشترین نسبت فراوانی کدورت در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) دارای مقدار کمتر از ۱ (FTU) و در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) دارای مقدار حدود ۲ (FTU) است. در فصل پاییز بیشترین نسبت فراوانی کدورت در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) با مقدار حدود ۴ (FTU) و در منطقه دور از ساحل با مقدار کمتر از ۱ (FTU) و سپس مقدار حدود ۲ (FTU) است. بیشترین نسبت فراوانی کدورت در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) در فصل زمستان مقدار کمتر از ۱ (FTU) و در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) مقدار ۲ (FTU) است.





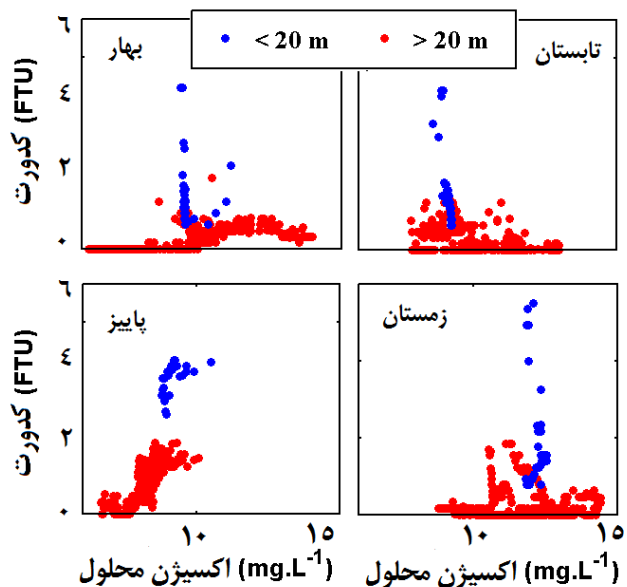
شکل ۷- تغییرات فصلی فراوانی کدورت (FTU) در منطقه نوشهر در جریان اندازه‌گیری در منطقه مورد مطالعه. شکل کوچکتر در گوشه شکل اصلی، نسبت فراوانی کدورت (FTU) به تفکیک فصل و برای منطقه نزدیک به ساحل (> ۲۰ متر) و منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) را نشان می‌دهد.

تغییرات کلروفیل-آ بر حسب کدورت در فصل‌های مختلف در دو منطقه نزدیک به ساحل (> ۲۰ متر) و دور از ساحل (< ۲۰ متر) در شکل ۸ نشان داده شده است. در فصل بهار کدورت در منطقه به نزدیک به ساحل (> ۲۰ متر) بیشتر از منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) است و کلروفیل-آ و کدورت در منطقه نزدیک به ساحل رابطه تقریباً مستقیم دارد. در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) در این فصل کلروفیل-آ و کدورت در اعماق بیش از ۵۰ متر در حدود صفر است و در اعماق کمتر از ۵۰ متر هم رابطه مستقیمی با یکدیگر ندارند. در فصل تابستان دامنه تغییرات نمودار پراکندگی کلروفیل-آ بر حسب کدورت در مقایسه با فصل‌های دیگر بسیار کم است. میزان کلروفیل-آ در این فصل نسبت به فصول دیگر پایین است و تنها در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) در عمق حدود ۲۰ متر به بیشینه مقدار حدود  $0.8-0.16 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$  می‌رسد و در نزدیک سطح و در اعماق بیش از ۳۰ متر حدود صفر است. کدورت در این فصل رابطه‌ای با غلظت کلروفیل-آ ندارد و در مناطق نزدیک به ساحل (> ۲۰ متر) بیشتر از مناطق دور از ساحل است و در اعماق بیش از ۳۰ متر مقدار آن به حدود صفر نزدیک می‌شود. در فصل پاییز در نزدیکی ساحل (> ۲۰ متر) مقدار کلروفیل-آ و کدورت آ بالاست و در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) هم مقدار کلروفیل-آ و هم کدورت به مراتب از منطقه نزدیک به ساحل کوچکتر هستند. در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) از سطح تا عمق حدود ۳۵ متر، تغییرات کلروفیل-آ و کدورت متناظر با یکدیگر است. به طوریکه محدوده تغییرات کلروفیل-آ از سطح تا عمق حدود ۳۵ متر بین  $0.5-0.19 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$  و کدورت نیز در همین محدوده عمق، بین  $0.45-0.185 \text{ (FTU)}$  متغیر است. در منطقه دور از ساحل مقدار کلروفیل-آ در اعماق بیشتر از ۳۵ متر صفر است و در همین محدوده نیز مقدار کدورت بسیار پایین و بین ۰ و  $0.14 \text{ (FTU)}$  تغییر می‌کند. در فصل زمستان در نزدیکی ساحل (> ۲۰ متر) مقدار کلروفیل-آ و کدورت بالا، در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) در سطح مقدار کلروفیل-آ صفر و پس از آن شروع به افزایش کرده و در عمق حدود ۲۰ متر به بیشینه مقدار خود رسیده و در اعماق بیش از ۳۰ متر مقدار کلروفیل-آ به صفر می‌رسد. هر چه فاصله از ساحل و عمق آب بیشتر می‌شود مقدار کلروفیل-آ در عمق کمتری و در حدود ۲۵ متر شروع به صفر شدن می‌کند. در همین فصل، در منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر) محدوده تغییرات کدورت بین  $0.85-0.1 \text{ (FTU)}$  و در همین محدوده کلروفیل-آ نیز بین  $0-4.7 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$  تغییر می‌کند.



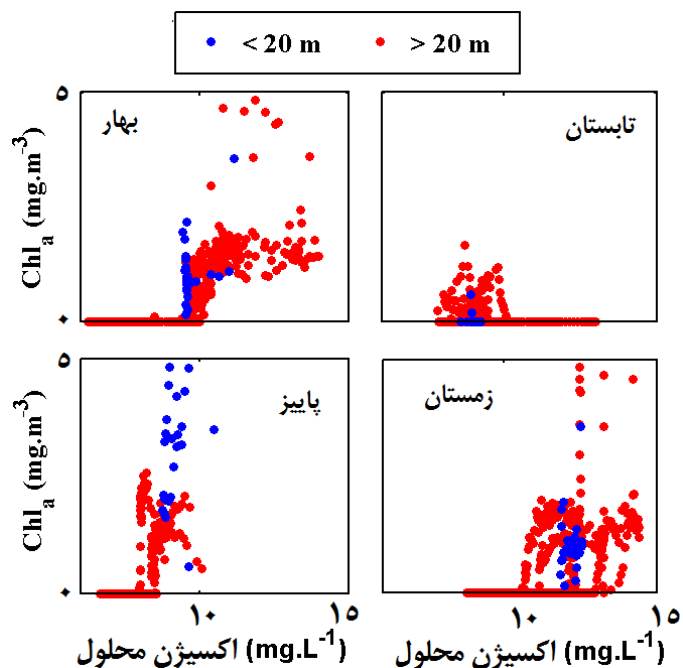
شکل ۸- تغییرات فصلی کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) بر حسب کدورت (FTU) در منطقه مورد مطالعه، نقاط آبی مربوط به منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و نقاط قرمز رنگ مربوط به منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر)

تغییرات اکسیژن محلول بر حسب کدورت در فصل‌های مختلف در شکل ۹ نشان داده شده است. مشخصه مشترک تمامی نمودارهای پراکندگی DO-Turb در تمامی فصول در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) تغییرات کم اکسیژن محلول در برابر گستره بالای تغییرات کدورت است. پراکندگی پایین اکسیژن محلول در مقابل تغییرپذیری بالای کدورت در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) نشان می‌دهد هرچند تغییرات کدورت در منطقه نزدیک به ساحل بالاست، تغییرات اکسیژن در این منطقه نسبت به دامنه کلی تغییرات اکسیژن محلول، کم است، در حالیکه در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) گستره تغییرات اکسیژن محلول بالاست. در فصل بهار تغییرات کدورت در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) به نسبت منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) بسیار کمتر است، در حالیکه در مورد اکسیژن محلول برعکس و گستره تغییرات آن در منطقه دور از ساحل زیاد است. در همین فصل در منطقه دور از ساحل کدورت در سطح از بیشینه مقدار  $0/9$  (FTU) شروع می‌شود و به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود تا در عمق مقدار آن به صفر می‌رسد. دایره‌های قرمز رنگ کدورت با مقدار صفر (FTU) و اکسیژن محلول با کمینه مقدار  $6/24$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و بیشینه مقدار  $10$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) نشان‌دهنده آب‌های اعماق در منطقه دور از ساحل است. در فصل تابستان گستره تغییرات اکسیژن محلول در کدورت  $4/16$ – $0/62$  (FTU) در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر)، کمتر از بهار است (گستره تغییرات اکسیژن محلول در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) بین  $8/25$ – $8/9$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ )). گستره تغییرات اکسیژن محلول در فصل تابستان در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) محدودتر از بهار است در حالیکه محدوده تغییرات کدورت در این دو فصل تفاوت قابل توجهی ندارد. نمودار پراکندگی DO-Turb در فصل پاییز در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) متفاوت و این تفاوت، ناشی از مقدار بالای اکسیژن محلول در سطح در منطقه نزدیک به ساحل است که به طور همزمان دارای کدورت بالا هم هست. در حالیکه در منطقه دور از ساحل مقدار پایین کدورت به طور همزمان با مقدار بالای اکسیژن محلول در سطح و همچنین مقدار کم اکسیژن محلول و کدورت صفر در عمق، توده آب متفاوت در منطقه دور از ساحل به وجود آورده است. در فصل زمستان کشیدگی نمودار پراکندگی DO-Turb در نزدیکی ساحل در محدوده اکسیژن بالا ( $11/85$ – $12/35$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ ))، تأیید کننده دامنه تغییرات بالای کدورت در مقدار بالا و گستره تغییرات کم اکسیژن در این فصل است. در منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) مقدار اکسیژن محلول بالاتر از دیگر فصول و گستره تغییرات کدورت مشابه فصل پاییز است.



شکل ۹- تغییرات فصلی کدورت (FTU) بر حسب اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در منطقه مورد مطالعه، نقاط آبی رنگ مربوط به منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و نقاط قرمز رنگ مربوط به منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر)

کل ۱۰ نشان‌دهنده تغییرات کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) بر حسب اکسیژن محلول ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در فصول مختلف سال و در دو منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و دور از ساحل ( $< 20$  متر) است. بالاترین گستره تغییرات اکسیژن و کلروفیل-آ مربوط به منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) در فصل بهار است. گستره تغییرات نمودار پراکندگی DO-Chla در فصل تابستان کمتر از فصول دیگر است و مقدار صفر کلروفیل-آ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در اکسیژن محلول بالا مشاهده می‌شود که به دلیل کلروفیل-آ صفر در نزدیکی سطح که اکسیژن محلول در آن بیشینه است، اتفاق می‌افتد. کمترین گستره تغییرات اکسیژن و بالاترین گستره تغییرات مقدار کلروفیل-آ در نزدیکی ساحل در فصل پاییز مشاهده می‌شود و کلروفیل-آ در منطقه نزدیکی به ساحل ( $> 20$  متر) در پاییز بیشتر از منطقه دور از ساحل ( $< 20$  متر) است. در فصل زمستان و در منطقه دور از ساحل گستره تغییرات کلروفیل-آ بالاتر از صفر ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در مقدار اکسیژن محلول بین ۱۰-۱۴/۴ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) دیده می‌شود در حالیکه مقدار کلروفیل-آ در منطقه نزدیک به ساحل کمتر از منطقه مشابه در فصل پاییز است.



شکل ۱۰- تغییرات فصلی اکسیژن محلول (mg.L-1) بر حسب کلروفیل-آ (mg.m-3) در منطقه مورد مطالعه، نقاط آبی رنگ مربوط به منطقه نزدیک به ساحل (> ۲۰ متر) و نقاط قرمز رنگ مربوط به منطقه دور از ساحل (< ۲۰ متر)

## بحث

در مطالعه حاضر با در دست داشتن داده‌های اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه CTD، پارامترهای مختلف شامل کلروفیل-آ، کدورت و اکسیژن محلول در فصول مختلف سال ۱۳۹۷ در نزدیک ساحل (> ۲۰ متر) و دور از ساحل (< ۲۰ متر) در منطقه نوشهر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نقش بسیار موثر عوامل زیستی و فیزیکی در بخش شیلات و محیط زیست، شناخت و درک این عوامل از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از طرفی با گسترش صنعت آبزی پروری در دریاها، نقش عوامل فیزیکیوشیمیایی در تعیین محل استقرار قفس‌های پرورش ماهی و همچنین بررسی اثرات زیست محیطی این صنعت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. مطالعات مختلف اهمیت بالای بررسی و درک عوامل فیزیکی و زیستی در دریای خزر را بیش از پیش روشن می‌سازند [۵] و [۶]. نتایج مطالعه حاضر با بررسی برش عمودی کلروفیل-آ از نزدیک ساحل به دور از ساحل، نشان داد در فصل بهار بیشینه مقدار کلروفیل-آ در زیر لایه آمیخته در عمق ۲۰ متر قرار دارد و پس از آن به تدریج کاهش می‌یابد و در اعماق بیش از ۵۵ متر صفر می‌شود. بیشترین فراوانی کلروفیل-آ در فصل بهار در هر دو منطقه نزدیک و دور از ساحل، در بین ۱-۰ (mg.m-3) (3 و سپس ۲-۳) می‌باشد. در فصل تابستان میزان غلظت کلروفیل-آ در مقایسه با فصول دیگر بسیار کم و در هر دو منطقه نزدیک و دور از ساحل بیشترین میزان فراوانی کلروفیل-آ بین ۱-۰ (mg.m-3) است. در فصل پاییز در نزدیک ساحل (> ۲۰ متر) مقدار کلروفیل-آ بسیار بالاتر از منطقه دور از ساحل است و بیشترین فراوانی کلروفیل-آ در نزدیک ساحل مربوط به مقادیر بیشتر از ۲ (mg.m-3) است. در فصل زمستان نیز نزدیک به ساحل کلروفیل-آ بالاتر از منطقه دور از ساحل است و در مناطق دور از ساحل بیشینه مقدار کلروفیل-آ در عمق نزدیک به ۲۰ متری قرار دارد. الگوی اکسیژن محلول در فصل بهار با بیشینه مقدار حدود ۱۳ (mg.L-1) در عمق ۲۰ متری، مشابه الگوی کلروفیل-آ در این فصل و در فصل تابستان با بیشینه مقدار حدود ۱۳ (mg.L-1) در زیر لایه آمیخته در عمق حدود ۴۰ متر قرار دارد. اکسیژن محلول در

فصل‌های پاییز و زمستان با لایه‌بندی (stratification) شدید از بیشترین مقدار در سطح تا کمترین مقدار در عمق دیده مشاهده می‌شوند. بیشینه مقدار اکسیژن در میان تمامی فصول با بیشترین فراوانی در منطقه دور از ساحل در فصل زمستان دیده می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر، بیشترین فراوانی کدورت در تمامی فصول در مقادیر بین ۱-۰ (FTU) و بیشترین مقدار کدورت در فصول سرد سال (پاییز و زمستان) دیده می‌شود. لازم به ذکر است مقادیر بالاتر کدورت با فراوانی بیشتر در تمامی فصول در مناطق نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) دیده می‌شوند. نمودار پراکندگی کلروفیل-آ بر حسب کدورت نشان‌دهنده تفاوت توده آب در منطقه نزدیک به ساحل ( $> 20$  متر) و دور از ساحل ( $< 20$  متر) در تمامی فصول است. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمستان ۲۰۰۸ در منطقه انزلی نشان می‌دهد، در نزدیکی ساحل در اعماق کمتر از ۲۰ متر اکسیژن محلول از ۶ تا ۱۰ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و در منطقه دور از ساحل از ۹ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در نزدیکی سطح تا ۰/۵ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) در عمق حدود ۷۰۰ متر متغیر است<sup>[۱۷]</sup>. همچنین اکسیژن محلول در عمق حدود ۱۰۰ متر، حدود ۸ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و در منطقه دور از ساحل، با حداکثر عمق ۷۰۰ متر، اکسیژن محلول در عمق ۱۰۰ متر حدود ۶-۵ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) بود که نشان می‌دهد اکسیژن محلول در عمق برابر در منطقه نزدیک ساحل بالاتر از منطقه دور از ساحل است<sup>[۱۷]</sup>. مقایسه نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر و مطالعه ذکر شده در منطقه انزلی در فصل مشابه<sup>[۱۷]</sup> نشان می‌دهد اکسیژن محلول در مطالعه حاضر در نزدیکی ساحل در اعماق کمتر از ۲۰ متر، با مقدار حدود ۱۲-۱۳ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) بیشتر از منطقه با عمق مشابه در منطقه انزلی است (۶-۱۰ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )). اکسیژن محلول در زمستان در عمق ۱۰۰ متر در مطالعه حاضر، در سطح حدود ۱۳-۱۴ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و در نزدیکی بستر حدود ۹-۱۰ ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) است که این مقادیر بیشتر از مقادیر ذکر شده در اعماق مشابه در مطالعه مربوطه در منطقه انزلی، است<sup>[۱۷]</sup>. مقایسه کدورت در این مطالعه و کدورت در منطقه انزلی<sup>[۱۷]</sup>، نشان می‌دهد کدورت در عمق ۵ متر حدود ۱۵ تا ۲۵/۶ (FTU) و در آبهای با عمق حدود ۲۰-۳۵ متر از حدود ۶ تا ۴/۶ (FTU) متغیر است که به شکل قابل توجهی بیشتر از مقادیر مشاهده شده در مطالعه حاضر است. طبق نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر، در فصل بهار بیشینه مقدار کلروفیل در عمق ۲۰ متر مشاهده می‌شود که با نتایج مطالعه مشابه در منطقه انزلی<sup>[۱۳]</sup> مشابهت دارد. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با مطالعه انجام شده در منطقه انزلی<sup>[۱۳]</sup>، مقدار بالاتر بیشینه مقدار کلروفیل-آ را در تحقیق حاضر در منطقه نوشهر نشان می‌دهد. بیشینه مقدار کلروفیل-آ در فصل تابستان در منطقه انزلی<sup>[۱۳]</sup> در عمق حدود ۵ متر و با مقدار بیشینه حدود ۳/۴ ( $\text{mg.m}^{-3}$ )، در صورتی که این پارامتر در تحقیق حاضر در تابستان ۹۷ در منطقه نوشهر به مراتب کمتر با مقداری در حدود ۱/۷ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) در عمق حدود ۱۵ متر مشاهده گردید. در فصل پاییز در منطقه انزلی<sup>[۱۳]</sup> بیشینه مقدار کلروفیل-آ در عمق ۵ برابر ۲/۵ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) ۳ است که در مطالعه حاضر در عمق ۳ متر و با مقدار به مراتب بزرگتر در حدود ۵/۵ ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) دیده می‌شود. غلظت کلروفیل-آ کمتر از ۰/۲ در مطالعه‌ای در خلیج قابس (Gulf of Gabes) نشان‌دهنده میزان بسیار بالاتر کلروفیل-آ در منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر در فصل مشابه (تابستان) است<sup>[۱۸]</sup>. از طرفی غلظت بالای کلروفیل-آ در نزدیکی ساحل نسبت به دور از ساحل و همچنین مقدار بالای کلروفیل-آ در فصول پاییز و زمستان نسبت به تابستان، مشابه نتایج مطالعه حاضر است<sup>[۱۸]</sup>. نتایج مطالعه‌ای در رودخانه هانتر (Hanter River) بر اساس اندازه‌گیری خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیکی مختلف، نشان داد میان کلروفیل-آ و کدورت همبستگی مستقیم وجود دارد. همچنین در این تحقیق با افزایش غلظت کلروفیل-آ، اکسیژن محلول افزایش یافت که با مقایسه نتایج این مطالعه با تحقیق حاضر مشابهت زیادی دیده نشد که نشان می‌دهد روابط پارامترهای مختلف در منطقه مورد مطالعه پیچیده‌تر از شرایط در رودخانه‌ها است<sup>[۱۹]</sup>.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، کلروفیل-آ در فصل تابستان در مقایسه با فصول دیگر بسیار کم و بیشینه مقدار کلروفیل-آ در فصل بهار در زیر لایه آمیخته و در فصل تابستان درون لایه آمیخته و در هر دو فصل در عمق ۲۰ متری قرار دارد. بیشترین مقدار کلروفیل-آ در فصل‌های پاییز و زمستان و بیشینه مقدار کلروفیل-آ در عمق کمتری نسبت به بهار و تابستان و در نزدیکی سطح مشاهده می‌شود. الگوی اکسیژن محلول در فصل

بهار شبیه الگوی کلروفیل-آ در همین فصل و در فصل تابستان بیشینه مقدار آن در زیر لایه آمیخته ولی در فصل‌های پاییز و زمستان دارای لایه‌بندی شدید با بیشترین مقدار در سطح و کمترین مقدار در بستر است. کدورت در تمام فصل‌ها بیشترین مقدار را در مناطق نزدیک به ساحل دارد.

## منابع

- 1- Kostianoy AG, Kosarev AN, editors. The Caspian sea environment. Springer Science & Business Media; 2005.
- 2- Dumont HJ. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*. 1998 Jan;43(1):44-52.
- 3- Zonn IS. Economic and international legal dimensions. In *The Caspian Sea Environment 2005* (pp. 243-256). Springer, Berlin, Heidelberg.
- 4- Zaker NH, Ghaffari P, Jamshidi S. Physical study of the southern coastal waters of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran in Iran. *Journal of Coastal Research*. 2007 Jan 1:564-9.
- 5- Haghshenas E, Gholamalifard M, Mahmoudi N, Kutser T. Developing a GIS-Based Decision Rule for Sustainable Marine Aquaculture Site Selection: An Application of the Ordered Weighted Average Procedure. *Sustainability*. 2021 Jan;13(5):2672.
- 6- Rashidi Ebrahim Hesari A, Bazregar N, farjami H. Numerical Simulation of Phosphate's Diffusion released by Fish Culture Cages Located in the Sisangan Marine Basin in the Southern Caspian Sea. *JFST*. 2020; 9 (1) :1-11 (in persian).
- 7- <https://www.noaa.gov>.
- 8- Kideys AH, Moghim M. Distribution of the alien ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea in August 2001. *Marine Biology*. 2003 Jan;142(1):163-71.
- 9- PiNeDa J, Hare JA, Sponaugle SU. Larval transport and dispersal in the coastal ocean and consequences for population connectivity. *Oceanography*. 2007 Sep 1;20(3):22-39.
- 10- Thomson RE, Fine IV. Estimating mixed layer depth from oceanic profile data. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2003 Feb;20(2):319-29.
- 11- Abdolahi A, Nahavandian S. Seasonal and spatial variations of the water physical properties in Alashtrud and Lavijrood regions. *Journal of Hydrophysics*. 2019, 4(2): 47-58 (in persian).
- 12- Jannar Fereidouni F, Nahavandian S, Mahmoudi N. Seasonal variations of the water column structure and estimation of the mixed layer depth based on the temperature using threshold method in Babolsar and Ramsar regions. *Journal of the Earth and Space Physics*. 2020, 46(1): 174-159 (in persian).
- 13- Jamshidi S, Yousefi M. Seasonal Variations of Seawater Properties in the Southwestern Coastal Waters of the Caspian Sea. *International Journal Marine Science and Engineering*. 2013; 3(3): 113-124.
- 14- Ghaffari P, Lahijani HA, Azizpour J. Snapshot observation of the physical structure and stratification in deep-water of the South Caspian Sea (western part). *Ocean Science*. 2010 Oct 7;6(4):877-85.

- 15- Ghomi M R, Maghsodi S. The relationship between chlorophyll-a and some physicochemical parameters of water in coastal area of southern Caspian Sea, Mazandaran. *Journal of Aquatic Ecology*. 2019; 8 (3) :153-158 (in persian).
- 16- Ahmadi B, Gholamalifard M, Kutser T, Vignudelli S, Kostianoy A. Spatio-Temporal Variability in Bio-Optical Properties of the Southern Caspian Sea: A Historic Analysis of Ocean Color Data. *Remote Sensing*. 2020 Jan;12(23):3975.
- 17- Stewart RH. *Introduction to physical oceanography*. Robert H. Stewart; 2008.
- 18- Hassen MB, Drira Z, Hamza A, Ayadi H, Akrouf F, Issaoui H. Summer phytoplankton pigments and community composition related to water mass properties in the Gulf of Gabes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2008 May 10;77(4):645-56.
- 19- Sanderson BG, Redden AM. Salinity, light, and chlorophyll-a in the Hunter River Estuary, Report 2006.

## Seasonal variations of chlorophyll-A, dissolved oxygen and turbidity in the southern Caspian Sea (Noshahr coast)

Somayeh Nahavandian\*<sup>1</sup>

1- Department of Marine Physics, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran

### ABSTRACT

Seasonal variability of different parameters of the water column including chlorophyll-a, dissolved oxygen and turbidity in Noshahr region in Mazandaran province based on measurements using CTD device taken during different seasons of 1397 are investigated. According to the results, maximum chlorophyll-a during the spring in offshore area is below the mixed layer at the depth of 20 (m), during the summer with the lowest concentration among all the seasons is inside the mixed layer at the depth of 20 (m) in offshore area and during the fall and the winter the highest concentration of chlorophyll-a is observed near the coast. Maximum dissolved oxygen during the spring is located at the depth of about 20 (m), in the spring in the offshore is at the depth of 40 (m) and during the fall and winter is observed with maximum values near the surface and the lowest values near the bottom. Maximum turbidity is observed in all seasons near the shore at the depth of 5 m and the maximum values of the turbidity are found during the cold seasons. Zero values of the turbidity during the winter is observed inside the mixed layer, while during the fall and the summer is below the mixed layer and in the spring is found in the deep layer.

**KEYWORDS:** Noshahr, Caspian Sea, physicochemical parameters, field measurement

### ARTICLE TYPE

Original Research

### ARTICLE HISTORY

Received: 30  
December 2020  
Accepted: 22 May  
2021  
ePublished: 23 August  
2021

\* Corresponding Author:

Email address: s.nahavandian@modares.ac.ir

Tel: +(98) 11-44998132

© Published by Tarbiat Modares University

eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513