

مقایسه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی و زمانی ساختار مؤلفه‌های آب دریا در منطقه فلات قاره و عمیق مجاور بندرانزلی با استفاده از داده‌های برداشت شده

سیامک جمشیدی

Jamshidi@inio.ac.ir

عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

چکیده

در این تحقیق الگوی تغییرات مکانی و زمانی ساختار مؤلفه‌ها و مشخصات آب دریا در منطقه فلات قاره و عمیق بخش غربی سواحل جنوبی دریای خزر (مجاور بندرانزلی) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. پژوهش براساس تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میدانی توسط حسگرهای دستگاه CTD از سطح تا عمق ۴۷۵ متری آب دریا صورت گرفته است. براساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که امکان تشکیل کانال صوتی در محدوده آب عمیق بخش غربی جنوب دریای خزر وجود دارد. توزیع عمودی pH نشان‌دهنده یک روند کاهشی از سطح به عمق در منطقه آب عمیق است. با مقایسه نتایج می‌توان دید که مقادیر pH آب دریا در تابستان کمتر از زمانهای دیگر داده‌برداری بوده است. مقادیر اکسیژن محلول در لایه سطحی بین ۲ تا ۷/۵ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. در زیر لایه ۱۰۰ متری یک افت شدید در غلظت اکسیژن محلول مشاهده شده است بطوریکه در ماه‌های مرداد و آبان (آگوست و نوامبر) به ۱/۲ میلی گرم بر لیتر در ژرفای ۴۵۰ متری و به ۲ میلی گرم بر لیتر در اسفندماه (مارس) رسیده است. در مجموع تغییرات اکسیژن و pH در لایه‌های میاناب و عمیق در فصول مختلف قابل توجه بود. براساس داده‌های بدست آمده میزان کدروی آب دریا در زمستان و بهار بیشتر از تابستان و پاییز ثبت شده است. در بیشتر موارد در نواحی نزدیک ساحل به دلیل عوامل و فرایندهای ساحلی، کدروی آب دریا بیش از مناطق دور از ساحل بوده است. در مجموع با توجه به میزان اکسیژن محلول و pH در مناطق عمیق جنوب دریای خزر، مطالعات و تلاش‌های جدی جهت جلوگیری از آلاینده‌ها به محیط زیست این دریا ضروری است.

واژگان کلیدی: سرعت صوت، اکسیژن محلول، اسیدیته، کدروی، دریای خزر.

تاریخ دریافت مقاله : ۹۴/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۴/۱۲/۰۳

۱- مقدمه

مقایسه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی و زمانی ساختار مؤلفه‌های آب دریا در مناطق ساحلی و دور از ساحل با بهره‌گیری از داده‌های اندازه‌گیری شده یکی از روشها و ابزارهای مطالعه محیط‌های دریایی و توده‌های آبی است. از مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا که دارای اهمیت شایانی است می‌توان به دما، سرعت صوت، اکسیژن محلول، pH و کدوری اشاره نمود. سرعت صوت در دریا، پارامتر مهم در محاسبات و طراحی دستگاه‌های سونار محسوب می‌شود. دانستن اطلاعات محیطی برای انجام عملیات دفاعی و تهاجمی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و یکی از نکات بسیار مهم در کسب صحیح اطلاعات، راندمان و دقت حسگرهای صوتی مورد استفاده در سیستم سونار شناورهای سطحی و ادوات زیر سطحی است که کاملا وابسته به نحوه انتشار صوت در آب دریا است. به عنوان مثال یکی از تاکتیک‌های بسیار مهم دفاعی زیردریایی، پناه بردن در عمقی است که امواج صوتی حسگرهای تجهیزات زیر سطحی، شناورهای سطحی، هواپیماها و بالگردهای مخصوص اکتشاف زیردریایی نیروهای طرف مقابل به آن نرسد. دانستن چنین عمقی منوط به داشتن اطلاعات مربوط به نحوه انتشار صوت در محیط زیرآبی مورد نظر می‌باشد [۱]. همچنین دانستن شرایط محیطی انتشار امواج برای تست و کالیبراسیون سیستم‌های سوناری طراحی شده در محیط بسیار حائز اهمیت است تا متناسب با شرایط محیط سونارهایی بهینه طراحی نمود [۲ و ۳].

تغییرات سرعت صوت در دریا تعیین کننده ویژگی‌های مربوط به انتشار صوت در محیط است و این تغییرات بستگی به نواحی مختلف دریا دارد. سرعت صوت تحت تأثیر عوامل گوناگونی نظیر عمق، فصل، منطقه جغرافیایی، محیط و زمان تغییر می‌کند. از بعد تاریخی اولین کوششی که برای اندازه‌گیری سرعت صوت انجام گرفت در سال ۱۸۲۷ توسط وود کلادن و اشتورم بود. سرعت امواج صوتی که در داخل آب حرکت می‌کنند توسط سه پارامتر فشار (ناشی از افزایش عمق)، درجه حرارت و شوری کنترل می‌شود. تعیین سرعت صوت در آب دریاها یک بخش کلیدی از تشریح مدرن آب‌های روی کره زمین است.

از آنجائیکه دریای خزر یک توده آبی بسته و مجزا از دریا‌های آزاد است، ساختار طبیعی تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آن تحت تأثیر عوامل بیرونی نظیر تخلیه آب رودخانه‌ها و عوامل جوی است. بنابراین ساختار هیدرولوژیکی و گردش آب دریای خزر توسط اینگونه عوامل تعیین می‌گردد [۴]. در حال حاضر تعداد ۱۳۰ رودخانه کوچک و بزرگ با خروجی‌های متفاوت ورودی آب شیرین این دریا را تامین می‌کند. منبع اصلی ورودی آب شیرین دریای خزر رودخانه ولگا (با ۸۰ تا ۸۵ درصد ورودی کل)، اورال، امبا و ترک در شمال آن است [۵ و ۶]. در بخش جنوبی حجم ورودی رودخانه‌های ایران ۴ تا ۵ درصد است که بزرگترین آنها سفیدرود می‌باشد [۷-۹].

در این نوشتار علاوه بر بررسی مشخصات فیزیکی و انتشار صوت میزان شفافیت، اکسیژن محلول و اسیدیته آب دریا نیز مد نظر قرار می‌گیرد. در آب دریا گازهای مختلفی به صورت محلول وجود دارد که مهمترین آنها اکسیژن است. حیوانات دریا برای تنفس از اکسیژن محلول در آب استفاده می‌کنند. به جز اعماق چند دریا وجود جانوران در تمام نقاط مشاهده شده، لذا اکسیژن نیز در تمام قسمت‌های دنیای اقیانوس وجود دارد، ولی مقدار آن در همه جا به یک اندازه نیست. آب دریا اکسیژن را از هوا دریافت می‌کند. در قسمت سطحی به علت اختلاط با هوای مجاور میزان اکسیژن همیشه زیاد است. علاوه بر آن، اکسیژنی که گیاهان دریا ضمن فتوسنتز دفع می‌کنند، در آب حل می‌شود. گیاهان در آبهای کم‌عمق تا جایی که نور خورشید نفوذ دارد، زندگی می‌کنند و امواج حداکثر تا عمق دویست متری می‌توانند آب را به هم بزنند. بنابراین اکسیژن اعماق زیاد از طریق دیگر تامین می‌شود. روش معلوم برای اعماق متوسط، جریانهای عمقی است که آب اشباع شده از اکسیژن را به آنجا می‌رساند. علاوه بر اکسیژن، گازهای دیگری از قبیل ازت، گاز کربنیک و آرگون نیز در آب دریاها وجود دارد. بعضی از دریاها از یک عمق معین به پایین فاقد اکسیژن هستند. مثلاً در دریای سیاه از عمق ۱۸۰ - ۲۰۰ متر به پایین تنها گاز ازت و هیدروژن سولفور در آب وجود دارد. از اوایل قرن بیستم حجم عظیم خروجی رودخانه‌ها به دریای خزر با کاهش غلظت اکسیژن محلول و افزایش مؤلفه‌های مواد مغذی همراه شد. افزایش منابع مغذی (به دلیل افزایش ورودی

فیزیکی و شیمیایی آب دریا یکی از مهمترین روش‌ها و ابزار جهت پایش مداوم و مستمر و مراقبت از محیط‌های آبی محسوب می‌شود. دریای خزر به لحاظ انجام مطالعات گسترده، جامع و پایدار در خصوص شناخت هرچه بهتر مؤلفه‌ها و منابع و نحوه انتشار آلاینده‌ها، وضعیت و نحوه واکنش موجودات زنده به تغییرات پارامترها در کوتاه و بلند مدت و در نتیجه بهره‌برداری بهینه هنوز نیازمند مطالعات و اقدامات جدی است.

در این مقاله، به تشریح یافته‌هایی از مشخصات آب دریا و سرعت صوت در بخش جنوبی دریای خزر پرداخته شده است. در اقیانوس‌شناسی و پژوهش‌های دریایی، پالس‌های صوتی به طور وسیع در بررسی‌های بستر دریا و اندازه‌گیری موج و جریانات دریایی استفاده می‌شود. داشتن مطالبی در مورد سرعت صوت، اطلاعات مفیدی در مورد ویژگی‌های اقیانوس و آب دریا در اختیار قرار می‌دهد. اخیراً، محاسبه صوت برای مشاهدات لایه‌های پایینی آب دریاها و اقیانوس‌ها بسیار پیشرفت کرده است. میانگین سرعت صوت در دریاها در حدود ۱۴۴۵ متر بر ثانیه است. سرعت صوت در آب دریاها با افزایش دما، شوری و فشار (عمق) افزایش می‌یابد. دما در سرعت صوت به شدت تاثیرگذار است، به طوری که افزایش سرعت صوت در آب گرم بیشتر از آب سرد است و به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، سرعت حدود ۴/۵ متر بر ثانیه افزایش می‌یابد. در لایه سطحی، روی لایه ترموکلاین سرعت صوت با افزایش عمق تغییر اندکی داشته، در عرض لایه ترموکلاین سرعت صوت خیلی سریع و شدید افت پیدا کرده اما در زیر لایه ترموکلاین به دلیل افزایش فشار، سرعت صوت افزایش می‌یابد.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور ارزیابی تغییرات پارامترهای مختلف آب دریا نظیر انتشار و سرعت صوت، اکسیژن محلول، خاصیت اسیدیته و کدوری در آب‌های کرانه جنوبی دریای خزر اجرا شد. پارامترهای مذکور با روش تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی در بازه زمانی مارس، آوریل، آگوست و نوامبر (۲۰۰۸) در آب‌های ساحلی مجاور بندرانزلی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در این تحقیق با بهره‌گیری از

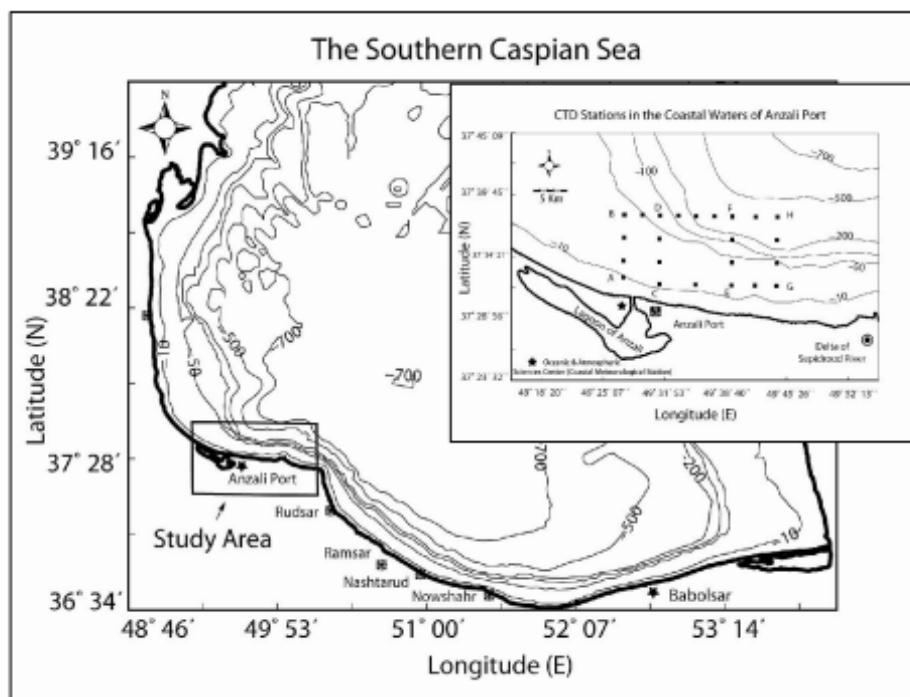
رودخانه‌ها) و کاهش شدت سرمای زمستانی از مهمترین عوامل برای تهویه نامناسب آب‌های عمیق جنوب دریای خزر می‌باشند. مقادیر اکسیژن محلول در آب‌های عمیق دریای خزر برای اغلب ارگانسیم‌های آبی نامطلوب است [۷ و ۱۰]. غلظت‌های اکسیژن محلول در آب کمتر از ۳ میلی‌گرم بر لیتر برای بیشتر موجودات زنده دریایی استرس‌زا می‌باشد و مقادیر ۵ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر حداقل میزان مورد نیاز برای رشد و بقای آنها مورد نیاز است [۱۱ و ۱۲]. در حوضچه جنوبی خزر، مقادیر اکسیژن محلول و درصد اشباع آن با افزایش عمق به شدت کاهش می‌یابد به گونه‌ای که به مقادیر نزدیک ۱۰٪ در زیر لایه ۴۰۰ متر می‌رسد [۱۳]. امروزه محیط زیست دریای خزر و به ویژه بخش جنوبی آن یکی از توده‌های آبی آلوده در دنیا محسوب می‌شود. اکوسیستم این دریا بدلیل حجم زیاد اکتشاف و استخراج مواد معدنی نظیر نفت و گاز و تخلیه مقادیر زیاد فاضلاب‌های شهری و صنعتی تحت فشار قرار دارد. منبع اصلی آلاینده‌های دریای خزر شامل پسماندهای خانگی و شهری، فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی، فلزات سنگین، استخراج و تولید نفت و گاز، فسفات‌ها و نیترات‌ها، حشره‌کش‌ها و مواد شوینده می‌باشد [۱۴-۱۷]. آلودگی‌ها تهدید بسیار جدی برای ادامه حیات و ازدیاد نسل گونه‌های مختلف موجودات زنده در دریای خزر هستند. این نکته حایز اهمیت است که بیشترین حجم ورودی آلاینده‌ها به دریای خزر از طریق رودخانه‌ها می‌باشد، بعلاوه در بخش‌های ایرانی تالاب‌ها و مناطق ساحلی به دلیل افزایش فعالیت‌های اجتماعی و انسانی دارای آلاینده‌گی می‌باشد [۱۸ و ۱۹].

از سوی دیگر، مقادیر pH آب دریای خزر به صورت کاملاً مشهود و بارز از مقادیر آن در آب‌های دیگر مناطق دنیا بیشتر است. سهم بسزای آب رودخانه‌ها با مؤلفه‌های اسیدی ضعیف و اسید کربنیک‌های اولیه علت عمده افزایش pH قابل توجه و در نتیجه شکل‌گیری ساختار هیدروشیمیایی رژیم آب دریای خزر است [۱۰]. مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب دریا نظیر کدوری، اکسیژن محلول، خاصیت اسیدیته از مهمترین ملزومات بررسی کیفیت آب دریا، مشخصات اکولوژیکی و سطح ایمنی محیط زیست دریای خزر بشمار می‌آید. اندازه‌گیری‌های میدانی و تحلیل داده‌های مشخصات

خروجی رودخانه‌ها، شارش گرما و آب شیرین در سطح دریا کنترل می‌شود.

داده‌های مورد نظر در عملیات میدانی و توسط حسگرهای دستگاه اندازه‌گیری پارامترهای آب دریا در بخش جنوبی دریای خزر برداشت شده است. بدین منظور یکدستگاه CTD مدل ایدرونت ساخت ایتالیا در ایستگاه‌های اندازه‌گیری به کمک وینچ و کابل مستقر بر روی شناور (مطلع‌الفجر) به صورت نیم‌خبرداری عمودی از سطح تا بستر دریا فرستاده شد. به منظور سازگاری بهتر حسگرهای دستگاه با محیط اطراف و دستیابی به داده‌های دقیق، سرعت ارسال دستگاه در ستون آب ۱ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. حسگرهای دستگاه قبل از انجام عملیات میدانی در آزمایشگاه فیزیک دریا و همچنین در محل اندازه‌گیریها براساس دستورالعمل‌های ارائه شده توسط کارخانه سازنده دستگاه و به کمک محلولها و مواد مرجع کالیبره شد. نمودارهای ترسیم شده جهت تحلیل نتایج داده‌ها توسط نرم‌افزار Matlab آماده شده است.

دستگاه‌های جدید و مجهز اقیانوس‌شناسی انجام شد. شایان توجه است که اندازه‌گیری‌ها در این مقیاس زمانی و مکانی از سطح تا عمق دربرگیرنده آبهای سطحی، میانی و عمیق در راستای ایستگاه‌های اندازه‌گیری و تا منطقه آب عمیق طراحی و اجرا شد. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. سواحل جنوبی دریای خزر دارای آب و هوای (اقلیم) نیمه گرمسیری است. معمولا بیشترین و کمترین میزان دما به ترتیب در ماه‌های میانی تابستان و زمستان ثبت می‌شود. در این منطقه سرعت باد معمولا به ۳ تا ۴ متر بر ثانیه می‌رسد و بادهای ضعیف نرخی حدود ۹۰٪ کل بادهای این منطقه را تشکیل می‌دهد. در فصل زمستان دمای هوا حدود ۱۲-۸ درجه سانتی‌گراد و در تابستان حدود ۲۴-۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به عدم اتصال دریای خزر به آبهای آزاد دنیا، تشکیل لایه شیب دما- شوری (ترموهالین) تحت تأثیر شرایط جوی روی دریا و میزان ورودی آب شیرین به آن می‌باشد. از منظر بزرگ مقیاس تغییرات ساختار شیب ترموهالین تا حد زیادی توسط

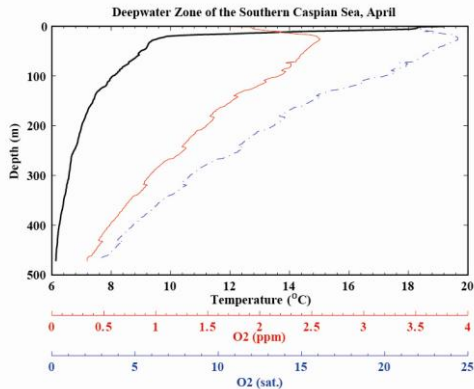


شکل (۱) منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های اندازه‌گیری در آبهای ساحلی مجاور بندرانزلی

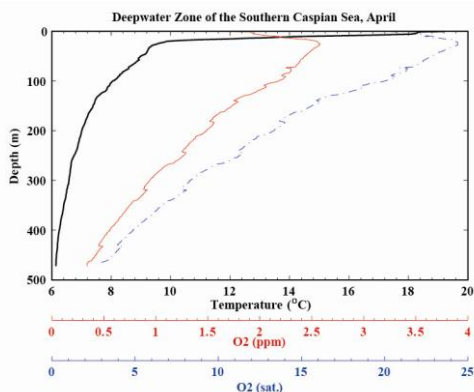
دریای خزر پرداخته شده است. به منظور آگاهی از شرایط دمایی ستون آب دریا نیم‌رخ درجه حرارت نیز به همراه مقادیر اکسیژن محلول و اشباع در شکل ۲ ارائه شده

۳- نتایج

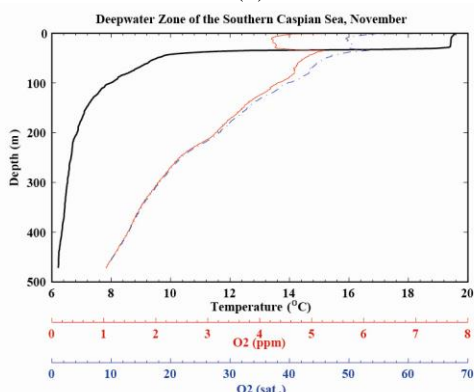
اکسیژن محلول و درصد اشباع: در این بخش از نوشتار به ارزیابی تغییرات اکسیژن محلول در بخش جنوبی



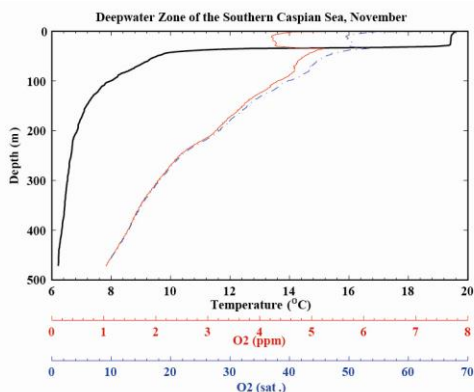
(b)



(b)



(d)



(d)

شکل (۲) تغییرات عمودی اکسیژن محلول و اکسیژن اشباع

شده به همراه ساختار دمایی ستون آب

است. در ماه مارس، اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که میزان اکسیژن محلول در منطقه فلات قاره و نزدیک ساحل، در لایه نزدیک سطح ۴-۴/۵ میلی گرم برلیتر و با درصد اشباع ۴۰-۴۸ بوده است. در زیر لایه ۵۰ متر بتدریج با افزایش عمق از غلظت اکسیژن محلول و درصد اشباع آن کم می‌شود. در اندازه‌گیری‌های ماه آگوست، مقادیر اکسیژن محلول در لایه‌های بالایی و از سطح تا عمق ۵۰ متری روند افزایشی دارد و پس از آن با افزایش عمق کاهش می‌یابد، این روند در اندازه‌گیری ماه مارس هم مشاهده شده است. در مقایسه غلظت‌های اکسیژن محلول در آب دریا در اندازه‌گیری‌های فصل تابستان و پاییز بیشتر از اندازه‌گیری‌های ماه مارس در زمستان بوده است. بیشترین داده برداشت شده برای اکسیژن محلول در ماه‌های آگوست و نوامبر، حدود ۷ میلی گرم بر لیتر و درصد اشباع ۵۰ تا ۷۰ بوده است. مقایسه نیمرخ‌های عمودی اکسیژن محلول در فصول مختلف نشان می‌دهد که گرادیان عمودی اکسیژن محلول در ماه‌های آگوست و نوامبر بیش از مقادیر گرادیان عمودی در مارس و آوریل است. در ماه مارس، غلظت اکسیژن در فلات قاره ۴ تا ۴/۷۵ میلی‌گرم برلیتر و درصد اشباع ۴۲ تا ۴۶ (کمتر از نواحی دور از ساحل) بوده است. در این زمان و در نواحی دور از ساحل، مقادیر اکسیژن محلول از ۵-۵/۲۵ میلی‌گرم برلیتر (۴۶-۴۸ درصد اشباع) در لایه زیرسطحی تا حدود ۲ میلی‌گرم برلیتر (۱۸ درصد اشباع) در عمق ۳۵۰ متری رسیده است. در لایه میاناب و با عمق ۱۰۰ متر، غلظت اکسیژن با افزایش فشار کاهش یافته و به حدود ۴/۲۵ میلی‌گرم برلیتر (۴۰٪ اشباع) و به حدود ۳ میلی‌گرم برلیتر با درصد اشباع ۲۶ در عمق ۲۰۰ متری کاهش یافته است.

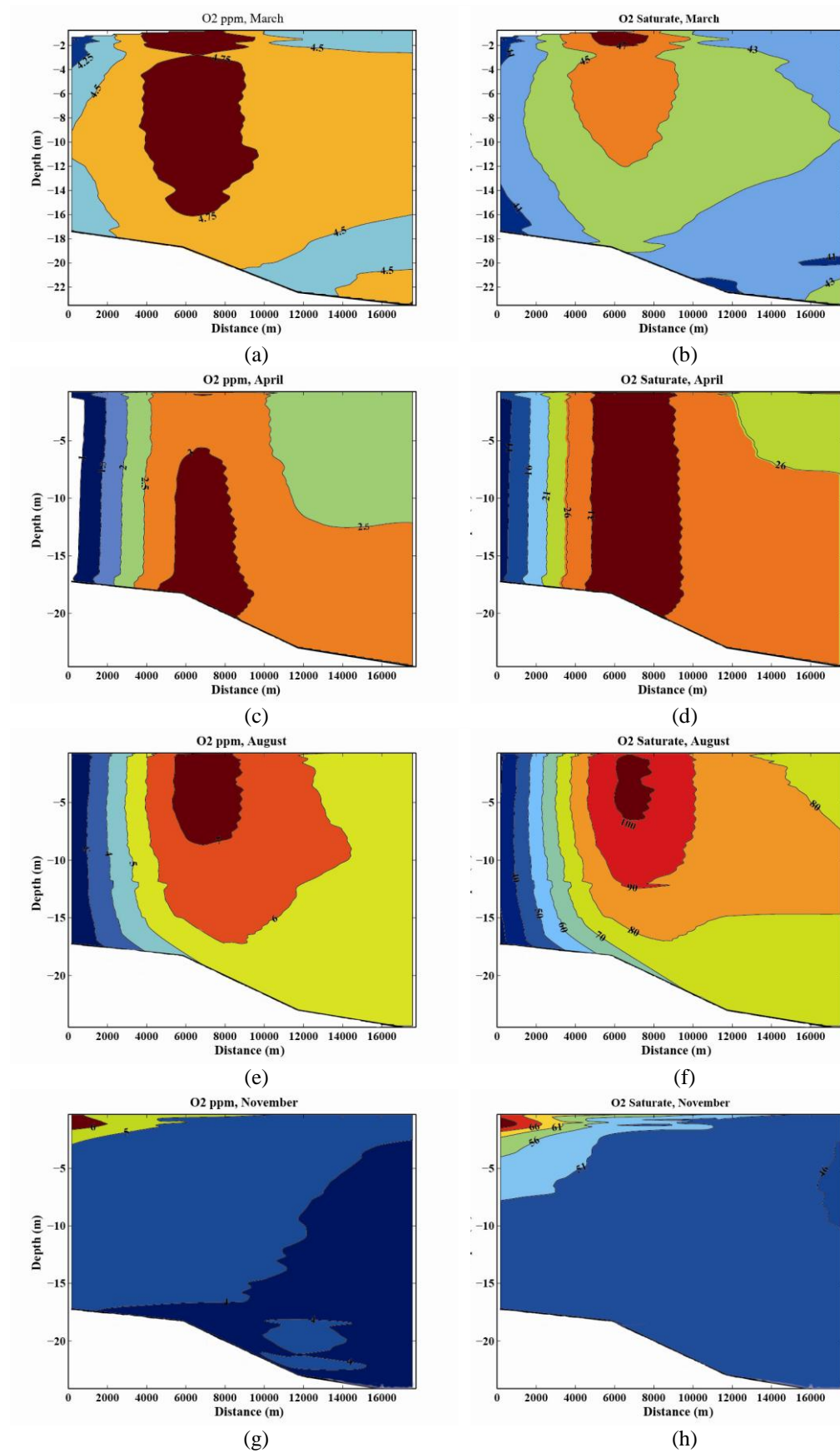
در ماه آوریل، مقادیر اکسیژن محلول از سطح تا عمق حدود ۲۵ متر روند افزایشی دارد و در حدود ۲/۵۷ میلی‌گرم برلیتر و درصد اشباع ۲۵٪ اندازه‌گیری شده است. روند کاهش غلظت‌ها از سطح تا نزدیکی بستر ادامه می‌یابد و به مقدار ۲/۱۸ میلی‌گرم برلیتر (۲۰٪ اشباع) در عمق ۱۰۰ متر، ۰/۹۴ میلی‌گرم برلیتر (۸/۳٪ اشباع) در عمق ۳۰۰ متر و در نهایت ۰/۳۴ میلی‌گرم برلیتر (۲/۹٪ اشباع) در عمق ۴۷۰ متر می‌رسد.

روند تغییرات نمودار اکسیژن محلول و درصد اشباع آن از سطح به کف در تمام زمانهای اندازه‌گیری تقریباً هماهنگ است، اما این تطابق در نمودارهای حاصل از داده‌های برداشت شده در ماه‌های آگوست و نوامبر بیشتر مشاهده می‌شود. ارزیابی داده‌های برداشت شده در ماه آگوست نشان می‌دهد که میزان اکسیژن در آب دریا در لایه زیرسطحی در محدوده ۴-۵/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر (۸۰٪-۵۴٪ اشباع) متغیر بوده است. این مقادیر در عمق ۵۰ متری ۷ میلی‌گرم بر لیتر (۶۸٪ اشباع)، و حدود ۶/۴ میلی‌گرم بر لیتر (۵۸٪ اشباع) در عمق ۱۰۰ متری رسیده است. به عنوان یک تجربه عملی و برپایه مشاهدات صیادان محلی در جنوب دریای خزر، می‌توان گفت تجمع ماهیان کیلکا که بخش عمده‌ای از محصولات شیلاتی جنوب دریای خزر را تشکیل می‌دهد، معمولاً در اعماق کمتر از ۱۰۰ متر مشاهده می‌شود که می‌تواند به دلیل وجود مواد مغذی و اکسیژن محلول کافی در آب دریا باشد. در ماه میانی تابستان، اکسیژن موجود در آب دریا در عمق‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ متر به ترتیب ۴ و ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر (با درصد اشباع ۳۶ و ۲۲) اندازه‌گیری شده که به حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر (۹٪ اشباع) در عمق ۴۷۰ متری رسیده است. بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر داده‌های برداشت شده در هر زمان از اندازه‌گیری‌ها، در جدول ۱ ارائه شده است.

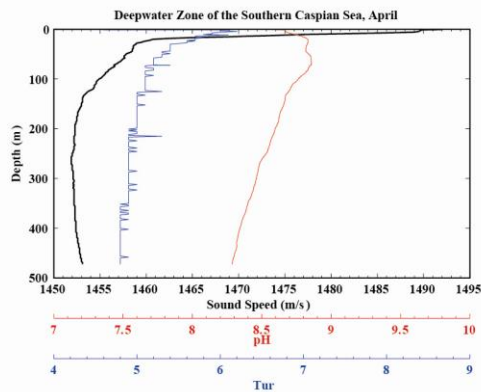
در ماه نوامبر، در لایه اختلاط سطحی و بر روی منطقه فلات قاره، میزان اکسیژن محلول در محدوده ۴/۵-۳/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر با درصد اشباع ۵۰-۳۶ ثبت شده است، در حالی که در عرض لایه ترموکلاین این میزان حدود ۵/۵-۵ (۵۴٪-۴۸٪ اشباع) بوده است. لازم به توضیح است که لایه‌بندی ستون آب دریا در ماه‌های مارس و آوریل در منطقه مورد مطالعه ضعیف و در ماه‌های آگوست و نوامبر قویتر و دارای سه لایه مجزا (شامل لایه اختلاط سطحی، ترموکلاین و آب عمیق) می‌باشد. غلظت اکسیژن محلول در این زمان در عمق ۱۰۰ متر ۴/۳۵ میلی‌گرم بر لیتر و میزان اشباع ۴۰٪، در عمق ۲۰۰ متر ۳/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر (۲۸٪ اشباع) و در عمق ۳۰۰ متر حدود ۲ میلی‌گرم بر لیتر (۱۸٪ اشباع) ثبت شده است. این مقادیر در نزدیکی بستر در عمق ۴۷۰ متر به حدود ۱ میلی‌گرم بر لیتر با درصد اشباع ۹ کاهش یافته است. به جهت فهم و شناخت بهتر از

ساختار تغییرات غلظت و میزان اشباع اکسیژن در آب دریا در محل اتصال دهانه تالاب انزلی به دریا عرضی پارامترهای مذکور در شکل ۳ ارائه شده است. در ماه مارس نمودار اکسیژن نشان‌دهنده غلظت‌های ۴/۷۵ تا ۴/۲۵ با میزان اشباع ۴۷ تا ۴۱ درصد بود که بیشترین مقادیر مربوط به محل خروجی آب کانال واصل بین تالاب انزلی و دریا در وسط نمودار بوده است. در ماه آوریل با کمی تغییر مقادیر اکسیژن محلول کمی پایین‌تر از میزان آن در زمان اندازه‌گیری‌ها در فصل زمستان (ماه مارس) ثبت شد. در آن زمان مقادیر اکسیژن با بیشینه ۳ میلی‌گرم بر لیتر و درصد اشباع ۳۱ درصد ثبت شد. در میانه تابستان (ماه آگوست) مقدار اکسیژن محلول در مقطع مورد نظر در مجاورت خروجی تالاب انزلی به مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به ماه آوریل افزایش نشان داده و به حدود ۷ میلی‌گرم بر لیتر و میزان اشباع ۱۰۰ درصد رسید. با دور شدن از مصب تالاب میزان اکسیژن با کاهش چشمگیر به حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر و درصد اشباع ۳۰ رسید. در نمودار ثبت شده براساس داده‌های جمع‌آوری شده در ماه نوامبر مقادیر اکسیژن محلول از ۶ تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر با یک روند کاهشی از سطح تا عمق و درصد اشباع ۷۰ تا ۴۶ مشاهده شد. ساختار نیمرخ اکسیژن ترسیمی برای آن زمان اثرات آب خروجی و پلوم تالاب مشهود نبود. با مقایسه نمودارهای ترسیمی بیشترین مقادیر اکسیژن مربوط به ماه آگوست و کمترین مقادیر مربوط به داده‌برداری ماه آوریل بود.

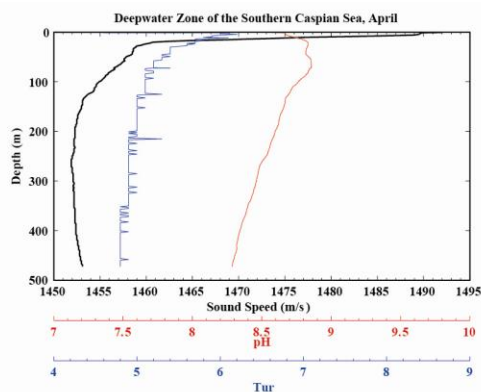
پارامتر اسیدیته (pH): در این بخش تغییرات پارامتر اسیدیته (pH) از سطح تا عمق در زمانهای مختلف سال مورد ارزیابی قرار گرفته است. نیمرخ‌های عمودی پارامتر اسیدیته در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری در شکل ۴ ارائه شده است. در مناطق نزدیک دهانه تالاب انزلی، در فصل زمستان (ماه مارس) تغییرات بین ۹-۸/۹ در سطح دریا اندازه‌گیری شده که با افزایش عمق، مقادیر آن کاهش یافته است. روند تغییرات عمودی از سطح تا عمق تقریباً یکنواخت بوده است. براساس داده‌های اندازه‌گیری شده در فصل بهار (آوریل)، گرادیان افقی و عمودی تغییرات pH در لایه ۱۰ متر سطحی قابل ملاحظه بوده که می‌تواند ناشی از اثرات خروجی آب تالاب انزلی باشد. در لایه سطحی، مقادیر از ۸ تا ۸/۷ تغییر کرده و به ۸/۶ در



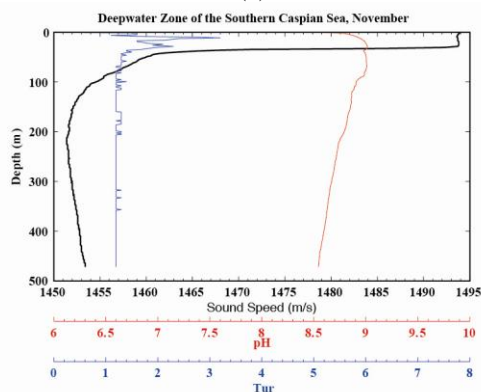
شکل (۳) نیمرخ تغییرات اکسیژن محلول و اکسیژن اشباع روبروی دهانه خروجی تالاب انزلی به دریا (منطقه کم عمق)



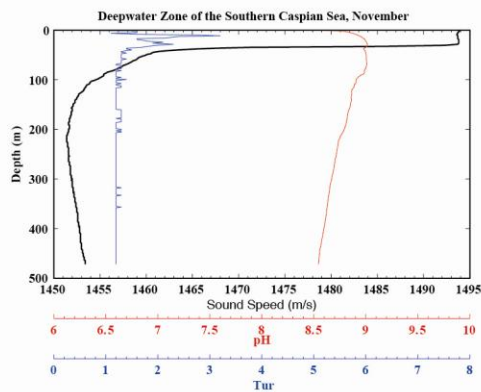
(a)



(b)



(c)



(d)

شکل (۴) تغییرات عمودی سرعت صوت، میزان اسیدیته و کدوری ستون آب دریا در منطقه آب عمیق

نزدیکی بستر رسید. مقادیر مشاهده شده در ماه آوریل از مقادیر pH در ماه مارس نسبتاً کمتر بوده است. در اواسط تابستان (ماه آگوست) حدود ۸/۲ بوده و در مناطق نزدیک دهانه خروجی تالاب انزلی به ۸/۴-۸/۵ در ستون آب افزایش یافته است. در فصل پاییز (ماه نوامبر) pH آب دریا در حدود ۸/۷ در نزدیکی سطح در منطقه فلات قاره بوده است که ناشی از اثرات جریان تالاب انزلی است. مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در لایه‌های سطحی و عمقی نشان می‌دهد که مقادیر بیشتر pH در سطح دریا ثبت شده است. در نواحی شرقی منطقه مورد مطالعه و دور از اثرات خروجی تالاب، ساختار pH مقادیر ۸/۸ را در ماه مارس در منطقه فلات قاره نشان می‌دهد. در ایستگاه‌های دور از ساحل این مقدار به عدد ۸/۷ در عمق ۱۰۰ متری رسید. مقدار pH آب دریا در این نواحی با عمق کاهش یافته و به ۸/۶ در عمق ۱۷۰ متری رسید و در نهایت به ۸/۴ اعماق ۳۵۰ متری کاهش یافته است. در فصل بهار (آوریل) مقادیر pH از ۸/۶ در سطح در ایستگاه‌های دور از ساحل به ۸/۴ در عمق ۳۵۰ متر کاهش یافته است. البته در اعماق حدود ۱۰۰ متر با افزایش نسبی روبرو شده و به ۸/۸ هم رسیده است. در اعماق ۴۵۰ متری مقدار pH آب دریا با یک گرادیان عمودی به میزان ۰/۵ واحد به ۸/۳ کاهش یافته است. در میانه فصل تابستان (آگوست)، در مناطق روی فلات قاره مقادیر اسیدیته آب دریا از ۸/۱ تا ۸/۵ از ساحل تا منطقه شکست قاره تغییر پیدا کرده است. در نواحی دور از ساحل مقادیر ۸/۴ در سطح اندازه‌گیری شده و به ۸/۵ در عمق ۵۰ متری رسید و پس از آن با یک روند کاهشی به ۸/۳ در عمق ۲۲۰ متری و ۸/۲ در عمق ۳۵۰ متر رسید. در میانه فصل پاییز (نوامبر) مقادیر pH نسبتاً بیشتر از اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمان‌های دیگر بوده است. با دور شدن از ساحل مقادیر pH از ۸/۶ به ۸/۸ در منطقه شکست رسیده و سپس در مناطق دور از ساحل به مقدار ۹ نزدیک شد. در راستای عمودی نیز مقادیر از عدد ۹ در سطح به ۸/۶ در نزدیکی عمق ۴۵۰ متری تقلیل یافت. به منظور ارائه یک نمای کلی از تغییرات pH در منطقه آب کم عمق مجاور خروجی تالاب، نیمرخ‌های عرضی این پارامتر مهم در چهار زمان اندازه‌گیری مارس، آوریل، آگوست و نوامبر در شکل ۵ آورده شده است. مقدار pH آب دریا در ماه مارس در

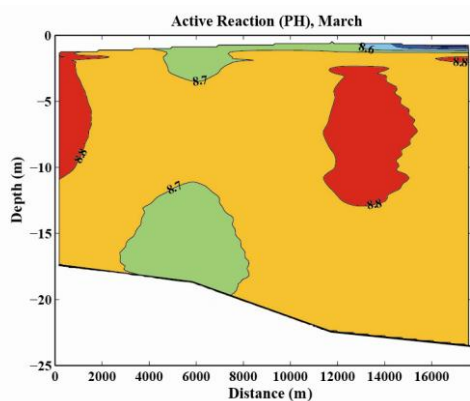
مقابل دهانه خروجی تالاب هم ثابت مانده است. در نقاط دورتر از مصب مقادیر افزایش یافته و به ۹/۱ رسید. مقدار pH در ماه نوامبر از بقیه زمان‌های اندازه‌گیری بیشتر بوده است.

جدول (۱) اطلاعات آماری مربوط به تغییرات پارامتر اسیدیته و

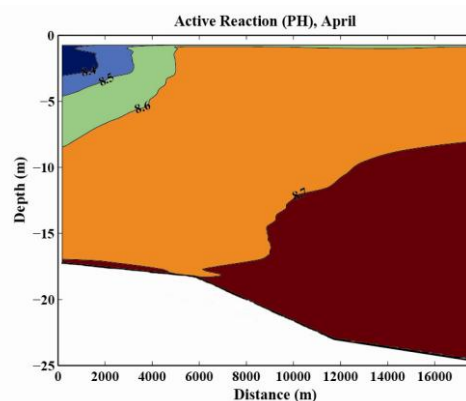
اکسیژن محلول در آب دریا

متغیر	زمان	Min	Max	Ave	Ave 100m
اسیدیته	مارس	۸/۲۷۹	۹/۱۳۴	۸/۶۹۵	۸/۷۲۷
	آوریل	۶/۹۸۳	۸/۹۱۲	۸/۶۴۴	۸/۷۳۳
	آگوست	۷/۴۱	۸/۶۱۷	۸/۳۷۳	۸/۴۵۶
اکسیژن محلول	نوامبر	۸/۰۹۵	۱۲/۵۴	۹/۱۲۳	۹/۱۱۷
	مارس	۱/۶۲	۵/۳۳	۳/۴۷۵	۴/۳۹۶
	آوریل	۰/۳۴	۲/۵۸	۱/۴۱	۲/۲
	آگوست	۱/۰۴	۷/۳	۳/۶۰۹	۵/۱۲۱
	نوامبر	۱/۰۴	۷/۲۶	۳/۶۷۹	۴/۵۴۵

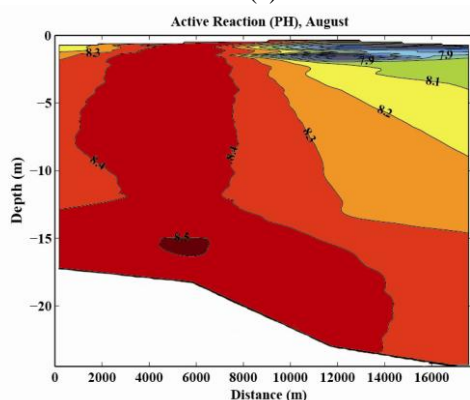
ناحیه نزدیک مصب تالاب از ۸/۶ تا ۸/۸ تغییر کرد. در آن زمان تغییرات مقدار اسیدیته آب دریا از سطح تا نزدیکی بستر در منطقه نامنظم بود. تغییرات میزان pH در ماه آوریل از سطح تا عمق با یک روند افزایشی از ۸/۴ تا ۸/۷ بود. دامنه تغییرات در ماه آوریل از زمان اندازه‌گیری در ماه مارس بیشتر بوده است. در ماه آگوست مقادیر pH در لایه نزدیک سطح از ۷/۹ به ۸/۵ در نزدیکی بستر افزایش داشته و آب خروجی تالاب بیشترین میزان pH را به منطقه تحمیل کرده است. مقادیر یاد شده با دور شدن از نزدیکی دهانه خروجی کاهش داشته است. بررسی و مقایسه نمودارهای pH در هر چهار زمان مارس، آوریل، آگوست و نوامبر نمایانگر یک روند خاص و مبتنی بر نظم نبود. در نوامبر مقدار pH در سطح آب دریا ۸/۶ بوده که با افزایش عمق به ۸/۷ رسیده است و تا نزدیکی بستر در



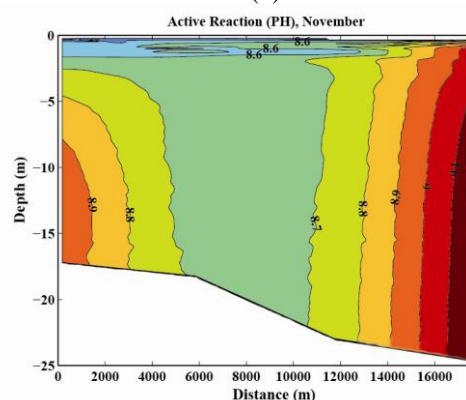
(a)



(b)



(c)



(d)

شکل (۵) نیمرخ تغییرات اسیدیته آب دریا روبروی دهانه خروجی تالاب انزلی به دریا (منطقه کم عمق)

ملاحظه می‌باشد. نیمرخ‌های عمودی کدروی آب دریا در ایستگاه دور از ساحل در شکل ۶ آورده شده است. براساس نیمرخ ترسیم شده مقادیر کدروی آب دریا در ماه مارس، بیشینه مقدار کدروی آب دریا در سطح با عدد ۵/۹ بوده که

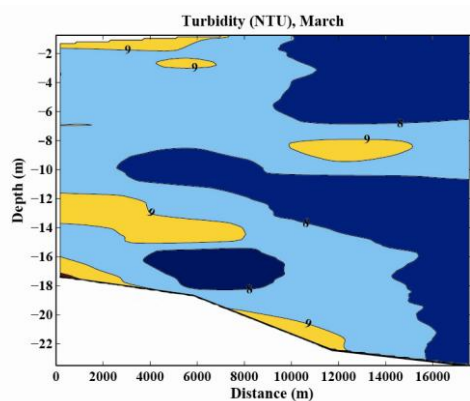
کدروی: شفافیت آب دریا در نزدیکی سواحل به خصوص در نزدیکی مصب رودخانه‌ها به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. آبهای ساحلی جنوب دریای خزر یکی از مناطقی است که تغییرات کدروی آب دریا در آن قابل

دامنه تغییرات کدري آب حدود ۸-۹ بود. در ماه آوریل تغییرات کدري آب دریا دارای دامنه وسیعتری بوده و از ۷ واحد در لایه ۶ متری تا ۱۵ واحد در نزدیکی بستر افزایش داشت و مقادیر بیشتر کدري روبروی مصب تالاب ثبت شد. در ماه آگوست مقادیر کدري در ستون آب حدود ۵ واحد بوده و در نزدیکی بستر در سرتاسر نیمرخ عرضی افزایش ۲ تا ۳ واحدی داشته است.

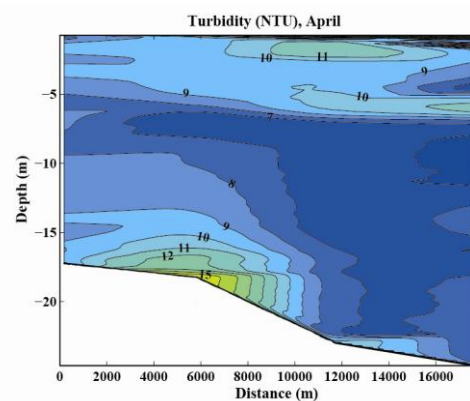
در ماه نوامبر میزان کدري در ستون آب حدود ۲ تا ۴ واحد بوده و تنها در نزدیکی بستر به ۱۶ واحد افزایش داشت. بطور کلی مقادیر کدري آب دریا در منطقه تحت تاثیر بارش باران و افزایش خروجی تالاب، و در فصول سرد که آب دریا متلاطم تر است تحت تاثیر فرایند امواج و جریانات دریایی است.

در عمق ۲۰۰ متری به ۵ و در عمق ۳۰۰ متری به ۴/۹ واحد کاهش یافته است. در ماه آوریل اندازه‌گیری‌های انجام شده حاکی از آنست که کدري آب دریا در سطح کمی افزایش داشته و به مقدار ۶/۲ واحد رسیده است و با افزایش عمق کاهش یافته و به ۵/۳ در عمق ۵۰ متری، ۴/۹ در عمق ۳۰۰ متری و ۴/۸ واحد در اعماق پایین تر از ۴۰۰ متر رسیده است.

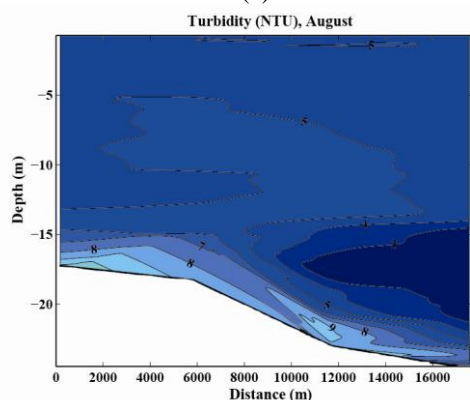
بطور کلی می‌توان مشاهده نمود که بیشترین تغییرات کدري در لایه ۱۰۰ متر بالایی اتفاق افتاده است، که می‌تواند متاثر از تلاطم سطح دریا و آورد رسوبات و مواد معلق توسط رودخانه‌ها و تالاب انزلی، و در نهایت کدري لایه سطحی باشد. میزان کدري آب دریا در نیمرخ عرضی روبروی دهانه تالاب در زمانهای گوناگون اندازه‌گیری در شکل ۶ ارائه شده است. در زمان اندازه‌گیری در ماه مارس



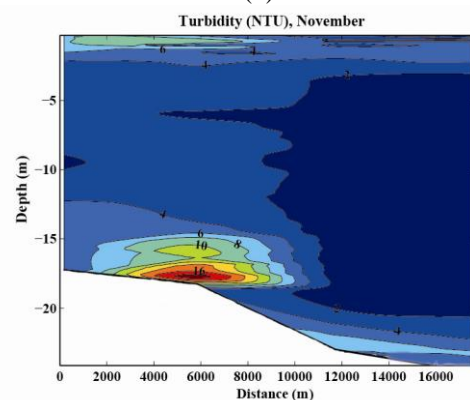
(a)



(b)



(c)



(d)

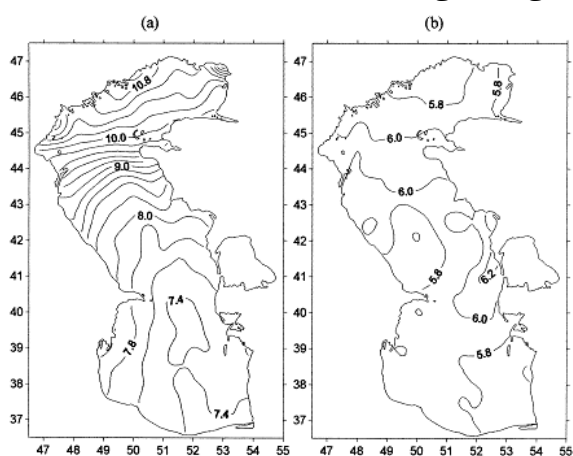
شکل (۶) نیمرخ تغییرات کدري آب دریا روبروی دهانه خروجی تالاب انزلی به دریا (منطقه کم عمق)

عوامل مختلفی نظیر خروجی رودخانه‌ها و تالاب‌های محلی، رژیم کلی چرخش آب دریا و جریانات سطحی و عمقی، و همچنین اثرات و اندرکنش جو و دریا می‌باشد. به دلیل نزدیکی منطقه مورد اندازه‌گیری به دهانه تالاب

۴- بحث و نتیجه‌گیری

شرایط و ساختار پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی آب دریا در منطقه جنوب غربی دریای خزر تحت تاثیر

زندگی موجودات زنده دریایی نامناسب می‌باشد. از دلایل این موضوع می‌توان به ضعیف شدن سیستم تهویه زمستانی آبهای عمیق دریای خزر و قوی شدن فرایندهای تغییر و تحرک لایه های آب عمیق اشاره نمود که باعث مصرف اکسیژن مورد نیاز اکسیداسیون مواد آلی است. این نکته کاملاً شاخص و بارز است که رژیم کنونی اکسیژن محلول دریای خزر تا حدی ناشی از رخدادهای اوایل قرن بیستم است. دو عامل حجم زیاد خروجی رودخانه‌ها (و تراز معتدل سطح آب دریا) و شرایط و ساختار لایه ترموهاالاین در حوضه‌های عمیق دریای خزر باعث کاهش شدید غلظت‌های اکسیژن در لایه زیر عمق ۱۰۰ متر به مقادیر ۱/۵ تا ۲ میلی گرم بر لیتر در حوضه جنوبی دریای خزر شده است [۱۳] (برای مقایسه و توجه به ساختار عمودی دما، در نمودارهای شکل ۲ تغییرات درجه حرارت آب دریا ارایه شد). نکته غیر قابل انکار اینکه در حال حاضر محیط زیست دریای خزر یکی از توده‌های آبی بسیار آلوده دنیاست. این محیط دریایی به لحاظ تخلیه انبوه مواد زاید ناشی از زندگی انسان تحت فشار شدید است. این آلاینده‌ها تهدیدی جدی برای موجودات زنده و حیات دریای خزر است. لازم به توضیح است حجم اصلی آلاینده‌ها از طریق جریان رودخانه‌ها وارد دریای خزر می‌شود [۱۸]. علاوه بر این مرداب‌ها و تالاب‌های ایرانی جنوبی دریای خزر و نواحی ساحلی هم توسط عوامل انسانی آلوده می‌گردند [۱۹].



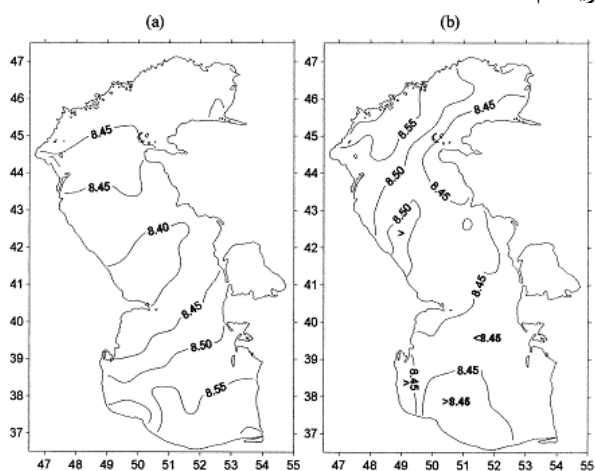
شکل (۷) تغییرات اکسیژن محلول در لایه سطحی دریای خزر
(a) زمستان (b) تابستان [۱۳]

انزلی، ساختار توزیع پارامترهای مختلف آب دریا نظیر غلظت‌های اکسیژن، عدد pH و شفافیت یا کدوری در منطقه تاحدی تحت تاثیر خروجی تالاب است. به منظور بررسی ساختار عمودی پارامترها و ویژگی‌های مختلف آب دریا، داده‌های برداشت شده در عمیقترین ایستگاه و همچنین مقطع عرضی کم عمق نزدیک مصب تالاب انزلی در منطقه مورد مطالعه قرار گرفت.

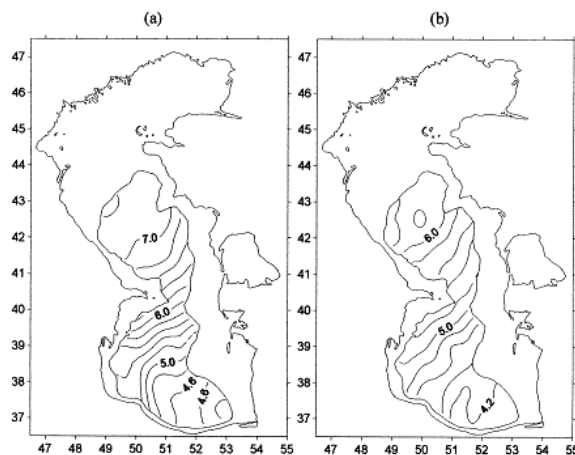
بررسی نیمرخ‌های عمودی اکسیژن محلول و اشباع در هر چهار فصل اندازه‌گیری نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات پارامترهای مذکور در لایه ۱۰۰ متر بالایی بوده و در زیر این لایه به سرعت از غلظت اکسیژن و میزان اشباع آن در آب دریا کاسته شده است. روند کاهشی مذکور تقریباً در همه زمانها مشابه بوده است. داده‌های اندازه‌گیری شده بیان کننده این موضوع است که در زیر لایه ۲۰۰ متری دما و میزان اکسیژن موجود در آب دریا برای جانداران تقریباً نامناسب و استرس‌زا است. میزان اکسیژن موجود در آب دریا در این بخش (زیر لایه ۲۰۰ متری، منطقه آب عمیق) معمولاً با تغییرات زمانی و در فصول مختلف سال تقریباً با تغییرات اندکی همراه بوده است.

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات انجام شده توسط [۱۳ و ۱۰] نشان می‌دهد که همخوانی منطقی بین داده‌ها وجود دارد و همچنین تأیید کننده روند کلی کاهش میزان اکسیژن محلول در آب دریا با افزایش عمق در بخش جنوبی دریای خزر است. این روند بگونه ای است که درصد اشباع اکسیژن در ژرفای ۲۰۰ متری به نصف و در عمق ۶۰۰ متری به کمتر از ۱۰ درصد اشباع می‌رسد. داده‌های برداشت شده در تحقیق حاضر در گستره اندازه‌گیری‌های محققین و خزرشناسان روسی است. در لایه سطحی یک نوار با ضخامت تقریبی ۵۰ متر میزان اکسیژن محلول حالت نیمه همگن و یکنواخت دارد که در تحقیق و نتایج داده‌برداری حاضر هم مشاهده شد. به منظور بررسی کلی نقشه تغییرات کلی اکسیژن حاصل از نتایج تحقیقات مذکور در شکل‌های ۷ و ۸ ارایه می‌شود. در مجموع و بطور کلی مشاهده می‌شود که مقادیر اکسیژن محلول در بخشهای شمالی و میانی این دریا بیش از حوضه جنوبی آنست. براساس نتایج تحقیق‌های ذکر شده و تحقیق حاضر در مجموع شرایط کنونی اکسیژن در بخش عمیق دریای خزر (خزر میانی و جنوبی) تقریباً برای

می توان آنرا با پدیده فرآجوشی و یا upwelling رخ داده در این مناطق توجیه نمود [۴]. این فرایند باعث جایگزینی آبهای تازه با دمای کمتر می‌باشد. بنابراین می توان انتظار داشت که اگر در کرانه جنوبی دریای خزر به دلیل وزش باد با جهت مناسب داشته باشیم مقادیر pH تغییر نماید. در کل تراز زمینه تابستانی مقادیر pH بیش از مقادیر زمستانی آنست به جز در بخش جنوبی دریای خزر که اثر کاهش سرعت فرایند تولید در تابستان از اثر افزایش دما و انتشار آب رودخانه‌ها بیشتر می‌شود. در لایه ۱۰۰ متری (میاناب) منظر اصلی تغییرات pH مانند آنچیزی است که در بالا گفته شد. این مقادیر از شمال به جنوب در زمستان افزایش می‌یابد و در تابستان از شرق به غرب. در هر دو مورد علت توزیع دمای آب عاملی مهم است. کاهش تابستانی تراز مقادیر زمینه pH (۰/۱) در مقایسه با تراز زمستانی می‌تواند به علت فرایندهای مخرب غالب تابستانی در میاناب و لایه عمیق خزر میانی و جنوبی است. معمولا علت افزایش pH در لایه ۲۰ تا ۱۰۰ متر بالایی در این دریا ناشی از تخلیه آب رودخانه‌ها در نواحی ساحلی است. در همه موارد مقادیر pH با افزایش عمق کاهش می‌یابد [۴]. این موارد در اندازه‌گیری‌های تحقیق حاضر نیز به چشم می‌خورد. لازم به توضیح است که نمای کلی و عمومی تغییرات و ساختار عمودی pH در ستون آب وابسته به تغییرات دمایی و میزان اکسیژن آب دریا هم هست [۴].



شکل (۹) تغییرات pH در لایه سطحی دریای خزر (a) زمستان (b) تابستان [۱۳]



شکل (۸) تغییرات اکسیژن محلول در عمق ۱۰۰ متر دریای خزر (a) زمستان (b) تابستان [۱۳]

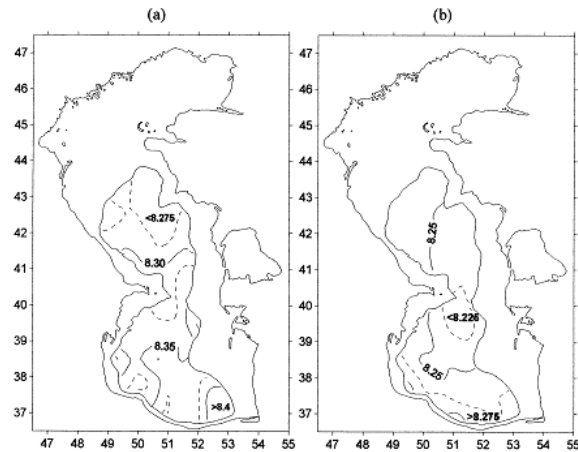
به منظور بررسی تغییرات کلی pH در سطح و لایه عمقی دریای خزر نقشه پارامتر مذکور در شکل های ۹ و ۱۰ ارائه می‌شود. مقایسه نتایج حاصل از تحقیق حاضر و اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط محققین کشورهای کرانه‌ای دریای خزر نظیر Bruevich و Tuzhilkin et al., 2005 [۱۳] نشان‌دهنده همخوانی و مطابقت نتایج است. با نگاهی کلی به تغییرات نقشه های تغییرات pH مشاهده می‌شود که مقادیر این پارامتر در حوضچه جنوبی دریای خزر معمولا بیشتر از بخشهای دیگر این توده آبی است. مقادیر pH دریای خزر بصورت عمده بیشتر از مقادیر این پارامتر در دیگر نواحی اقیانوس‌ها و دریاهای جهان است. که علت عمده این مسئله مولفه‌ها و شاخصه‌های آب رودخانه‌های ورودی به این دریا با مقادیر زیاد مولفه‌های آنیون‌های اسیدهای ضعیف نظیر اسید کربنیک است که رژیم هیدروشیمیایی آب دریای خزر را ایجاد می‌کند. در نواحی شمالی دریای خزر تغییرات فصلی pH زیاد است. بیشترین مقادیر مربوط به ماه آگوست است که مربوط است به اثرات تخلیه رودخانه‌ها و افزایش فتوسنتز فیتوپلانکتون‌ها است. در فصل پاییز که فرایندهای اکسیداسیون حاکم است بر فرایندهای تولیدکننده است و آب دریای خزر شمالی با دی اکسید کربن آزاد غنی می‌شود که باعث کاهش مقادیر pH می‌شود یعنی آب خاصیت اسیدی می‌یابد. افزایش مقادیر pH در جهت جنوب دریای خزر معمولا به دلیل افزایش درجه حرارت آب دریاست [۱۳]. در تابستان مقادیر pH در بخش‌های شرقی شواحل دریای خزر میانی و جنوبی کاهش دارد که

سانتی‌گراد برسد. در لایه‌های عمیق و زیر لایه ترموکلاین تغییرات پارامترهای فیزیکی آب دریا در تمام فصول سال پایدار و کم تغییر باقی می‌مانند. در این ژرفا امواج حداقل سرعت را دارند، ولی سرعت در ژرفای کمتر بر اثر افزایش دما زیاد می‌شود و در ژرفای زیادتر نیز سرعت انتشار افزایش می‌یابد، زیرا فشار آب دریا در اینجا بیشتر است.

در نتیجه چنین شرایطی است که همه امواج ارسالی که ابتدا در ناحیه حداقل سرعت قرار داشتند به شرطی که زاویه کوچکی با سطح افق بسازند منحرف می‌شوند و دوباره به همین ناحیه باز می‌گردند. یعنی به سوی سطح خارجی یا کف دریا متوجه نمی‌شوند و در این حال دالانی تشکیل می‌دهند که کانال صوتی آب عمیق می‌باشد. موج‌های صوتی که در این کانال انتشار می‌یابند مجبور هستند که در همین کانال باقی بمانند. در تحقیق حاضر اندازه‌گیری‌ها در منطقه ساحلی و کم ژرفا انجام شده که سرعت صوت در آن زیاد است. بنابراین انتظار نمی‌رود که کانال صوتی خاصی وجود داشته باشد.

۵- جمع‌بندی

در این نوشتار الگوی تغییرات مکانی و زمانی ساختار مؤلفه‌های آب دریا در منطقه فلات قاره و عمیق مجاور بندرانزلی با استفاده از داده‌های برداشت شده مقایسه و تحلیل شد. براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که امکان تشکیل کانال صوتی در محدوده آب عمیق بخش غربی جنوب دریای خزر وجود دارد. توزیع عمودی pH نشان‌دهنده یک روند کاهشی از سطح به عمق در منطقه آب عمیق است. با مقایسه نتایج مشاهده شد که مقادیر pH آب دریا در تابستان کمتر از زمانهای دیگر داده‌برداری بوده است. مقادیر اکسیژن محلول در لایه سطحی بین ۲ تا ۷/۵ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. در زیر لایه ۱۰۰ متری یک افت شدید در غلظت اکسیژن محلول مشاهده شده است بطوریکه در ماه‌های مرداد و آبان (آگوست و نوامبر) به ۱/۲ میلی گرم بر لیتر در ژرفای ۴۵۰ متری و به ۲ میلی گرم بر لیتر در اسفندماه (مارس) رسیده است. در کل تغییرات اکسیژن و pH در لایه‌های میاناب و عمیق در فصول مختلف قابل توجه بود. در مجموع نتایج و داده‌های بدست آمده از این تحقیق قابل توجه و کاربردی می‌باشد. در صورت وجود امکانات و تجهیزات و برای



شکل (۱۰) تغییرات pH در عمق ۱۰۰ متری دریای خزر (a) زمستان (b) تابستان [۱۳]

بررسی رژیم تغییرات کدری آب دریا نشان داد که معمولاً به دلیل ورود ذرات معلق و رسوبات رودخانه‌ای و تالاب به منطقه ساحلی نزدیک مصب، کدری آب دریا در این منطقه قابل توجه و زیاد می‌باشد. این فرایند در مواردی که به دلیل بارانهای فصلی حجم خروجی افزایش می‌یابد هم بیشتر بوده است. در مناطق دور از ساحل نیز در لایه های سطحی کدری آب بیشتر و با افزایش عمق از میزان کدری کاسته و شفافیت آب بیشتر شده است. در مقایسه کلی شفافیت آبهای دور از ساحل بیشتر از نواحی ساحلی بوده است.

همچنین در نزدیکی مناطقی از دریا که جریان‌های بزرگ مقیاس و درونی دریا و حتی در مجاورت سطح دریا که باران و تبخیر حداکثر اثر خود را دارند تغییرات سرعت و پدیده شکست اتفاق می‌افتد. تغییرات سرعت بر حسب زیاد شدن عمق که به واسطه زیاد شدن فشار ایجاد می‌شود کاملاً منظم است. برای مناطق کم عمق ساحلی، زیاد نیست و اگر تغییرات دما زیاد باشد می‌توان آن را نادیده گرفت. تغییرات سرعت انتشار که در نتیجه تغییرات دما حاصل می‌شود معمولاً خیلی زیاد است. به‌ویژه در نزدیکی سطح آب دریا، یعنی در محلی که عامل‌هایی چون اثر تغییر فصل، زمان روز یا شب، ابری بودن هوا، وجود سرعت با دو حالت دریا تمام این‌ها عواملی هستند که در تغییر دما اثرگذار محسوب می‌شوند.

نوعی شکست امواج صوتی که خیلی زیاد مورد توجه است در اعماق زیاد مشاهده می‌شود، یعنی جایی که دما به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد تا به دمای حدود ۴ درجه

submergent aquatic macrophytes on the water quality of two shallow Pacific Northwest lakes. *Aquatic Botany*. 38, p. 231-248.

[12] Devlin, M.; Painting, S.; Best, M., 2007. Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance, *Marine Pollution Bulletin*. 55, p. 65-73.

[13] Kosarev, A.N.; Yablonskaya, E.A. 1994. *The Caspian Sea*. SPB, The Hague, p. 1-274.

[14] Zonn, I.S., 2005(a). Environmental Issues of the Caspian. In: *Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 223-242.

[15] Zonn, I.S., 2005(b). Economic and International Legal Dimensions. In: *Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 243-256.

[16] Kosarev, A.N.; Kostianoy A.G., 2005. Introduction. In: *The Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 1-3.

[17] Korshenko A.N.; Gul A.G. 2005. Pollution of the Caspian Sea. In: *The Caspian Sea environment*; Ed. By Kostianoy A. G., Kosarev A. N.; Springer-Verlag: Berlin, p 109-142.

[18] Aladin, N.; Plotnikov, I., 2004. *The Caspian Sea*. Lake Basin Management Initiative, Thematic Paper, p. 1-29.

[19] Kideys A.E.; Roohi A.; Eker-Develi E.; Melin F.; Beare D. 2008. Increased chlorophyll levels in the Southern Caspian Sea following an invasion of Jellyfish. *Research Letter Echology*, p 1-4.

دستیابی به الگوی دقیقتر می‌توان اندازه‌گیری‌ها را در ماههای متوالی در منطقه مورد مطالعه انجام داد.

۶- سپاسگزاری

این مقاله با استفاده از نتایج بدست آمده از طرح تحقیقاتی انجام شده توسط نویسنده با کد ۰۳-۰۱۲-۰۳۹۳ و با پشتیبانی تجهیزاتی و مالی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی به انجام رسید.

۷- منابع

[1] P. Xie et al., "Aqua-Sim: An NS-2 Based Simulator for Underwater Sensor Networks," in *Proc. MTS/IEEE Oceans, Biloxi*, (2009).

[2] M. Breitzke, O. Boebel, S. El Naggar, W. Jokat, B. Werner, "Broad-band calibration of marine seismic sources used by R/V Polarstern for academic research in polar regions", *Geophysical journal international*, vol. 174, Issue 2, (2008) 505-524.

[3] CEI IEC 60565 Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz, (2006- 2011).

[4] Tuzhilkin, V.S.; Kosarev, A.N., 2005. Thermohaline Structure and General Circulation of the Caspian Sea Waters. In: *Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 33-57.

[5] Rodionov, S. N. 1994. *Global and regional climate interaction: the Caspian Sea experience.*, Dordrecht, Netherland: Kluwer Academic Publishers, p. 1-241.

[6] Mamedov A.V. 1997. The late pleistocene-holocene history of the Caspian Sea; *Quatern. Int.* 41/42, 161.

[7] CEP (Caspian Sea Environmental Programme), 2002. *Transboundary diagnostic analysis for the Caspian Sea*; Baku, Azerbaijan, 36 pp.

[8] CEP (Caspian Sea Environment Program), 2006. Identification of the extent and causes of cyan bacterial bloom in September-October 2005 and development of the capacity for observation and prediction of HAB in the Southern Caspian Sea using Remote Sensing Technique, MHI, Ukraine, p. 1-19.

[9] Kosarev, A.N., 2005. Phsico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. In: *The Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, *Handbook of Environmental Chemistry*. 5: 5-31.

[10] Tuzhilkin, V.S.; Katunin, D.N.; Nalbandov, Y.R. 2005. Natural chemistry of Caspian Sea waters. In: *The Caspian Sea environment*; Ed. By Kostianoy A. G., Kosarev A. N.; Springer-Verlag: Berlin, p 83-108.

[11] Frodge, J.D.; Thamas, G.L.; Pauley, G.B. 1990. Effects of canopy formation by floating and