

بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای فیزیکی (دما، شوری و چگالی) آب خلیج پزم

عباس عینعلی^{۱*}، وحید چگینی^۲

۱. گروه فیزیک دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، استان مازندران نوشهر

۲. پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، استان تهران، تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2016.15354](https://doi.org/10.22113/jmst.2016.15354)

چکیده

در این تحقیق روند تغییرات پارامترهای فیزیکی آب دریا در خلیج پزم طی ۹ دوره از مهرماه ۱۳۹۰ تا شهریورماه ۱۳۹۱ بررسی شد. پارامترهای فیزیکی آب دریا شامل درجه حرارت، شوری و چگالی آب از سطح تا بستر دریا توسط دستگاه CTD ثبت شد. نتایج نشان می‌دهد تغییر دمای آب تابع تغییر دمای هوا است به طوری که با افزایش دمای هوا در فصول گرم، دمای آب نیز افزایش می‌یابد. علی‌رغم ضعیف بودن لایه‌بندی آب به علت کم‌عمق بودن خلیج پزم، در ماه‌های گرم سال لایه‌بندی ضعیفی در ستون آب شکل می‌گیرد. مقدار بیشینه‌ی ورود آب کم‌شور از دریای عمان به خلیج فارس در اواخر بهار و مقدار کمینه‌ی آن در زمستان، بر میزان شوری آب خلیج پزم مؤثر است؛ به نحوی که میزان شوری خلیج پزم در ماه‌های معتدل از ماه‌های گرم سال بیشتر است. تغییرات چگالی آب، تحت تاثیر دمای آب قرار دارد و شوری تاثیر چندانی بر آن ندارد. با افزایش دمای آب، چگالی کاهش می‌یابد. بدلیل ظرفیت گرمایی کمتر قسمت‌های کم‌عمق شمالی نسبت به قسمت‌های عمیق جنوبی، در فصول گرم اختلاف دمای آب بستر در نواحی کم عمق شمالی و نواحی عمیق‌تر جنوبی بیشتر می‌شود. حاکم شدن مونسون تابستانه (آسمان ابری، هوای خنک و وزش باد نسبتاً شدید جنوبی)، موج شدن دریا طی مرداد و اوایل شهریور به همراه کم‌عمق بودن خلیج پزم دلیل کاهش چشم‌گیر اختلاف بین میانگین دمای سطح و بستر است.

واژه‌های کلیدی: دما، شوری، چگالی، خلیج پزم، دستگاه CTD.

*نویسنده مسوول، پست الکترونیک: abbaseinaly@yahoo.com

۱. مقدمه

خلیج پزم با طول ۱۸ کیلومتر در ۱۰ کیلومتری غرب خلیج چابهار و انتهای پادگان کنارک، بزرگترین پایگاه هوایی خاورمیانه واقع شده است. شکل، موقعیت و پیکربندی خلیج پزم به طور کلی شبیه خلیج چابهار است، اما اندازه آن نصف خلیج چابهار است. بیشترین طول خلیج پزم ۱۲/۵ کیلومتر و فاصله‌ی آخرین نقطه ساحل آن از آب‌های آزاد دریای عمان حدود ۵ کیلومتر است. عمق آن از عمق خلیج چابهار کمتر است. عمق دهانه‌ی ورودی آن حدود ۱۱ متر و عمق متوسط آن ۵ متر است. خلیج پزم با مساحت ۶۷.۷۸ کیلومترمربع کوچکترین خلیج استان محسوب می‌شود. دهانه‌ی ورودی این خلیج ۱۱.۵۴ کیلومتر و نوار ساحلی آن ۲۶.۵۶ کیلومتر است. مختصات جغرافیایی خلیج پزم عبارت از $۱۲^{\circ}۶۰'$ تا $۱۹^{\circ}۶۰'$ طول شرقی $۱۸^{\circ}۲۵'$ تا $۲۳^{\circ}۲۵'$ عرض شمالی است. این خلیج به دلیل آرامش نسبی آب، عمق کم و تاثیرپذیری از مواد خشکی مورد توجه برخی آبریان جهت تجدید نسل و یا طی نمودن قسمتی از مراحل رویشی قرار دارد. همچنین این منطقه از مراکز جذب پرندگان آبی بوده و به علت درپناه بودن از تلاطم شدید دریا مورد استفاده صیادان و بازرگانان محلی برای پهلوگیری لنج‌ها و سایر شناورهای خود قرار می‌گیرد. شکل ۱ موقعیت قرارگیری خلیج چابهار و پزم را نسبت به آب‌های آزاد نشان می‌دهد. خلیج پزم در تقسیم‌بندی بزرگتر جزء سرزمین بلوچستان به حساب می‌آید، سرزمین بلوچستان از جنوبی‌ترین مناطق ایران یعنی نزدیکترین قسمت‌های کشور به خط استوا است و از گرمترین مناطق ایران به شمار می‌رود. آب و هوای نواحی مختلف بلوچستان با توجه به ارتفاع و موقعیت جغرافیایی و فاصله با دریا متفاوت است. بادهای محلی این منطقه عبارتند از: گوات شمال، گوات گاهر، گوریچ، براتی، کوش، واکاتی، سهلی و چلیم.

جریان‌ها و بادهای موسمی اقیانوس هند که اصطلاحاً مونسون^۱ نامیده می‌شود، به صورت شرایط جوی خاص عمدتاً در بخش شمال اقیانوس هند رخ می‌دهد و بر روی دریای عمان و در نتیجه خلیج چابهار نیز تغییرات آب و هوایی را باعث می‌شود. به طور کلی آب و هوای مونسونی اقیانوس هند دارای دو فاز کاملاً متفاوت می‌باشد که اصطلاحاً به آنها مونسون تابستانه یا جریان‌های موسمی جنوب غربی^۲ اقیانوس هند و مونسون زمستانه یا جریان‌های موسمی شمال شرقی^۳ اقیانوس هند می‌گویند. مونسون جنوب غربی همه ساله از حدود خردادماه شروع و در ماه‌های تیر و مرداد به حداکثر شدت خود می‌رسد و در اواخر شهریور و مهرماه فروکش می‌کند. مونسون شمال شرقی نیز از نیمه دوم آبان‌ماه شروع و در ماه‌های بهمن و اسفند به حداکثر رسیده و در فروردین‌ماه فروکش می‌کند (Nikoeian, 1998).

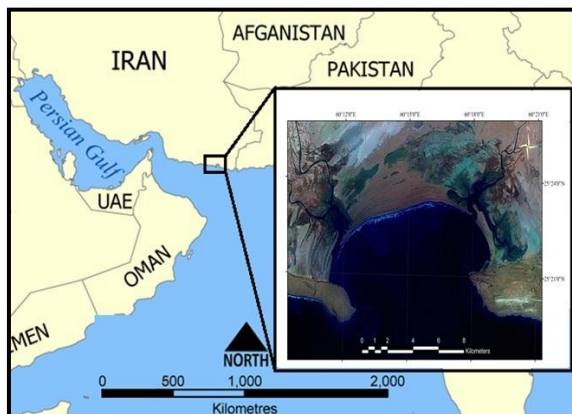
دریای عمان همانند یک تنگه بین دریای عرب و خلیج فارس قرار دارد و در واقع منطقه‌ای انتقالی بین خور و دریای عمیق است به طوری که تبادل آب بین خلیج فارس و غرب دریای عرب بر ساختار توده‌های آب دریای عمان تاثیرگذار است (Reynolds, 1993). دما و شوری آب دریاها از اساسی‌ترین مؤلفه‌های تاثیرگذار بر توده‌های آبی هستند که شاخص مناسبی از تغییرات آب و هوایی نیز به حساب می‌آید. دما یکی از اصلی‌ترین مؤلفه‌ها در داده‌های تاریخی است که ساختار فیزیکی دریاها را توصیف می‌کند به همین دلیل الگوهای زمانی-مکانی دما در دریاها همیشه مورد مطالعه قرار دارند. با این حال برای دریاهای محلی، با توجه به طبیعت و ویژگی خاص برنامه‌های ملی و بین‌المللی که برای آن منطقه در نظر گرفته می‌شود، وضعیت کاملاً متفاوت است. الگوی زمانی-مکانی دما در دریای عمان بسیار اندک بررسی شده است. بادهای موسمی، آب شیرین وارد شده به دریای

۱ Monsoon

۲ Southwest summer monsoon

۳ Northern winter monsoon

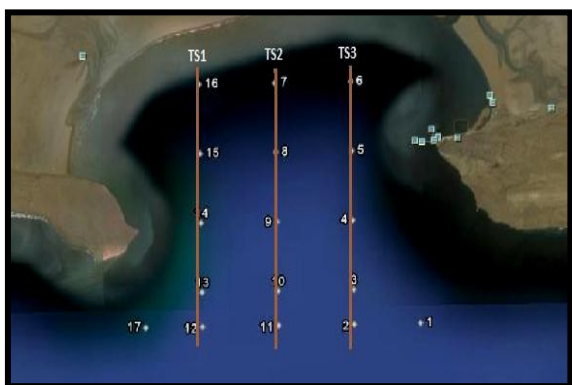
نشان داد که دمای سطحی آب دریای عمان از شرق به غرب، در تابستان افزایش و در زمستان کاهش می‌یابد (Ebrahimi, 2005).



شکل ۱. موقعیت قرارگیری خلیج پرم نسبت به آب‌های آزاد

۲. مواد و روش‌ها

در این مقاله، خصوصیات فیزیکی آب‌های خلیج پرم با استفاده از نتایج داده‌های میدانی از مهرماه سال ۱۳۹۰ تا شهریورماه سال ۱۳۹۱ بررسی شد. محدوده‌ی جغرافیایی پوشش داده شده در این تحقیق بین $60^{\circ}13'40''$ تا $60^{\circ}16'20''$ طول شرقی و $25^{\circ}18'30''$ تا $25^{\circ}22'25''$ عرض شمالی است. در این محدوده، تعداد ۱۷ ایستگاه ثابت در شبکه‌ای منظم انتخاب شد، که ۵ ایستگاه از این تعداد با شماره‌های ۱، ۲، ۱۱، ۱۲ و ۱۷ خارج از خلیج به‌عنوان شاهد و ۱۲ ایستگاه دیگر، داخل خلیج بر روی ۳ ترانسکت جنوبی- شمالی در نظر گرفته شد. شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

عمان از سواحل شمالی، توده‌ی آب عمیق خارج شونده از سمت سواحل جنوبی تنگه هرمز و جریان سطحی وارد شونده از تنگه هرمز به خلیج فارس مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر ساختار فیزیکی توده‌های آبی دریای عمان است. دمای آب سطحی دریای عمان در ماه ژوئن به بیشینه می‌رسد که نشان می‌هد تابش خورشیدی اصلی‌ترین عامل تاثیرگذار بر دمای آب سطحی است. (Piontkovski & Chiffings, 2014). شناخت خصوصیات فیزیکی آب خلیج پرم به دلیل فعالیت‌های صیادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی آب، اطلاعات پایه‌ای و بنیادی برای استفاده در مدل‌های ریاضی به‌منظور تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آب خلیج، نظیر جریان و گردش آب به‌دست می‌آید. این اطلاعات، مدیران منطقه را در امر هدایت و اعمال مدیریت جامع و یکپارچه برای اجرای طرح‌های عمرانی، زیست محیطی و شیلاتی، کشتیرانی و نظامی یاری می‌کند.

مطالعه روند تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی آب خلیج چابهار در چندین مرحله از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ انجام شد و نشان داد که میانگین دمای آب در سال ۱۳۸۸ برابر با $26/99$ درجه سانتی‌گراد و برای سال ۱۳۸۷ معادل $26/40$ درجه سانتی‌گراد است. همچنین میانگین شوری و چگالی آب در سال ۱۳۸۸ به‌ترتیب برابر با $36/83$ PSU و $24/09$ Kg/m^3 و برای سال ۱۳۸۷ نیز به‌ترتیب معادل $36/90$ PSU و $24/34$ Kg/m^3 محاسبه شد (Sanjani & Chegini, 1999). با احداث موج‌شکن شمالی- جنوبی در قسمت شرقی خلیج پرم و ایجاد مشکلات رسوبی در پشت این موج‌شکن، آب‌شکنی عمود بر موج‌شکن اولیه در جهت شرق به غرب در قسمت شرقی دهانه خلیج پرم احداث گردید، که تاثیر وجود این آب‌شکن بر الگوی انتشار امواج در سال ۱۳۸۴ بررسی شد (Vaselali et al., 2005). پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در سال ۱۳۸۴ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌های دریای عمان را بررسی کرد. نتایج این تحقیق

میانگین هر پارامتر، در سطح و بستر و همچنین در ایستگاه‌های شاهد و ایستگاه‌های درون خلیج مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. مشخصات فنی حسگرهای دستگاه CTD

پارامتر	محدوده تغییرات	دقت	تفکیک	ثابت زمانی
فشار	۰ تا ۲۰۰۰ (dbar)	۰/۰۵ درصد	۰/۰۳ درصد	۵۰ ms
دما	۳- تا ۵۰ (°C)	۰/۰۰۳ (°C)	۰/۰۰۰۵ (°C)	۵۰ ms
هدایت الکتریکی	۰ تا ۶۴ (mS/cm)	۰/۰۰۳ (mS/cm)	۰/۰۰۱ (mS/cm)	۵۰ ms*

* در سرعت جریان ۱ متر بر ثانیه

جدول ۲. تاریخ مراحل نمونه‌برداری

مراحل نمونه‌برداری	تاریخ نمونه‌برداری
۱	۱۵ مهر ۱۳۹۰
۲	۱۵ آبان ۱۳۹۰
۳	۴ آذر ۱۳۹۰
۴	۶ بهمن ۱۳۹۰
۵	۸ اسفند ۱۳۹۰
۶	۲۱ فروردین ۱۳۹۱
۷	۱ خرداد ۱۳۹۱
۸	۲۱ مرداد ۱۳۹۰
۹	۴ شهریور ۱۳۹۱

۳. نتایج

با جداسازی داده‌ها، ماتریس‌هایی از اعداد که مربوط به پارامترهای فیزیکی آب در سطح، بستر و مقاطع عرضی است به دست آمد. سپس با استفاده از دستور *contourf* در نرم‌افزار متلب تصاویر گرافیکی از این ماتریس‌ها رسم شد. برای درون‌یابی در این ماتریس‌ها از روش دوخطی^۴ (که روش پیش‌فرض متلب است) استفاده شد. در ادامه نتایج به دست آمده از این تحقیق با استفاده از تصاویر گرافیکی و نمودارها به تفصیل تشریح می‌شود.

پارامترهای فیزیکی آب خلیج پزم توسط دستگاه CTD (مدل OCEANSEVEN316 ساخت شرکت IDRONAUT کشور ایتالیا)، طی ۹ دوره از مهرماه ۱۳۹۰ تا شهریورماه ۱۳۹۱ اندازه‌گیری شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه CTD عبارتند از: دما، شوری، چگالی، هدایت الکتریکی، سرعت صوت، کدورت، اکسیژن محلول در آب، اسیدیته (pH) و کلروفیل a (Idronaut, 2002). در مقاله حاضر پارامترهای دما، شوری و چگالی آب خلیج پزم بررسی می‌شود. مشخصات فنی حسگرهای دستگاه CTD در جدول ۱ و تاریخ اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. قبل از هر دوره‌ی نمونه‌برداری، حسگرهای دستگاه CTD صحت‌سنجی شدند و دوره اندازه‌گیری ثبت داده‌ها در این دستگاه با استفاده از برنامه HyperTerminal به صورت یک ثانیه تنظیم شد. برای موقعیت‌یابی دقیق ایستگاه‌های اندازه‌گیری از دستگاه جی‌پی‌اس^۱ استفاده شد. پارامترهای هواشناسی در روز عملیات میدانی، در نزدیکترین ایستگاه هواشناسی که در شهرستان چابهار قرار دارد ثبت شد.

برای تحلیل داده‌ها ابتدا اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت ماهانه تفکیک شد. سپس توسط برنامه‌ای که در نرم‌افزار متلب^۲ نوشته شد، تصاویر گرافیکی و نمودارهای سری زمانی پارامترهای فیزیکی آب خلیج به طور مجزا و ماهانه ترسیم شده و مورد پردازش قرار گرفت. تصاویر گرافیکی در سه حالت ترسیم شدند: ۱- تصاویر گرافیکی از سه مقطع عرضی^۳ عمود بر ساحل شمالی-جنوبی، ۲- تصاویر گرافیکی از پارامترهای فیزیکی در لایه‌های سطحی (۰/۱) عمق در مختصات سیگما) و بستر (۰/۹) عمق در مختصات سیگما) و ۳- نمودارهای دما-شوری (دیاگرام T-S). برای بررسی چگونگی روند تغییرات زمانی پارامترهای فیزیکی، نمودارهای سری زمانی بیشینه، کمینه و

۱ GPS

۲ Matlab

۳ Cross Section

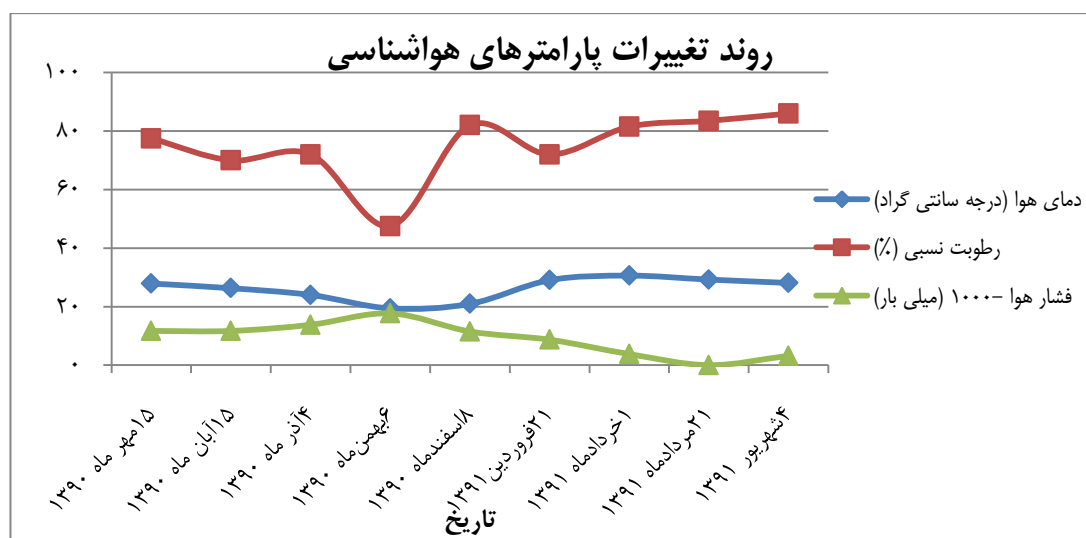
۱ Bilinear

است، درحالی که دامنه تغییرات بیشینه و کمینه ی میانگین های دمای آب طی دوره ی اندازه گیری معادل $9/4^{\circ}\text{C}$ است.

دمای بیشینه در سطح و بستر خلیج پزم به ترتیب برابر با $32/07^{\circ}\text{C}$ و $31/79^{\circ}\text{C}$ در خردادماه ثبت شد. دمای کمینه در سطح معادل $21/21^{\circ}\text{C}$ در بهمن ماه ثبت شد، درحالی که دمای کمینه در بستر برابر با $21/04^{\circ}\text{C}$ در اسفندماه اندازه گیری شد. محاسبه ی میانگین دما در لایه های مختلف آب در هر مرحله از اندازه گیری ها، نشان داد که بیشترین میانگین دمای سطحی خلیج برابر با $31/44^{\circ}\text{C}$ در خردادماه و کمترین آن معادل $21/98^{\circ}\text{C}$ در بهمن ماه است، درحالی که بیشترین میانگین دمای بستر خلیج برابر با $31/18^{\circ}\text{C}$ در مردادماه و کمترین آن معادل $21/76^{\circ}\text{C}$ در اسفندماه است.

بررسی پارامترهای هواشناسی نشان داد که بیشینه و کمینه دمای هوا به ترتیب در خرداد و بهمن ثبت شد. کمینه رطوبت نسبی هوا در بهمن ماه و همزمان با باد شمال شرقی (که بادی سرد و خشک است) به ثبت رسید. در این هنگام بیشترین میزان فشار هوا به ثبت رسید. در هنگام مونسون تابستانه که باد جنوب غربی (باد مرطوبی که از روی دریا می وزد) به بیشینه سرعت خود می رسد، رطوبت نسبی هوا نیز به بیشترین مقدار خود می رسد. در شکل ۳ روند تغییرات پارامترهای هواشناسی نشان داده شده است. در ادامه به بررسی نتایج حاصل از اندازه گیری دمای آب پرداخته می شود.

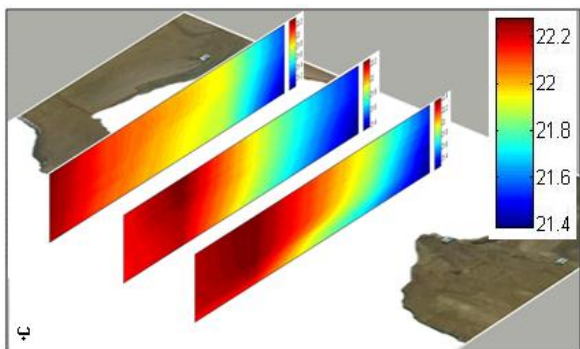
میانگین دمای آب خلیج پزم، طی دوره ی اندازه گیری برابر با $27/16^{\circ}\text{C}$ است. میانگین دمای آب ایستگاه های شاهد طی همین دوره معادل $27/07^{\circ}\text{C}$ است. دامنه تغییرات بیشینه و کمینه ی دمای آب ثبت شده طی دوره ی اندازه گیری برابر با $11/09^{\circ}\text{C}$



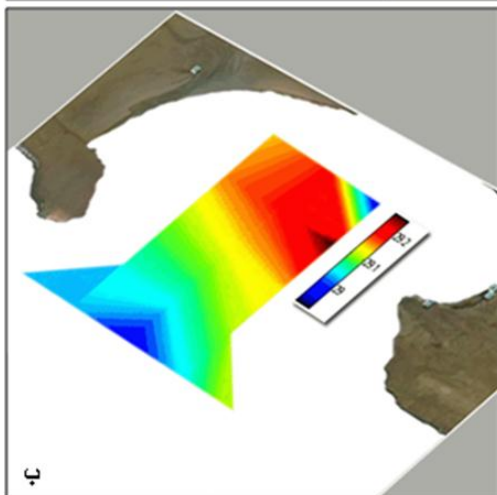
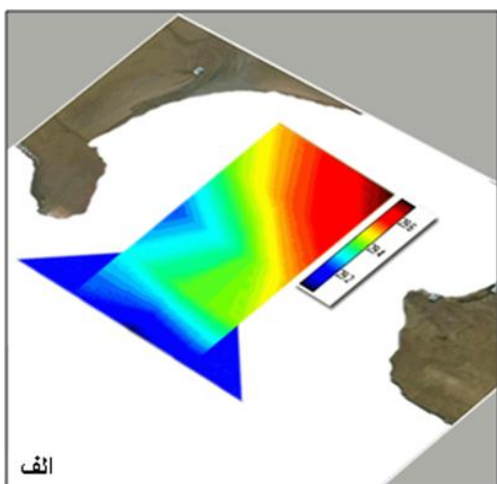
شکل ۳. روند تغییرات پارامترهای هواشناسی که همزمان با عملیات اندازه گیری پارامترهای فیزیکی آب خلیج پزم در نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی (چابهار) اندازه گیری شد

شد. محاسبه میانگین دمای آب ایستگاه های داخل خلیج و ایستگاه های شاهد به صورت جداگانه در هر مرحله از اندازه گیری ها، نشان داد که بیشترین میانگین دمای آب داخل خلیج برابر با $31/26^{\circ}\text{C}$ در خردادماه و کمترین آن معادل $21/86^{\circ}\text{C}$

۱. دمای بیشینه در خلیج و ایستگاه های شاهد به ترتیب برابر با $32/07^{\circ}\text{C}$ و $31/21^{\circ}\text{C}$ در خردادماه اندازه گیری شد. دمای کمینه در خلیج معادل $21/21^{\circ}\text{C}$ در بهمن ماه درحالی که دمای کمینه در ایستگاه های شاهد برابر با $21/3^{\circ}\text{C}$ در اسفندماه ثبت



شکل ۵. مقاطع عرضی از دمای آب (°C). الف: مهرماه ۹۰ و ب: بهمن ماه ۹۰

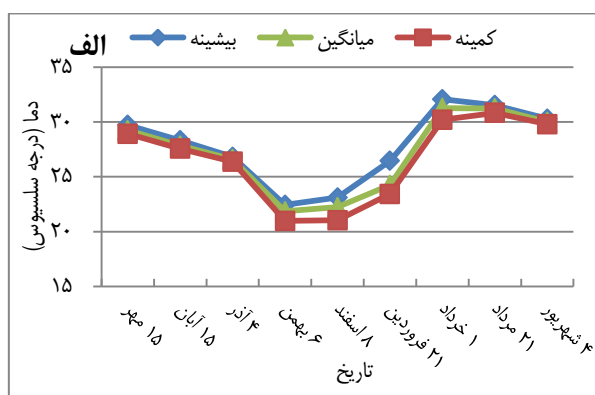


شکل ۶. دمای آب (°C) در مهرماه سال ۱۳۹۰. الف: دمای سطحی و ب: دمای بستر

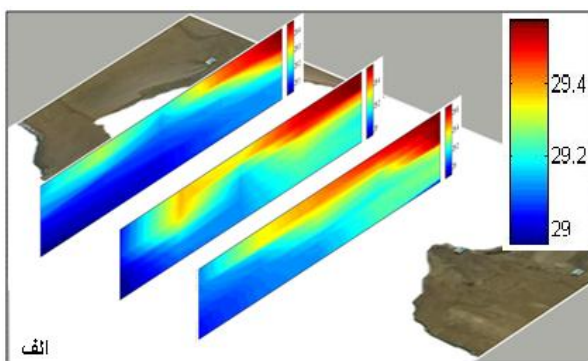
بررسی داده‌های اندازه‌گیری شده شوری نشان داد که:

۱. میانگین شوری آب خلیج پزم، طی دوره اندازه‌گیری برابر با ۳۶/۵ PSU است. میانگین شوری آب ایستگاه‌های شاهد طی همین دوره معادل ۳۶/۴۵ PSU است. دامنه‌ی تغییرات بین بیشینه و کمینه‌ی

بهمن‌ماه است، درحالی‌که بیشترین میانگین دمای آب ایستگاه‌های شاهد برابر با $30/92^{\circ}\text{C}$ در مردادماه و کمترین آن معادل $22/24^{\circ}\text{C}$ در بهمن‌ماه است. روند تغییرات ماهانه‌ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر دمای آب در ایستگاه‌های داخل خلیج و ایستگاه‌های شاهد در شکل ۴ آورده شده است. در شکل ۵ مقاطع عرضی از دمای آب خلیج پزم در مهرماه و بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰ و در شکل‌های ۶ و ۷ دمای آب لایه سطحی و بستری این خلیج در زمان‌های مذکور ارائه شده است.



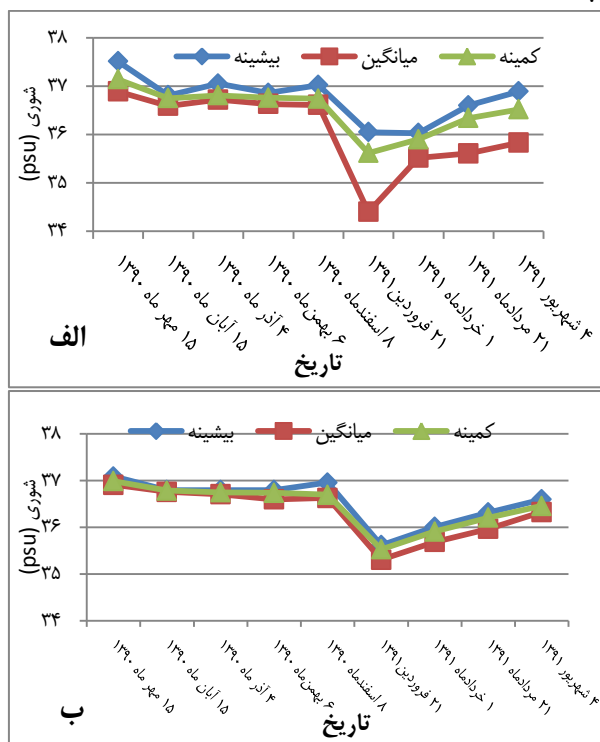
شکل ۴. نمودار روند تغییرات ماهانه‌ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر دمای آب (°C) در ایستگاه‌های داخل خلیج (الف) و ایستگاه‌های شاهد (ب)



در مهرماه و کمترین آن در سطح و بستر به ترتیب برابر با $35/55$ PSU و $35/6$ در فروردین ماه است.

۳. شوری بیشینه در خلیج و ایستگاه‌های شاهد به ترتیب برابر با $37/51$ PSU و $37/09$ در مهرماه و کمینه‌ی آن نیز در خلیج و ایستگاه‌های شاهد به ترتیب معادل $34/4$ PSU و $35/31$ در فروردین ماه ثبت شد. محاسبه میانگین دمای آب ایستگاه‌های داخل خلیج و ایستگاه‌های شاهد به صورت جداگانه در هر مرحله از اندازه‌گیری‌ها، نشان داد که بیشترین میانگین شوری در خلیج و ایستگاه‌های شاهد به ترتیب برابر با $37/14$ و $36/99$ در مهرماه و کمترین آن در خلیج و ایستگاه‌های شاهد به ترتیب معادل $35/62$ و $35/53$ در فروردین ماه است.

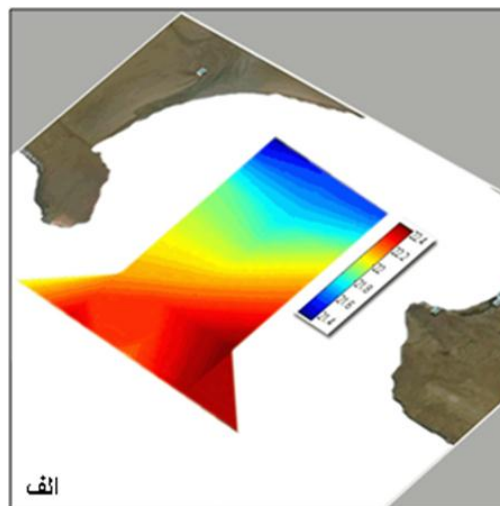
۴.



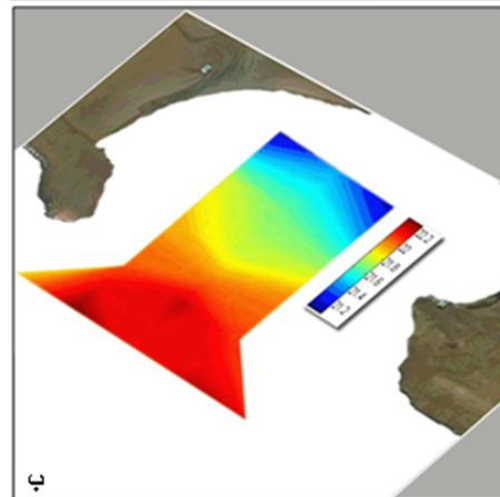
شکل ۸. نمودار روند تغییرات ماهانه‌ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر شوری آب (PSU) در ایستگاه‌های داخل خلیج (الف) و ایستگاه‌های شاهد (ب).

روند تغییرات ماهانه‌ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر شوری آب در ایستگاه‌های داخل خلیج و

شوری آب ثبت شده طی دوره‌ی اندازه‌گیری برابر با $3/11$ PSU است، درحالی‌که دامنه تغییرات بین بیشینه و کمینه‌ی میانگین‌های شوری آب طی همین دوره معادل $1/61$ PSU است.



الف

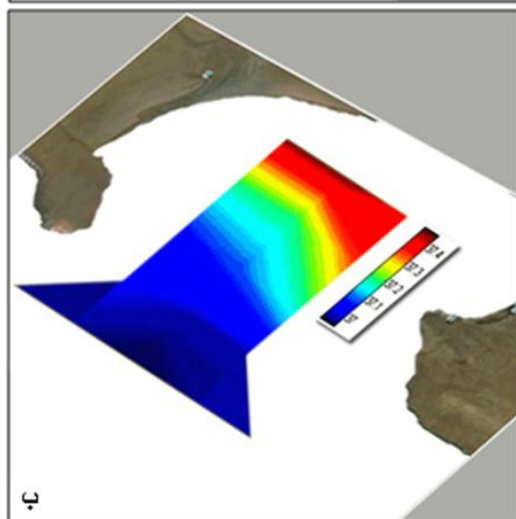
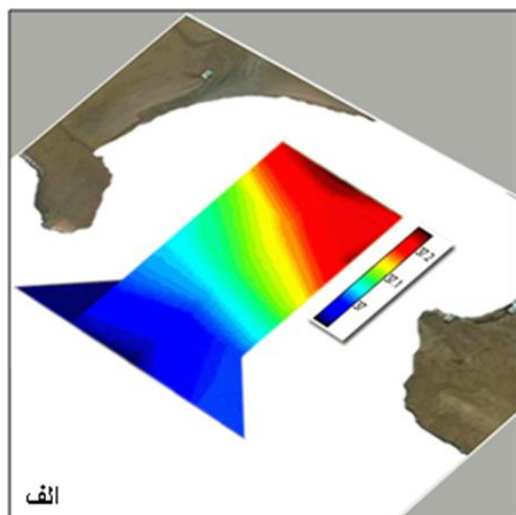


ب

شکل ۷. دمای آب ($^{\circ}\text{C}$) در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰. الف: دمای سطحی و ب: دمای بستر

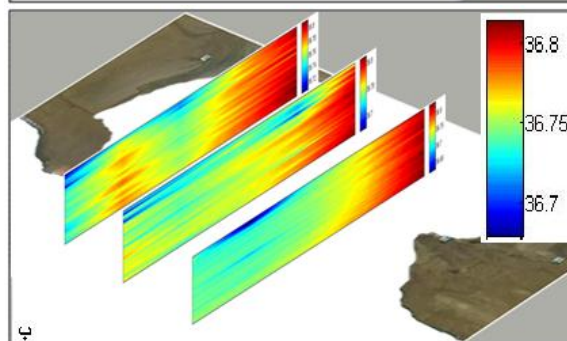
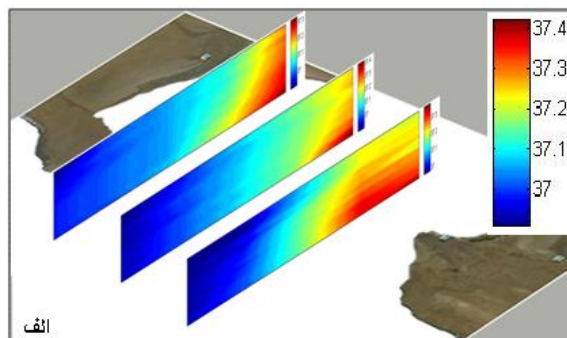
۲. شوری بیشینه در سطح و بستر خلیج پزم به ترتیب برابر با $37/25$ PSU و $37/41$ در مهرماه و کمینه‌ی آن در سطح معادل $34/45$ در فروردین و در بستر برابر با $34/43$ در مردادماه ثبت شد. محاسبه‌ی میانگین شوری در لایه‌های مختلف آب در هر مرحله از اندازه‌گیری‌ها، نشان داد که بالاترین میانگین شوری در سطح و بستر خلیج به ترتیب معادل $37/08$ و $37/14$ PSU

در اسفندماه و چگالی کمینه در بستر معادل $21/04 \text{ kg/m}^3$ در مردادماه اندازه‌گیری شد. محاسبه‌ی میانگین چگالی در لایه‌های مختلف آب در هر مرحله از اندازه‌گیری‌ها، نشان داد که بالاترین میانگین چگالی در سطح خلیج برابر با kg/m^3 در بهمن‌ماه و کمترین آن معادل kg/m^3 در خردادماه است، درحالی‌که بالاترین میانگین چگالی در بستر خلیج برابر با $25/74 \text{ kg/m}^3$ در اسفندماه و کمترین آن معادل $22/15 \text{ kg/m}^3$ در خردادماه به‌دست آمد. چگالی بیشینه در خلیج و در ایستگاه‌های شاهد به‌ترتیب برابر با $26/06 \text{ kg/m}^3$ و $25/94 \text{ kg/m}^3$ در اسفندماه اندازه‌گیری شد.



شکل ۱۰. شوری آب (PSU) در مهرماه سال ۱۳۹۰. الف: شوری سطحی و ب: شوری بستر

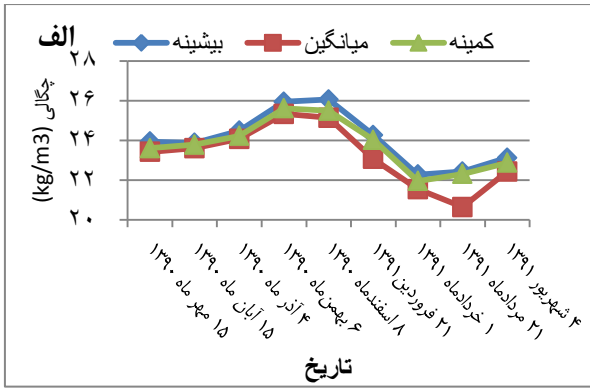
ایستگاه‌های شاهد در شکل ۸ آورده شده است. در شکل ۹ مقاطع عرضی از شوری آب خلیج پزم در مهرماه و بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰ و در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ شوری آب لایه سطحی و بستری این خلیج در زمان‌های مذکور ارائه شده است.



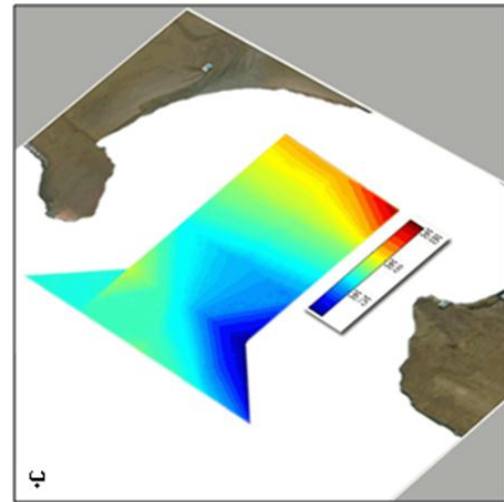
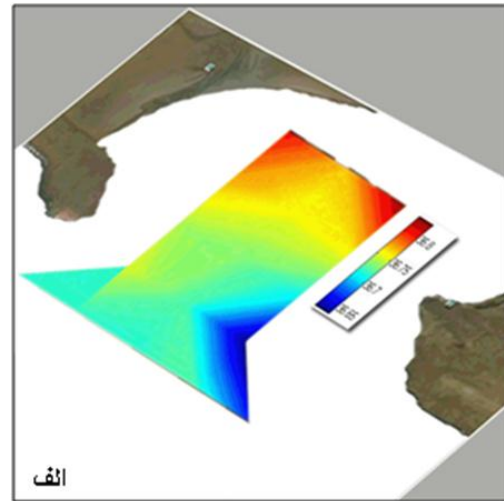
شکل ۹. مقاطع عرضی از شوری آب (PSU). الف: مهرماه ۹۰ و ب: بهمن‌ماه ۹۰

محاسبه چگالی آب در لایه‌های مختلف نشان داد که: میانگین چگالی آب خلیج پزم، طی دوره‌ی اندازه‌گیری برابر با $23/77 \text{ kg/m}^3$ است. میانگین چگالی آب ایستگاه‌های شاهد طی همین‌دوره $23/76 \text{ kg/m}^3$ است. دامنه تغییرات بین بیشینه و کمینه‌ی چگالی آب ثبت شده طی دوره‌ی اندازه‌گیری معادل $5/41 \text{ kg/m}^3$ است، درحالی‌که دامنه تغییرات بین بیشینه و کمینه‌ی میانگین‌های چگالی آب طی همین‌دوره برابر با $3/66 \text{ kg/m}^3$ است.

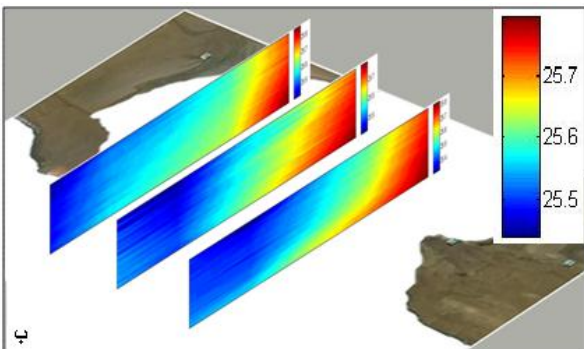
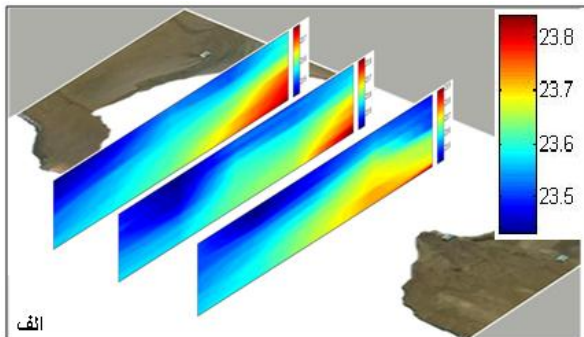
چگالی بیشینه در سطح خلیج پزم برابر با kg/m^3 در بهمن‌ماه و چگالی کمینه در سطح معادل $21/55 \text{ kg/m}^3$ در خردادماه ثبت شد، درحالی‌که چگالی بیشینه در بستر خلیج برابر با



شکل ۱۲. نمودار روند تغییرات ماهیانه ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر چگالی آب (kg/m³) در ایستگاه‌های داخل خلیج (الف) و ایستگاه‌های شاهد (ب).



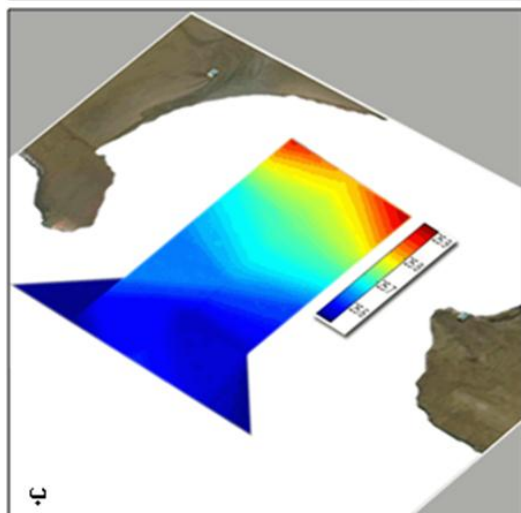
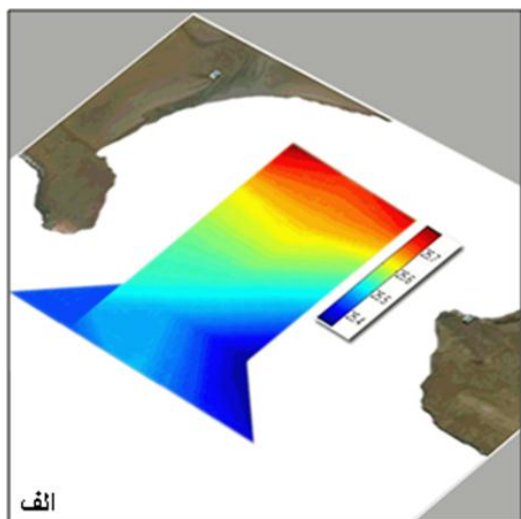
شکل ۱۱. شوری آب (PSU) در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰. الف: شوری سطحی و ب: شوری بستر



شکل ۱۳. مقاطع عرضی از چگالی آب (kg/m³). الف: مهرماه ۹۰ و ب: بهمن‌ماه ۹۰

چگالی کمینه درخلیج معادل $20/65 \text{ kg/m}^3$ در مرداد و کمینه‌ی آن در ایستگاه‌های شاهد برابر با kg/m^3 در ۲۱/۹۱ در خردادماه ثبت شد. محاسبه میانگین چگالی آب ایستگاه‌های داخل خلیج و ایستگاه‌های شاهد به صورت جداگانه در هر مرحله از اندازه‌گیری‌ها، نشان داد که بالاترین میانگین چگالی در خلیج و در ایستگاه‌های شاهد به ترتیب معادل $25/62 \text{ kg/m}^3$ و $25/5 \text{ kg/m}^3$ در بهمن‌ماه و کمترین میانگین چگالی نیز درخلیج و ایستگاه‌های شاهد به ترتیب برابر با $22/14 \text{ kg/m}^3$ و $21/96 \text{ kg/m}^3$ در خردادماه به دست آمد.

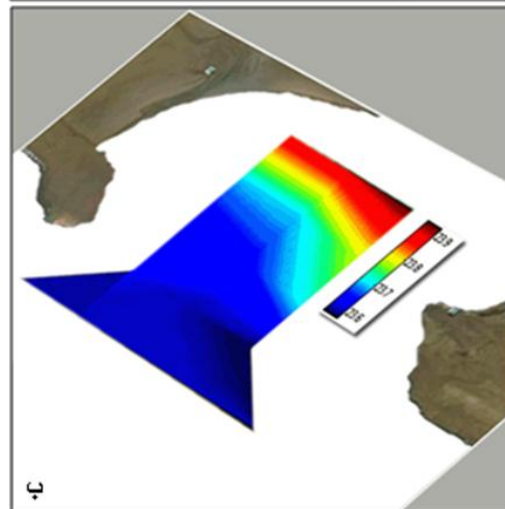
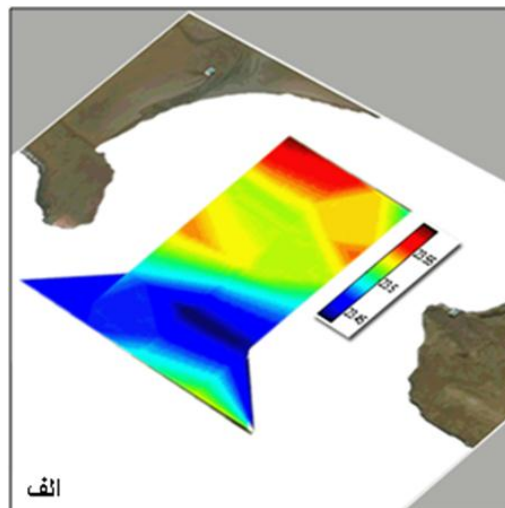
سطحی دریای عمان روندی افزایش داشته به طوری- که طی ۱۶۲ سال (از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰) دمای آب لایه‌ی آمیخته ۰/۷ تا ۰/۸ درجه سلسیوس افزایش یافته است (Piontkovski & Chiffings, 2014).



شکل ۱۵. چگالی آب (kg/m^3) در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰. الف: چگالی سطحی و ب: چگالی بستر

با مقایسه‌ی نتایج حاصل شده از اجرای این تحقیق با نتایج حاصل از اجرای مراحل اول تا چهارم پروژه‌ی "بررسی روند تغییرات پارامترهای فیزیکی خلیج چابهار"، روند افزایش دمای آب دریای عمان در سواحل شمالی آن به خوبی مشهود است به طوری که بیشترین میانگین دمای آب خلیج چابهار در مرحله اول و دوم به ترتیب معادل ۳۰/۱۴ و ۳۰/۶۷ درجه سلسیوس در خردادماه، در مرحله سوم و چهارم به-

روند تغییرات ماهانه‌ی بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر چگالی آب در ایستگاه‌های داخل خلیج و ایستگاه‌های شاهد در شکل ۱۲ آورده شده است. در شکل ۱۳ مقاطع عرضی از چگالی آب خلیج پزم در مهرماه و بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰ و در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ چگالی آب لایه سطحی و بستری این خلیج در زمان‌های مذکور ارائه شده است.



شکل ۱۴. چگالی آب (kg/m^3) در مهرماه سال ۱۳۹۰. الف: چگالی سطحی و ب: چگالی بستر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی طولانی‌مدت دمای آب دریای عمان نشان داد که دمای سطحی این دریا در ماه ژوئن به بیشترین حد خود می‌رسد و تابش خورشیدی اصلی‌ترین عامل تاثیرگذار بر دمای سطحی آب این دریا است. دمای

ترتیب برابر $۳۱/۶۱$ و $۳۰/۸۸$ درجه سلسیوس در تیرماه به دست آمد (Chegini & Sanjani, 1999). بیشترین میانگین دمای آب خلیج پزم نیز $۳۱/۲۶$ درجه سلسیوس مربوط به خردادماه است. در مراحل اول و سوم مطالعه خلیج چابهار کمترین میانگین دمای آب مربوط به بهمن ماه است و در مرحله‌ی چهارم کمترین میانگین دمای آب در اسفندماه به دست آمد. در خلیج پزم نیز کمترین میانگین دمای آب مربوط به بهمن ماه است که این موضوع نشان می‌دهد تابش خورشیدی اصلی‌ترین عامل در تغییرات دمای آب خلیج چابهار است.

دمای سطحی آب دریای عمان از شرق به غرب، در تابستان افزایش و در زمستان کاهش می‌یابد که علت آن کمتر بودن ظرفیت گرمایی آب در قسمت‌های غربی دریای عمان نسبت به قسمت‌های شرقی آن است (Ebrahimi, 2005). با مقایسه دمای آب خلیج پزم با خلیج چابهار که هر دو همزمان اندازه‌گیری شدند، مشاهده می‌شود که مطابق با روند مذکور و همچنین به دلیل کم عمق و کم حجم بودن خلیج پزم نسبت به خلیج چابهار، دامنه‌ی تغییرات دمای آب خلیج پزم بیشتر از خلیج چابهار است. میانگین دمای سطح خلیج طی کل دوره‌ی نمونه‌برداری از میانگین دمای بستر بیشتر است. این اختلاف در ماه‌های معتدل سال (آذرماه) به کمترین و در ماه‌های گرم (فروردین ماه) به بیشترین حد خود می‌رسد. دمای میانگین آب خلیج و ایستگاه‌های شاهد در مردادماه و شهریورماه اندکی کمتر از میانگین دمای آب در خردادماه است که علت این موضوع غالب شدن مونسون تابستانه بر منطقه است. میانگین دمای آب خلیج پزم در ماه‌های گرم سال از میانگین دمای ایستگاه‌های شاهد بیشتر و در ماه‌های معتدل سال، کمتر از میانگین دمای آب ایستگاه‌های شاهد است. این تفاوت در خردادماه به بیشترین حد خود رسید، در حالی که در مردادماه به علت غالب شدن مونسون تابستانه بر این منطقه و اختلاط آب ناشی از موج بودن دریا، اختلاف بین میانگین دمای آب خلیج و

ایستگاه‌های شاهد به طور چشم‌گیری کاهش یافت. به علت حاکم شدن مونسون تابستانه و موج شدن دریا در مردادماه و اوایل شهریورماه، اختلاف بین میانگین دمای سطح و بستر به طور چشم‌گیری کاهش یافت. لایه‌ی گرمایش (ترموکلاین) و لایه‌بندی ستون آب در ماه‌های معتدل (آذرماه و بهمن ماه) به طور کلی ناپدید می‌شود. علت این موضوع چگال شدن آب سرد سطحی در زمستان است که باعث فرو روی آب سطحی و اختلاط آن می‌شود. با این که به دلیل کم عمق بودن خلیج پزم شکل‌گیری لایه‌ی گرمایش و لایه‌بندی آب بسیار ضعیف است، اما در ماه‌های گرم سال (اردیبهشت ماه و مهرماه)، این لایه شکل می‌گیرد. در هنگام مونسون تابستانه به دلیل خنک شدن هوا و به دنبال آن خنک شدن آب سطحی و همچنین موج شدن دریا، لایه‌بندی آب ناپدید می‌شود.

آب سطحی اقیانوس هند که نسبت به آب سطحی دریای عمان کم‌شورتر است از قسمت‌های شمالی دریای عرب به داخل دریای عمان و از طریق این دریا وارد خلیج فارس می‌شود. حرکت این آب سطحی تحت تاثیر استرس باد است و جریان وارد شونده به دریای عمان به صورت فصلی متغییر است به طوری که طبق مشاهدات بیشترین انتقال آب در فصل تابستان صورت می‌گیرد. این جریان در ادامه حرکت خود به سمت تنگه هرمز، با جریان جنوب‌سویی که از تنگه هرمز به دریای عمان وارد می‌شود برهم‌کنش دارد، که نتیجه‌ی آن شکل‌گیری چرخندهایی میان‌مقیاس در دریای عمان است. دریای عمان دارای چرخشی ساعتگرد در قسمت‌های غربی و چرخشی پادساعتگرد در قسمت‌های شرقی است (Piontkovski & Chiffings, 2014). وزش بادهای موسمی که در تابستان به شدت از جنوب و در زمستان از شمال بر روی این منطقه می‌وزد بر ساختار فیزیکی دریای عمان کاملاً تاثیرگذار است. دریای عمان دارای چرخشی ساعتگرد در قسمت‌های غربی و چرخشی پادساعتگرد در قسمت‌های شرقی خود است. در

ایستگاه‌های شاهد محسوس‌تر از ایستگاه‌های درون خلیج است که علت آن اثرپذیرتر بودن ایستگاه‌های شاهد نسبت به ایستگاه‌های درون خلیج از دریای آزاد است. در بیشتر زمان‌های سال میانگین شوری در ایستگاه‌های درون خلیج بیشتر از میانگین شوری در ایستگاه‌های شاهد است، اما در مردادماه که آب و هوای منطقه تحت تاثیر مونسون تابستانه بود، میانگین شوری بستر از میانگین شوری سطح بیشتر است. وزش باد مداوم در هنگام مونسون تابستانه و افزایش تبخیر سطحی ناشی از آن و موج شدن دریا در این دوره، علت کاهش تفاوت شوری سطح و بستر در مردادماه است.

روند تغییرات چگالی آب بیشتر تحت تاثیر تغییرات دمای آب است و تغییرات شوری تاثیر چندانی بر چگالی ندارد. در ماه‌های گرم سال، میانگین چگالی آب خلیج از چگالی آب ایستگاه‌های شاهد کمتر و در ماه‌های معتدل سال، بیشتر است. اختلاف میانگین چگالی بین سطح و بستر، در مردادماه به کمترین حد خود رسید که علت آن حاکم بودن شرایط آب و هوایی ناشی از مونسون تابستانه اقیانوس هند و موج شدن دریا بود. به علت حاکم بودن شرایط مونسون تابستانه و کاهش دمای آب در مرداد و شهریورماه نسبت به خردادماه، چگالی آب اندکی افزایش یافت. میانگین سالانه چگالی خلیج پزم برابر $23/77 \text{ kg/m}^3$ است که با میانگین سالانه چگالی خلیج چابهار در مراحل دوم تا چهارم مطالعه آن که به ترتیب معادل $24/34 \text{ kg/m}^3$ ، $24/09 \text{ kg/m}^3$ و $23/80 \text{ kg/m}^3$ به دست آمد بسیار نزدیک است. اگرچه بیشترین میانگین چگالی خلیج پزم و همچنین خلیج چابهار (در چهار مرحله مطالعه آن) در بهمن‌ماه به دست آمد اما به دلیل تغییرات سالانه‌ی شدت مونسون تابستانه کمترین میانگین چگالی آب خلیج چابهار در مرحله دوم در خرداد، مرحله سوم در تیر و مرحله چهارم در مردادماه و همچنین کمترین میانگین چگالی آب خلیج پزم در خردادماه به دست آمد.

تابستان به علت تبخیر شدید در خلیج فارس و همچنین عدم وزش باد شمال (بادی با جهت شمال-غرب به جنوب شرق که در جهت مخالف آب ورودی دریای عمان به خلیج فارس است) در امتداد خلیج فارس، آب وارد شده از دریای عمان به خلیج فارس بیشتر است به طوری که اوج جریان کم‌شور دریای عمان به خلیج فارس در اوایل تابستان (ماه‌های می و ژوئن) اتفاق می‌افتد. این جریان‌ها به علت تاثیر نیروی کوریولیس بر آنها، از سمت سواحل ایران به درون خلیج فارس وارد می‌شوند و به همین علت سواحل ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. همچنین تقویت چرخه‌ی پادساعتگرد شرق دریای عمان در فصل گرم، باعث انتقال بیشتر آب کم‌شور شمال اقیانوس هند به دریای عمان می‌شود (Reynolds, 1993). بنابراین به علت جریان بیشتر آب کم‌شور از دریای آزاد به سمت سواحل ایران (خلیج پزم و سپس تنگه‌ی هرمز) در ماه‌های گرم، میزان شوری خلیج پزم در ماه‌های گرم سال اندکی کمتر از ماه‌های معتدل سال است. نتایج حاصل از گزارش "مطالعه روند تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی آب خلیج چابهار (مرحله دوم)" که در سال ۱۳۸۷ انجام شد نیز کمترین میزان شوری در خلیج چابهار را در خردادماه-که همزمان با اوج ورود آب دریای عمان به خلیج فارس است- نشان داد (Sanjani & Chegini, 1999). این پدیده در مطالعه‌ی انجام‌شده در آب‌های اطراف شهرستان بوشهر در سال ۱۳۹۱ انجام شده است نیز تایید می‌شود (Hosseini & Chegini, 2012). میانگین سالانه شوری خلیج پزم برابر $36/5 \text{ PSU}$ به دست آمد که به میانگین سالانه شوری خلیج چابهار در مراحل دوم تا چهارم مطالعه آن که به ترتیب معادل $36/90 \text{ PSU}$ ، $36/83 \text{ PSU}$ و $36/54 \text{ PSU}$ است بسیار نزدیک است. اگرچه میانگین سالانه شوری خلیج پزم از میانگین سالانه شوری خلیج چابهار در همین دوره اندکی کمتر است اما دامنه تغییرات میانگین شوری خلیج پزم بیشتر از خلیج چابهار است. تغییرات زمانی شوری از اسفند به فروردین (کاهش شوری)، در

تابستانه بر پارامترهای فیزیکی آب در ایستگاه‌های درون خلیج و ایستگاه‌های شاهد است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از امکانات و تجهیزات پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی انجام شده است که بدینوسیله از زحمات مسولین و کارکنان این پژوهشگاه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

منابع

Chegini, V. and M.S. Sanjani, Study of seasonal variation trend of physical parameters of the Chabahar bay (phase 1). 1999, INIOAS: Tehran.

Ebrahimi, M., 2005. Continuous Studies of Hydrology and Hydrobiology of Persian Gulf and Strait of Hormoz in Hormozgan Provinces. Iranian Fisheries Science Research Institute, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institute.

Hosseini, S. and V. Chegini, Study of seasonal variation physicochemical parameters in the coastal water around the Bushehr Peninsula. 2012, INIOAS: Tehran.

IdronautSrl. 2002. Operator's Manual Ocean Seven 316/319 CTD Multi Parameter Probes. Italy. www.idronaut.it.

Nikoeian, A., A. Savari and G. Ataran. 1998. Investigation on Diversity of Bivalves in Chabahar Bay. Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol:7, P:10-18

Piontkovski, S.A., Chiffings, T., 2014. Long-Term Changes of Temperature in the Sea of

از اوایل مردادماه تا اوایل شهریورماه سال ۱۳۹۱ به- علت اثر پذیرفتن سواحل جنوبی استان سیستان و بلوچستان از جمله خلیج یزم از مونسون تابستانه، آب و هوای این منطقه بسیار مطبوع (آسمان ابری، کاهش دمای هوا، وزش باد نسبتاً شدید از سمت جنوب و دریای مواج) بود. هشتمین و نهمین مرحله از عملیات نمونه‌برداری به ترتیب در ۲۱ مردادماه و ۴ شهریورماه (هنگام مونسون تابستانه) انجام شد و نتایج به دست آمده حاکی از تاثیر پدیده مونسون

Oman and the Western Arabian Sea. International Journal of Oceans and Oceanography, Vol. 8, No. 1.

Reynolds, R. M. 1993. Physical Oceanography of the Persian Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman. Results from the Mt Mitchell Expedition. Marine Pollution Bulletin, Volume 27. Page:35-59.

Sanjani, M.S. and V. Chegini, Study of seasonal variation trend of physical parameters of the Chabahar bay (phase 2). 1999, INIOAS: Tehran.

Sanjani, M.S. and V. Chegini, Study of seasonal variation trend of physical parameters of the Chabahar bay (phase 2). 2000, INIOAS: Tehran.

Vaselali, A., S. A. Azarmsa and A. K. Khaniki. 2005. Investigating the Effect of Creating Groins on the Pattern of Wave (Case Study: Pozm Bay). In 6th Iranian Congress of Marine Science and Technology. Edited by Edited Tehran.

Study of Temporal and Spatial Variations of Physical Parameters (Temperature, Salinity and Density) Trend of the Pozm Bay

Abbas Einali^{1*}, Vahid Chegini²

1- Iranian National Institute for Oceanography And Atmospheric Science, Chabahar, Iran

2- Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, Tehran, Iran

Abstract

Pozm bay Located in southern coast of Iran near Oman Sea, due to its relative calmness, low depth and being affected by the land substances is interesting to some aquatics species for reproduction and spending part of their growth period. In this research the seasonal variations of physical parameters trend of the Pozm pay was investigated during 9 periods since Oct 2011 till Aug 2012. The physical parameters of the sea water were measured by the CTD device in 17 stations from surface to seabed. These parameters are as follows: Temperature, Salinity, Density, Electrical conductivity, Sound velocity, Turbidity, and the Dissolved oxygen. According to the results of this research, the variations of the water temperature are following the air temperature and increase as the air temperature arises in hot seasons. Although due to the low depth of Pozm bay the formation of thermocline layer and water stratification are so low, weak stratification is formed in water column during hot months of the year. The entering flow of Oman Sea water into the Persian gulf, which is less salty comparing to that of Persian gulf, is maximized during late spring and minimized in winter and affects the salinity of Pozm bay water such that its rate is more during mild months than hot months. The variation of the density is influenced by water temperature and the salinity has no effect on them. The summer monsoon has a significant effect on the physical parameters of Pozm bay's water.

Keywords: Temperature, Salinity, Density, Pozm bay, CTD device.

Figure1. Location of Pozm Bay on the southern coast of Iran and northern Oman Sea

Figure2. position of sampling stations

Figure3. Trend of meteorological parameters variation were measured in Chabahar weather station - the nearest station - simultaneously

Figure4. Diagram of monthly variation trend of Maximum, Minimum and average of sea water temperature (°C) in Gulf Stations (A) and Control Stations (B)

Figure5. Cross sections of sea water temperature (°C).in October 2011 (A) and January 2012 (B)

Figure6. Sea water temperature (°C) in October 2011, surface temperature (A) and B: bottom temperature (B)

Figure7. Sea water temperature (°C) in January 2012, surface temperature (A) and bottom temperature (B)

Figure8. Diagram of monthly variation trend of Maximum, Minimum and average of sea water salinity (psu) in Gulf Stations (A) and Control Stations (B)

Figure9. Cross sections of sea water salinity (psu) in October 2011 (A) and January 2012 (B)

Figure10. Sea water salinity (psu) in October 2011, surface temperature (A) and bottom temperature (B)

Figure11. Sea water salinity (psu) in January 2012, surface temperature (A) and bottom temperature (B)

Figure12. Diagram of monthly variation trend of Maximum, Minimum and average of sea water density (kg/m³) in Gulf Stations (A) and Control Stations (B)

Figure13. Cross sections of sea water density (kg/m³) in October 2011 (A) and January 2012 (B)

Figure14. Sea water density (kg/m³) in October 2011, surface temperature (A) and bottom temperature (B)

Figure15. Sea water density (kg/m³) in January 2012, surface temperature (A) and bottom temperature (B)

Table 1. Technical Specifications for CTD Sensors

Table 2. date of sampling stages

*Corresponding author, E-mail: abaseinaly@yahoo.com