

ویژگی‌های فیزیکی گودال عمیق جنوب جزیره تنب بزرگ

فرزانه محمدپور^۱، مریم سیوف‌چهرمی^{۲*} و صمد حمزه‌ئی^۳

^۱ کارشناسی ارشد فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۲ دانشیار فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۳ استادیار فیزیک دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱)

چکیده

تنگه هرمز آبراهی ارزشمند از لحاظ اقتصادی، سیاسی، نظامی، علمی و شیلاتی است. به‌طور کلی عمق آن با حرکت به شرق و جنوب افزایش می‌یابد. در آن گودال‌هایی واقع شده است که بسیار ناشناخته است که هر یک از آن گودال‌ها شرایط منحصر به فرد و مخصوص خود را دارد. یکی از بزرگ‌ترین گودال‌های شناخته شده در آب‌های ایرانی در غرب تنگه هرمز و جنوب جزیره تنب بزرگ قرار دارد. در پژوهش پیش‌رو، ویژگی‌های فیزیکی این گودال اعم از دما، شوری و سرعت صوت با استفاده از داده‌های فصلی کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۸ مورد مطالعه قرار گرفته است. داده‌های دما و شوری مستقیم از اندازه‌گیری دستگاه CTD با گام زمانی یک ثانیه به دست آمد. اطلاعات مربوط به سرعت صوت از بازنویسی کدهای برنامه‌نویسی تابع کتابخانه‌ای سرعت صوت در آب دریا محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد در بهار و تابستان ستون آب از لحاظ دمایی سه لایه است و هر سه لایه آمیخته، ترموکلاین و عمیق مشاهده می‌شود. اما در فصول پاییز و زمستان، ستون آب به صورت تک لایه در می‌آید. همچنین از لحاظ شوری، ستون آب در تمامی فصول سه لایه است. در آب‌های به‌دام افتاده اعماق، گرم‌ترین آب‌ها وجود دارد. همچنین، بیشترین سرعت صوت در فصل پاییز و بیش‌ترین غلظت شوری در فصل زمستان اندازه‌گیری شده است. شوری در اعماق گودال به بیش از ۴۱ psu می‌رسد که بیشتر از آب خروجی خلیج فارس در تنگه‌ی هرمز است. سرعت صوت در فصول بهار و تابستان از دما پیروی می‌کند. الگوی سرعت صوت در دو فصل پاییز و زمستان بیشتر تابع شوری است. کانال صوتی به صورت فصلی و تنها در دو فصل بهار و تابستان به ترتیب در محدوده عمق ۴۰ و ۲۰ متری شکل می‌گیرد که این موضوع، اهمیت لایه ترموکلاین فصلی را در مکان مناسب برای محل اختفای شناورهای زیرسطحی و یا حتی غواصان نظامی نشان می‌دهد.

کلمه‌های کلیدی: سرعت صوت، گودال تنگه هرمز، جزیره‌ی تنب بزرگ، محل اختفای فصلی

۱ مقدمه

گودال‌های اقیانوسی به علت ماهیت محصور بودن و عدم تبادل با محیط جز مناطق ناشناخته‌ی کره زمین هستند. بزرگ‌ترین دراز گودال، ماریانا (Mariana)، واقع در شمال غربی اقیانوس آرام با عمق بیش از ۱۱ کیلومتر است. گودال‌های مشهوری در دنیا وجود دارد که با وجود عمق بسیار هنوز در این گودال‌ها زندگی وجود دارد (نانورا و همکاران، ۲۰۱۵؛ جیمسون، ۲۰۱۵؛ گالو و همکاران، ۲۰۱۵). زندگی در عمق به شرایط خاصی از انرژی، مواد مغذی و شرایط فیزیکی و شیمیایی احتیاج دارد که شناخت آن‌ها می‌تواند در ارزیابی زیستی موثر واقع شود. در بسیاری مواقع گودال‌ها جزء نواحی به دام افتاده دریا‌های حاشی‌های و خلیج‌ها نیز قلمداد می‌شود که نمونه‌های ی از آن‌ها مانند گودال کریاکو (Cariaco Trench) واقع در خلیج کریاکو (Gulf of Cariaco) در سواحل آمریکای جنوبی (ریچاردز، ۱۹۶۰)، گودال هلینک (Hellenic trench) در امتداد خلیج کورینف (Corinth Gulf) از یونان می‌توان نام برد.

خلیج فارس حوضه‌ی آبی نیم‌بسته‌ای است که توسط تنگه‌ی هرمز به خلیج عمان متصل می‌شود (بهزادی و همکاران، ۱۴۰۳). بیشینه‌ی عمق آن از غرب به شرق و شمال به جنوب افزایش می‌یابد و گودال‌های واقع در آن ناشناخته هستند. یکی از بزرگ‌ترین گودال‌های آن در جنوب جزیره‌ی تنب بزرگ با عمق بیش از ۱۸۵ متر (بیشینه‌ی عمق اندازه‌گیری شده در این پژوهش ۱۸۷ متر) قرار دارد که در آن آب‌های تنگه‌ی هرمز به دام افتاده و تبادل کمی با محیط اطراف دارد. با کمال تعجب عمق مختصات مذکور در سایت بین‌المللی جبکو ۶۸ متر به ثبت رسیده است!

مطالعات پژوهشی پیرامون گودال‌های تنگه‌ی هرمز به دلیل عدم ثبت عمومی بین‌المللی بسیار اندک است اگرچه به نقل از منابع غیر رسمی، زیردریایی‌های آمریکایی جهت استتار

از گودال‌های خلیج فارس استفاده می‌کردند. برخی از شناورهای محلی، موقعیت این گودال‌ها را با توجه به عمق سنج‌های موجود روی شناور می‌شناختند، اما مطالعات پژوهشی خاصی بر روی این گودال‌ها صورت نگرفته است. یکی از بحث‌ها اولیه و مهم در علم اقیانوس‌شناسی، تعیین مولفه‌های فیزیکی آب دریا مثل دما، شوری و چگالی است. این مولفه‌ها مهم‌ترین عوامل در شناسایی انتشار و تنوع زیست محیطی منطقه‌ی آبی به‌شمار می‌روند. تغییرات زمانی و مکانی مولفه‌های فیزیکی آب دریا نقش مهمی در فعالیت سامانه‌های جوی، اقلیمی، جریانهای دریایی و غیره ایفا می‌کنند (چاند و همکاران، ۲۰۰۴). بهرامی سامانی و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات افقی و عمودی مولفه‌های فیزیکی و شیمیایی و کلروفیل آ در محدوده آب‌های استان هرمزگان (از منطقه جاسک تا بندر لنگه) در تنگه‌ی هرمز را با داده‌های CTD اندازه‌گیری شده (در اسفند ۱۳۸۷) با استفاده از نرم‌افزار Matlab بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد مقدار شوری و چگالی از سطح به عمق افزایش می‌یابد که در مناطق غربی تنگه‌ی هرمز نسبت به شرق آن از نوسانات بیش‌تری برخوردار است. همچنین دما از شرق به غرب و از سطح به عمق کاهش می‌یابد. متوسط دمای و شوری سطح دریای خلیج فارس (۲۰۱۴-۲۰۱۹) به ترتیب برابر با $27/25^{\circ}\text{C}$ ، $39/41\text{ psu}$ برآورد شده است (رامک و همکاران، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱) که دارای تغییرات سالیانه است (سیوف جهرمی، ۲۰۲۲). سطح دریا نیز افت و خیزی در ماه‌ها و ایام سال از خود نشان می‌دهد (سیوف جهرمی و شاه‌منصوری، ۱۳۹۹؛ ۱۴۰۱).

نتایج جبل عاملی (۱۳۹۰) نشان داد در خلیج فارس تغییرات سرعت صوت با تغییرات فصول با عمق متفاوت است. در بهار و زمستان به‌طور غالب به‌علت تغییرات کمی که در دمای سطح آب تا بستر وجود دارد، تغییرات سرعت صوت هم ناچیز بوده و لایه آمیخته در این فصول بسیار عمیق است همچنین در بهار و زمستان لایه صوتی تا بستر

داشت. اگرچه در آن مطالعه نیز دما، شوری و کلروفیل آ، تنها تا عمق ۱۰۰ متر مورد ارزیابی قرار گرفته بود و از آنجایی که تنها در فصل زمستان انجام شده بود تغییرات فصلی دما و شوری مشابه با مطالعه حاضر مورد بررسی قرار نگرفته بود. در سایر پژوهش‌ها به وجود این گودال در منطقه تنگه هرمز اشاره ای نشده است.

۲ روش تحقیق

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

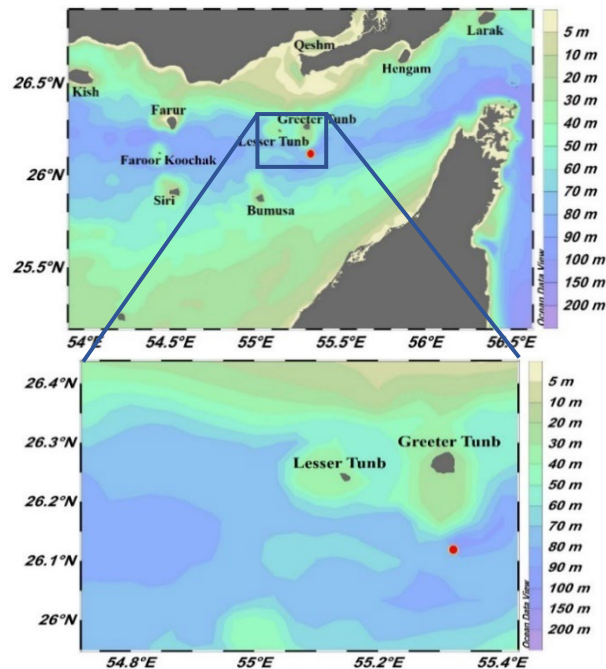
منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، یکی از عمیق‌ترین گودال‌های تنگه هرمز واقع در غرب آن در جنوب جزیره تنب بزرگ می‌باشد. عرض متوسط تنگه هرمز در حدود ۵۶ کیلومتر می‌باشد (رینولدز، ۱۹۹۳). عریض‌ترین فاصله تنگه‌ی هرمز ۸۴ کیلومتر (از کرانه‌های بندرعباس در شمالی‌ترین نقطه تا کرانه‌های مسندم در جنوب) و آن ۳۳/۶ کیلومتر (میان جزیره ایرانی لارک در شمال و جزیره عمانی السلامه که نام دیگر آن قوئین بزرگ است، در جنوب) برآورد شده است (حافظ نیا و ربیعی، ۱۳۹۲).

تنگه‌ی هرمز در مرز بین آب و هوای جنب حاره‌ای شمال غربی و گرمسیری جنوب شرقی دریای عرب و اقیانوس هند قرار دارد که متاثر از مونسون است. باد غالب فصل تابستان، باد جنوبی و در فصل زمستان باد شمال غرب است (رینولدز، ۱۹۹۳). سامانه جوی پرفشار در فصل زمستان و کم فشار در فصل تابستان در منطقه حاکم است. محدوده تغییرات دمای هوا در فصول زمستان و تابستان به ترتیب برابر با ۱۸-۲۰ درجه سانتی گراد و ۳۲-۳۴ درجه سانتی گراد است. میزان تبخیر توسط پژوهش‌های مختلف بین ۲/۰-۱/۴۴ متر در سال گزارش شده است (رینولدز، ۱۹۹۳ و بوور و همکاران، ۲۰۰۰). لایه‌بندی شدید دمایی در محدوده تنگه هرمز در فصل تابستان ایجاد می‌شود. دما از شمال غرب به سمت تنگه‌ی هرمز افزایش می‌یابد (السی و همکاران، ۱۹۹۹ و عزیزپور و همکاران، ۲۰۱۴).

افزایش یافته و بازتاب صوت از سطح و بستر صورت می‌گیرد. در تابستان و پاییز به دلیل تابش زیاد خورشید و بالا رفتن دمای سطح آب، اختلاف زیادی بین دمای اعماق مختلف به وجود آمده و لایه آمیخته در لایه‌های بالایی و نزدیک سطح قرار می‌گیرد. با توجه به وابستگی زیاد سرعت صوت و دما، سرعت صوت نیز در تابستان و پاییز برای اعماق مختلف آب تفاوت چشم‌گیری دارد. بررسی لایه صوتی و لایه آمیخته در فصول مختلف گویای رابطه‌ی نزدیک آن‌ها و تبعیت زیاد عمق لایه صوتی از عمق لایه آمیخته است. محمدپور و همکاران (۱۴۰۳) در بررسی سرعت صوت از شمال به جنوب خلیج فارس نتیجه گرفتند که در شمال خلیج فارس، دما و در جنوب خلیج فارس شوری نقش پررنگ‌تری در سرعت صوت دارد.

علمی‌زاده و فاضل‌پور (۱۳۹۵) مولفه‌های زیست محیطی دما، شوری، کدورت و کلروفیل آ را در آب‌های محدوده‌ی تنگه‌ی هرمز از بندر جاسک تا جزیره کیش را با استفاده از تصاویر ماهواره ای MODIS بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد بیش‌ترین دامنه تغییرات دما بین تابستان و زمستان در نواحی شمال غربی حدود ۲۰ و کم‌ترین آن حدود ۱۱ درجه است همچنین روند افزایش شوری شرق به غرب می‌باشد. یعقوبی و همکاران (۱۴۰۲) توزیع قائم سرعت صوت و رابطه‌ی آن با دما را در شرق تنگه‌ی هرمز با استفاده از بسته‌ی داده‌ی راپمی در زمستان ۲۰۰۶، با ODV بررسی کردند، نتایج ایشان نشان داد در آب‌های میانی و جنوبی تنگه‌ی هرمز سرعت صوت بیشینه‌ی مقدار خود را دارد که علت آن وجود توده‌ی آب خلیج فارس است، همچنین سرعت صوت بسیار متاثر از دماست.

نویسندگان تنها یک مطالعه در خصوص گودال یافتند که توسط کوچک نژاد و حمزه‌ئی (۱۴۰۰) انجام شده بود. در آن مطالعه، پراکنش شکوفایی زمستانی گونه *Noctiluca scintillans* مورد بررسی قرار گرفته بود که یکی از ایستگاه‌های آنان، مختصات گودال مدنظر این پژوهش را



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه رسم شده با نرم افزار ODV (سپلیتر، ۲۰۲۲).

شوری و غیره) که توسط شرکت سازنده در اختیار مصرف‌کننده‌هایی قرار می‌گیرد، انجام شد. داده‌های اندازه‌گیری شده در این گشت مربوط به چهار فصل سال بوده که در این مطالعه یک ایستگاه واقع در جنوب جزیره تنب بزرگ در گودال تنگه هرمز مورد استفاده قرار گرفته است که موقعیت ایستگاه اندازه‌گیری و میزان عمق اندازه‌گیری شده در هر فصل در جدول ۱ فراهم شده است. شکل منطقه مورد مطالعه در محیط ODV رسم گردید. ODV یک برنامه رایانه ای مربوط به موسسه (AWI) Alfred Wegener Institute، برای نمایش گرافیکی اقیانوس‌شناسی و سایر مشخصات جغرافیایی و داده‌های سری زمانی است. نرم‌افزار مذکور به کاربر این امکان را می‌دهد که مجموعه داده‌های بسیار بزرگی را روی سخت افزاری کم‌حجم و قابل حمل، نگهداری و تجزیه و تحلیل کند و هر مجموعه داده‌ی موجود را می‌توان زمانی که داده‌های جدید در دسترس قرار گرفت، گسترش دهد (سپلیتر، ۲۰۲۲).

دمای لایه‌ی آمیخته در شرق تنگه بیش از غرب آن است (محمدپور، ۱۴۰۱). در تنگه‌ی هرمز سرعت صوت از دما پیروی می‌کند و از آن‌جا که دما روی سرعت صوت تاثیر زیادی دارد باعث ایجاد گرادیان مثبت سرعت صوت نیز می‌گردد (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۲)، همچنین در تنگه‌ی هرمز نقطه‌ی کور یا سایه وجود ندارد (دهقان، ۱۳۹۱).

۲-۲ داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده توسط پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی طی گشت کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۸ استفاده شد. مولفه‌های فیزیکی آب از سطح تا نزدیک بستر توسط دستگاه CTD با گام زمانی یک ثانیه اندازه‌گیری شد. دستگاه مورد استفاده در این گشت مدل Ocean seven 316 ساخت شرکت Idronaut ایتالیا است. کالیبراسیون دستگاه ایدروانات با استفاده از ضرایب مختلف هر سنسور (دما،

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی و آخرین عمق اندازه گیری شده در ایستگاه منتخب.

فصل	موقعیت جغرافیایی		آخرین عمق اندازه گیری شده (متر)
	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	
بهار	۵۵/۳۲۰۸	۲۶/۱۲۱۵	۱۷۶/۷۸
تابستان	۵۵/۳۲۰۸	۲۶/۱۲۱۵	۱۷۹/۶۱
پاییز	۵۵/۳۲۰۸	۲۶/۱۲۱۵	۱۸۶/۷۸
ایستگاه ۱	۵۵/۳۱۸۳	۲۶/۱۲۰۷	۱۷۷/۷۸
ایستگاه ۲	۵۵/۳۲۸۳	۲۶/۱۱۰۷	۱۷۸/۰۲

۲-۳ نرم افزار تحلیل داده ها

ابتدا داده های ایستگاه اندازه گیری که با قالب txt بودند، در محیط نرم افزار ODV و اکسل فیلتر و رفع خطا شدند. نرم افزار ODV پارامترهای اقیانوس شناسی را بر اساس معادله حالت آب دریا TEOS-10 که از داده های اندازه گیری شده استخراج می گردد، محاسبه می کند. در نرم افزار ODV از بخش sample filter می توان محدوده اعتبار هر پارامتر اندازه گیری شده را مشخص نمود که داده های خارج از رنج به عنوان داده های خطا حذف می شود. همچنین، در این نرم افزار داده های بر اساس شرایط اندازه گیری سنسورهای اندازه گیرنده می توان کیفیت داده ها را نیز از عالی تا ضعیف دسته بندی نمود و در صورت نیاز داده های با کیفیت پایین را حذف نمود. این ویژگی ها در فایل راهنمای نرم افزار به خوبی توضیح داده شده است که خوانندگان را به آن ارجاع داده می شود (Schlitzer, 2022). در این مطالعه مقادیر دما و شوری مستقیماً از داده های میدانی به دست آمده بود. داده ها با مطالعات قبلی خلیج فارس تطبیق داده شد و داده های خطا حذف شد. به عنوان مثال شوری کمتر از ۲۰ psu و بیشتر از ۶۰ psu را به عنوان خطا در محدوده تنگه های هرمز نظر گرفته می شود، زیرا هیچ مشاهداتی در منطقه تنگه های هرمز شوری کمتر از ۲۰ psu را گزارش ننموده اند. سپس، به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از محیط نرم افزار Matlab نسخه ۲۰۱۷ استفاده شد. بدین منظور سرعت صوت با استفاده از رابطه (۱) در تابع کتابخانه های سرعت صوت در آب دریا (کوپنتکو، ۲۰۲۴) نسخه ۱/۰/۰/۰ محاسبه شد. نمودارهای ترکیبی دما و شوری و سرعت

صوت نیز با استفاده از بازنویسی تابع کتابخانه های plotxx (دنیس، ۲۰۲۴) و تبدیل آن از دو نمودار به سه نمودار هم زمان، کد نویسی گردید.

$$C = 1448.96 + 4.591T - 5.304 \times 10^{-2}T^2 + 2.374 \times 10^{-4}T^3 + 1.340(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2}Z + 1.675 \times 10^{-7}Z^2 - 1.025 \times 10^{-2}(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13}TZ^3 \quad (1)$$

۳ اندازه گیری، مشاهده و محاسبه

جدول ۲ گستره ی تغییرات دما، شوری و سرعت صوت را نشان می دهد. بیشینه ی دما در تابستان (۳۱/۴۴ °C) و کمینه ی آن در بهار (۹۷۴/۲۱C)، بیشینه ی شوری در زمستان (۴۱/۱۱ psu) و کمینه ی آن در بهار (۳۷/۰۹ psu) و بیشینه ی سرعت صوت در تابستان (۱۵۵۰/۹ m/s) و کمینه ی آن در زمستان (۱۵۳۳ m/s) اندازه گیری شده است. بیشینه ی میانگین دما در تابستان (۲۵/۹۸ °C) و کمینه ی آن در فصل بهار (۲۳/۲۰ °C)، بیشینه ی میانگین شوری در پاییز (۳۹/۹۲ psu) و کمینه ی آن در زمستان (۳۹/۳۲ psu) و بیشینه ی میانگین سرعت صوت در تابستان (۳۹/۳۲ m/s) و کمینه ی آن در زمستان (۱۵۴۲/۸ m/s) مشاهده می شود. بزرگ ترین دامنه ی تغییرات دما، شوری و سرعت صوت نیز در تابستان (به ترتیب ۸/۸۶ °C، ۳/۷۵ psu و ۱۳/۳ m/s) و کوچک ترین دامنه ی تغییرات دما در فصل زمستان و شوری و سرعت صوت در فصل پاییز (به ترتیب ۲/۳۶ psu و ۳/۳ m/s) است.

جدول ۲. گستره‌ی تغییرات دما، شوری و سرعت صوت در گودال مورد مطالعه واقع در تنگه هرمز.

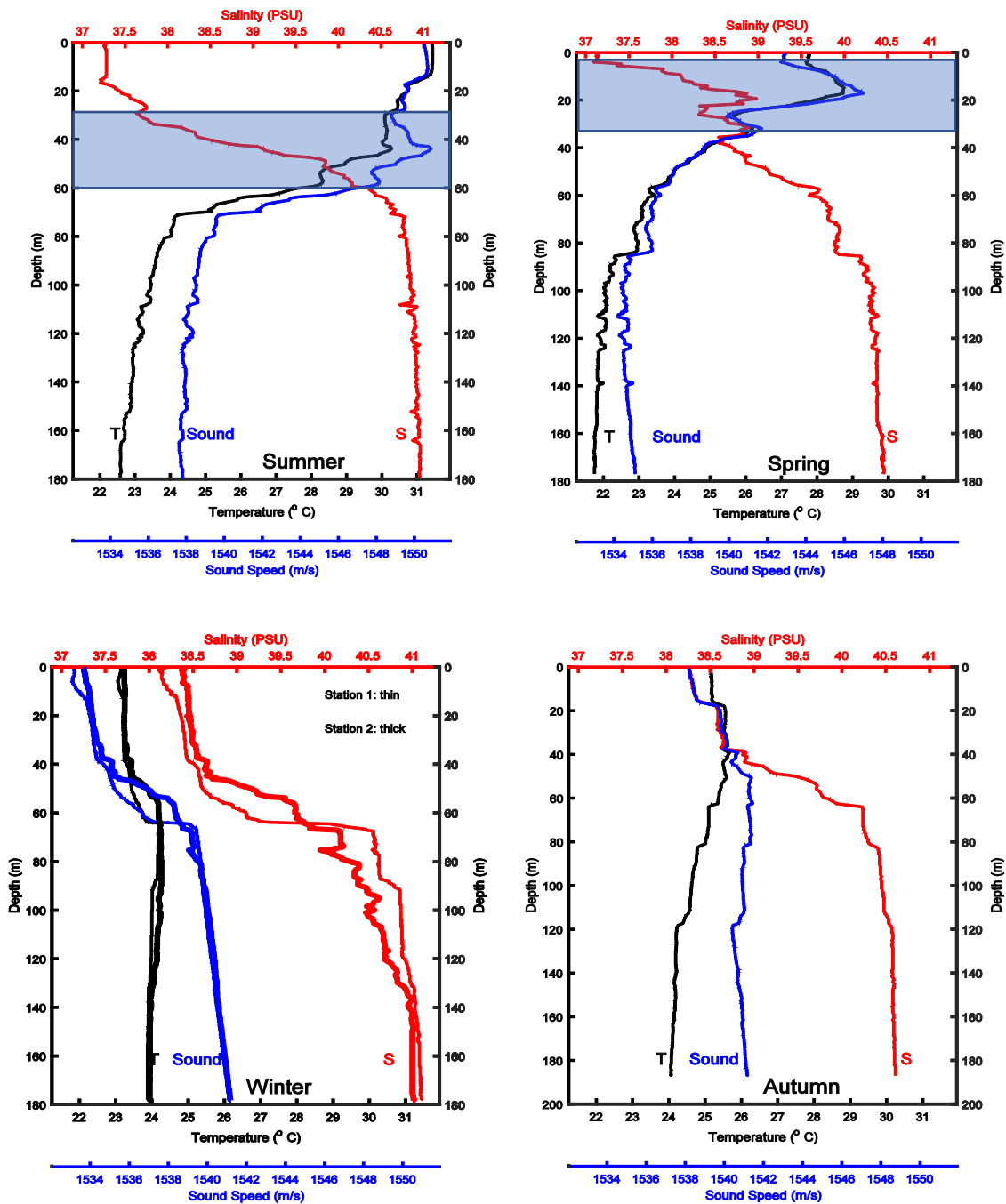
میانگین	دامنه تغییرات	کمینه		بیشینه		فصل	کمیت
		عمق (m)	مقدار	عمق (m)	مقدار		
۲۳/۲	۷/۰۲	۱۶۷	۲۱/۷۴	۱۵	۲۸/۷۶	بهار	دما (°C)
۲۵/۹۸	۸/۸۶	۱۸۰	۲۲/۵۸	۸ تا ۲	۳۱/۴۴	تابستان	
۲۴/۷۶	۱/۶۲	۱۸۷ و ۱۸۵ و ۱۸۳	۲۴/۰۵	۳۹	۲۵/۶۷	پاییز	
۲۳/۷۶	۱/۲۱	۷ و ۶	۲۳/۰۶	۶۵	۲۴/۲۷	زمستان ایستگاه ۱	
۲۳/۶۱	۱/۰۴	۱	۲۳/۲۲	۹۰ ۸۷ ۸۶ ۸۳ ۸۰	۲۴/۲۶	زمستان ایستگاه ۲	
۳۹/۸	۳/۳۷	۴	۳۷/۰۹	۱۷۱ و ۱۶۸	۴۰/۴۶	بهار	شوری (PSU)
۳۹/۸۴	۳/۷۵	۱۵ و ۱۷	۳۷/۲۱	۱۸۰	۴۰/۹۶	تابستان	
۳۹/۹۲	۲/۳۶	۱	۳۸/۲۵	۱۸۷	۴۰/۶۱	پاییز	
۳۹/۳۲	۳/۰۱	۱	۳۸/۱	۱۷۸	۴۱/۱۱	زمستان ایستگاه ۱	
۳۹/۳۲	۲/۶۵	۱	۳۸/۳۷	۱۷۸	۴۱/۰۲	زمستان ایستگاه ۲	
۱۵۳۶/۶	۱۲/۸	۱۱۰ و ۱۱۱ و ۱۱۸	۱۵۳۴/۲	۱۷	۱۵۴۷	بهار	سرعت صوت (m/s)
۱۵۴۲/۸	۱۳/۳	۱۶۵ و ۱۶۸	۱۵۳۷/۶	۴۴	۱۵۵۰/۹	تابستان	
۱۵۴۰/۵	۳/۳	۶۲	۱۵۳۸/۱	۱	۱۵۴۱/۴	پاییز	
۱۵۳۸/۲	۸/۱	۵ و ۶	۱۵۳۳	۱۷۸	۱۵۴۱/۱	زمستان ایستگاه ۱	
۱۵۳۶/۵	۷/۶	۱	۱۵۳۳/۶	۱۷۸	۱۵۴۱/۲	زمستان ایستگاه ۲	

در اعماق پایین آب‌های به‌دام افتاده در فصول پاییز، زمستان، تابستان و بهار دیده می‌شود.

با توجه به شکل ۲ دیده می‌شود که در تمامی فصول ستون آب مربوط به شوری سه لایه بوده و ضخامت لایه آمیخته شوری در بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۴، ۱۷، ۱۵ و ۳۹ متر بوده و بعد از آن هالوکلاین مشاهده می‌شود. شورترین آب‌ها در لایه سطحی به ترتیب در فصول پاییز، زمستان، تابستان و بهار و در آب‌های به‌دام افتاده در زمستان، تابستان، پاییز و بهار مشاهده می‌شود.

تغییرات عمودی سرعت صوت نیز با رنگ آبی در شکل ۲ فراهم شده است. بیش‌ترین سرعت صوت در آب‌های سطحی به ترتیب در فصول تابستان (شکل ۲-ب)، بهار (شکل ۲-الف)، پاییز (شکل ۲-پ) و زمستان (شکل ۲-ت) و در اعماق آب‌های به‌دام افتاده در پاییز (شکل ۲-ب)، زمستان (شکل ۲-ت)، تابستان (شکل ۲-ب) و بهار (شکل ۲-الف) مشاهده می‌شود.

شکل ۲ تغییرات عمودی دما، شوری و صوت را نشان می‌دهد. در فصل بهار (۲-الف) و تابستان (۲-ب) ستون آب سه لایه (لایه آمیخته، ترموکلاین و آب‌های عمیق) و در پاییز (۲-پ) و زمستان (۲-ت) تک لایه می‌باشد. آب‌های سطحی در تابستان بیش‌ترین و در زمستان کم‌ترین دما را نشان می‌دهند. در بهار (۲-الف) و تابستان (۲-ب) ضخامت لایه آمیخته ۱۷ متر بوده و ترموکلاین به ترتیب تا عمق ۸۶ و ۷۲ متر مشاهده می‌شود. بعد از ترموکلاین در لایه عمیق آب‌های به‌دام افتاده تنگه هرمز مشاهده می‌شود که در بهار کم‌ترین دما را تجربه می‌کند. همچنین تغییرات دما با عمق در این لایه در فصل تابستان سریع‌تر رخ می‌دهد (شکل ۲-ب). بیش‌ترین تغییرات دما در لایه عمیق مربوط به تابستان (شکل ۲-ب) و کم‌ترین تغییرات مربوط به زمستان (شکل ۲-ت) است. گرم‌ترین آب‌ها در لایه سطحی به ترتیب در فصول تابستان، بهار، پاییز و زمستان و



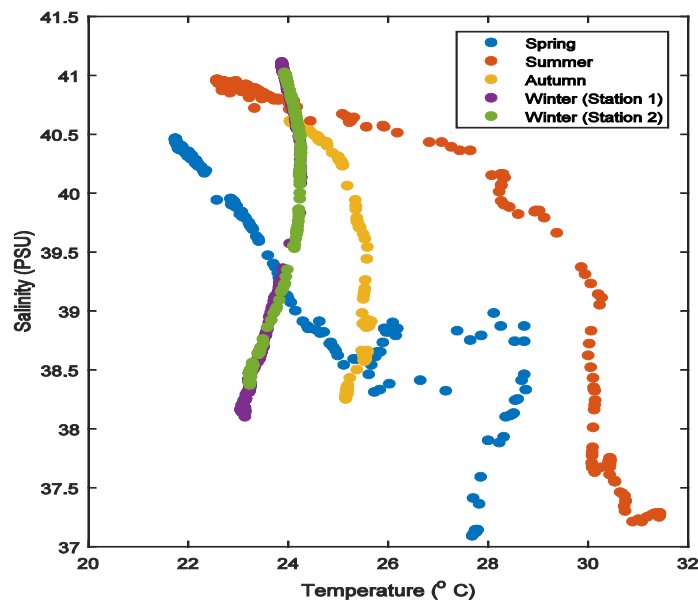
شکل ۲. تغییرات عمودی دما، شوری و سرعت صوت در گودال تنگه هرمز در فصل های (الف) بهار، (ب) تابستان، (پ) پاییز و (ت) زمستان.

اگرچه تاثیر دما از سطح تا عمق نیز قابل صرف نظر نیست. به علاوه، در بهار و تابستان در عمقی که ترموکلاین شکل گرفته کانال های صوتی فصلی مشاهده می شود.

در فصول بهار و تابستان، سرعت صوت بیشتر تحت تاثیر دما است، در فصول پاییز و زمستان الگوی سرعت صوت شباهت بیشتری به شوری به ویژه در آب های بالایی دارد

دما و شوری نسبتاً مشابه دارند با این تفاوت که دما در زمستان تغییرات کمتری دارد. در فصل بهار آبی با شوری ۳۸/۵ psu، دمای متفاوتی بین ۲۶ الی ۲۹ درجه سانتی‌گراد دارد که این مساله می‌تواند به پخش انتشار متفاوت دما و شوری برگردد یا وجود دو لایه از دو نوع توده آب مختلف که بررسی‌های بیشتری در این خصوص لازم است.

شکل ۳، تغییرات دو متغیر دما و شوری را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهد. به‌خوبی دیده می‌شود که با وجود تعداد کم ایستگاه‌ها، ویژگی‌های دما و شوری آن‌ها یکسان است. تغییرات فصلی بین ایستگاه‌ها کاملاً مشهود است. فصل تابستان تغییرات دما و شوری گسترده‌تری نسبت به سایر فصول دارد که شکل‌گیری ترموکلاین موثر در تغییرات سریعتر دما است. در فصل پاییز و زمستان الگوی



شکل ۳. مقایسه TS هر چهار فصل در گودال تنگه هرمز.

سرعت صوت در تابستان و کمینه‌ی آن در زمستان و در آب‌های به‌دام افتاده بیشینه‌ی دما در پاییز و کمینه‌ی آن در بهار و بیشینه‌ی سرعت صوت در پاییز (به علت عمق بیش‌تر نسبت به زمستان) و کمینه‌ی آن در بهار مشاهده شد. حسینی و چگینی (۱۳۹۳) در ماه‌های گرم خلیج فارس بیشینه‌ی دما و سرعت صوت و در ماه‌های سرد کمینه‌ی آن را مشاهده کردند. در آب‌های سطحی دما و سرعت صوت از شرایط خلیج فارس پیروی می‌کند. السی و همکاران (۱۹۹۹) محدوده‌ی تغییرات سالیانه‌ی شوری را ۳۶/۵ تا ۴۰/۵ برآورد کردند اما در مطالعه‌ی مذکور در آب‌های به‌دام افتاده در زمستان بیشینه‌ی شوری ۴۱/۱۱ psu مشاهده شد.

۴ بحث

در بهار (۲-الف) و تابستان سه لایه مختلف (آمیخته، ترموکلاین و آب‌های عمیق) در ستون آب دیده می‌شود، عزیزپور و همکاران (۱۳۹۴) نیز در تنگه‌ی هرمز در تابستان سه لایه مختلف را در ستون آب مشاهده کردند. مجیدی نیک (۱۳۹۲) در مناطق عمیق خلیج فارس سه لایه دمایی را مشاهده کرد؛ او همچنین عنوان کرد در خلیج فارس در فصل سرد ستون آب آمیخته است که با مطالعه‌ی مذکور هم خوانی دارد.

در این مطالعه در آب‌های سطحی (حدود ۲۵ متر سطحی) بیشینه‌ی دما در تابستان و کمینه‌ی آن در زمستان و بیشینه‌ی

برای برخی از شناورهای زیرسطحی باشد و از این رو می تواند مورد استفاده نظامی در این دو فصل قرار گیرد.

۵ نتیجه گیری

پژوهش پیش رو به بررسی مولفه های فیزیکی دما، شوری و سرعت صوت در یکی از عمیق ترین گودال های تنگه ی هرمز واقع در جنوب جزیره ی تنب بزرگ پرداخته است. داده های اندازه گیری شده در گشت کاوشگر ۲۰۱۸ به دست آمد و تحلیل نمودارها در نرم افزار متلب انجام پذیرفت. نتایج به خوبی نشان می دهد که بزرگ ترین دامنه ی تغییرات مولفه های فیزیکی در تابستان و کوچک ترین دامنه ی تغییرات دما در زمستان، شوری و سرعت صوت در پاییز است.

در اعماق بیشتر در آب های به دام افتاده ی گودال، بیش ترین تغییرات دما مربوط به تابستان و کم ترین آن مربوط به زمستان است. همچنین گرم ترین آب ها در اعماق گودال مذکور به ترتیب در فصول پاییز، زمستان، تابستان و بهار، شورترین آب ها در زمستان، تابستان، پاییز و بهار بالاترین سرعت صوت در پاییز، زمستان، تابستان و بهار اندازه گیری شده است. به علاوه، در آب های به دام افتاده ی گودال جنوب جزیره ی تنب بزرگ، شوری آب تقریباً برابر یا بیش از شوری جریان خروجی خلیج فارس است و این نکته برخلاف تصور پژوهش های کنونی شوری است. به عبارتی شوری بیش از ۴۰ psu تنها مختص به جریان خروجی خلیج فارس در تنگه ی هرمز نیست و می توان در آب های به دام افتاده تنگه ی هرمز نیز این شوری زیاد را مشاهده نمود که مسلماً در شناخت منطقه تاثیر دارد و بر گونه های زیستی موجود در این اعماق تاثیر می گذارد.

در بهار و تابستان ستون آب از لحاظ دمایی سه لایه (لایه آمیخته، لایه ترموکلاین فصلی و لایه دائمی) و در پاییز و زمستان تک لایه (لایه آمیخته) است. از لحاظ شوری ستون آب در تمامی فصول سه لایه (لایه آمیخته، لایه ترموکلاین فصلی و لایه دائمی) است. تاثیر دما و شوری بر سرعت

جوز و همکاران (۲۰۰۳) گستره ی تغییرات شوری جریان خروجی خلیج فارس در تنگه ی هرمز را ۳۹/۳ تا ۴۰/۸ psu، بوور و همکاران (۲۰۰۰) میانگین شوری آن را در تابستان ۳۹/۴ و در زمستان ۳۹/۶ psu، محمدپور (۱۴۰۱) بیشینه ی شوری آن را در داده های راپمی ۱۹۹۲، در زمستان غرب تنگه ۴۰/۵۱ psu، لشکری (۱۴۰۱) بازه ی تغییرات شوری آن را ۳۹/۱۲ تا ۴۰/۵۴ psu، محمدپور و همکاران (۱۴۰۱) بیشینه ی شوری آن را در قسمت جنوب تنگه در زمستان ۴۰/۲۶ psu و پابندهی و همکاران (۱۴۰۴) با تغییرات فصلی عنوان کردند که موثر در آب خروجی (لشکری و همکاران، ۱۴۰۲) است. در مطالعه ی محمدپور و همکاران (۱۴۰۱)، گستره ی تغییرات شوری بین ۳۷/۰۹ (۴ متر بهار) تا ۴۱/۱۱ (۱۷۸ متر زمستان ایستگاه ۱) اندازه گیری شد. همانطور که مشخص است شوری در آب های به دام افتاده ی گودال تقریباً برابر (یا بیش از) با شوری جریان خروجی خلیج فارس است که این می تواند اهمیت شوری گودال را در صورت تبادل بیان نماید.

در این مطالعه طبق شکل ۲ به خوبی دیده می شود که سرعت صوت بسیار متاثر از دما و شوری است که تاثیر دما در فصول گرم اندکی بیش تر از فصل سرد دیده می شود. حسن زاده و همکاران (۱۳۸۲) و یعقوبی و همکاران (۱۴۰۲) نیز تاثیر زیاد سرعت صوت از دما را تنگه ی هرمز عنوان کردند. همچنین مجیدی نیک (۱۳۹۲) نیز روند تغییر سرعت صوت در خلیج فارس را بیش تر متاثر از دما دانست تا شوری. این مساله می تواند به دلیل عمق کم خلیج فارس باشد که عمق متوسط آن ۳۵ متر گزارش شده است (جوز و همکاران، ۲۰۰۳). این عمق کم می تواند نقش دما را در الگوی منطقه به ویژه در فصول گرم پررنگ جلوه می دهد. به علاوه تغییرات فصلی کانال صوتی در گودال دیده می شود که فصل بهار در محدوده عمق ۲۰ متری و در فصل تابستان در محدوده عمق ۴۰ متری که در شکل ۲ با جعبه آبی رنگ متمایز شده است، می تواند محل اختفای مناسبی

حافظ نیا، محمدرضا و ربیعی، حسین. (۱۳۹۲). خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز. چاپ دهم. تهران: مؤسسه انتشارات سمت.

حسن زاده، اسمعیل، اکبری نسب، محمد و وحیدی، م. (۱۳۸۲) بررسی تغییرات فصلی سرعت صوت در خلیج فارس، دومین همایش ملی علوم و فناوری زیر دریا.

حسینی، سید طالب و چگینی، وحید. (۱۳۹۳). مطالعه تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب دریا در محدوده‌ی آب‌های ساحلی شبه جزیره‌ی بوشهر، مجله اقیانوس شناسی، ۵(۱۷)، ۱۲۵-۱۴۳.

دهقان، حبیب اله. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات انتشار امواج صوتی در تنگه هرمز با توجه به پارامترهای فیزیکی، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی مهدی محمد مهدی زاده. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی.

رامک، حسین، سیوف جهرمی، مریم و اکبری، پرستو. (۱۴۰۰). ردیابی توده آب خلیج فارس با استفاده از ویژگی‌های دما و شوری سطحی، مجله اقیانوس شناسی. ۱۲(۴۸)، ۱۳-۲۸.

رامک، حسین، سیوف جهرمی، مریم و اکبری، پرستو. (۱۴۰۱). استفاده از داده‌های دمای سطحی آب دریای عمان جهت شناسایی آب زیرسطحی خلیج فارس، مجله هیدروفیزیک، ۷(۲)، ۷۹-۹۳.

سیوف جهرمی، مریم و شاهمنصوری، زهره. (۱۳۹۹). الگوی ماهیانه‌ی ناهنجاری تراز سطح خلیج فارس، مجله دریا فنون، ۷(۴)، ۹۷-۱۰۶.

سیوف جهرمی، مریم و شاهمنصوری، زهره. (۱۴۰۱). تغییرات فصلی آنومالی تراز دریا در خلیج فارس (۱۳۹۶-۱۳۷۱). مجله علوم و فنون دریایی، ۲۱(۱)، ۱-۱۵.

صوت در فصول گرم بهار و تابستان با فصول سرد پاییز و زمستان متفاوت است.

مهمترین نکته حائز اهمیت این پژوهش آن است که اگرچه وجود کانال صوتی برخلاف تصور عمومی به اعماق حدود ۱۰۰۰ متری برمی‌گردد، اما این پژوهش به خوبی نشان داده است که در فصول گرم ترموکلاین فصلی شکل می‌گیرد و می‌تواند یک کانال صوتی به صورت موقت ایجاد کند. به عبارتی موقعیت کانال صوتی تحت تاثیر ترموکلاین فصلی قرار می‌گیرد و وجود کانال به صورت فصلی خواهد بود. این ویژگی می‌تواند جهت اختفای موقت شناورهای زیرسطحی به ویژه در بخش نظامی مورد استفاده قرار گیرد. از آنجایی که عمق مذکور حدود ۲۰ متری در بهار و ۴۰ متری در تابستان است، لذا مورد استفاده غواصان نظامی نیز می‌تواند قرار گیرد.

منابع

بهرامی سامانی، لایلا، ابراهیمی، محمود و قربانلی، مه‌لقا. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات افقی و عمودی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و کلرووفیل a در تنگه هرمز (محدوده آب‌های استان هرمزگان)، مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، ۵(۴)، ۱-۱۷.

بهبزادی، مجتبی، قادری، دانیال و سیوف جهرمی، مریم. (۱۴۰۳). تغییرات فصلی ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبی مکران، نیوار، ۴۸(۱۲۶-۱۲۷)، ۳۴-۱۸.

پاینده‌ی، یاسمن، سیوف جهرمی، مریم و حمزه‌ئی، صمد. (۱۴۰۴). تغییرات فصلی خواص فیزیکی در طول آب‌های ایرانی خلیج فارس، نیوار، پذیرش قطعی.

جبل عاملی، محمد. (۱۳۹۰). بررسی عمق لایه صوتی و ارتباط آن با عمق لایه آمیخته در خلیج فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی فهیمه حسینی بالام. اصفهان: دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم.

- عزیزپور، جعفر، سیادت موسوی، سید مصطفی و چگینی، وحید. (۱۳۹۴). مطالعه‌ی پارامترهای فیزیکی آب در تنگه‌ی هرمز، دوفصل نامه هیدروفیزیک، ۱ (۱)، ۱۵-۲۴.
- علمی زاده، هیوا و فاضل پور، خسرو. (۱۳۹۵). برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی در تنگه هرمز با استفاده از تصاویر ماهواره ای مودیس، مجله اقیانوس شناسی، ۷ (۲۷)، ۲۹-۳۹. کوچک نژاد، عماد و حمزه ئی، صمد. (۱۴۰۰). پراکنش شکوفایی زمستانی گونه *Noctiluca scintillans* در تنگه هرمز (مطالعه موردی بر اساس نتایج گشت فراساحلی کاوشگر خلیج فارس-زمستان ۱۳۹۶)، مجله اقیانوس شناسی، جلد ۱۲، شماره ۴۸.
- لشکری، شکیلا (۱۴۰۱). ردیابی توده‌ی آب خلیج فارس در دریای عمان با استفاده از داده های اندازه گیری شده WOA با نرم افزار ODV. پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی مریم سیوف جهرمی و صمد حمزه ئی. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی.
- لشکری، شکیلا، سیوف جهرمی، مریم و حمزه ئی، صمد. (۱۴۰۲). تغییرات فصلی توده آب خلیج فارس در خلیج عمان، اقیانوس شناسی، ۱۴ (۵۳)، ۱۲۲-۱۰۳.
- مجیدی نیک، مهیار (۱۳۹۲). تغییرات پارامترهای فیزیکی، لایه بندی و پایداری ستون آب در خلیج فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی سیامک جمشیدی. نور: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی.
- محمدپور، فرزانه (۱۴۰۱). تغییرات فصلی پایداری ستون آب در محدوده‌ی تنگه‌ی هرمز با استفاده از نرم افزار ODV. پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی مریم سیوف جهرمی و صمد حمزه ئی. بندرعباس: دانشگاه هرمزگان، دانشکده علوم و فنون دریایی.
- محمدپور، فرزانه، حمزه ئی، صمد، سیوف جهرمی، مریم. (۱۴۰۱). مطالعه زمستانه پایداری و همرفت پخش دوگانه در شرق تنگه هرمز، دوفصلنامه هیدروفیزیک، ۸ (۲)، ۹۰-۱۱۵.
- محمدپور، فرزانه، حمزه ئی، صمد، سیوف جهرمی، مریم. (۱۴۰۴). تفاوت پایداری ستون آب و سرعت صوت از شمال به طرف جنوب خلیج فارس در فصل زمستان، نیوار، ۴۹ (۱۲۹-۱۲۸)، پذیرش قطعی.
- یعقوبی، مجید، محمدپور، فرزانه، سیوف جهرمی، مریم و حمزه ئی، صمد. (۱۴۰۲). مقایسه‌ی توزیع قائم سرعت صوت و رابطه‌ی آن با دما در شرق تنگه‌ی هرمز، دومین همایش بین‌المللی علوم دریایی با رویکرد نوآوری در اکوسیستم‌های آبی با تکیه بر اقتصاد دریاپایه.
- Alessi, C.A., Hunt, H.D., & Bower, A.S., (1999). Hydrographic data from the U. S. Naval Oceanographic Office: Persian Gulf, Southern Red Sea, and Arabian Sea 1923- 1996., WHOI-99-02. Woods Hole Oceanogr. Inst., Woods Hole, Mass., p. 54.
- Azizpour, J., Siadat Mousavi, S. M., & Chegini, V. (2015). Study of Physical Oceanographic Parameters in the Strait of Hormuz. *Hydrophysics*, 1(1), 15-24. (In Persian).
- Bahrami Samani L., Ebrahimi M., & Ghorbani M. (2011). Study of Horizontal and vertical distribution of physical and chemical parameters and chlorophyll a in Hormoz Strait (the surrounding Water of Hormozgan province), *Journal of Research of Marine Science and Technology*, 5(4): 1-17. (In Persian)
- Behzadi, M., Ghaderi, D., & Soyuf Jahromi, M. (2024). Seasonal Changes of Physical Characteristics of the Makran's Marine Area, *Nivar*, 48(126-127), 18-34. (In Persian)
- Bower, A., Hunt, D.H., & Pricr, J.F., (2000). Character and dynamic of the Red Sea and Peasian Gulf outflows. *Deptatment of Physical Oceangraphy, Woods Hole Oceanographic Institution.*
- Chand S, Aung T, & Rao S. (2004). Physical properties of southern Fiji waters. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences*, 22(1): 57-61.

- Dehghan, H.A. (2011). Investigating changes in sound wave propagation in the Strait of Hormuz according to physical parameters, Master Sciences thesis under the guidance of Mahdi Mohammad Mahdizadeh. Bandar Abbas: University of Hormozgan, Faculty of Marine Sciences and Techniques. (In Persian).
- Denis Gilbert (2024). plotxx.m, MATLAB Central File Exchange. Retrieved March 5, 2024, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/317-plotxx-m>
- Elmizadeh H, & Fazelpoor K. (2016). Estimate the Numerical Values of Environmental Parameters Using MODIS Sensor in the Strait of Hormuz. *Journal of Oceanography*; 7 (27) :29-39. (In Persian).
- Gallo, N.D., Cameron, J., Hardy, K., Fryer, P., Bartlett, D.H., & Levin, L.A., (2015). Submersible- and lander-observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. *Deep-Sea Res. I* 99, 119–133.
- Hafeznia, M.R., & Rabiei, H. (2013). Persian Gulf and the strategic role of the Strait of Hormuz. 10th Publication. Tehran: Samt Publications Institute (In Persian).
- Hassanzadeh, E., Akbarinasab, M., & Vahidi, M. (2003). Investigating the seasonal changes of sound speed in the Persian Gulf, the 2nd national conference on underwater science and technology. (In Persian).
- Hosseini S T, & Chegini V. (2014). Seasonal Variation of Physicochemical Parameters in the Coastal Water around the Bushehr Peninsula. *Journal of Oceanography*; 5(17): 125-143. (In Persian).
- Jabal Ameli, M. (2012). Investigating the depth of the acoustic layer and its relationship with the depth of the mixed layer in the Persian Gulf. Master Sciences thesis under the guidance of Fahima Hosseini Balam. Isfahan: University of Isfahan, Faculty of Sciences (In Persian).
- Jamieson, A., 2015. *The Hadal Zone, Life in the Deepest Oceans*. Cambridge University Press, Cambridge, UK (382 pp).
- Johns, W., Yao, F., Olson, D., Josey, S., Grist, J., Smeed, D. (2003). Observations of seasonal exchange through the Straits of Hormuz and the inferred heat and freshwater budgets of the Persian Gulf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 108(C12).
- Koochaknejad E, & Hamzei S. (2022). Distribution of winter blooms of *Noctiluca scintillans* in the Strait of Hormuz (Case study based on the results of research cruise of Persian Gulf explorer - winter 2017). *Journal of Oceanography*; 12 (48) :67-78. (In Persian).
- Koptenko S. (2024). Sound Speed in Sea Water, MATLAB Central File Exchange. Retrieved March 5, 2024, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/4940-sound-speed-in-sea-water>.
- Lashkari, S. (2023). Tracking the Persian Gulf water mass in the Sea of Oman using WOA measured data with ODV software. Master Sciences thesis under the guidance of Maryam Soyufjahormi and Samad Hamzaei. Bandar Abbas: University of Hormozgan, Faculty of Marine Sciences and Techniques. (In Persian).
- Lashkari, S., Soyuf Jahromi, M., & Hamzei, S. (2023). Seasonal changes of the Persian Gulf water mass in the Gulf of Oman. *Journal of Oceanography*, 14 (53), 103-122. (In Persian).
- Majidinik, M. (2012). Changes in physical parameters, layering and water column stability in the Persian Gulf. Master Sciences thesis under the guidance of Siamak Jamshidi. Noor: Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources. (In Persian).
- Mohammadpour, F. (2023). Seasonal changes of water column stability in the Strait of Hormuz using ODV software. Master Sciences thesis under the guidance of Maryam Soyufjahormi and Samad Hamzaei. Bandar Abbas: University of Hormozgan, Faculty of Marine Sciences and Techniques. (In Persian).

- Mohammadpour, F., Hamzai, S., & Soyufjahormi, M. (2023). Winter study of stability and double diffusion convection in the east of Strait of Hormuz, *Hydrophysics*, 8(2), 90-115. (In Persian).
- Mohammadpour, F., Soyufjahormi, M. & Hamzei, S. (2025). The difference in the stability of the water column and the speed of sound from the north to the south of the Persian Gulf in winter. *Nivar*, 49 (128-129), Accepted manuscript. (In Persian).
- Nunoura, T., Takaki, Y., Hirai, M., Shimamura, S., Makabe, A., Koide, O., Kikuchi, T., Miyazaki, J., Koba, K., Yoshida, N., Sunamura, M., & Takai, K., 2015. Hadal biosphere: Insight into the microbial ecosystem in the deepest ocean on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, E1230–E1236.
- Payandehi, Y., Soyuf Jahromi, M. & Hamzei, S. (2025). Seasonal changes of physical properties along the length of Iranian Persian Gulf Waters. *Nivar*, 49 (130-131), Accepted manuscript. (In Persian).
- Ramak, H., soyufjahromi, M., & Akbari, P. (2022). Persian Gulf Water mass tracking by surface temperature and salinity properties. *Journal of Oceanography*, 12(48),13-28 (In Persian).
- Ramak, H., soyufjahromi, M., & Akbari, P. (2022). Using surface temperature data of the Oman Sea to identify subsurface water of the Persian Gulf. *Hydrophysics*, 7(2), 79-93 (In Persian).
- Reynolds R. M. (1993). Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman— Results from the Mt Mitchell expedition. *Marine Pollution Bulletin*. 27:35-59.
- Richards, F. A. (1960). Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America—I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep Sea Research* (1953), 7(3), 163-182.
- Schlitzer, R.(2022). Ocean Data View <https://odv.awi.de>, 2022
- Soyuf Jahromi, M. (2022). The spatial and temporal monitoring of the sea surface temperature anomaly of the Strait of Hormuz. *International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering(ijcoe)*, 7(4), 1-6.
- Soyuf Jahromi, M., & Shahmansoori, Z. (2021). The monthly sea-level anomaly patterns on the Persian Gulf. *Iranian journal of Marine technology*, 7(4), 97-106 (In Persian).
- Soyuf Jahromi, M., & Shahmansoori, Z. (2022). The seasonal changes of sea-level anomalies on the Persian Gulf (1993-2017). *Journal of Marine Science and Technology*, 21(1), 1-15 (In Persian).
- Vassilakis, E., Royden, L., & Papanikolaou, D. (2011). Kinematic links between subduction along the Hellenic trench and extension in the Gulf of Corinth, Greece: a multidisciplinary analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 303(1-2), 108-120.
- Yaqoubi, M., Mohammadpour, F., Soyufjahormi, M. & Hamzai, S. (2023). Comparison of the Vertical Distribution of Sound Speed and its Relationship with Temperature in the East of Strait of Hormuz, 2nd international marine science conference with the approach of innovation in aquatic ecosystems relying on seabed economy. (In Persian).

The physical properties of the deep trench of the south of Greater Tunb island

Farzaneh Mohammadpour¹, Maryam Soyuf Jahromi^{2*} and Samad Hamzei³

¹ M.Sc. of Oceanography, Department of Nonliving Resources of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

² Assistant Professor of Physical Oceanography, Department of Nonliving Resources of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

³ Assistant Professor of Physical Oceanography, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, Tehran, Iran

(Received: 16 April 2024, Accepted: 11 July 2024)

Summary

Strait of Hormuz is a valuable waterway in economic, political, military, scientific and fishery terms. In general, its depth increases from west to east and north to south. Some trenches are located in it, which are very obscure, and each of those trenches has its own unique and special conditions that needs more studies. One of the largest trenches in Iranian waters is situated in the western part of the Strait of Hormuz and the south of Greater Tunb Island. In the current research, the physical characteristics of this trench, including temperature, salinity, and sound speed, have been studied using the seasonal data of the field measurement of the Persian Gulf Explorer in 2018. Temperature and salinity data were directly measured by using the Conductivity Temperature Depth (hereafter CTD) probe. The sound speed was calculated by modifying the programming codes of the library function of the sound speed of sea water. The results clearly show that, the water column has three layers in spring and summer in terms of temperature, all three layers of mixed, thermocline and deep layers are observed. But in autumn and winter, the water column becomes one single layer and well mixed. Also, in terms of salinity, the water column has three layers in all seasons. There are the warmest waters in the depths of the trapped waters. Furthermore, the highest speed of sound has been measured in autumn and the highest concentration of salinity has been measured in winter. The salinity in the depths of the trench reaches more than 41 psu, which is more than the outflow of Persian Gulf Water in the Strait of Hormuz. In other words, the salinity of more than 40 psu is not only specific to the outflow of the Persian Gulf in the Strait of Hormuz, and this high salinity can also be observed in the trapped waters of the Strait of Hormuz, which certainly affects the biological species present in these depths. The speed of sound in spring and summer follows the temperature. The pattern of sound speed in autumn and winter is more dependent on salinity. The sound channel is formed in the two seasons of spring and summer in the depth range of 20 and 40 meters, respectively, which shows the importance of the seasonal thermocline layer in a suitable place for the hiding place of subsurface floats and submarines or even military divers.

Keywords: Sound speed, strait of Hormuz trench, Greater Tunb island, Seasonal hiding place