

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.24767131.1404.11.1.2.1

درصد همانندی: ۵٪

شناسایی عوارض دره‌مانند در تنگه هرمز

فرزانه محمدپور^۱، مریم سیوف جهرمی^۲، صمد حمزه‌ئی^۳

- ^۱ کارشناس ارشد فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، ایران.
farzaneh.mohammadi.118@gmail.com
- ^۲ نویسنده مسئول، دانشیار فیزیک دریا، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، ایران.
soyufjahromi@hormozgan.ac.ir
- ^۳ استادیار فیزیک دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران.
s_hamzei@inio.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

چکیده

بیشینه عمق تنگه هرمز در جنوب آن تا ۱۱۰ متر گزارش شده است. گاهی اوقات دیده شده است که داده‌های اندازه‌گیری‌های میدانی، اطلاعات اندازه‌گیری شده را در برخی از نقاط خاص با اعماق بیشتر از ۱۱۰ متر ثبت نموده‌اند که ممکن است آن مقادیر را به خطای اندازه‌گیری نسبت دهند. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های مختلف ثبت شده (کاوشگر خلیج فارس ۲۰۱۸، WOD09، WOD13، ROPME1992) به بررسی اعماق بیش از ۱۲۰ متر پرداخته شده و با داده‌های عمق سایت بین‌المللی جبکو (GEBCO) مقایسه شده است. با استفاده از نرم‌افزار ODV، نقشه‌های قطاعی دما/شوری با دو عمق متفاوت (یکی بر اساس بیشینه عمق اندازه‌گیری شده میدانی و دیگری بر اساس عمق ثبت شده در جبکو) ترسیم و مقایسه شدند. نتایج نشان داد برخلاف تصور موجود در پژوهش‌ها که خلیج فارس و تنگه هرمز را بدون گودال در نظر می‌گیرند، اما مناطق عمیقی (حتی با عمق حدود ۲۰۰ متر) وجود دارند که داده‌های جبکو آن‌ها را نمایش نمی‌دهند اما داده‌های اندازه‌گیری آن‌ها را اثبات می‌کنند. طبق داده‌های در دسترس، هفت نقطه در اطراف تنگه وجود دارد که جبکو در این نقاط خطای زیادی دارد. نتایج نشان می‌دهند که بیشینه عمق اندازه‌گیری ثبت شده تنگه هرمز، در داده‌های تاریخی در دسترس، ۲۴۸ متر در شرق تنگه و با عمق بیش از ۱۸۷ متر در غرب تنگه می‌باشند که جبکو نشان نمی‌دهد. لذا باید در مطالعات محلی در اطراف این نواحی (مانند مطالعات ستون آب، لایه‌بندی، اصطکاک بستر، جریان‌های آب عمیق و غیره) به عمق واقعی منطقه توجه ویژه ای نمود و به داده‌های سایت‌های مختلف با احتیاط اعتماد نمود.

واژه‌های کلیدی: تنگه هرمز، عمق، گودال، جبکو، ODV

۱. مقدمه

گودال‌های اقیانوسی به علت ماهیت محصور بودن و عدم تبادل با محیط جز مناطق ناشناخته کره زمین می‌باشند. بزرگ‌ترین دراز گودال، ماریانا^۱، واقع در شمال غربی

اقیانوس آرام با عمق بیش از ۱۱ کیلومتر است. گودال‌های مشهوری مانند جدول ۱، در دنیا وجود دارد که با وجود عمق بسیار هنوز در این گودال‌ها حیات وجود دارد [۱-۳].

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی و عمق گودال‌های مشهور دنیا [۴].

ردیف	نام گودال		عمق (m)	موقعیت	منبع
	فارسی	انگلیسی			
۱	ماریانا	Mariana	۱۱۰۳۳/۷۶	غرب اقیانوس آرام	[۵]
۴۲	تونگا	Tonga	۱۰۸۸۱/۹۶	غرب اقیانوس آرام جنوبی	[۶]
۳	فیلیپین	Philippine	۱۰۵۳۹/۹۸	غرب اقیانوس آرام شمالی	[۷]
۴	کرمادک	Kermadec	۱۰۰۴۶/۸۱	شمال جزیره نیوزلند	[۸]
۵	ایزو-اوگاساوارا	Izu-Ogasawara	۹۷۸۰/۱۲	غرب اقیانوس آرام	[۹]
۶	بریتانیای جدید	New Britain	۹۱۳۹/۷۳	بین دریای بیسمارک و سولومان	[۱۰]
۷	پورتوریکو	Puerto Rico	۸۶۳۹/۸۶	جنوب فلوریدا	[۱۱]
۸	ساندویچ جنوبی	South Sandwich	۸۲۶۴/۹۵	اقیانوس اطلس جنوبی	[۱۲]
۹	آتاکاما مشهور به پرو-شیلی	Atacama	۸۰۵۹/۸۲	ساحل غربی شیلی و پرو-شرق اقیانوس آرام	[۱۳]
۱۰	ژاپن	Japan	۸۰۱۹/۹۰	غرب اقیانوس آرام شمالی	[۱۴]
۱۱	رومانش	Romanche	۷۷۶۱/۱۲	بین آمریکای جنوبی و آفریقا نزدیک استوا	[۱۵]
۱۲	نیوهریدز	New Hebrides	۷۵۹۹/۸۸	جنوب غربی اقیانوس آرام، شرق استرالیا	[۱۶]
۱۳	روکویو	Ryukyu	۷۵۰۶/۹۲	جزایر روکویو ژاپن	[۱۷]

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 دریاها حاشیه‌ای و خلیج‌ها نیز قلمداد می‌شود که نمونه‌هایی از آن‌ها مانند گودال کریاکو^۲ واقع در خلیج کریاکو^۳ در سواحل آمریکای جنوبی [۱۸-۱۹]، گودال هلینک^۴ در امتداد خلیج کورینف^۵ از یونان [۲۰-۲۱] را می‌توان نام برد. این مناطق عمیق گاهی اوقات به عنوان ناحیه اختفا به صورت زیستی (به عنوان مثال سکه‌های دریایی [۲۲]) و یا به صورت نظامی (به عنوان مثال محل اختفای زیر دریایی در نروژ [۲۳]) استفاده می‌شود.

مطالعات پیرامون گودال‌های تنگه هرمز بسیار اندک است. تنگه هرمز آبراهی است که خلیج فارس را به خلیج عمان و آب‌های آزاد مرتبط می‌کند. تنگه هرمز در محدوده

جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار گرفته است. در قسمت شمالی تنگه، جمهوری اسلامی ایران و در قسمت جنوبی آن کشورهای عمان و امارات متحده عربی قرار دارد. تنگه هرمز حد فاصل بین خلیج فارس تا خلیج عمان می‌باشد، ولی عموماً تنگه هرمز را بخشی از خلیج فارس می‌دانند. تنگه هرمز برای بقا و دوام خلیج فارس اهمیت دارد [۲۴]. عرض متوسط تنگه هرمز در حدود ۵۶ کیلومتر می‌باشد [۲۵]. عریض‌ترین فاصله تنگه هرمز ۸۴ کیلومتر (از کرانه‌های بندرعباس در شمالی‌ترین نقطه تا کرانه‌های مسندم در جنوب) و کوتاه‌ترین آن ۳۳/۶ کیلومتر (میان جزیره ایرانی لارک در شمال و جزیره عمانی السلامه که نام دیگر آن قوئن بزرگ است، در جنوب) برآورد شده است [۲۶].

به طور معمول عمق تنگه هرمز از غرب به شرق و شمال به جنوب افزایش می‌یابد، اما وجود گودال‌ها در آن باعث استثنائاتی در این امر گردیده است. در بسیاری از مطالعات گذشته عمق تنگه هرمز را ۱۰۰ [۲۷] تا ۱۱۰ متر [۲۵] معرفی کرده‌اند. سایت‌های بین‌المللی عمق‌سنجی نیز مانند سایت (GEBCO)^۶ اعماق زیاد در محدوده تنگه هرمز را نشان نمی‌دهند که این خود می‌تواند بیانگر وجود خطا در مقایسه با داده‌های میدانی در محل در برخی از مناطق خاص باشد. به عنوان مثال، در مطالعه مولیدینا و همکاران در دریای فلورس اطلاعات سایت بین‌المللی جبکو با داده‌های محلی صحت‌سنجی شد [۲۸] و لذا اندازه‌گیری‌های میدانی می‌تواند در راستای تقویت سایت جبکو مورد استفاده قرار گیرد.

در مطالعه گیرگوریدیس و همکاران در دریای اژه‌ای و جنوب یونان که توسط دانشگاه اریستوتلسالونیک^۷ یونان، سه منطقه مورد آزمایش با داده‌های در محل و سه نوع مدل بین‌المللی رایگان قرار گرفت. یکی از آن مدل‌ها اطلاعات فراهم شده در سایت عمق‌سنجی جبکو ۲۰۱۴ با دقت ۳۰ دقیقه‌ای بود. اختلاف سایت جبکو در این مناطق با داده‌های اندازه‌گیری نسبتاً زیاد بود. در منطقه اول، مارمالاس (چارکیدیک^۸-یونان) که منطقه‌ای ساحلی با متوسط عمق ۳۰ متر بود، در برخی از نقاط آن منطقه اطلاعات جبکو بین ۱۰- الی ۳۰ متر نسبت به مقدار اندازه‌گیری شده در محل اختلاف داشت. در منطقه دوم، پیچیدگی جزیره اسپورادز-جزیره ایوا^۹ (اژه-یونان) با متوسط عمق ۳۷۰ متر بین سرزمین اصلی و جزایر در بیش از هشت نقطه، بیش از ۲۰۰ متر الی بیش از ۳۰۰ متر بین داده‌های اندازه‌گیری در محل و سایت جبکو اختلاف وجود داشت. منطقه سوم پهنه اقیانوسی پورکاپین-پی‌آپی^{۱۰} (شمال آتلانتیک)، با متوسط عمق ۴۸۴۰ متر واقع در آب‌های آزاد، در دو نقطه یکی بیش از ۲۰۰ متر و دیگری بیش از ۴۰۰ متر بین اندازه‌گیری واقعی و اطلاعات استخراج شده از مدل سایت جبکو اختلاف وجود داشت [۲۹].

صحت‌سنجی اطلاعات سایت جبکو در مطالعات بین‌المللی در خصوص مناطق عمیق تنگه هرمز اندک است و اغلب

براساس مطالعات محلی معتبر انجام می‌شود. مناطق عمیقی در محدوده آب‌های ایرانی خلیج فارس دیده می‌شوند و در برخی از مطالعات داخلی وجود این مناطق آشکار است. به عنوان مثال، در مطالعه کوچک‌نژاد و حمزئی، جهت بررسی پراکنش شکوفایی زمستانی گونه‌ای از دینوفلاژله *Noctiluca scintillans* در تنگه هرمز [۳۰]، یکی از ایستگاه‌ها عمق بیش از ۱۰۰ m داشت و در آن ایستگاه، اطلاعات دما، شوری و کلروفیل آ، تا عمق ۱۰۰ m به خوانندگان ارائه شده بود. در مطالعه اکبری‌نسب و همکاران نیز به عمق بیش از ۱۱۰ متر اشاره شده است [۳۱]. در مطالعه محمدپور و همکاران [۳۲]، به وجود گودالی در جنوب جزیره تنب بزرگ اشاره شده است که در داده‌های اندازه‌گیری کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۸، اندازه‌گیری تا عمق‌های ۱۷۶/۷۸ متر (فصل بهار)، ۱۷۹/۶۱ متر (فصل تابستان)، ۱۸۶/۷۸ متر (فصل پاییز) و ۱۷۷/۷۸ متر و ۱۷۸/۰۲ متر (فصل زمستان) انجام شده بود و سرعت صوت نیز محاسبه گردیده بود. محور قائم عمق برای ترسیم نمودارهای صوت تا ۲۰۰ متر تنظیم شده بود [۳۲]. در مطالعه دیگری از محمدپور و همکاران [۳۳] که به بررسی پایداری ستون آب پرداخته بود و مجدد از داده‌های کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۸ استفاده شده بود، داده‌های دما و شوری برحسب عمق ترسیم شده بود و عمق را بیش از ۱۸۵ متر در منطقه مورد مطالعه اذعان نموده بودند [۳۳]. در مطالعات جدید دیگری مانند [۳۴-۳۵] از داده‌های اندازه‌گیری شده جدیدتری از کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲ استفاده شد. در مطالعه پایندهی و همکاران [۳۵] ضمن بررسی ویژگی‌های فیزیکی خلیج فارس به صورت فصلی، به وجود گودالی بسیار عمیق در جنوب جزیره تنب بزرگ اشاره شده است [۳۵].

تا جایی که نویسندگان این پژوهش، بررسی نموده‌اند، در سایر پژوهش‌ها به وجود گودال در نزدیکی تنگه هرمز اشاره نشده است. لذا در این مطالعه سعی شده است با بررسی داده‌های اندازه‌گیری تاریخی و در دسترس موجود به بررسی اعماق ثبت شده بیش از ۱۲۰ متر در تنگه هرمز پرداخته شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه داده‌های اندازه‌گیری شده مختلف از جمله کاوشگر خلیج فارس^{۱۱} در سال ۲۰۱۸، پایگاه داده جهانی اقیانوس‌ها^{۱۲} در سال ۲۰۰۹ (WOD09) و ۲۰۱۳ (WOD13)، داده‌های اندازه‌گیری شده راپمی (ROPME)^{۱۳} در سال ۱۹۹۲ و داده‌های اندازه‌گیری شده در سال ۱۹۹۶ (JGOFS1996)^{۱۴} در تنگه هرمز استفاده شد.

با بررسی این داده‌ها، اعماق بیش از ۱۲۰ متر تعیین گردید که شامل ۷ نقطه (A, B, C, D, E, F, G) بود که در شکل ۱، آن نقاط نشان داده شده است. مجموعه داده‌های استفاده شده برای هر نقطه عبارت بودند از:

۱. نقطه انتخابی A (بر اساس داده‌های اندازه‌گیری کاوشگر خلیج فارس)

۲. نقطه انتخابی B (بر اساس داده‌های بین‌المللی WOD13)

۳. نقطه انتخابی C (بر اساس داده‌های JGOFS1996)

۴. نقطه انتخابی D (بر اساس داده‌های بین‌المللی WOD09)

۵. نقطه انتخابی E (بر اساس داده‌های بین‌المللی WOD09)

۶. نقطه انتخابی F (بر اساس ROPME1992)

۷. نقطه انتخابی G (بر اساس داده‌های بین‌المللی WOD09)

داده‌های کاوشگر خلیج فارس، توسط پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی جمع‌آوری شده است. داده‌های CTD^{۱۵} این گودال در نقطه A، بارها توسط دو دستگاه مجزا seasuntech و Idronaut در بیش از ۹ گشت دریایی اندازه‌گیری شده است و در صحت و دقت داده‌ها به ویژه در اندازه‌گیری محلی تردید وجود ندارد که آن را نسبت به داده‌های جبکو به صورت محلی حائز اهمیت می‌سازد. کیفیت داده‌های CTD گودال جنوب جزیره تنب بزرگ، با توجه به روش اندازه‌گیری و تعدد گشت‌ها، در سطح بالایی قرار دارد.

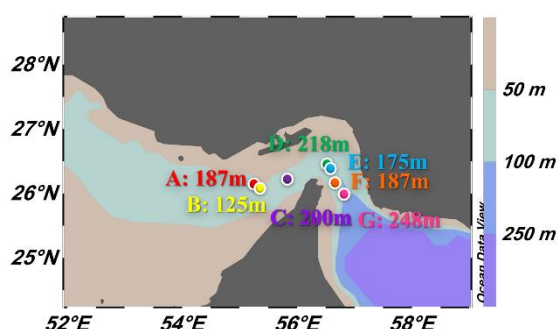
داده‌های WOD13 و WOD09 مربوط به پایگاه داده جهانی اقیانوس‌ها بسیار معتبر هستند که منابع مختلف در سطح بین‌المللی [۳۶-۴۴] از آن استفاده می‌کنند. داده‌های راپمی هم بسیار معتبر هستند و در سطح بین‌المللی در مقالات [۲۴، ۴۵-۴۸]

[۴۷] به آن ارجاع داده شده است. تنها به مقاله رینولدز [۲۴]، بیش از ۹۵۳ ارجاع تا زمان نوشتن این مطلب نویسندگان ملاحظه نمودند که اساس کار نویسندگان این پژوهش یکی از ایستگاه‌های آن مطالعه (نقطه F) می‌باشد.

داده JGOFS1996 نیز در سال ۱۹۹۶ جمع‌آوری شده است ولی با توجه به این که مرجع ارائه دهنده این داده، ارگانی معتبر به نام پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی است و در این پژوهشگاه مرکز داده‌ها جهت کنترل و آرشیو داده‌های معتبر وجود دارد، لذا نویسندگان پژوهش حاضر به این مجموعه داده نیز اعتماد کردند و نقطه انتخابی C از این مجموعه اتخاذ شده است.

لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر، هر نقطه به صورت مستقل، و نه با یکدیگر بررسی می‌شوند و هر نقطه با مجموعه داده مربوط به خودش ترسیم می‌گردد. لذا مبحث همگن‌سازی داده‌ها با یکدیگر برای این نقاط مطرح نخواهد شد و توسط پایگاه ارائه دهنده داده‌ها پیش از این که در اختیار پژوهشگران قرار داده شود، انجام می‌گردد.

در شکل ۱، آخرین عمق اندازه‌گیری شده در داده‌های میدانی در کنار این نقاط مطرح شده در پژوهش حاضر نوشته شده است.



شکل ۱. موقعیت قرارگیری گودال‌های مورد بررسی در محیط ODV.

۲-۲. نحوه استفاده از داده‌های عمق جبکو

سپس از سایت بین‌المللی جبکو (GEBCO)^{۱۶} با قدرت تفکیک یک درجه‌ای، اطلاعات عمق‌سنجی سال ۲۰۲۳ با پسوند nc دانلود شد. اطلاعات عمق‌سنجی قابلیت بارگزاری در محیط نرم‌افزار نمایش داده‌های اقیانوسی (ODV)^{۱۶} [۴۸]

داشت. سپس ایستگاه‌های انتخابی (A, B, C, D, E, F, G) از شکل ۱)، با توجه به مختصاتشان با عمق ثبت شده در داده‌های سایت بین‌المللی جبکو مقایسه گردید.

۲-۳. نرم‌افزار مورد استفاده

از بسته نرم‌افزار اقیانوسی Ocean Data View با علامت اختصار ODV، نسخه رینر اسپلیزر ۲۰۲۲ [۴۸] استفاده شده است. ODV یک برنامه رایانه‌ای مربوط به موسسه آلفرد وینگر^{۱۷} (AWI)، برای نمایش گرافیکی اقیانوس‌شناسی و سایر مشخصات جغرافیایی و داده‌های سری زمانی است. نرم‌افزار مذکور برای سیستم‌های ویندوز، مکینتاش، لینوکس و یونیکس قابل استفاده است. فایل‌های تنظیمات و داده‌های ODV می‌توانند بین همه سیستم‌های پشتیبانی شده مبادله شوند. ODV به کاربر این امکان را می‌دهد که مجموعه داده‌های بسیار بزرگی را روی سخت‌افزاری کم‌حجم و قابل حمل، نگهداری و تجزیه و تحلیل کند و هر مجموعه داده موجود را می‌توان زمانی که داده‌های جدید در دسترس قرار گرفت، گسترش دهد [۴۸]. ODV در علوم مختلفی مثل فیزیک دریا [۴۹] و [۵۰]، هواشناسی [۵۱]، شیمی دریا [۵۲]، زیست دریا [۵۳]، زمین‌شناسی دریا [۵۴]، محیط‌زیست دریا و غیره استفاده می‌شود.

۲-۴. مقایسه داده‌های یکسان دما/شوری با دو عمق مختلف

بستر فرضی تعیین شده در این پژوهش براساس دو نوع عمق است. یکی آخرین عمق اندازه‌گیری شده و دیگری عمق ارائه شده در سایت جبکو. با توجه به دقت یک درجه‌ای داده‌های جبکو، عمق ارائه شده در آن محدوده، متوسط آن محدوده بود. این دو عمق برای تحلیل داده‌های یکسان فیزیکی دما/شوری استفاده گردید. با توجه به این که عمق به صورت پوششی بر روی داده‌های دما و شوری در محیط نرم‌افزار ODV، قرار می‌گیرد، لذا انتخاب عمق مناسب می‌تواند به تحلیل نتایج کمک کند.

در این مطالعه، نقاط هفت گانه‌ای (شکل ۱) انتخاب شد که تفاوت در انتخاب نوع عمق می‌تواند در نرم‌افزار ODV، تحلیل‌های متفاوتی از دما و شوری در منطقه عمیق نزدیک بستر ارائه دهد. در همه این هفت نقطه، قطاعی متفاوت وجود داشت و لذا داده‌های دما (A, B, C, D, F, G) یا شوری (E) در این قطاع‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری ODV [۳۶] با دو عمق متفاوت، یک بار براساس عمق اندازه‌گیری شده و بار دیگر براساس عمق ثبت شده در سایت جبکو در محیط نرم‌افزار ترسیم شد. لازم به ذکر است که مرز خطوط ساحلی در این شکل‌ها از خود نرم‌افزار ODV گرفته شد.

جهت ترسیم اطلاعات مربوط به هر مجموعه داده (کاوشگر خلیج فارس در سال ۲۰۱۸، پایگاه داده جهانی اقیانوس‌ها در سال ۲۰۰۹ (WOD09) و ۲۰۱۳ (WOD13)، داده‌های اندازه‌گیری شده راپمی (ROPME) در سال ۱۹۹۲ و داده‌های اندازه‌گیری شده در سال ۱۹۹۶ (JGOFS1996) از قطاع‌های متفاوتی براساس مجموعه داده مربوطه برای مناطق عمیق A تا G استفاده شد. انتخاب مسیر آن قطاع‌ها به گونه‌ای بود که ضمن حفظ پیوستگی داده‌ها از بیشترین اطلاعات دما/شوری استفاده شود و نام ایستگاه‌ها در نقشه‌های قطاعی، به جای نقاط A تا G در آن قطاع، از نمایش S* استفاده شد (جدول ۲).

در هر شکل ترسیم شده، براساس مسیرهای قطاع‌های انتخابی، نقاط اندازه‌گیری که در داده‌های واقعی مشاهده شده است با رنگ سفید مشخص شدند.

از آنجایی که اطلاعات دما/شوری با توجه به دو نوع عمق (یکی براساس عمق اندازه‌گیری شده داده‌های میدانی در محل و دیگری عمق ثبت شده در سایت جبکو که قابلیت بارگزاری در نرم‌افزار ODV داشت)، ترسیم شدند، سپس این دو نوع شکل با یکدیگر مقایسه شدند. لازم به ذکر است احتمال دارد اندازه‌گیری‌های ثبت شده در این ایستگاه‌ها ممکن است هنوز تا بستر صورت نگرفته باشد و عمق آن نقاط بیش از عمق ثبت شده در داده‌های اندازه‌گیری باشد.

۳. یافته‌ها

جدول ۲، بیشینه عمق ثبت شده در داده‌های اندازه‌گیری و داده‌های جیکو را نمایش می‌دهد که بیانگر اختلاف بین اعماق ثبت شده در داده‌های جیکو و اعماق به ثبت رسیده در داده‌های میدانی است.

همان‌طور که در شکل ۱، دیده می‌شود، نقاط A و B در مجاور یکدیگر هستند، لذا احتمال دارد این نقاط مربوط به یک گودال باشند. همچنین D و E که در نزدیکی یکدیگرند که ممکن است آن دو نیز مربوط به گودال دیگری باشند. با توجه به این که این نقاط مجاور از داده‌های متفاوتی به دست آمده‌اند، لذا حفظ تفکیک در آن‌ها در ادامه آمده است.

شکل‌های ارائه شده در ادامه، نمودارهای دما/شوری و مسیر نشان داده شده برای این نمودارها را براساس دو نوع عمق

(عمق اندازه‌گیری شده و عمق ارائه شده توسط داده‌های جیکو نشان می‌دهد که در زیر به تفکیک به هریک پرداخته شده است.

۳-۱. نقطه A (بر اساس داده‌های اندازه‌گیری کاوشگر خلیج فارس)

شکل ۲، تحلیل دما در مسیر قطاعی از کاوشگر خلیج فارس (شکل ۳) را نشان می‌دهد که این گودال را در برمی‌گیرد. طبق جدول ۲، ایستگاه S1 در شکل ۳، در واقع همان نقطه A از شکل ۱ می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود در شکل تحلیل دمایی داده‌های اندازه‌گیری منطقه عمیق دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد دارد.

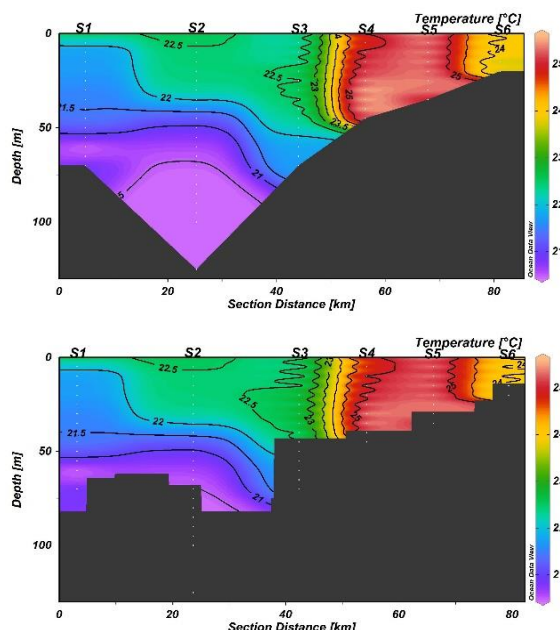
جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی با توجه به مجموعه داده‌های مختلف. موقعیت گودال‌ها در شکل ۱ ترسیم شده است.

نام گودال	مجموعه داده اندازه‌گیری	تاریخ اندازه‌گیری	مختصات ایستگاه (بر اساس شکل ۱)		بیشینه عمق (m)		اختلاف (m)	شکل قطاع	شماره ایستگاه در قطاع
			طول جغرافیایی (°E)	عرض جغرافیایی (°N)	اندازه‌گیری	ثبت جیکو			
A	کاوشگر خلیج فارس	۲۱ دسامبر ۲۰۱۸	۵۵/۳۲۱	۲۶/۱۲۲	۱۸۷	۶۸	۱۱۹	۲	S1
B	WOD13-DE	۱۳ آوریل ۱۹۶۵	۵۵/۳۳۷	۲۶/۱۱۷	۱۲۵	۷۰	۵۵	۳	S2
C	JGOFS1996	۱۸ می ۱۹۹۶	۵۵/۸۳۰	۲۶/۲۳۲	۲۰۰	۸۲	۱۱۸	۴	S2
D	WOD09-US	۲۲ آگوست ۱۹۹۵	۵۶/۵۷۰	۲۶/۴۱۱	۲۱۸	۱۴۰	۷۸	۵	S2
E	WOD09-US	۱۴ آوریل ۱۹۶۵	۵۶/۵۸۳	۲۶/۴۰۰	۱۷۵	۷۰	۱۰۵	۶	S3
F	ROPME 1992	۲ ژوئن ۱۹۹۲	۵۶/۶۲۵	۲۶/۱۸۰	۱۸۷	۱۱۱	۷۶	۷	S4
G	WOD09-US	۱۰ ژانویه ۱۹۶۱	۵۶/۸۰۰	۲۶/۰۲۰	۲۴۸	۹۹	۱۴۹	۸	S5

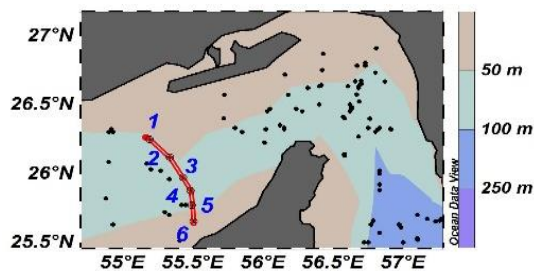
در ترسیم برش قائم دما می‌پوشاند و لذا اطلاعات دما از عمق ۶۸ الی ۱۸۷ متر از دست می‌رود (شکل ۲ را در ایستگاه S1 ببینید).

با توجه به تفکیک بسیار خوب داده‌های اندازه‌گیری کاوشگر خلیج فارس در راستای عمق، اطلاعات دما اگر با جیکو ترسیم شوند، چون عمق جیکو در این ناحیه بیش از ۶۸ متر نیست (جدول ۲)، لذا این عمق جیکو اطلاعات دما را

جبکو، این اطلاعات دمایی را بین عمق ۷۰ الی ۱۲۵ متر می‌پوشاند.



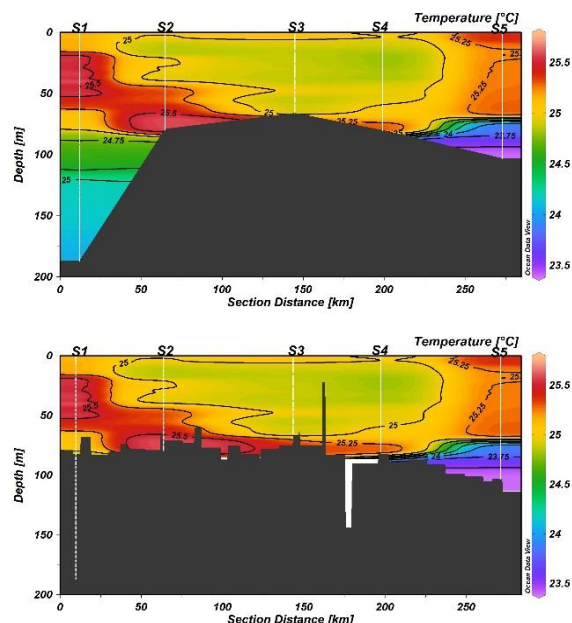
شکل ۴. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۵) از داده‌های اندازه‌گیری دما که از WOD13 تهیه شده است و در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جبکو استخراج شده است.



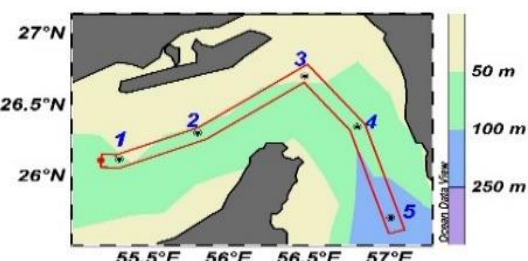
شکل ۵. مسیر قطاع رسم شده برای شکل ۴، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه دوم در این شکل، در واقع همان نقطه B از شکل ۱ می‌باشد.

۳-۳. نقطه C (براساس داده‌های JGOFS1996)

شکل ۶، تحلیل دما در مسیر قطاع انتخابی (شکل ۷) را در سال ۱۹۹۶ نشان می‌دهد. ایستگاه S2 در این شکل در واقع همان نقطه C از شکل ۱ می‌باشد. در این جا هم به خوبی دیده می‌شود اگر این داده‌ها را با عمق جبکو ترسیم شود، ناحیه سبز رنگ که دمای ۲۵ درجه سانتی گراد دارد در اعماق بیش از ۱۰۰ متر دیگر دیده نخواهد شد و اطلاعات این ناحیه از دست خواهد رفت.



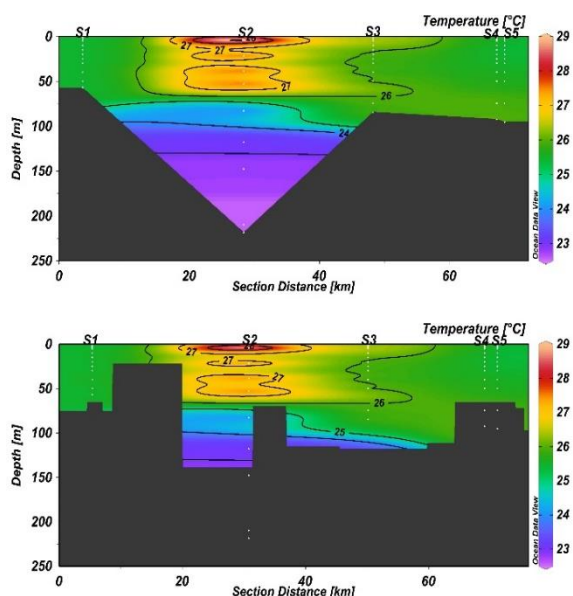
شکل ۲. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۳) از داده‌های اندازه‌گیری دما که توسط کاوشگر خلیج فارس اندازه‌گیری شده است و در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جبکو استخراج شده است.



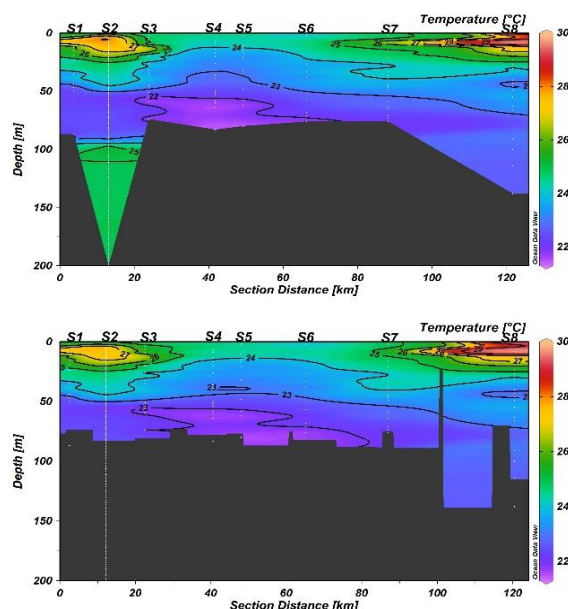
شکل ۳. مسیر قطاع رسم شده برای شکل ۲، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه اول در این شکل، در واقع همان نقطه A از شکل ۱ می‌باشد.

۳-۲. نقطه B (براساس WOD13)

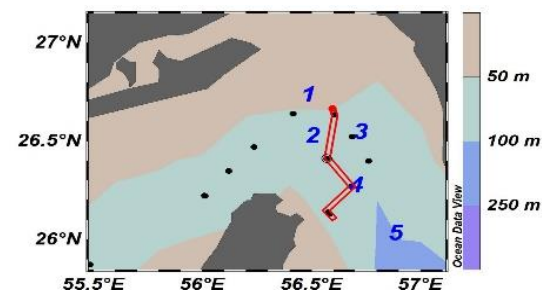
شکل ۴، نمودار تحلیل دما حاصل از داده‌های WOD13، در مسیر قطاعی دیگر (شکل ۵) را برای نقطه B (شکل ۱) نشان می‌دهد. ایستگاه S2 در شکل ۴، در واقع همان نقطه B از شکل ۱ می‌باشد (جدول ۲). همان‌طور که دیده می‌شود اگر این داده‌ها را نیز با عمق جبکو یا با عمق اندازه‌گیری شده خود در محیط ODV رسم شود، دمای کمتر از ۲۱ درجه سانتی گراد (ناحیه بنفش رنگ) در اعماق بیش از ۱۰۰ متر در نمودارهای اندازه‌گیری شده که تحت عمق جبکو ترسیم شده‌اند، دیگر دیده نخواهد شد و عمق ثبت شده در



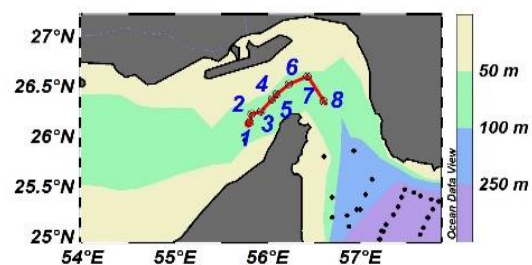
شکل ۸. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۹) از داده‌های اندازه‌گیری دما در سال ۱۹۹۵ است که از WOD09 تهیه شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جیکو استخراج شده است.



شکل ۶. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۷) از داده‌های اندازه‌گیری دما در سال ۱۹۹۶ است و در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جیکو استخراج شده است.



شکل ۹. مسیر قطاع رسم شده برای شکل ۸، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه دوم در این شکل، در واقع همان نقطه D از شکل ۱ می‌باشد.



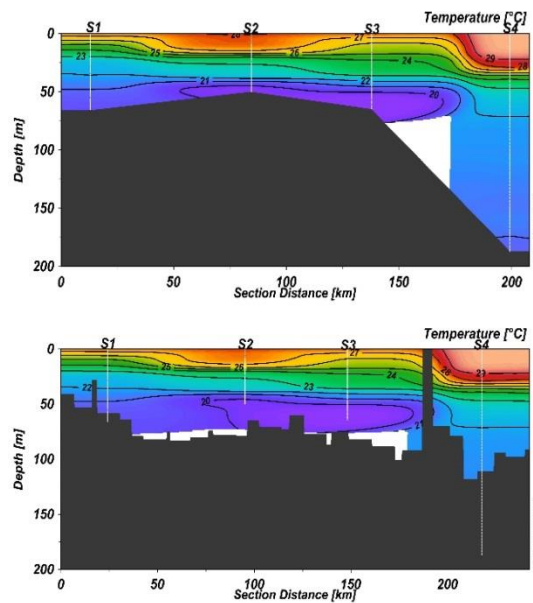
شکل ۷. مسیر قطاع رسم شده برای شکل ۶، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه دوم در این شکل، در واقع همان نقطه C از شکل ۱ می‌باشد.

۳-۵. نقطه E (براساس WOD09)

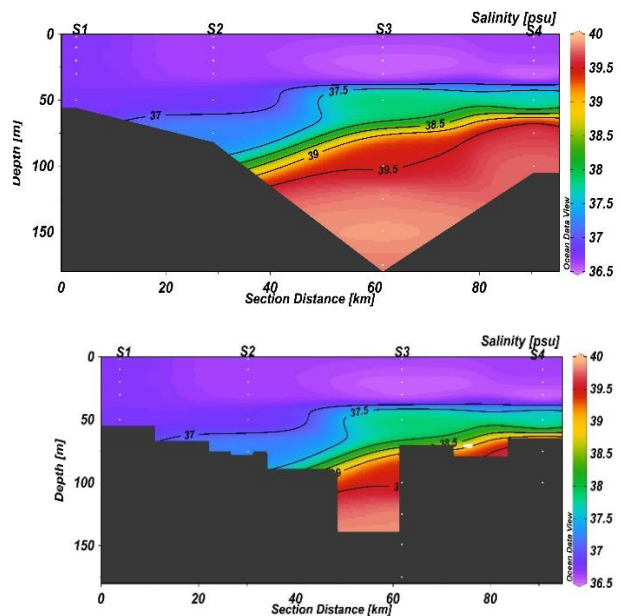
شکل ۱۰، تحلیل شوری در مسیر قطاع نشان داده شده شکل ۱۱ را در سال ۱۹۶۵ نشان می‌دهد که از WOD09 استخراج شده است. (ایستگاه S3 در شکل ۱۰، در واقع همان نقطه E از شکل ۱ می‌باشد.) در تحلیل شوری دیده می‌شود که اگر شکل براساس عمق جیکو (شکل ۱۰-پایین) ترسیم شود و از عمق مربوط به داده‌های اندازه‌گیری استفاده نشود، شوری نزدیک به ۴۰ psu، در عمق ۱۰۰ متر و بیش از ۷۵ متر در آخرین ایستگاه در دسترس نخواهد بود و عملاً پیوستگی لایه شور عمقی دیده نمی‌شود.

۳-۴. نقطه D (براساس WOD09)

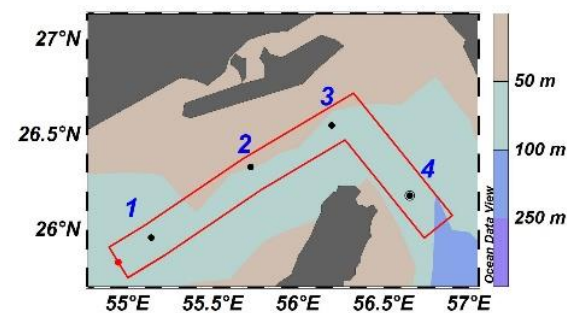
شکل ۸، تحلیل دما در مسیر قطاع شکل ۹ را در سال ۱۹۹۵ نشان می‌دهد که از WOD09 استخراج شده است. ایستگاه S2 در این شکل در واقع همان نقطه D از شکل ۱ می‌باشد. در تحلیل دمای این نمودار هم دیده می‌شود که اگر شکل را براساس عمق جیکو رسم شود و از عمق مربوط به داده‌های اندازه‌گیری استفاده نشود، مجدد ناحیه بنفش رنگ (دمای کمتر از ۲۳ درجه سانتی گراد) با عمق بیش از ۱۵۰ متر از دست خواهد رفت. زیرا طبق جدول ۲، عمق ثبت شده در جیکو برابر با ۱۴۰ متر است در حالی که داده‌های اندازه‌گیری عمق ۲۱۸ متر را نشان می‌دهند.



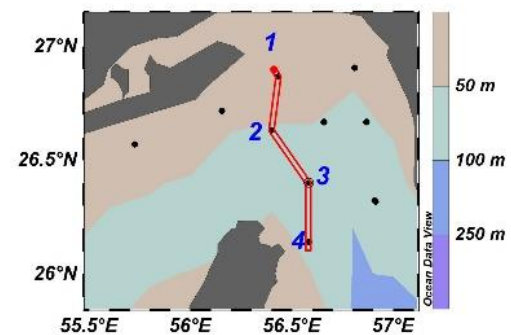
شکل ۱۲. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۱۳) از داده‌های اندازه‌گیری دما براساس داده‌های ROPME1992 که در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جبکو استخراج شده است.



شکل ۱۰. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۱۱) از داده‌های اندازه‌گیری شوری را از WOD09 نشان می‌دهد که در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جبکو استخراج شده است.



شکل ۱۳. مسیر قطع رسم شده برای شکل ۱۲، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه چهارم در این شکل، در واقع همان نقطه F از شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱۱. مسیر قطع رسم شده برای شکل ۱۰، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه سوم در این شکل، در واقع همان نقطه E از شکل ۱ می‌باشد.

۳-۷. نقطه G (براساس WOD09)

اگر طبق مسیر انتخاب شده شکل ۱۴، نمودار دما ترسیم شود (شکل ۱۵)، دیده می‌شود که در ایستگاه S5 - که همان نقطه G از شکل ۱ است - و در سمت عمان واقع شده است، کاهش دما، از سطح تا عمق حدود ۲ درجه طبق عمق جبکو در محیط ODV نشان می‌دهد. اما اگر عمق اندازه‌گیری به صورت دستی به محیط نرم‌افزار وارد شود، این کاهش دما بیش از ۵ درجه خواهد بود که مسلماً در نتایج آماری شیلاتی و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مربوطه به ازای همین تغییرات دما تاثیرگذار خواهد بود.

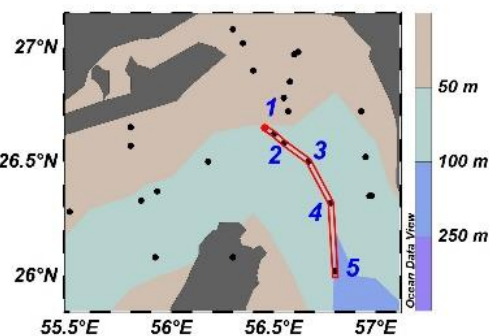
۳-۶. نقطه F (براساس ROPME1992)

در تحلیل دما (شکل ۱۲) در مسیر قطع در نظر گرفته شده برای داده‌ها (شکل ۱۳) دیده می‌شود که در ایستگاه S4، تنها در صورت استفاده دستی از عمق اندازه‌گیری شده به جای عمق جبکو که به صورت فایل nc دانلود و در محیط ODV وارد شد، در عمق بیش از ۱۰۰ متر، آب سرد ۲۲ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود. لذا اگر هدف پژوهشگر بررسی لایه‌بندی آب باشد، این آب سرد عمقی اهمیت دوچندان پیدا می‌کند.

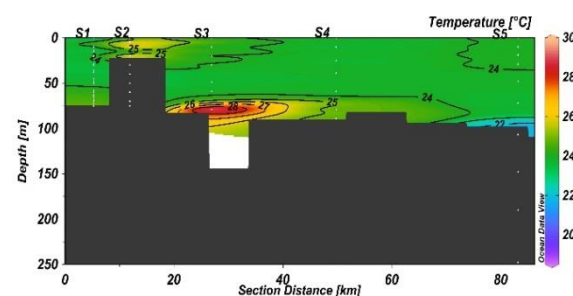
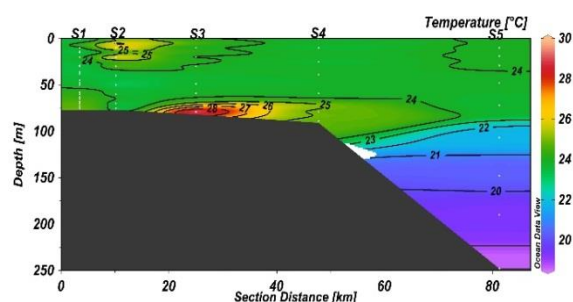
ثبت رسیده در داده‌های میدانی بسیار زیاد است. نقاط A (شکل ۲)، B (شکل ۴)، E (شکل ۱۰) و G (شکل ۱۵) بیش از ۱۰۰ متر داده‌های اندازه‌گیری و داده‌های جبکو اختلاف دارند (جدول ۲). به عبارتی داده‌های جبکو قادر به نمایش گودال‌ها و مناطق عمیق تنگه هرمز نیستند و لذا باید در ملاحظات مربوط به تحلیل‌ها (به عنوان مثال موجودات یا آب‌های به دام افتاده) دقت لازم در خصوص عمق لحاظ شود.

به علاوه، برخی از نرم‌افزارها مانند ODV، در استفاده از داده‌های سایت جبکو می‌توانند موجب تحلیل اشتباه شوند. گاهی اوقات لازم است عمق منطقه به صورت دستی وارد نرم‌افزار شود و در استفاده از پیش‌فرض نرم‌افزار ODV، باید جانب احتیاط را رعایت نمود. همان‌طور که شکل‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۵ نشان می‌دهند، اگرچه سایت جبکو پیوستگی عمق را بین ایستگاه‌ها با قدرت تفکیک بهتری را نسبت به نقاط اندازه‌گیری شده ارائه می‌دهد، اما در برخی ایستگاه‌ها که ممکن است به روزرسانی عمق انجام نشده باشد بسیار ضعیف عمل می‌کند.

نویسندگان در اطلاعات دانلود شده از سایت جبکو در سال ۲۰۲۳، نقطه عمیق A، یا سایر نقاط را ملاحظه ننمودند. اندازه‌گیری‌های محلی می‌تواند موجب تقویت و به روزرسانی این داده‌های سایت‌های بین‌المللی شود. طبق اطلاع نویسندگان پژوهش حاضر، نقطه A، بارها اندازه‌گیری شده است. داده‌های دقیق این نقطه، مرجع بسیار معتبرتری نسبت به برآوردهای عمومی (مانند سایت بین‌المللی جبکو) در مطالعات محلی هستند. وجود اختلاف بین عمق واقعی (حدود ۱۸۵ متر) (شکل ۲-بالا) و عمق ثبت‌شده در جبکو (حدود ۶۸ متر) (شکل ۲-پایین) در نسخه‌های قبلی این سایت، نه تنها تأیید می‌شود، بلکه اهمیت استفاده از داده‌های میدانی باکیفیت (مانند داده‌های اندازه‌گیری شده) را برای تصحیح و تکمیل پایگاه‌های داده جهانی برجسته می‌کند که اخیراً سایت جبکو در سال ۲۰۲۶، این نقطه را با خطوط کنتور و با عمق بیش از ۱۸۶ ثبت نموده است که خوانندگان



شکل ۱۴. مسیر قطاع رسم شده برای شکل ۱۵، در نرم‌افزار ODV. ایستگاه پنجم در این شکل، در واقع همان نقطه G از شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱۵. نقشه تحلیلی یک برش قائم (شکل ۱۴) از داده‌های اندازه‌گیری دما (داده‌های WOD09) که در نرم‌افزار ODV رسم شده است. (بالا) عمق موجود در نقشه حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی است. (پایین) اعماق ثبت شده در نقشه از داده‌های جبکو استخراج شده است.

۴. بحث

مطالعات بسیاری مانند [۵۶-۶۵] وجود دارند که از داده‌های جبکو برای عمق‌سنجی در مطالعات فیزیکی، مدل‌سازی یا تحلیل‌های خود در موضوعات مختلف استفاده کرده‌اند. جبکو سایتی عمومی است که نمودارهای عمق‌سنجی اقیانوس را به صورت رایگان در اختیار کاربران قرار می‌دهد و تنها با ثبت نام در این سایت می‌توان شبکه مورد نظر خود را دانلود نمود.

همان‌طور که از جدول ۲، به خوبی مشاهده می‌شود که اختلاف بین اعماق ثبت شده در داده‌های جبکو و اعماق به

مشاهده شد که بیان‌گر وجود گودال‌هایی در منطقه تنگه هرمز است، اما در داده‌های سایت جبکو این گودال‌ها نمایش داده نمی‌شوند و اطلاعات عمق‌سنجی این سایت معتبر برای مقیاس محلی ضعیف است و در استفاده‌های محلی با توجه به موضوع و هدف تحقیق، احتیاط‌های لازم را باید نمود.

طبق داده‌های اندازه‌گیری در دسترس، بیش‌ترین عمق اندازه‌گیری شده ۲۴۸ متر واقع در شرق تنگه با مختصات $56/8^{\circ}N$ و $26/02^{\circ}E$ بود. در غرب تنگه نیز گودالی با عمق بیش از ۱۸۷ متر در نزدیکی جزیره تنب بزرگ وجود دارد که جهت مخفی شدن برخی از شناورهای زیردریایی قابل استفاده هستند. لذا شناخت گودال‌های موجود در تنگه هرمز، میزان وسعت و حتی تعداد آن‌ها، نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی گسترده‌تر دارد و علم در خصوص خواص فیزیکی آن‌ها نیازمند تحقیقات بیشتر در این خصوص می‌باشد.

سپاسگزاری

مطالعه پیش رو با داده‌های اندازه‌گیری مختلفی انجام شد که پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، این داده‌ها را در اختیار نویسندگان قرار داد. این داده‌ها شامل WOD، ROPME، کاوشگر خلیج فارس و غیره بودند. لذا نویسندگان ضمن تشکر از پژوهشگاه از مراجع اولیه تهیه‌کننده این داده‌ها کمال تشکر و قدردانی را دارد.

مراجع

- [1] Jamieson, A. The Hadal Zone, Life in the Deepest Oceans. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2015. p.382.
- [2] Gallo ND, Cameron J, Hardy K, Fryer P, Bartlett DH, Levin LA. 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 Research: Part I. 2015; 99: 119–133.
- [3] Nunoura T, Takaki Y, Hirai M, Shimamura S, Makabe A, Koide O, Kikuchi T, Miyazaki J, Koba K, Yoshida N, Sunamura M, Takai K. Hadal biosphere: insight into the microbial ecosystem in the deepest ocean on Earth. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015; 112(11): E1230-E1236.

پژوهش حاضر می‌تواند هر دو نسخه سایت جبکو را دانلود و مقایسه نمایند.

لذا مطالعاتی که برای شبیه‌سازی یا مدل‌سازی محلی در این منطقه طراحی می‌شوند دقت لازم را در طراحی عمق واقعی بستر در برخی نقاط ندارند. اما در مطالعاتی که بیشتر پیوستگی عمق، نه مقدار دقیق عمق اهمیت دارد، عمقی که جبکو ارائه می‌دهد به دلیل تفکیک افقی مناسب‌تر نسبت به اندازه‌گیری میدانی مفیدتر است. اما اگر مطالعه‌ای به صورت محلی انجام شود، یا اهداف خاصی را (مانند لایه‌بندی [۶۶–۶۷]، پایداری ستون آب [۳۲–۳۳، ۶۸، ۶۹]، آب‌های به دام افتاده [۷۰]، شکل‌گیری توده آب عمیق خلیج فارس [۲۷]، ۶۰ و [۷۱]، ردیابی شیلانی برخی از موجودات دریایی یا کف‌زی‌ها [۷۲]) دنبال می‌کند، اطلاعات عمق جبکو به ویژه در عمق‌های نزدیک بستر ممکن است دقت لازم را نداشته باشند. در مراجعی مانند [۷۱] وجود توده آب عمیق خلیج فارس اثبات شده است. طبق شکل ۱۰، اطلاعات شوری در آب عمیق با داده‌های عمق جبکو از دست می‌رود. این قبیل اشتباهات در هنگام تحلیل‌ها و موقعیت قرارگیری توده آب عمیق ممکن است باعث خطا شود. همچنین در بازتحلیل داده‌های ارائه شده در برخی از سایت‌های دیگر مانند داده‌های HYCOM^{۱۸}، یا نرم افزار ODV، از اطلاعات عمق‌سنجی جبکو استفاده می‌شود. لذا این داده‌ها ممکن است جهت کاربردهای محلی یا اهدافی خاص خطاهایی داشته باشند. لذا اعتماد مطلق به داده‌های محلی دانلود شده از سایت جبکو امکان‌پذیر نیست و تا جای ممکن باید از اندازه‌گیری واقعی عمق برای تحلیل لایه‌های عمقی در مقیاس محلی استفاده نمود.

۵. نتیجه‌گیری

مطالعه پیش رو با هدف بررسی اعماق زیاد و گودال‌ها در تنگه هرمز انجام پذیرفت و نتایج آن نشان داد بر خلاف تصور عموم در تنگه هرمز مناطقی با اعماق حدود ۲۰۰ متر وجود دارد. در این مطالعه هفت ناحیه به ترتیب با بیشینه عمق اندازه‌گیری ۱۸۷، ۱۲۵، ۲۰۰، ۲۱۸، ۱۷۵، ۱۸۷ و ۲۴۸ متر

- [15] Kapustina MV, Dorokhov DV, Sivkov VV. Multibeam bathymetry data of the western part of the Romanche Trench (Equatorial Atlantic). *Data in Brief*. 2021; 37: 107198.
- [16] Lacey NC, Mayor DJ, Linley TD, Jamieson AJ. Population structure of the hadal amphipod *Bathycallistoma* (Scopelochelirus) schellenbergi in the Kermadec Trench and New Hebrides Trench, SW Pacific. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2018; 155: 50-60.
- [17] Lemenkova P. for 2D and 3D Modeling of the Ryukyu Trench Topography, Pacific Ocean. *Miscellanea Geographica*. 2020; 25(4): 213-225.
- [18] Richards FA. 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). 1960; 7(3): 163-182.
- [19] Wörmer L, Wendt J, Boehman B, Haug GH, Hinrichs KU. Deglacial increase of seasonal temperature variability in the tropical ocean. *Nature*. 2022; 612(7938): 88-91.
- [20] Lykousis V, Nittis K, Ballas D, Perivoliotis L, Kassis D, Pagonis P, Sakellariou D. The Hellenic deep sea observatory: Science objectives and implementation. In *Seafloor observatories: A New Vision of the Earth from the Abyss* (pp. 81-103). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2015.
- [21] Kanellopoulos C, Xenakis M, Vakalopoulos P, Kranis H, Christopoulou M, Vougioukalakis, G. Seawater-dominated, tectonically controlled and volcanic related geothermal systems: the case of the geothermal area in the northwest of the island of Euboea (Evia), Greece. *International Journal of Earth Sciences*. 2020; 109(6): 2081-2112.
- [22] Schneider von Deimling J, Hoffmann J, Geersen J, Koschinski S, Lohrberg A, Gilles A, Belkin I, Böttner C, Papenmeier S, Krastel S. Millions of seafloor pits, not pockmarks, induced by vertebrates in the North Sea. *Communications earth & environment*. 2023; 4(1), 478. doi:10.1038/s43247-023-01102-y
- [23] Kraska, J. (2015). Putting Your Head in the Tiger's Mouth: Submarine Espionage in Territorial Waters. *Colum. J. Transnat'l L.*, 54, 164.
- [24] Reynolds RM. Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition. *Marine pollution bulletin*. 1993; 27:35-59.
- [4] <https://a-z-animals.com/articles/the-deepest-trenches-in-the-ocean>.
- [5] van Haren H, Berndt C, Klaucke I. Ocean mixing in deep-sea trenches: New insights from the Challenger Deep, Mariana Trench. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2017; 129: 1-9.
- [6] Leduc D, Rowden AA, Glud RN, Wenzhöfer F, Kitazato H, Clark MR. Comparison between infaunal communities of the deep floor and edge of the Tonga Trench: possible effects of differences in organic matter supply. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2016; 116: 264-275.
- [7] Lemenkova P. Geospatial Analysis by Python and R: Geomorphology of the Philippine Trench, Pacific Ocean. *Electronic Letters on Science and Engineering*. 2019;15(3): 81-94.
- [8] Xu Y, Li X, Luo M, Xiao W, Fang J, Rashid H, Peng Y, Li W, Wenzhofer F, Rowden AA, Glud RN. Distribution, source, and burial of sedimentary organic carbon in Kermadec and Atacama Trenches. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2021; 126(5): e2020JG006189.
- [9] Jamieson AJ, Maroni PJ, Bond T, Niyazi Y, Kolbusz J, Arasu P, Kitazato H. New maximum depth record for bony fish: Teleostei, Scorpaeniformes, Liparidae (8336 m, Izu-Ogasawara Trench). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2023; 199: 104132.
- [10] Zhou H, Chen P, Zhang M, Chen J, Fang J, Li X. Revealing the viral community in the hadal sediment of the New Britain Trench. *Genes*. 2021; 12(7): 990.
- [11] Jamieson AJ, Stewart HA, Nargeolet PH. Exploration of the Puerto Rico Trench in the mid-twentieth century: Today's significance and relevance. *Endeavour*. 2020; 44(1-2): 100719.
- [12] Lemenkova P. Geodynamic setting of Scotia Sea and its effects on geomorphology of South Sandwich Trench, Southern Ocean. *Polish Polar Research*. 2021; 42(1): 1-23.
- [13] Sørensen MV, Herranz M, Grzelak K, Shimabukuro M, Kristensen RM, Zeppilli D. Living on the edge—first survey of loriciferans along the Atacama Trench. *European journal of taxonomy*. 2023; 879: 162-187.
- [14] Nishikawa T, Ide S, Nishimura T. A review on slow earthquakes in the Japan Trench. *Progress in Earth and Planetary Science*. 2023; 10(1): 1-51.

- [۲۵] صدری نسب، مسعود. مدل سازی عددی سه بعدی گردش آب در تنگه هرمز. اقیانوس‌شناسی. ۱۳۸۹؛ ۱ (۱): ۱۹-۲۴.
- [۲۶] حافظ‌نیا، محمدرضا، ربیعی، حسین. خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز. چاپ دهم. تهران: مؤسسه انتشارات سمت. ۱۳۹۲.
- [۲۷] رامک حسین، سیوف جهرمی مریم، اکبری پرستو. بررسی شوری و دمای توده آب خلیج فارس با استفاده از مدل FVCOM. اقیانوس‌شناسی. ۱۴۰۱؛ ۱۳ (۵۲): ۱۲۰-۱۰۶.
- [28] Maulidina K, Manessa MDM, Kurniawan R. Accuracy test of GEBCO bathymetry data in the Flores Sea. In 8th Geo-information Science Symposium 2023: Geo-information Science for Sustainable Planet, January SPIE. 2024; 12977: 246-254. doi: 10.1117/12.3009694
- [29] Grigoriadis VN, Kampourakis SG, Bantola MDS, 2018. Using in-situ depth measurements for the assessment of errors induced in gravity field modeling from Global Bathymetry Models: Preliminary results. GGHS2018 Joint Section 2 and IGFS Symposium "Gravity, Geoid and Height Systems 2018, Copenhagen. 2018; doi: 10.13140/RG.2.2.32592.76804 , https://www.researchgate.net/profile/Vassilios-Grigoriadis/publication/328631165_Using_in-situ_depth_measurements_for_the_assessment_of_errors_induced_in_gravity_field_modeling_from_Global_Bathymetry_Models_Preliminary_results/links/5bd9793292851c6b279bc6cb/Using-in-situ-depth-measurements-for-the-assessment-of-errors-induced-in-gravity-field-modeling-from-Global-Bathymetry-Models-Preliminary-results.pdf
- [۳۰] کوچک‌نژاد، عماد، حمزه‌ئی، صمد. پراکنش شکوفایی زمستانی گونه *Noctiluca scintillans* در تنگه هرمز (مطالعه موردی بر اساس نتایج گشت فراساحلی کاوشگر خلیج فارس-زمستان ۱۳۹۶). اقیانوس‌شناسی. ۱۴۰۰؛ ۱۲ (۴۸): ۷۸-۶۷.
- [۳۱] اکبری‌نسب، محمد، صدری‌نسب مسعود، علی‌اکبری‌بیدختی، عباسعلی، چگینی، وحید. مطالعه جریان نفوذی از خلیج فارس به دریای عمان و اثر آن بر روی نحوه انتشار صوت. اقیانوس‌شناسی. ۱۳۹۳؛ ۵ (۲۰): ۱۱-۱۷.
- [۳۲] محمدپور، فرزانه، سیوف جهرمی، مریم، حمزه‌ئی، صمد. ویژگی‌های فیزیکی گودال عمیق جنوب جزیره تنب بزرگ. مجله ژئوفیزیک ایران. ۱۴۰۴؛ ۱۹ (۱): ۶۱-۷۳.
- [33] Mohammadpour F, Soyuf Jahromi M, Hamzei S. Seasonal changes of the stability and double diffusive processes in the trench of the Strait of Hormuz. (e209888). Iranian Journal of Geophysics. 2025; Accepted Manuscript.
- [۳۴] پاینده‌ی، یاسمن، سیوف جهرمی، مریم، حمزه‌ئی، صمد. تغییرات دما، شوری و چگالی آب‌های شمالی خلیج فارس در فصل بهار بر اساس یافته‌های کاوشگر خلیج فارس (۱۳۹۸). هیدروفیزیک. ۱۴۰۲؛ ۹ (۱): ۶۲-۵۱.
- [۳۵] پاینده‌ی، یاسمن، سیوف جهرمی، مریم، حمزه‌ئی، صمد. تغییرات فصلی خواص فیزیکی در طول آب‌های ایرانی خلیج فارس. نیوار. ۱۴۰۴؛ ۴۹ (۱۳۱-۱۳۰): ۲۰-۱.
- [36] Johnson DR, Boyer TP, Garcia HE, Locarnini RA, Baranova OK, Zweng MM. World Ocean Database 2013 User's Manual. 2013.
- [37] Johnson DR, Garcia HE, Boyer TP. World Ocean Database 2013 Tutorial. 2013.
- [38] Levitus S, JI A, OK B, TP B, CL C, HE G, et al. The world ocean database. Data Science Journal. 2013;12:WDS229-34.
- [39] Key RM, Olsen A, van Heuven S, Lauvset SK, Velo A, Lin X, ... & Suzuki T. Global ocean data analysis project, version 2 (GLODAPv2). 2015; Ornl/Cdiac-162, Ndp-093.
- [40] Olsen A, Key RM, Van Heuven S, Lauvset SK, Velo A, Lin X, ... & Suzuki T. The Global Ocean Data Analysis Project version 2 (GLODAPv2)-an internally consistent data product for the world ocean. Earth System Science Data. 2016; 8(2): 297-323.
- [41] Seidov D, Mishonov AV, Baranova OK, Boyer TP, Nyadjro E, Bouchard C, Cross SL. Northwest Atlantic Regional Ocean climatology version 2. 2022.
- [42] Zhang B, Cheng L, Tan Z, Gouretski V, Li F, Pan Y, ... Wang F. CODC-v1: a quality-controlled and bias-corrected ocean temperature profile database from 1940-2023. Scientific Data. 2024; 11(1): 666.
- [43] Wang Z, Garcia HE, Boyer TP, Reagan JR, Maurer T, Ito T, ... Bouchard C. Bias Evaluation for Sensor-Based Dissolved Oxygen from CTD

- [54] Bao R, Blattmann TM, McIntyre C, Zhao M, Eglington T. Relationships between grain size and organic carbon C14 heterogeneity in continental margin sediments. *Earth and Planetary Science Letters*. 2019; 505:76-85.
- [55] Yao F, Johns WE. A HYCOM modeling study of the Persian Gulf: 2. Formation and export of Persian Gulf Water. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2010; 115(C11).
- [۵۶] امامی مهدیه، سیوف جهرمی مریم، بهمن‌زادگان جهرمی علیرضا. اثر خط ساحلی بر الگوی جریان جزرومدی. *مجله علوم و فنون دریایی*. ۱۳۹۸؛ ۱۸ (۲): ۲۵-۱۲.
- [57] Soyuf Jahromi M, Emami M. The role of different positions of tidal turbines for energy extraction in Qeshm channel. *International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering(ijcoe)*. 2021; 6(5): 1-9.
- [۵۸] رامک حسین، سیوف جهرمی مریم، اکبری پرستو. ردیابی توده آب خلیج فارس با استفاده از ویژگی‌های دما و شوری سطحی. *اقیانوس‌شناسی*. ۱۴۰۰؛ ۱۲(۴۸): ۲۸-۱۳.
- [۵۹] رامک حسین، سیوف جهرمی مریم، اکبری پرستو. استفاده از داده‌های دمای سطحی آب دریای عمان جهت شناسایی آب زیرسطحی خلیج فارس. *هیدروفیزیک*. ۱۴۰۱؛ ۷(۲): ۹۳-۷۹.
- [60] Ramak H, Soyuf Jahromi M, Akbari, P. Investigating the downwelling of Persian Gulf Water in the Gulf of Oman. *International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering(ijcoe)*. 2023; 8(1): 1-9.
- [۶۱] حاجیوند، محسن، بهداروندی عسکر، مهدی، حق شناس، عباس، انصاری قوجقار، محمد، پارسی، احسان، بابائیان، ایمان. پژوهش‌های اقلیم شناسی. ۱۴۰۰؛ ۱۲(۴۷): ۱۵۹-۱۷۷.
- [۶۲] نسیمی نژاد، علی. مدلسازی عددی پخش و گسترش آلودگی جیوه در سواحل جزیره کیش. ۱۴۰۳؛ ۹(۴): ۹۳۲۴-۹۳۱۳.
- [۶۳] اکبرپورجنت، محمودرضا، راست گفتار، احسان. مطالعه عددی تاثیر پارامترهای غیرخطی در مدلسازی امواج and Profiling Floats in the World Ocean Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2025; 42(10): 1263-80.
- [44] Mishonov A, Boyer T, Locarnini R, Garcia H, Reagan J, Paver C, ... Wang Z. Monitoring Ocean Climate with World Ocean Database. In *OCEANS 2025 Brest*. IEEE 2025, June. 2025; 1-10.
- [45] Rezai H, Wilson S, Claereboudt M, Riegl B. Coral reef status in the ROPME sea area: Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea. *Status of coral reefs of the world*. 2004; 1: 155-70.
- [46] Karam Q, Al-Saleh A. (2024). Oil pollution in the ROPME Sea Area with specific emphasis on the toxicity of Kuwait crude oil in the northern Persian Gulf. In *Oceanographic and marine environmental studies around the Arabian Peninsula*. CRC Press, 2024; 151-59.
- [47] Gower H, Hadj-Hammou J, Burt JA. The evolution of coral reef monitoring in eastern Arabia: trends, gaps, and opportunities for the ROPME Sea Area. *Frontiers in Marine Science*. 2025; 12: 1578377.
- [48] Schlitzer R. Ocean Data View. 2022. <https://odv.awi.de>
- [49] Pous S, Carton X, Lazure P. Hydrology and circulation in the Strait of Hormuz and the Gulf of Oman—Results from the GOGP99 Experiment: 1. Strait of Hormuz. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2004; 109(C12037): 1-15.
- [50] Hermansyah H, Atmadipoera AS, Prartono T, Jaya I, Syamsudin F. Stratification and stability of seawater mass in sulawesi sea. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 2017; 36(8): 36-44.
- [51] Aboobackr VM, Shanas PR, Al-Ansari, EM, Sanil kumar V, Vethamony P. The maxima in northerly wind speeds and wave heights over the Arabian Sea, the Persian Gulf and the Red Sea derived from 40 years of ERA5 data. *Climate Dynamics*. 2020; 56:1037-1052.
- [52] Gourain A, Planquette H, Cheize M, Lemaitre, N, Menzel Barraqueta JL, Shelley R, Lherminier P, Sarthou G. Inputs and processes affecting the distribution of particulate iron in the north Atlantic along the GEOVIDE (GEOTRACES GA01) section. *Biogeosciences*. 2019; 16(7): 1563-82.
- [53] Forsch K, Hahn-woernle L, Sherrell R, Rocanova J, Bu K, Burdige D, Vernet M, Barbeau K. Seasonal dispersal of fjord meltwaters as an important source of iron to coastal Antarctic phytoplankton. *Biogeosciences Discuss*. 2021; 1-49.

[۷۲] چشتی، نسرین، سخایی، نسرین، دوست شناس، بابک، ارچنگی، بیتا. بررسی تنوع زیستی مراحل پلانکتونی ماهیان کف زی آب‌های ساحلی جزیره هنگام (تنگه هرمز). مجله پژوهشهای جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). ۱۳۹۴؛ ۲۸(۴): ۴۳۰-۴۱۹.

پی‌نوشت‌ها

1. Mariana
2. Cariaco Trench
3. Gulf of Cariaco
4. Hellenic trench
5. Corinth Gulf
6. GEneral Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)
7. Aristotle University of Thessaloniki
8. N. Marmaras (Chalkidiki – Greece)
9. Sporades Island Complex – Evia Island
10. Porcupin Abyssal Plain - PAP
11. Persian Gulf Explorer
12. World Ocean Database (WOD)
13. The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME)
14. Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS)
15. Conductivity, Temperature, Depth (CTD)
16. Ocean Data View (ODV)
17. Alfred Wegener Institute (AWI)
18. The Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM)

سونامی-مطالعه موردی: خلیج چابهار. اقیانوس‌شناسی. ۱۴۰۲؛ ۱۴(۵۵): ۱۳۴-۱۵۱.

[۶۴] باباگلی، جواد، لایقی، بهزاد. مدل‌سازی عددی خواص فیزیکی، جریان‌ها و پیچک‌های دریای خزر جنوبی. مجله ژئوفیزیک ایران. ۱۴۰۱؛ ۱۶(۱): ۸۲-۶۹.

[۶۵] خلیل آبادی، محمدرضا، حسن تبار، سید حسین. بررسی تأثیرات مشخصه موج بر نوسانات میدان مغناطیسی در منطقه تنگه هرمز. پژوهش‌های ژئوفیزیک کاربردی. ۱۳۹۵؛ ۲(۱): ۳۴-۲۳.

[۶۶] آخوندیان، مریم، اکبری نسب، محمد. مدل‌سازی فیزیکی - زیستی تغییرات فصلی جمعیت پلانکتونی در جنوب تنگه هرمز. بوم‌شناسی آبزیان. ۱۳۹۶؛ ۶(۴): ۷۵-۶۳.

[۶۷] محمدپور فرزانه، حمزه ئی صمد، سیوف جهرمی مریم. مطالعه زمستانه پایداری و همرفت پخش دوگانه در شرق تنگه هرمز. هیدروفریزیک. ۱۴۰۱؛ ۸(۲): ۹۰-۱۰۰.

[۶۸] خادمی، ایمان، اکبری نسب، محمد، علی اکبری بیدختی، عباسعلی، خلیل آبادی، محمدرضا. محاسبه عددی عدد پراتل در لایه بندی ستون آب تنگه هرمز. مجله علوم و فنون دریایی. ۱۳۹۶؛ ۱۶(۳): ۲۶-۱۴.

[۶۹] محمدپور فرزانه، سیوف جهرمی مریم، حمزه ئی صمد. تفاوت پایداری ستون آب و سرعت صوت از شمال به طرف جنوب خلیج فارس در فصل زمستان. نیوار. ۱۴۰۴؛ ۴۹(۱۲۹-۱۲۸): ۳۳-۱۹.

[۷۰] احمدی گیوی، فرهنگ، حقیقی، مرجانه، علی اکبری بیدختی عباسعلی. مطالعه لایه اکمن به دام افتاده در بستر سواحل غرب تنگه هرمز. مجله ژئوفیزیک ایران. ۱۳۹۵؛ ۱۰(۴): ۱۱-۱.

[۷۱] لشکری شکیلا، سیوف جهرمی مریم، حمزه ئی صمد. تغییرات فصلی توده آب خلیج فارس در خلیج عمان. اقیانوس‌شناسی. ۱۴۰۲؛ ۱۴(۵۳): ۱۲۲-۱۰۳.