

## مطالعه ساختار لایه ای خلیج فارس به خلیج عمان و تاثیر آن بر روی انتشار صوت با چشمه های آکوستیکی نزدیک جریان نفوذی در فصل بهار

محمد اکبری نسب<sup>۱</sup>، مسعود صدری نسب<sup>۲</sup>، عباسعلی علی اکبری بیدختی<sup>۳</sup> و وحید چگینی<sup>۴</sup>

۱. دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران

۲. گروه فیزیک دریا، علوم و فنون دریایی خرمشهر

۳. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

۴. موسسه ملی اقیانوس شناسی ایران

### چکیده

در این تحقیق با استفاده از اندازه گیری های پروژه بین المللی (JGOFS) Joint Global Ocean Flux Study در فصل بهار ۱۹۹۶، تغییرات پارامترهای هیدروفیزیکی و هیدروآکوستیکی خلیج عمان مورد مطالعه قرار داده شد. با ترسیم نیمرخ های افقی خروجی خلیج فارس به دریای عمان در این فصل مشاهده شد، که در تمام مقاطع ساختار ریز که معرف اختلاط آبهای اطراف توسط جریان نفوذی ترموهالین خلیج فارس به خلیج عمان تا طول جغرافیایی ۶۰ در اعماق ۱۲۰ متری تا ۲۷۶ متری مشاهده می شود. این جریان نفوذی باعث ایجاد وارونگی شوری و دما و در نتیجه وارونگی سرعت صوت خواهد شد. ضخامت لایه وارونگی شوری در ایستگاههای نزدیک تنگه هرمز در حدود ۱۵۶ متر می باشد و در ایستگاههای نزدیک دریای عمان (اقیانوس هند) در حدود ۸۰ متر می باشد. این جریان نفوذی بر طبق مطالعات قبلی باعث ایجاد امواج داخلی در این اعماق در خلیج عمان می شود. در این مطالعه، مشخصه های انتشار آکوستیکی (تلفات انتقال، دامنه سیگنال و زمان سیر سیگنال) در بالا، پایین و داخل لایه جریان نفوذی براساس مدل وابسته به برد و مدل مستقل از برد بررسی شدند. عموماً "رویداد جریان نفوذی ترموهالین باعث تغییر مشخصه های انتشار آکوستیکی می شوند. در همه حالات، مشخصه های تلفات انتقال سناریوهای وابسته به برد نسبت به حالت مستقل از برد به طور قابل توجهی بیشتر تغییر می کند.

**واژگان کلیدی:** جریان نفوذی ترموهالین، خلیج عمان، مدل انتشار صوت، مشخصه های انتشار آکوستیکی.

## ۱. مقدمه

سرعت صوت در محیط فقط به دما، شوری و عمق بستگی دارد (Descamps 2009). سرعت صوت یکی از فاکتورهای مهمی است که در ورودی مدل‌های آکوستیکی، برای بررسی نحوه انتشار مورد استفاده قرار می‌گیرد. محیط دریا، محیطی بسیار ناهمگون می‌باشد. این ناهمگونی‌ها در راستای قائم شامل تغییرات دما و شوری است و در راستای افقی پیچک‌های وادی می‌باشد. هر کدام از این پدیده‌ها، مقیاس‌های متفاوتی دارند و بنابراین براساس موقعیت فرستنده و گیرنده‌ها در اعماق و فرکانس منابع، هر کدام تاثیر خاصی بر روی فشار آکوستیکی دارند. بنابراین برای پیش‌گویی نحوه پرتوهای آکوستیکی، ابتدا بایستی شناخت کافی از محیط داشته باشیم. در اقیانوس شناسی و تحقیقات دریایی، پالس آکوستیکی به طور گسترده برای تحقیقات خصوصیات بستر و اندازه‌گیری جریان‌ها و امواج استفاده می‌شود. اخیراً روش‌های آکوستیکی برای مخابرات زیر آبی و مشاهدات از راه دور دریاها و اقیانوس‌ها استفاده می‌شود (Salon et al. 2003). در این تحقیق ابتدا با استفاده از داده‌های میدانی خلیج عمان، پارامترهای هیدروفیزیکی و آکوستیکی در فصل بهار در سال ۱۹۹۶ مورد مطالعه قرار گرفته شد، سپس با استفاده از روش پرتو، نحوه انتشار صوت را در لایه وارونگی سرعت صوت که بدلیل جریان نفوذی (شار خروجی خلیج فارس به خلیج عمان) بوجود آمده است، با تغییر موقعیت منبع و گیرنده‌ها در اعماق مختلف مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. منطقه مورد مطالعه از یک طرف به خلیج فارس که یکی از مناطق شور دنیا است، و از طرف دیگر به آب‌های آزاد که دارای شوری نسبتاً پایینی در قیاس با خلیج فارس دارد، متصل است. حرکت پلوم‌های در داخل سیال لایه بندی شده منجر به تولید امواج داخلی می‌شود که مدهای باروکلینک شان منجر به ساختار وارونگی می‌

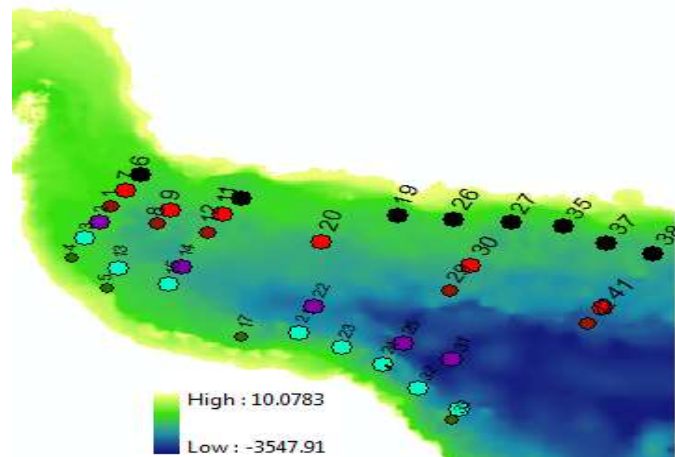
شود (Griffiths and Bidokhti 2008). در این منطقه نیز ورود توده آب گرم و شور به خلیج عمان، احتمالاً منجر به تولید لایه‌های برشی می‌شود که این لایه‌ها از مرتبه ۸۰ متری تا ۱۶۰ متری می‌باشد. در این تحقیق سعی می‌شود اثر این توده آب گرم و شور را بر روی سیگنال‌های صوتی بررسی شود. در این مقاله، برای مطالعه مشخصات آکوستیکی از جمله فشار آکوستیکی و دامنه سیگنال، محاسبه سرعت صوت از فرمول معادله Mackenzie (1981) استفاده شد.

$$C = 1448.96 + 4.591T - 5.304 \cdot 10^{-2} T^2 + 2.374 \cdot 10^{-4} T^{-3} + 1.340(S-35) + 1.63 \cdot 10^{-2} D + 1.675 \cdot 10^{-7} D^2 - 1.025 \cdot 10^{-2} T(S-35) - 7.139 \cdot 10^{-13} D^3 \quad (1)$$

که  $c$  سرعت صوت  $m/s$  و  $D$  عمق بر حسب متر  $0 \leq D \leq 8000$  و  $S$  شوری  $PPT$  در محدوده  $30 \leq S \leq 40$ ،  $T$  دما بر حسب درجه سلیسیوس  $0 \leq T \leq 30$  می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

خلیج فارس به دلیل تبخیر زیاد  $200 \text{ cm/year}$  از شورترین نواحی آب‌های دنیاست و به صورت یک خور معکوس، همواره از طریق تنگه هرمز در حال تبادل با دریای آزاد است (Reynolds 1993). این تحقیق در محدوده عرض جغرافیایی  $24^\circ 76'$  و  $25^\circ 61'$  و در محدوده طول جغرافیایی  $56^\circ 7'$  و  $59^\circ 26'$  در خلیج عمان انجام شده است. این داده‌های در مدت ۱۳ روز در ماه بهار ۱۳۹۶ توسط پروژه Joint Global Ocean Flux اندازه‌گیری شده‌اند. در این تحقیق ابتدا نحوه پخش پارامترهای هیدروفیزیکی در مقاطع افقی و قائم با استفاده از این داده‌ها بررسی می‌شود و در ادامه با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری در محیط Matlab نحوه انتشار صوت و تغییرات سیگنال‌های آکوستیکی با استفاده از چشمه‌های آکوستیکی مختلف بررسی می‌شود.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه (ایستگاههای رنگ مشکی مقطع طولی یک، ایستگاههای رنگ قرمز مقطع طولی دو- ایستگاههای رنگ قرمز تیره (زرشکی) مقطع طولی سه - ایستگاههای رنگ بنفش مقطع طولی چهارم- ایستگاههای رنگ سبز کمرنگ (فیروزه ای) مقطع طولی پنج و ایستگاههای رنگ سبز پررنگ مقطع طولی ششم) در فصل بهار

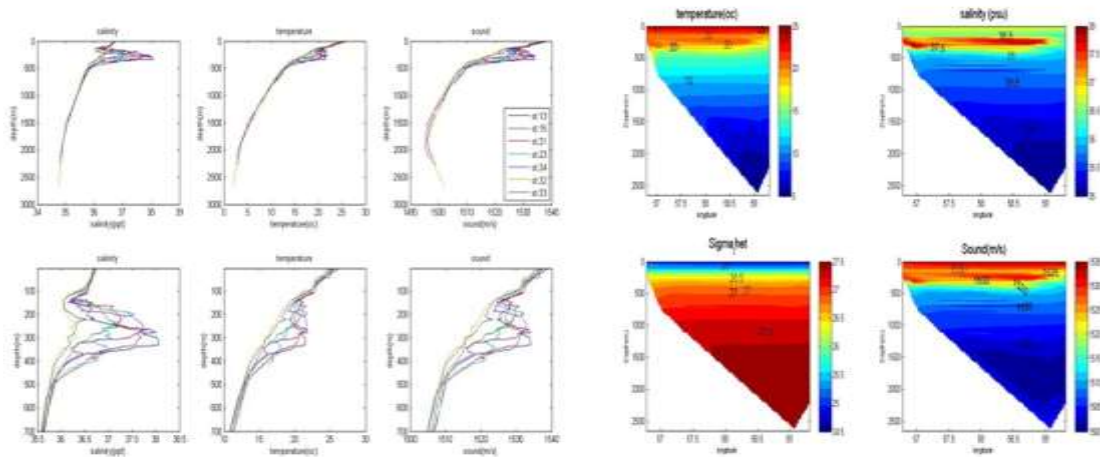
### ۳. نتایج

شروع به نفوذ و گسترش می نمایند، همانطوری که در ادامه ملاحظه خواهید نمود این توده آب باعث ایجاد دماغه (وارونگی) در نیمرخ های دما و شوری خواهد شد. و به طبع بر روی سرعت صوت تاثیر می گذارد. همانطوری که در نمودار شوری ملاحظه می نمائید هر چه به سمت دریای عمان نزدیکتر می شود از مقدار شوری در دماغه کاسته می شود. بطوری که در ایستگاه ۱۳ (نزدیک تنگه هرمز) ماکزیمم مقدار شوری برابر ۳۸,۳۸ پی پی تی می باشد و در نزدیکی اقیانوس هند برابر ۳۶ پی پی تی می رسد و همچنین ماکزیمم مقدار دما از ۲۳ درجه به ۱۴ درجه سانتی گراد کاهش می یابد و به طبع این تغییرات باعث تغییرات نیمرخ سرعت صوت در این لایه جریان نفوذی می گردد. این جریان خروجی هر چه به سمت دریای عمان نزدیک می شود، با آبهای اطراف مخلوط می شود و در اثر نیروی کوریولیس به سمت راست منحرف می شود، و باعث کاهش ضخامت این لایه وارونگی می شود. بطور مثال در ایستگاه ۳۳ وارونگی بین ۱۴۰ متری تا ۲۲۰ متری مشاهده می شود. در نیمرخ سرعت صوت، لایه وارونگی را تا عمق ۲۷۳ متری مشاهده می کنید، از این عمق تا عمق ۱۸۰۰ متری سرعت صوت کاهش می یابد بعد از ۱۸۰۰ متری به بعد با افزایش عمق، سرعت صوت

در این تحقیق ابتدا نیمرخ های قائم ایستگاههای خلیج عمان در حالت مقاطع افقی (خلیج عمان، ایستگاههای رنگی در تصویر ۱) همراه با سرعت صوت محاسبه شده، بررسی خواهد شد. شکل ۲ روند تغییرات مقطع طولی شوری، دما و سرعت صوت را در ایستگاههای جنوبی (رنگ فیروزه ای) در فصل بهار در مدت ۱۰ روز (ایستگاه ۳۳ روز ۱ و ایستگاه ۱۳ روز ۱۳ ماه چهارم ۱۹۹۶ برداشت شده است). نشان می دهد. همانطوری که در بخش بزرگنمایی این اشکال مشاهده می کنید، توده آب شور و گرم خلیج فارس به دلیل داشتن چگالی بالاتر نسبت به محیط اطراف در اعماق بین ۱۵۰ تا ۲۷۳ متری داخل خلیج عمان گسترش می یابد. در فصل زمستان به علت افزایش سرعت باد و کاهش تابش خورشید موجب افزایش عمق لایه اختلاط می شود و باعث ایجاد پیچکها و ادی ها می گردد و در نتیجه در این فصل، در محیط خلیج عمان به صورت یکنواخت می گردد و در فصل بهار توده آب گرم و شور خلیج فارس با چگالی کمتری نسبت به آبهای اعماق خلیج عمان از سمت تنگه هرمز وارد محیط چینه بندی شده خلیج عمان می شود و چون این توده دارای چگالی کمتری نسبت به محیط آبهای اطراف دارد، بنابراین در اعماق میانی

مقیاسی بسیار مشاهده می شود.

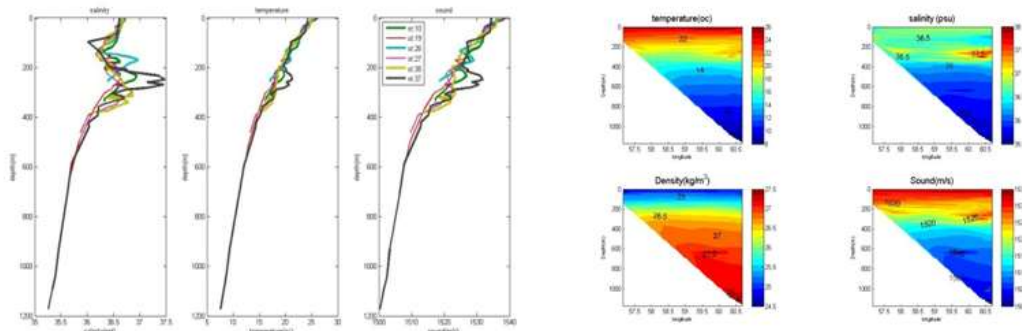
زیاد می شود. در نیمرخ سرعت صوت، ساختار ریز



شکل ۲. الف- روند تغییرات طولی پروفایل‌های هیدروفیزیکی در سواحل جنوبی (از چپ به راست: شوری- دما و سرعت صوت) ب- مقطع طولی (فیروزه ای)

لایه های پایین تر به سمت بالا می شود. ولی در ایستگاه ۳۷ وارونگی شوری و دما خیلی محسوس می باشد و تغییرات دمایی و شوری در این ایستگاه در مقایسه با دیگر این ایستگاه ها بیشتر می باشد در ضمن در مقایسه با ایستگاه جنوبی در همین طول جغرافیایی بیشتر می باشد.

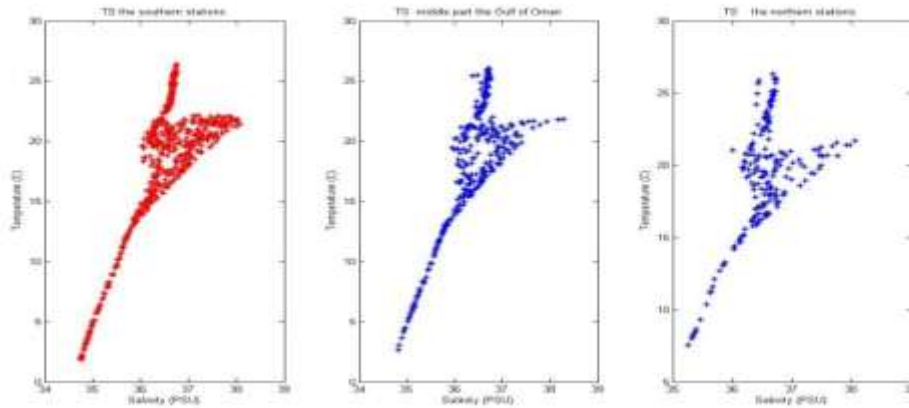
شکل ۳ روند تغییرات شوری، دما و سرعت صوت در ایستگاههای شمالی را نشان می دهد. روند تغییرات مقادیر شوری و دما در ایستگاه های شمالی نسبت به ایستگاههای جنوبی کمتر مشاهده می شود، وارونگی دمایی تقریبا خیلی محسوس نیست و این رویداد ممکن است بدلیل پدیده فراجوشی است که در ایستگاه ۳۶ در فصل بهار که باعث جابجایی آب از



شکل ۳. روند تغییرات شوری، دما و سرعت صوت را در سمت ایستگاههای شمالی (مشکی) (از چپ به راست: شوری- دما و سرعت صوت)

می شود، از پراکندگی نقاط پیداست در این اعماق بایستی وارونگی شوری و دما آبهای لایه با وارونگی شوری و لایه ترموکلاین داریم. هنگامی که به آبهای سطحی نزدیک می شویم، دوباره یکنواختی توده های آب دیده می شود که بدلیل انطباق با لایه اختلاط می باشد.

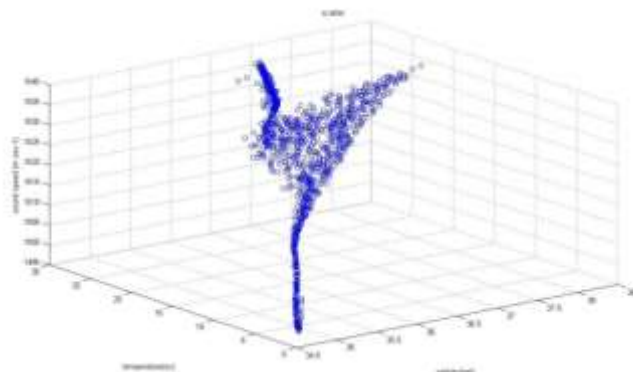
دیگرامهای شوری - دما در خلیج عمان، به منظور تعیین توده های آب در یک منطقه است. همانطوری- که در شکل ۴ مشاهده می شود، در کل خلیج عمان در فصل بهار، در تمام ایستگاه ها آبهای سرد و نسبتاً کم شور در اعماق مشاهده می شود. ولی در اعماق میانی توده های با شوری بالا و نسبتاً گرم مشاهده



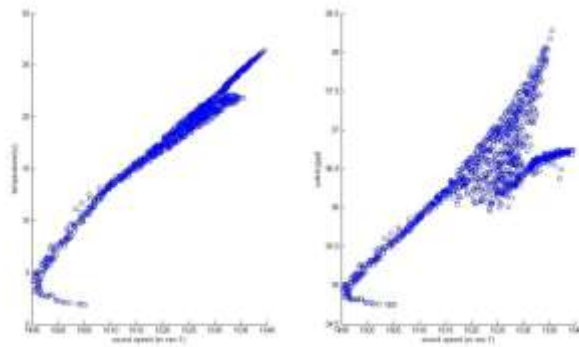
شکل ۴. T-S دیاگرام خلیج عمان از چپ به راست- ایستگاههای جنوبی- ایستگاههای میانی- ایستگاههای شمالی

مقیاس می شوند. در بخش پایینی با دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد و شوری کمتر از ۳۶ پی پی تی و با سطوح سرعت صوت پایین مشاهده می شود که این مجموعه داده مربوط به بستر این ایستگاهها می باشد. برای مشخص کردن رابطه شوری و دما با سرعت صوت، نمودارهای پراکندگی بین دو مولفه شوری-سرعت صوت و دما-سرعت صوت را رسم شدند. همانطوری که در شکل ۶ الف نشان داده شده است، می توان همبستگی بالای بین دما و سرعت صوت را که بر روی یک خط قرار گرفته اند را مشاهده نمود ولی در شکل ۶ ب- نمودار شوری به دو بخش تقسیم شده که از همبستگی کمتری تبعیت می کند (Jamshidi 2010).

دیاگرام دما- شوری و سرعت صوت تمام ایستگاهها در شکل ۵ ملاحظه می نمائید همانطوری که این دیاگرام نشان می دهد، داده ها در سه بخش تقسیم شده است در بخش بالایی این داده ها دارای مقادیر دمای بالا و سرعت صوت بالایی دارند که بر روی یک خط قرار گرفته اند و این مجموعه داده های مربوط به عمق لایه آمیخته و بالای ترموکلاین می باشد. در بخش میانی پراکندگی داده ها را مشاهده می نمائید، در این بخش تغییرات دمایی بین ۱۹ تا ۲۲ درجه سانتی گراد می باشد در این مجموعه داده ها، شوری نسبت به دیگر بخش های دارای مقادیر بالایی است و در نتیجه سرعت صوت دارای مقادیر بالایی است. این بخش مربوط به جریان نفوذی خلیج فارس به دریای عمان می باشد. که باعث ایجاد ساختارهای ریز



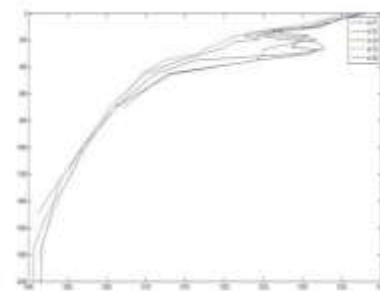
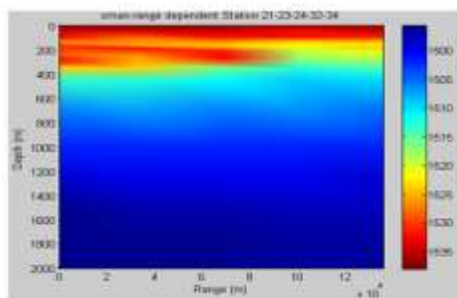
شکل ۵. نمودار دما-شوری و سرعت صوت



شکل ۶. الف - نمودار پراکندگی دما- سرعت صوت (سمت راست شکل) و ب- نمودار پراکندگی شوری و سرعت صوت (سمت چپ شکل)

ای با فرکانس ۱۰۰ هرتز در اعماق (۱۶۵،۱۹۱،۲۴۱) و ۳۴۱ متری) و زاویه پرتو (۱۴+ و ۱۴-)، با شرط مرزی خلا در سطح دریا و بستر شنی و صاف (سرعت موج تراکمی در بستر ۱۸۰۰ m/s، سرعت موج برشی ۶۵۰ m/s، ضریب تضعیف موج تراکمی ۰،۳۹ dB/m/Hz، ضریب تضعیف موج تراکمی ۰،۳۹ dB/m/Hz و چگالی بستر ۲ g/cm<sup>3</sup>) استفاده شده است. (Krishna Kumar and Murthy (2002).

در این بخش سناریو شبیه سازی انتشار آکوستیکی در ایستگاههای جنوبی خلیج عمان (فیروزه ای) در حضور جریان نفوذی در دو حالت وابسته به برد و مستقل از برد (تک نیمرخ)، با استفاده از روش تئوری پرتو بررسی می شود (2005 Ramana Murty). شکل ۷ تغییرات سرعت صوت را در ایستگاههای جنوبی را در منطقه مورد مطالعه انتشار صوت را نشان می دهد. در سناریو شبیه سازی آکوستیکی، از یک منبع نقطه



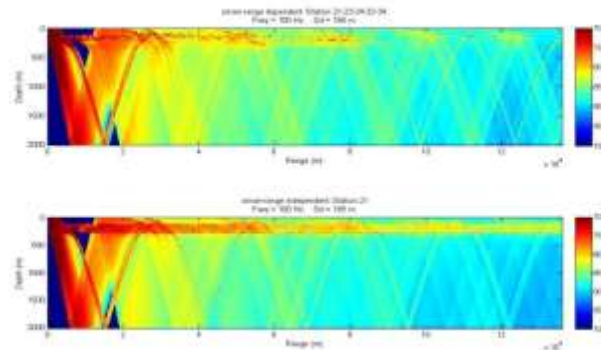
شکل ۷. نیمرخ تغییرات سرعت صوت در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی

وجود دارد و مکانهای تاریک بیشتری در محیط مشاهده می شود ولی در حالت وابسته به برد، به علت پخش انرژی آکوستیکی در محیط این نقاط کمتر مشاهده می شود (Hareesh Kumar (2007). هنگامی که منبع در عمق ۲۴۱ متری نصب شود (شکل ۱۰)، تلفات انتقال در حالت تک نیمرخ سرعت صوت (مستقل از برد) در فاصله ۱۳۶ کیلومتری از منبع در کانال سطحی برابر ۷۵db می باشد و در بقیه اعماق در این برد برابر ۹۳db می باشد و از فاصله ۱۰۰ کیلومتری بجزء در کانال صوتی سطحی تا ۱۳۶ کیلومتری، مکانهای تاریک بیشتری مشاهده می شود. ولی در سناریو وابسته به برد، تلفات انتقال در

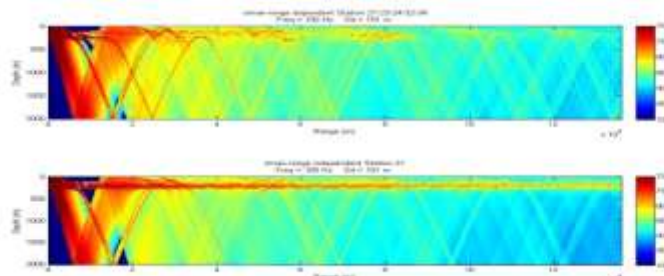
شکل ۸ تغییرات تلفات انتقال در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی با منبع ۱۰۰ هرتز در عمق ۱۶۵ متری الف - وابسته به برد ب- مستقل از برد (ایستگاه ۲۱) نشان می دهد. هنگامی که منبع در عمق ۱۶۵ متری نصب شود، تلفات انتقال در حالتی که فقط یک نیمرخ سرعت صوت در شبیه سازی استفاده شود، در فاصله ۱۳۶ کیلومتری در کانال سطحی در حدود ۸۵db خواهد شد ولی در حالت وابسته به برد معادل ۹۰db می شود و در این حالت کانال صوتی سطحی از برد ۸۰ کیلومتری محو می شود. همچنین در حالت مستقل از برد، بجزء در کانال صوتی سطحی، تلفات انتقال در محیط بیشتر

متری باشد (شکل ۹). هنگامی که منبع خارج از لایه جریان نفوذی نصب شود یعنی در عمق ۳۴۱ متری نصب شود (شکل ۱۰)، تقریباً در دو حالت وابسته به برد و مستقل از برد شبیه به هم می باشند. با این تفاوت که در حالت وابسته به برد تلفات انتقال در کانال صوتی سطحی بیشتر از حالت مستقل از برد می باشد.

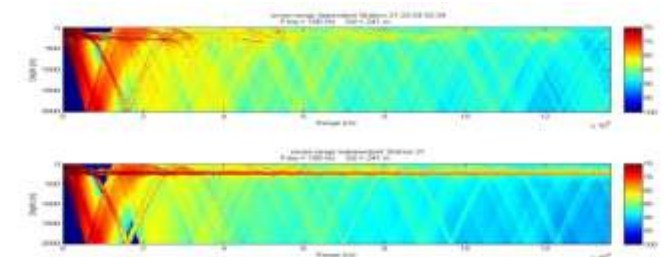
فاصله ۱۳۶ کیلومتری در کانال صوتی برابر ۹۳ db می باشد ولی در بقیه نقاط تلفات انتقال از حالت مستقل از برد کمتر می باشد و فشار آکوستیکی بیشتری در بقیه اعماق مشاهده می شود و در نتیجه مکانهای تاریک کمتر در این حالت مشاهده می شود. و هنگامی که منبع در عمق ۱۹۱ متری نصب شود تقریباً شبیه به حالتی است که منبع در عمق ۲۴۱



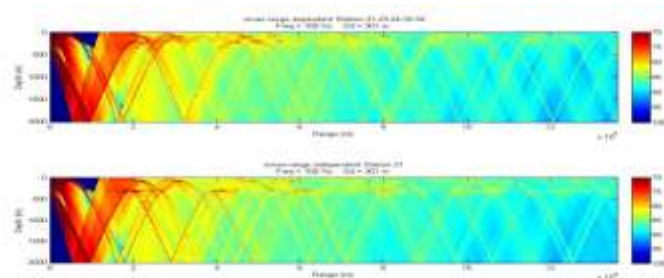
شکل ۸. تغییرات تلفات انتقال در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی با منبع ۱۰۰ هرتز در عمق ۱۶۵ متری الف - وابسته به برد ب- مستقل از برد ایستگاه ۲۱



شکل ۹. تغییرات تلفات انتقال در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی با منبع ۱۰۰ هرتز در عمق ۱۹۱ متری الف - وابسته به برد ب- مستقل از برد ایستگاه ۲۱



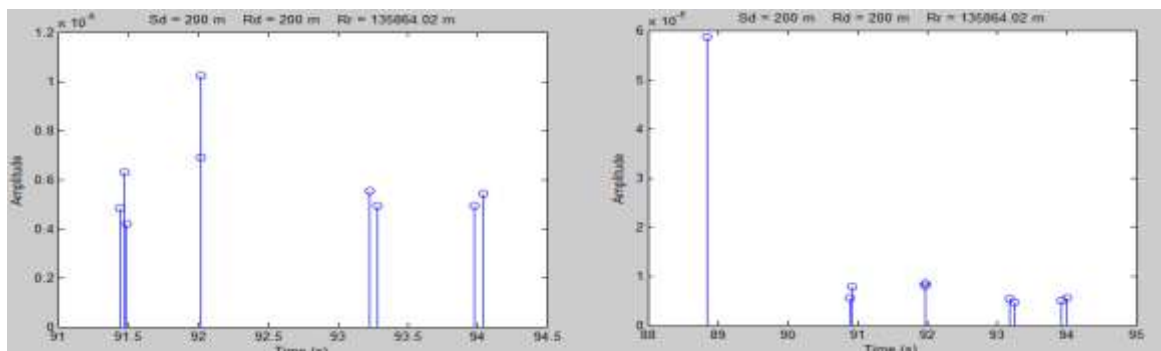
شکل ۱۰. تغییرات تلفات انتقال در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی با منبع ۱۰۰ هرتز در عمق ۲۴۱ متری الف - وابسته به برد ب- مستقل از برد ایستگاه ۲۱



شکل ۱۱. تغییرات تلفات انتقال در مقطع طولی ایستگاههای جنوبی با منبع ۱۰۰ هرتز در عمق ۳۴۱ متری الف - وابسته به برد ب - مستقل از برد ایستگاه ۲۱

منبع و گیرنده در داخل لایه جریان نفوذی (عمق ۲۰۰ متری) نصب شوند شدت سیگنال دریافتی اولین اکو در حالت مستقل از برد در حدود ۲۱,۷۳ db از حالت وابسته به برد بیشتر دریافت می شود. در تمام سناریوها هنگامی که گیرنده در پایین لایه جریان نفوذی (عمق ۳۴۰ متری) نصب شود، شدت سیگنال دریافتی در حالت وابسته به برد از حالت مستقل از برد بیشتر می باشد. و همچنین هنگامی که منبع پایین لایه جریان نفوذی (عمق ۳۴۰ متری) نصب شود، شدت سیگنال دریافتی در حالت وابسته به برد از حالت مستقل از برد بیشتر می باشد. در مقایسه حالات مدل وابسته به برد از جدول مشخص است که هنگامی که منبع در عمق ۲۰۰ متری (داخل لایه جریان نفوذی) و در گیرنده در عمق ۳۴۰ متری (بالایی لایه جریان نفوذی) نصب شود نسبت به بقیه حالات زودتر در گیرنده در برد ۱۳۶ کیلومتری دریافت می شود. ولی در حالات مستقل از برد هنگامی که منبع و گیرنده هر دو در عمق ۲۰۰ متری نصب شده باشند، نسبت به بقیه حالات زودتر دریافت می شوند.

در این بخش زمان دریافت اکوها و دامنه اکوهای دریافتی را در اعماق مختلف لایه جریان نفوذی در برد ۱۳۶ کیلومتری در دو حالت وابسته به برد و مستقل از برد بررسی خواهد شد (Sridevi (2010). شکل ۱۲، پاسخ پالس را هنگامی که منبع در عمق ۲۰۰ متری نصب شود و گیرنده در عمق ۲۰۰ متری (سمت چپ وابسته به برد - سمت راست مستقل از برد) را نشان می دهد. در جدول یک، زمان دریافت سیگنال و دامنه سیگنال دریافتی در دو حالت وابسته به برد و مستقل از برد در اعماق مختلف فرستنده و گیرنده ارائه شده است. همانطوری که از این جدول مشخص است در تمام حالات سناریو مستقل از برد نسبت به حالات وابسته به برد اولین اکو دریافتی زودتر دریافت می شود، بجز در دو حالت الف - وقتی که منبع در عمق ۲۰۰ متری و گیرنده در عمق ۳۴۰ متری باشد (در حدود ۱ ثانیه) و ب - هنگامی که منبع در عمق ۳۴۰ متری و گیرنده در عمق ۳۴۰ متری باشد (در حدود ۹ میلی ثانیه). با استفاده از جدول یک، اولین اکو دریافتی را مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهیم داد. در سناریو شبیه سازی انتشار آکوستیکی مستقل از برد، هنگامی که



شکل ۱۲. پاسخ پالس در برد ۱۳۶ کیلومتری و عمق ۲۰۰ متری و منبع ۲۰۰ متری (سمت چپ مستقل از برد - سمت راست وابسته به برد).



جدول ۱. پارامترهای پرتوهای آکوستیکی برای شرایط مختلف منبع-گیرنده در فرکانس ۱۰۰ Hz

منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۰,۸۶۴۷	۵,۲۹۶۷e-۰۶	۱	۹۱,۴۵۹۲	۴,۷۳۲۳e-۰۶
۲	۹۰,۹۱۶۹	۷,۵۳۱۸e-۰۶	۲	۹۱,۴۸۹۹	۶,۰۶۶e-۰۶
۳	۹۱,۹۵۴۲	۸,۱۲۱۱e-۰۶	۳	۹۱,۵۱۰۴	۴,۱۳۸۶e-۰۶
۴	۹۱,۹۸۱	۸,۲۲۹۱e-۰۶	۴	۹۱,۹۹۸۷	۶,۷۲۸e-۰۶
۵	۹۳,۲۲۱۸	۵,۲۰۱e-۰۶	۵	۹۲,۰۳۳۲	۱,۰۶۱۱e-۰۶
منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۲۰۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۲۰۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۸۸,۸۵۴۳	۵,۸۷۲۱e-۰۵	۱	۹۱,۴۳۸۵	۴,۸۱۱۵e-۰۶
۲	۹۰,۸۸۸۶	۵,۴۵۰۲e-۰۶	۲	۹۱,۴۶۷۹	۶,۲۹۶۶e-۰۶
۳	۹۰,۹۳۱۸	۷,۷۵۹۸e-۰۶	۳	۹۱,۴۸۷۶	۴,۱۹۳۱e-۰۶
۴	۹۱,۹۶۷۹	۸,۵۶۹۷e-۰۶	۴	۹۲,۰۱۷۹	۶,۸۹۴۲e-۰۶
منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۳۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۲۰۰ متری-گیرنده: ۳۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۰,۹۰۹۵	۵,۵۸۴۴e-۰۶	۱	۸۹,۸۴۷۲	۱,۵۹۶۴e-۰۵
۲	۹۰,۹۴۴۸	۷,۹۵۳e-۰۶	۲	۹۱,۴۲۰۵	۴,۸۸۰۶e-۰۶
۳	۹۱,۹۵۶۳	۸,۵۸۲۶e-۰۶	۳	۹۱,۴۴۸۶	۶,۴۹۷۷e-۰۶
۴	۹۱,۹۸۰۱	۷,۷۶۶۲e-۰۶	۴	۹۱,۴۶۷۷	۴,۲۴۰۷e-۰۶
منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۱,۳۸۰۱	۵,۵۹۰۱e-۰۶	۱	۹۱,۴۳۸۶	۵,۱۱۱۳e-۰۶
۲	۹۱,۳۹۰۳	۵,۹۰۶۱e-۰۶	۲	۹۱,۵۰۲۲	۵,۰۶۷۵e-۰۶
۳	۹۲,۵۸۷	۵,۸۲۸۱e-۰۶	۳	۹۲,۰۴۶۵	۴,۰۴۲۷e-۰۶
۴	۹۲,۵۹۳۶	۵,۵۹۶۶e-۰۶	۴	۹۲,۶۲۰۲	۶,۵۴۸۲e-۰۶
منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۲۰۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۲۰۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۱,۴۰۵	۵,۷۵۸۵e-۰۶	۱	۹۱,۴۶۳۵	۵,۳۲۲۲e-۰۶
۲	۹۱,۴۱۴۳	۶,۰۷۶۱e-۰۶	۲	۹۱,۴۷۹۶	۵,۷۴۲۷e-۰۵
۳	۹۲,۵۶۰۴	۶,۰۱۴۶e-۰۶	۳	۹۱,۴۸۲۶	۱,۱۰۶۵e-۰۶
منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۳۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد			منبع ۴۰ متری-گیرنده: ۳۴۰متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۰,۹۱۲۳	۹,۴۱۷e-۰۷	۱	۹۱,۴۵۹۸	۶,۳۳۳۱e-۰۶
۲	۹۱,۴۲۶۸	۵,۹۰۵۳e-۰۶	۲	۹۱,۴۶۲۵	۲,۲۶۱e-۰۶

شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۳	۹۱،۴۸۵۴	$۵،۵۰۶۶ e^{-۰۰۶}$	۳	۹۱،۴۳۵۳	$۶،۲۲۴۲ e^{-۰۰۶}$
منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۴۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد			منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۴۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد		
ادامه جدول ۱					
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۱،۳۹۱۷	$۸،۶۴۸۵ e^{-۰۰۶}$	۱	۹۱،۳۵۹۱	$۴،۵۸۷ e^{-۰۰۶}$
۲	۹۱،۴۰۵۵	$۱،۲۳۲۹ e^{-۰۰۵}$	۲	۹۱،۴۴۶۶	$۷،۷۰۰۴ e^{-۰۰۶}$
۳	۹۱،۴۱۲۳	$۱،۲۰۹۴ e^{-۰۰۵}$	۳	۹۱،۷۰۸۲	$۱،۱۴۸۷ e^{-۰۰۵}$
۴	۹۱،۴۹۸۴	$۷،۶۳۶۹ e^{-۰۰۶}$	۴	۹۱،۷۴۵	$۸،۷۲۷۱ e^{-۰۰۶}$
منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۲۰۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد			منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۲۰۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۱،۴۰۲۵	$۳،۷۸۴۹ e^{-۰۰۵}$	۱	۹۱،۳۸۳۹	$۴،۶۵۳۶ e^{-۰۰۶}$
۲	۹۱،۴۰۳۵	$۲،۱۲۲۴ e^{-۰۰۵}$	۲	۹۱،۴۵۶	$۷،۶۰۶۱ e^{-۰۰۶}$
۳	۹۱،۴۰۹۹	$۹،۳۵۶۹ e^{-۰۰۵}$	۳	۹۱،۷۲۰۷	$۱،۴۱۸۷ e^{-۰۰۵}$
۴	۹۱،۴۱۸۹	$۱،۴۰۹۵ e^{-۰۰۵}$	۴	۹۱،۷۳۸۱	$۱،۹۷۴۹ e^{-۰۰۵}$
منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۳۴۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-وابسته به برد			منبع ۳۴۰ متری-گیرنده: ۳۴۰ متری-برد ۱۳۶ کیلومتر-مستقل از برد		
شماره پرتو	زمان	دامنه	شماره پرتو	زمان	دامنه
۱	۹۱،۳۹۵۹	$۲،۳۵ e^{-۰۰۵}$	۱	۹۱،۴۰۵۵	$۴،۷۱۱۲ e^{-۰۰۶}$
۲	۹۱،۴۰۸۴	$۱،۳۹۸۱ e^{-۰۰۵}$	۲	۹۱،۴۶۴۲	$۷،۳۸۶۵ e^{-۰۰۶}$
۳	۹۱،۴۲۵۹	$۹،۹۷۳۲ e^{-۰۰۶}$	۳	۹۱،۷۳۱۹	$۴،۲۱۱۴ e^{-۰۰۵}$
۴	۹۱،۴۳۰۷	$۱،۴۹۱۸ e^{-۰۰۵}$	۴	۹۲،۵۵۸۸	$۵،۶۶۶۹ e^{-۰۰۶}$

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

در این مقاله روند تغییرات پارامترهای هیدروفیزیکی و آکوستیکی خلیج عمان در فصل بهار بررسی شد. همانطوریکه در اشکال این مقاله مشاهده کردید در تمام خلیج عمان در این فصل وارونگی دما و شوری، که باعث وارونگی سرعت صوت شده، در محدوده اعماق بین ۱۵۰ تا ۲۷۳ متری مشاهده می شود. همچنین با محاسبه ضخامت لایه نفوذی مشخص شد، که هر چه به سمت دریای عمان نزدیک می شود از این ضخامت کاسته می شود. و در تمام مقاطع از سطح تا بستر سرعت صوت کاسته می شود بجزء در لایه جریان نفوذی که بخاطر شار خروجی از خلیج فارس به خلیج عمان ایجاد می شود، افزایش می یابد. با بررسی دیاگرامهای T-S مشخص شد، که در کل خلیج عمان در فصل بهار، در تمام ایستگاه ها آبهای سرد و نسبتاً کم شور در اعماق مشاهده می شود.

ولی در اعماق میانی توده های با شوری بالا و نسبتاً گرم مشاهده می شود، از پراکندگی نقاط پیداست در این اعماق بایستی وارونگی شوری و دما آبهای لایه با وارونگی شوری و لایه ترموکلاین داریم. هنگامی که به آبهای سطحی نزدیک می شویم، دوباره یکنواختی توده های آب دیده می شود که بدلیل انطباق با لایه اختلاط می باشد. با محاسبه ضریب همبستگی بین دما- سرعت صوت و شوری -سرعت صوت مشخص گردید که در این فصل سرعت صوت با دما دارای ضریب همبستگی بالایی در تمام حوزه خلیج عمان دارد ولی با شوری فقط در سواحل جنوبی و میانی، ضریب همبستگی بالایی دارد. در بخش آخر این مقاله نحوه انتشار امواج آکوستیکی، شدت سیگنال دریافتی و زمان دریافت سیگنال را در دو حالت مستقل از برد و وابسته به برد در قسمت جنوبی خلیج عمان بررسی شد. در تمام حالات سناریو مستقل از

waves: a laboratory experiment, Ross Fluid Mech, vol 602, pp.219-239-

Hareesh Kumar, Sanilkumar, K.V. and Prasada Rao C.V.K. 2007. Arabian Sea Mini Warm Pool and its Influence on Acoustic Propagation, P.V., Defence Science Journal, Vol. 57, No. 1, pp. 115-121.

Jamshidi, S., and Abu Bakar, Md N.B. 2010. An Analysis on Sound Speed in Seawater using CTD Data. Journal of Applied Sciences, 10: 132-138.

Krishna, Kumar, G.V. and Murthy, P.G. 2002. Simulation of sound speed structure due to internal waves in the ocean, In: Proceeding so the .ICONSD International Conference on Sonar-Sensors and Systems.

Mackenzie, K.V. 1981. Nine-term equation for sound speed in the oceans, J Acous Soc Am, 70 (807-808).

Ramana Murty, T.V., Malleswara Rao, M.M., Prakash, S., Chandramouli, P. and Murty, K.S.R. 2005. Algorithms and Interface for Ocean Acoustic Ray Tracing, Technical Report No. NIO/TR-09/2005. National Institute of Oceanography, Regional Center, Visakhapatnam, India.

Salon, S., Crise, A., Picco, P., de-Marinis, E. and Gasparini, O. 2003. Sound speed in the Mediterranean Sea: An analysis from a climatological data set. Ann. Geophys., 21: 833-846.

Sridevi, B., Murty, T.V.R., Sadhuram, Y., Rao, M.M.M., Maneesha K., Sujith Kumar, S. and Prasanna, P.L. 2010. Impact of internal waves on sound propagation off Bhimilipatnam east coast of India. Estuarine, Coastal and Shelf Science 88-249e259

برد نسبت به حالات وابسته به برد اولین اکو دریافتی زودتر دریافت می شود، بجزء هنگامی که منبع در عمق ۲۰۰ متری و گیرنده در عمق ۳۴۰ متری باشد (در حدود ۱ ثانیه) و نیز هنگامی که منبع در عمق ۳۴۰ متری و گیرنده در عمق ۳۴۰ متری باشد (در حدود ۹ میلی ثانیه) در سناریو وابسته به برد نسبت به سناریو مستقل از برد زودتر دریافت می شود. و همچنین در سناریو مستقل از برد، مناطق کور کمتری در محیط مشاهده می شود در مقابل در حالت وابسته به برد، این مکانها بخاطر پخش انرژی صوتی بیشتر مشاهده می شود. در تمام سناریوها هنگامی که گیرنده در پایین لایه جریان نفوذی (عمق ۳۴۰ متری) نصب شود، شدت سیگنال دریافتی در حالت وابسته به برد از حالت مستقل از برد بیشتر می باشد. و نیز هنگامی که منبع پایین لایه جریان نفوذی (عمق ۳۴۰ متری) نصب شود، شدت سیگنال دریافتی در حالت وابسته به برد از حالت مستقل از برد بیشتر می باشد. در همه حالات، مشخصه های تلفات انتقال سناریوهای وابسته به برد نسبت به حالت مستقل از برد به طور قابل توجهی بیشتر تغییر می کند.

#### منابع:

Descamps, F., 2009. Measurement of sound speed versus depth in Antarctic ice with the South Pole acoustic test setup. Nucl. Inst. Meth. Phys. Res., 604: S175-S178.

Griffiths, W. and Bidokhti, A, A. 2008. Interleaving intrusion produced by internal

## The study of layering structure of outflow from the Persian Gulf to Gulf of Oman and it's impact on propagation of sound with acoustic sources about outflow intrusion at spring

M.Aakbarinasab<sup>1,2</sup>, M.Sadrinasab<sup>2</sup>, A. A. Bidokhti<sup>3</sup>, V.Chegini<sup>4</sup>

1. University of Mazandaran, Babolsar,
2. Khoramshahr Marine science and Technology University, Iran
3. Institute of Geophysics, Tehran University
4. Department of Marine Engineering, Iranian National Center for Oceanography, Tehran, Iran

### Abstract

In this study, variations of field data such as temperature, salinity and sound of speed in horizontal and across transects of the Gulf of Oman were analyzed using CTD data acquired by international project, Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) during the spring of 1996. Results indicate that at all sections, at depths between 120 m to 276m in Gulf of Oman to 60 ° E, finestructures were found; this indicates mixing with surrounding waters by thermohaline intrusions. These thermohaline intrusions caused temperature and salinity inversion that causes inversion of sound speed profile. Thickness inversion at the stations near the Strait of Hormuz is about 156 m and at stations far from the Strait of Hormuz (near the Oman of Sea) is about 80m. By previous studies, this outflow intrusion causes the internal waves in the Gulf of Oman (2). These results suggest that formation of intrusion depends on the intermittent outflow through the Strait of Hormuz. In this survey, high salinity water and high temperature water masses spread into the Persian Gulf at an intermediate level, in the Gulf of Oman.. In this research, the acoustic propagation characteristics (transmission loss, amplitude of signal and travel time of signal) up, below and into, of the outflow intrusion were assessed based on the output of a range-dependant acoustic model and range independent acoustic model. In general, the occurrence of this thermohaline intrusion was found to alter the propagation characteristics.

**Keywords:** Thermohaline intrusion, Gulf of Oman, Acoustic propagation Model, Acoustic propagation characteristics