دانشگاه هرمزگان

علوم پایه

پایان نامه برای دریافت درجۀ کارشناسی ارشد در رشتۀ فیزیک دریا

عنوان پایان نامه:

مدل سازی انتشار امواج صوتی در دریای عمان با استفاده از روش تئوری پرتو

استاد راهنما :

دکتر مهدی محمد مهدی زاده

استاد مشاور :

ایمان مهرابی

نگارش :

حامد سام دلیری

اسفندماه۱۳۹۱

دانشگاه هرمزگان

علوم پایه

پایان نامه برای دریافت درجۀ کارشناسی ارشد در رشتۀ فیزیک دریا

عنوان پایان نامه:

مدل سازی انتشار امواج صوتی در دریای عمان با استفاده از روش تئوری پرتو

استاد راهنما :

دکتر مهدی محمد مهدی زاده

استاد مشاور :

ایمان مهرابی

نگارش :

حامد سام دلیری

اسفندماه۱۳۹۱

تقدیم به :

یاری که وجودش را به پای زندگیم گذاشت

همسرم

تشکر و قدردانی:

در اینجا لازم می دانم از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر مهدی محمد مهدی زاده و استاد مشاور عزیزم جناب آقای ایمان مهرابی که با زحمات بی شائبه و راهنمایی های ارزنده خود بنده را در تدوین رساله حاضر یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از دوستان عزیزم جناب آقای محسن هوشیار ، عمادالدین مظفری مجد وشهریار دهقانی کمال تقدیر و تشکر را دارم .

چکیده

در این پایان نامه انتشار امواج صوتی زیر آب در دریای عمان با استفاده از تئوری پرتو مدل سازی می شود و از مفهوم جبهه موج پیشرونده برای بررسی پروفایل سرعت صوت در دریای عمان استفاده می شود جهت نیل به نتایج قابل قبول اندازه گیری پروفایل های عمودی درجه حرارت شوری و سرعت صوت بوسیله پایگاه اطلاعاتی Asia-Pacific Data Research فراهم شده است . علاوه بر این پرتو یابی در دو حالت مختلف آبهای عمیق و کم عمق انجام شده است نتایج این پژوهش عملکرد چشم گیر تئوری پرتو در حل مسئله انتشار امواج صوتی زیر آب را نشان می دهد

کلمات کلیدی: صوت زیر آب ، تئوری پرتو ، دریای عمان ، آب کم عمق ، آب عمیق

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل ۱: کلیات

۱-۱بیان مسئله.....۲

۱-۲ ضرورت انجام تحقیق.....۲

۱-۳سوالات و فرضیه ها.....۳

۱-۴ اهداف پژوهش.....۴

۱-۵ معرفی منطقه مورد مطالعه(دریای عمان).....۴

فصل۲: ادبیات و مستندات تحقیق

۲-۱ مقدمه بر انتشار صوت در دریا ۷

۲-۲ مقدمه ای بر روش های مدلسازی انتشار صوت در دریا.....۸

۲-۳ مقایسه مدل ها.....۱۳

۲-۴ مفاهیم اولیه صوت.....۱۶

۲-۴-۱ انتشار امواج صوتی در آب.....۱۷

۲-۴-۲ واحد دسی بل(db).....۱۸

۲-۴-۳ سرعت صوت و روابط تجربی حاکم بر آن.....۱۸

۲-۴-۴ توزیع سرعت صوت با عمق در اقیانوس ۱۹

۲-۴-۵ تغییرات توزیع عمودی سرعت صوت با فصول و عرض جغرافیایی..... ۲۰

۲-۵ا صول مدل سازی عددی انتشار امواج.....۲۲

۲-۵-۱ مقدمه.....۲۲

۲-۵-۲ معادله ی موج.....۲۳

۲-۶ تئوری پرتو.....۲۶

۲-۶- ۱ مقدمه..... ۲۶
۲-۶-۲ قانون اسنل..... ۲۷
۲-۶-۳ انتشار بر اساس تئوری پرتو..... ۲۸
۲-۶-۴ ر وش های مبتنی بر تئوری پرتو..... ۳۱
۲-۶-۵ استنتاج ریاضی معادلات پرتو و به کارگیری تقریب فرکانس بالا..... ۳۱
فصل سوم: تجزیه و تحلیل
۳-۱معادلات حاکم بر مدل نوشته شده..... ۳۷
۳-۱-۱ مدل جبهه موج پیش رونده ۳۷
۳-۲ چگونگی اعمال اثر سطح و بستر بر مدل..... ۴۰
۳-۳ تشریح کامل چگونگی کار با مدل نوشته شده..... ۴۰
۳-۴ ارایه برنامه کاربردی جهت رسم پرتوی صوت در دریای عمان..... ۴۸
۳-۵ اعتبار سنجی خروجی مدل..... ۵۳
۳-۵-۱ صحت سنجی رسم پروفایل سرعت صوت در فصل زمستان..... ۵۳
۳-۵- ۲ صحت سنجی نمایش نحوه انتشار..... ۵۴
۳-۵-۳ اعتبار سنجی داده ها..... ۵۵
فصل چهارم : نتایج و پشنهادات
۴-۱ نتایج..... ۵۸
۴-۲ پیشنهادات..... ۶۱
فهرست منابع ۶۲

فهرست شکل ها

عنوان.....صفحه

شکل ۱-۲: سرعت صوت بر حسب دامنه و عمق.....۹

شکل ۲-۲: دامنهٔ کارآیی مدل های مختلف محاسبه انتشار صوت زیرآبی.....۱۴

شکل ۲-۳:توزیع سرعت صوت با عمق در اقیانوس.....۱۹

شکل۲-۴ :بررسی نمودار سرعت صوت در تابستان و زمستان.....۲۱

شکل۲-۵ : اثر عرض جغرافیایی روی سرعت صوت در آبهای عمیق.....۲۱

شکل ۲-۶: طرح کلی و دسته بندی ساده روش های مختلف مدل سازی انتشار موج در دریا.....۲۴

شکل ۲-۷ زاویه باز تابش وشکست پرتو ها در اثر برخورد با سطح.....۲۶

شکل ۲-۸ : انعکاس پرتوهای صوتی در محیط با سرعت متغیر.....۲۷

شکل ۲-۹ ساختار گرادیان مثبت دما و نحوه انتشار پرتو.....۲۸

شکل ۲-۱۰ ساختار گرادیان منفی دما و نحوه انتشار پرتو.....۲۸

شکل ۲-۱۱منحنی پرتو صوتی در محیطی با گرادیان ثابت.....۲۹

شکل ۲-۱۲ : بخشی از یک کمان کروی مسیر یک پرتو با گرادیان منفی.....۳۰

شکل ۲-۱۳ : هندسه مسیر پرتو در مختصات استوانه ای (در دوبعد) ۳۳

شکل ۲-۱۴ : نمایش پرتوهای صوتی.....۳۴

شکل ۲-۱۵(الف) : نمودار سرعت صوت مانک.....۳۵

شکل ۲-۱۵(ب) : نمایش مسیر پرتوهای صوتی برای نمودار سرعت صوت مانک ۳۵

شکل ۳-۱ : نمایش مدل جبهه موج پیش رونده ۳۸

شکل ۳-۲: بازسازی نتیجه شبیه‌سازی مقاله ۴۹.....۴۰

شکل ۳-۳: عمق دریای عمان با دقت یک کیلومتر در قالب فایل*EXCEL*.....۴۱

شکل ۳-۴: انتخاب محل منبع صوت.....۴۱

شکل ۳-۵: مدل بستر دریا با توجه به محل انتخاب شده در ایستگاه ۴۲

شکل ۳-۶: سایت داده‌های دما و شوری به تفکیک ایستگاه‌ها.....۴۳

شکل ۳-۷: داده‌های دما به صورت فایل *Excel* به تفکیک ایستگاه‌ها.....۴۳

شکل ۳-۸: انجام رگرسیون روی داده‌های دما..... ۴۴
شکل ۳-۹: انجام رگرسیون روی داده‌های شوری..... ۴۴
شکل ۳-۱۰: پروفیل سرعت صوت به تفکیک فصول..... ۴۵
شکل ۳-۱۱: نحوه انتشار امواج صوتی در دریای عمان در بهار..... ۴۶
شکل ۳-۱۲: نحوه انتشار امواج صوتی در دریای عمان در تابستان..... ۴۶
شکل ۳-۱۳:نحوه انتشار امواج صوتی در دریای عمان درپاییز..... ۴۷
شکل ۳-۱۴:نحوه انتشار امواج صوتی در دریای عمان درزمستان..... ۴۷
شکل ۳-۱۵: پروفیل سرعت صوت بر اساس داده‌های کاربر..... ۴۸
شکل ۳-۱۶: محیط شروع برنامه رسم پرتو صوت..... ۴۹
شکل ۳-۱۷: وارد کردن زاویه و پیغام باز شدن فایل *EXECL* ۴۹
شکل ۳-۱۸: تصویر دریای عمان در قالب فایل *EXCEL*..... ۵۰
شکل ۳-۱۹: انتخاب کادر متناسب با زاویه انتخاب شده..... ۵۰
شکل ۳-۲۰: انتخاب *OK* بعد از مشخص کردن کادر..... ۵۱
شکل ۳ -۲۱: مدل بستر دریا بر اساس راستای قرار گرفتن فرستنده..... ۵۱
شکل ۳-۲۲: انتخاب کلید *Enter* و وارد کردن عمق مناسب ۵۲
شکل ۳-۲۳: انتخاب زوایای قطاع فرستده..... ۵۲
شکل ۳-۲۴ پروفیل سرعت صوت در فصل زمستان..... ۵۳
شکل ۳-۲۵مدلسازی نحوه انشار در مرجع [۱۷]..... ۵۴
شکل ۳- ۲۶نمایش نحوه انتشار با استفاده از برنامه متلب نوشته شده..... ۵۴
شکل ۳-۲۷ پروفیل های سرعت صوت ژانویه و اگوست لایه سطحی..... ۵۵
شکل ۳-۲۸پروفیل های سرعت صوت ژانویه و اگوست در نقطه ای از دریای عمان..... ۵۵
شکل۴-۱انتشار در کانال صوتی دریای عمان در فصل بهار..... ۵۹
شکل ۴-۲ انتشار در کانال صوتی دریای عمان در فصل تابستان..... ۵۹
شکل ۴-۳ انتشار در کانال صوتی دریای عمان در فصل پاییز..... ۶۰
شکل ۴-۴ انتشار در کانال صوتی دریای عمان در فصل زمستان..... ۶۰

فهرست جدول ها

عنوان.....صفحه

جدول۳-۱محاسبه سرعت صوت میانگین اعماق ۹۰۰ تا ۲۰۰۰ متری دریای عمان در ماه ژانویه.....۵۳

جدول ۴-۱ بررسی چهار پرتو ویژه در فصول مختلف.....۶

فصل اول

کلیات

فصل اول

کلیات

۱- ۱ بیان مسئله

مدلسازی و شبیه سازی نحوه انتشار امواج صوتی ، از مباحث مهم و پایه ای صوت در دریا می باشد . مدلسازی محیط دریا و نحوه انتشار موج امروزه در سونار های هوشمند مورد استفاده قرار می گیرد که به وسیله آن روش های مرسوم پردازش سیگنال آرایه ای را با مدلهای انتشار امواج در محیط دریا ترکیب کرده و تلاش می نماید خواص غیر خطی و غیر همگن بودن محیط را اعمال نماید.

انتشار صوت در دریا به صورت ریاضی با معادله موج توصیف می شود که پارامترهای آن و شرایط مرزی مشخص کننده ی محیط اقیانوس هستند.

برای مدلسازی نحوه انتشار دو روش وجود دارد:

روش تئوری پرتو

حل کامل معادله موج

روش تئوری پرتو ابتدا در اوایل ۱۹۶۰ به کارگرفته شد. اساس این روش برمبنای حل معادله هلمهولتز و استفاده از قانون اسنل است.این روش برای تحلیل انتشار امواج صوتی در فرکانس بالا مورد استفاده قرار می گیرد که با استفاده از قانون اسنل رفتار امواج صوتی به صورت پرتو های صوتی مورد بررسی قرار می گیرد. [۱]

در این تحقیق دریای عمان با توجه به شرایط ویژه اقتصادی سیاسی و نظامی ان برای کشور ما به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است و مدلسازی انتشار امواج صوتی دراین دریا انجام شده است.این مدلسازی با به کارگیری داده های دما شوری و عمق و با استفاده از رابطه تجربی سرعت صوت انجام شده است.این مدلسازی ازروش مدل جبهه موج پیشرونده که بر پایه تئوری پرتو استوار است صورت گرفته است.ایده اولیه جهت استفاده ازاین روش با برسی مقالات مختلف و نهایتا استفاده از مرجع [۱۷]بوده است. کلیه مراحل مختلف مدلسازی شامل شبیه سازی نتیجه مرجع [۱۷]، مدلسازی بستر دریای عمان، دستیابی به پروفیل های دما و شوری، دستیابی به پروفایل سرعت صوت و نهایتا نمایش نحوه انتشار امواج صوتی در دریای عمان با برنامه متلب نوشته شده است.

۱-۲ ضرورت انجام تحقیق

انگیزه اولیه در توسعه مدلهای انتشار صوت در زیر دریا کاربردهای دفاعی است پژوهشگران درگیر در جنگ افزارهای ضد زیر دریایی و دیگر موضوعات مربوط به دفاع زیر دریا از این

مدل برای تفسیر و پیش بینی شرایط صوتی دردریا با هدف طراحی سیستم یا ارزیابی عملکرد سونارهای مخابرات زیر آبی استفاده می کنند.

به طور کلی این تحقیق کاربردهای غیر نظامی دیگری نظیر عمق یابی ، نقشه برداری بستر دریا، صیادی پیشرفته، اکتشافات زمین شناسی، ناوبری و مخابرات زیر آبی، کشف اهداف و تعیین موقعیت آنها دارد.

با توجه به موقعیت استراتژیک دریای عمان و توجه ویژه و راهبردی اخیر جمهوری اسلامی ایران به این منطقه جهت تامین امنیت و حفظ سیادت دریایی خود ، لزوم شناسایی دقیق این منطقه به ویژه در مقوله چگونگی انتشار امواج صوتی به منظور کنترل هرچه بیشتر واحد های زیر سطحی بیش از پیش احساس می شود که متاسفانه در این زمینه اقدامات بارزی صورت نگرفته است .

عمق بیشتر از ۱۰۰۰ متری اکثر نقاط دریای عمان موجب بی توجهی به این منطقه از نقطه نظر اقتصادی به ویژه در زمینه انجام اکتشافات زیر آبی شده است حال آنکه به منظور انجام تحقیقات اکتشافی ، استفاده از مخابرات زیر آبی اجتناب ناپذیر است.همچنین در صورت تمایل جهت انجام بررسی های علمی در اعماق زیاد این منطقه ناگزیر به بهره گیری از مخابرات زیر آبی جهت ارسال داده هایی به سطح دریا خواهد بود از این دو منظر (اقتصادی و علمی) نیز لزوم شناسایی و تحلیل انتشار امواج صوتی در این منطقه به خوبی دیده می شود.

۱-۳سوالات و فرضیه ها

در این تحقیق سعی شده است به سوالات زیر پاسخ داده شود:۱-شکل کلی نمایش مسیر پرتوهای صوتی دردریای عمان چگونه است۲- آیا تغیر فصول اثری به تحوه انتشار صوتی در دریای عمان می گذارد. فرضیه های که در این تحقیق در نظر گرفته شده است عبارتند از:

۱-به طور کلی راستای انتشار امواج صوتی در دریای عمان در اعماق کمتر از ۱۰۰۰ متر به سمت اعماق بیشتر است.

۲- شکل کلی مسیر انتشار امواج صوتی در دریای عمان با تغییرات فصل های سال تغییر خواهد کرد.

۱-۴ اهداف پژوهش

هدف اصلی این تحقیق ارائه یک مدل عددی جهت تحلیل انتشار امواج صوتی در دریای عمان بر اساس تئوری پرتو می باشد. مدل ارائه شده این توانایی را داشته تا راستای انتشار صوت منتشره از منابع را در فواصل مختلف نشان داده و مناطق سایه ای (shadow zones) مناطق همگرایی (convergence zones) مناطق واگرایی (divergence zones) را مشخص نماید

۱-۵ معرفی منطقه مورد مطالعه(دریای عمان)

در حدود ۳۵ میلیون سال پیش حرکات پوسته زمین مقدمه ای جهت پیدایش دریای عمان (دریای مکران) بود. این دریا واقع در جنوب شرقی ایران تنها دریای آزادی است که از سه طرف به خشکی محدود شده است. از لحاظ جغرافیایی آن را می توان بطور کلی از سمت شمال به سواحل هرمزگان، بلوچستان و پاکستان، از سمت شرقی به شبه جزیره دکن و از سوی غرب به شبه جزیره عربستان و سواحل عمان و ازجنوب به اقیانوس هند محدود نمود. کرانه های جنوب ی ایران ازتنگه هرمز تا بندر گواتر در مجاورت آن قرار گرفته است. این مسافت بیش از یک سوم سواحل جنوبی ایران را شامل می شود. این دریا بدلیل عبور مدار رأس السرطان از ناحیه شمالی آن در زمره آبهای گرم کره زمین می باشد. حداکثر درجه حرارت سطح آب در مرداد ماه به ۳۳ درجه سانتی گراد و حداقل در دی ماه به ۱۹/۸ درجه سانتی گراد می رسد . مساحت آن ۹۰۳ هزار کیلومتر مربع بوده و عمق آن در پیرامون چابهار حدود ۳۶۴۵ متراست . شوری متوسط این دریا ۳۶/۵ گرم در لیتر است . چنین موقعیت خاصی جریانات متفاوت فصلی را در آبهای آن باعث گردیده و همواره تحت تأثیر چند توده هوا می باشد به گونه ای که از یکسو تحت تأثیر بادهای موسمی اقیانوس هند و از طرف دیگر تحت تأثیر جبهه هوای سرد ناشی از کاهش درجه رطوبت مناطق کوهستانی و افزایش درجه رطوبت مناطق پست است. عوامل فوق موجبات وزش بادهایی با جهات و شدت های مختلف را فراهم آورده که اصطلاحا به آن بادهای موسمی می گویند. این بادهاحدود ۶ ماه از سوی شمال شرقی منطقه را پوشش می دهند. علاوه بر آن این منطقه در قسمتی از سال تحت تأثیر طوفان های استوایی قرار می گیرد. این طوفان ها که از فصل تابستان شروع می شود در سواحل شمال دریای عمان (ایران) ۳ ماه طول می کشد. این طوفانها درحقیقت از قسمت میانی اقیانوس هند سرچشمه می گیرند. طوفان ها در سواحل عمان منحرف شده، برخی به سواحل پاکستان و هند و بخشی دیگر متوجه سواحل ایران می گردد و تلاطم آن نواحی

مزبور را تحت تاثیر قرار می دهند. این امر باعث بوجودآمدن موجهای مرتفع و وزش باد شدیدمی شود .

محدوده دریای عمان به شرح ذیل می باشد:

در شمال غرب : خطی که راس لیما (´۲۵°۵۷) شمالی در ساحل عمان را به راس الکوه(´۲۵°۴۸) شمالی در ساحل ایران را به هم وصل می نماید.

در جنوب شرق: محدوده شمالی دریای عمان خطی که راس الحد در نقطه شرقی ساحل عربی را (´۲۲°۳۲) شمالی به راس جیونی (´۶۱°۴۳) شرقی در ساحل پاکستان را به هم وصل می کند.

فصل دوم

ادبیات و مستندات تحقیق

فصل دوم

ادبیات و مستندات تحقیق

۲-۱ مقدمه ای بر انتشار صوت در دریا

امواج الکترو مغناطیسی[۱] (رادیویی) در محیط آب دریا به شدت تضعیف می شوند . در مقابل ، امواج صوتی[۲] به خوبی تا مسافت های طولانی در دریا منتشر می گردند . میزان جذب جذب صوت با افزایش فرکانس افزایش می یابد بدین معنی که برای انتقال امواج به مسافت های خیلی طولانی نیاز به فرکانس های صوتی پایین است .

واژه ی سونار به صورت زیر تعریف می شود : " روش یا دستگاهی که با استفاده از صدای زیر آب ، موقعیت ، وجود و ویژگی های اهداف موجود در دریا را تشخیص می دهد " . واژه ی **SONAR** مخفف **"sound Navigation and Ranging"** است که به معنی فاصله یابی و ناوبری توسط صدا می باشد. بنابراین ، برای کلیه تجهیزات صوتی مورد استفاده در زیر دریا ، می توان از واژه سونار استفاده کرد.

در کاربردهای موقعیت یابی و ناوبری[۳] ، سونار با به کارگیری امواج صوتی در محیط آب دریا نقشی نظیر رادار[۴] در محیط های غیرآبی دارد (رادار از امواج الکترومغناطیسی استفاده می کند) . انگیزه اصلی گرایش به زمینه صوت زیر دریا (یا زیرآبی [۵]) و استفاده های اولیه از سونار ، نیاز دفاعی و ناوبری زیر دریا بوده است ولی به مرور زمان ، کاربردهای غیرنظامی و استفاده های صنعتی ، تجاری و تفریحی گسترش یافتند . برای مثال ، سونارها و تجهیزات صوتی زیردریا برای مقاصدی همچون ناوبری دریایی ،تعیین موقعیت و مکان یابی کنترل از راه دور و مراقبت از تجهیزات مورد استفاده در زیر دریا ، شناسایی و صید صنعتی ماهی ها ، مخابرات معمولی و اضطراری (موسوم به تلفن های زیرآبی) ،زمین شناسی زیر دریا (مانند اکتشاف معادن نفت و گاز زیر دریا) ، و در اکتشافات علمی ، حفاظت محیط زیست ، و حتی کاربردهای تجاری و تفریحی در دریاها ، به کار گرفته می شوند. در زیر دریایی ها ، سونارها مهم ترین و اصلی ترین وسیله ناوبری ،هدایت ، دفاع و مخابرات هستند . معمولاً ، وظیفه اصلی یک سیستم سونار ، دریافت سیگنال صوتی مطلوب و تفکیک آن از امواج صوتی ناخواسته و مزاحم ، و سپس پردازش سیگنال دریافتی با هدف استخراج اطلاعات موردنظر می باشد.

۱.Electromagnetic Waves
۲.Acoustic Waves
۳.Navigation
٤.Radar
٥.Underwater

مدل سازی و شبیه سازی نحوه انتشار امواج صوتی در محیط زیر دریا، از مباحث بسیار مهم و پایه ای درمبحث سونار می باشد . امروزه ، مدل سازی مهمترین روشی است که پژوهشگران می توانند توسط آن ، کیفیت کارکرد سونار را در شرایط آزمایشگاهی ، شبیه سازی کنند . مدل سازی اجازه می دهد که به صورت پارامتریک ، کیفیت طراحی نظری سونار ، تحت شرایط مختلف محیطی بررسی شود . همچنین امکان پیش بینی نحوه عملکرد سونارهای موجود در مناطق دریایی متفاوت و در زمان های مختلف ، به وجود می آید. سه نوع کلی مدل سازی عبارتند از : مدل های محیطی ، مدل های پایه ای صوتی و مدل های کیفیت عملکرد سونار ، مدل های محیطی ، شامل الگوریتم های اندازه گیری شرایط مکانی مرزی (سطح و کف) و اثرات حجمی محیط اقیانوس می باشد . این مدل ها ، سرعت صوت ، ضرایب جذب ، تلفات انعکاس از سطح و کف و اثر پراکندگی سطح ، کف و حجم را در نظر می گیرند. مدل های پایه ای صوتی ، شامل مدل های انتشار (تلفات انتقال) نویز و طنین صوتی تصادفی یا اغتشاشات و بازپراکندگی های تصادفی و مزاحم است . [۱]

۲-۲ مقدمه ای بر روش های مدلسازی انتشار صوت در دریا

امواج صوتی در اقیانوس (در مقایسه با امواج الکترومغناطیس) تا فواصل طولانی منتشر می شوند.بنابراین در اقیانوس در مقایسه با امواج هوا یا محیط خلاء ، از سونار (**SONAR**[۱]) به جای رادار **(RADAR**) ، از مخابره صوتی[۲] به جای مخابره رادیویی[۳] و نیز از پرتونگاری[۴] و تصویربرداری صوتی[۵] به جای تصویربرداری نوری[۶] یا میکروویو[۷] و یا پرتونگاری پرتو X استفاده می شود.

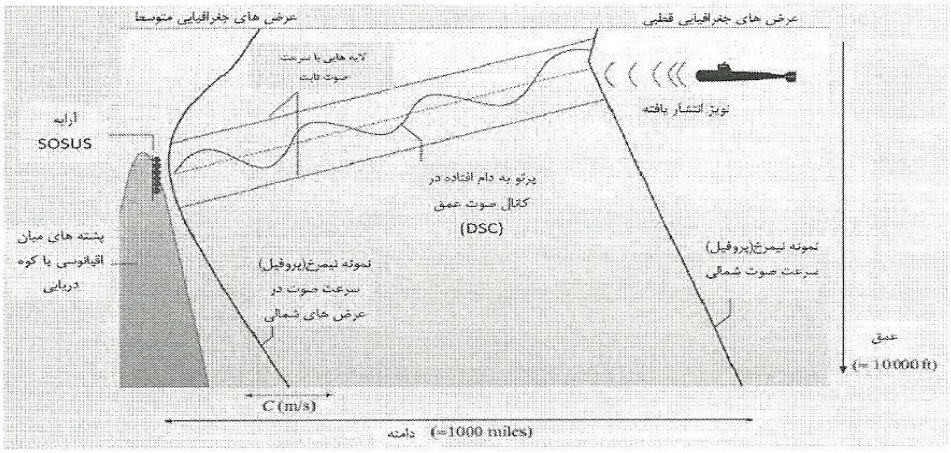
صوت شناسی زیرآبی [۸]، فقط شامل مطالعه انتشار صوت نبوده ، بلکه پنهان شدن سیگنال های صوتی[۹] به وسیله پدیده های تداخل گر[۱۰] و پردازش سیگنال [۱۱]به منظور استخراج این سیگنال ها از تداخل را نیز بررسی می کند.

درطول دو جنگ جهانی ، مطالعات صوت شناسی در آب های کم عمق و عمیق با فشردگی انجام شد ولی در طول جنگ سرد مطالعات بیشتری در مورد آب عمیق صورت گرفت.

۱.Sound Navigation and Ranging
۲.Acoustic Communication
۳.Radio
٤.Tomography
٥.Acoustic Imaging
٦.Optical Imaging
۷.Microwave
۸.Underwater
۹.Masking of sound signals
۱۰.Interfering Phenomenon
۱۱.Signal Processing

تاریخچه نبرد ضد زیر دریایی ([1] **ASW**) از سال **۱۹۴۳** ، با کشف کانال صوتی آب عمیق **(DSC**[2]**)** (که بر اثر نبرد کمینه میزان سرعت صوت (وابسته به درجه حرارت) ایجاد می شود) توسط اوینگ[3] و ورزل[4] آغاز شد. البته بعدها بریخوواسکیخ[5] از اتحاد جماهیر شوری[6] آن را به صورت مستقل کشف کرد. [۲]

کمینه میزان سرعت صوت و محل تشکیل شدن آن از سطح آب درآب های سرد قطبی تا عمقی معادل ۱۳۰۰ متر در استوا متغیر است . از آنجایی که امواج صوتی به سمت مکان هایی با سرعت های کمتر شکسته می شود ، کانال صوتی آب عمیق (**DSC**) ، یک موجبر ایجاد شده بر اثر انکسار داخل اقیانوس تولید می کند ، به این شکل که صوت در محدوده کمینه سرعت صوت نوسان کرده و می تواند تا هزاران کیلومتر انتشار یابد.



شکل ۱-۲: سرعت صوت بر حسب دامنه و عمق[۲]

با به کارگیری کانال صوتی (**DSC**) نیروی دریایی ایالات متحده شبکه ی چند میلیاردی « سیستم تجسس صوتی ([7] **SOSUS**)» را برای نظارت کردن بر زیر دریایی های اتمی

۱.Anti Submarine Warfare
۲.Deep Sound Channel
۳.Eving
٤.Worzel
٥.Brekhovshikh
٦.Soviet Union