پودمان ۱

کاربری سامانه‌های سونار
(SONAR: sound navigation and ranging)

واحد یادگیری ۱

کاربری سامانه‌های سونار

آیا تاکنون پی برده‌اید

۱ امواج و فرکانس‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
۲ امواج صوتی چه کاربردهایی دارند؟
۳ آکوستیک چیست و چه تاریخچه‌ای دارد؟
۴ اصول سونار و انواع آن کدام‌اند؟
۵ موارد استفاده از سونارها کدام اند؟
۶ عمق‌سنج چگونه کار می‌کند؟
۷ سرعت‌سنج چگونه کار می‌کند؟
۸ ماهی‌یاب چگونه کار می‌کند؟

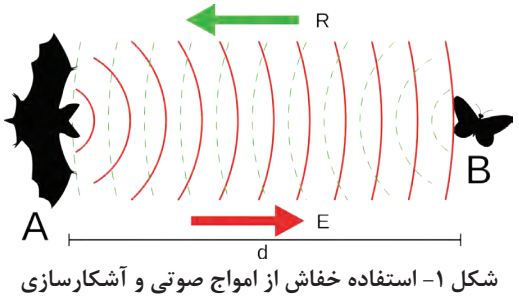
استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان با اصول سونار و کاربری برخی از سامانه‌هایی که بر اساس این اصول کار می‌کنند، آشنا خواهند شد. لذا در ابتدا به شرح امواج صوتی، محیط و نحوهٔ انتشار آن و همچنین عوامل مؤثر بر انتشار آنها پرداخته خواهد شد و سپس اصول کارکرد دستگاه‌های سونار و موارد و نحوهٔ استفاده از آنها در حوزه‌های مختلف بیان خواهد شد و در پایان کاربری سرعت‌سنج، عمق‌سنج و ماهی‌یاب شرح داده خواهد شد.

انتشار امواج در فرکانس‌های مختلف و در محیط‌های متنوع، با توجه به انرژی و اطلاعاتی که با خود جابه‌جا می‌کند، کاربری‌های متنوعی را به‌دنبال دارد. همان‌طور که انتشار و دریافت امواج الکترومغناطیسی و مخابراتی در هوا و فضا توسط آنتن‌هایی برروی سطح زمین برای شناسایی اهداف مختلف سطحی یا انتقال پیام مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای شناسایی اهداف یا انتقال پیام در زیر سطح آب نیز که محیط انتشار متفاوتی است، باید روش مناسبی اتخاذ گردد. برای این منظور از امواج صوتی و فراصوتی که دارای قابلیت انتشار بسیار خوبی در آب می‌باشند، استفاده می‌گردد. سونار، یک فناوری است که با استفاده از انتشار صدا در زیر آب قادر به شناسایی اهداف مختلف در زیر آب است. اولین سونار غیرفعال جهت شناسایی توده‌های یخ در سال ۱۹۰۶ اختراع گردید. در این بخش با امواج صوتی و انتشار آن در آب، اصول سونار و کاربردهای متنوع آن آشنا خواهیم شد.

سونار در ساده‌ترین شکل خود به سامانه آشکارسازی امواج آکوستیکی گفته می‌شود. در واقع ابزارهایی که در آنها از امواج صوتی زیرآبی برای سامانه‌های ناوبری دریایی و مسافت‌یابی صوتی استفاده می‌شود سونار نامیده می‌شوند. مکانیزم عملکرد سونار در دریا شبیه رادار است، با این تفاوت که در سونارها به‌جای استفاده از امواج الکترومغناطیسی، از امواج مادی آکوستیکی، به‌منظور ارتباطات زیرآبی، عمق سنجی، پیدا کردن اهداف زیر آب و مواردی دیگر استفاده می‌کنند.

می‌توان گفت ایدهٔ سونار به حیات طبیعی برمی‌گردد. برخی از حیوانات مانند خفاش و دلفین برای بقای خود به‌طور غریزی از این سامانه بهره می‌برند و انسان‌ها نیز از قرن گذشته این سامانه را بر اساس مطالعه روی انتشار صوت در آب مورداستفاده قرار داده‌اند.

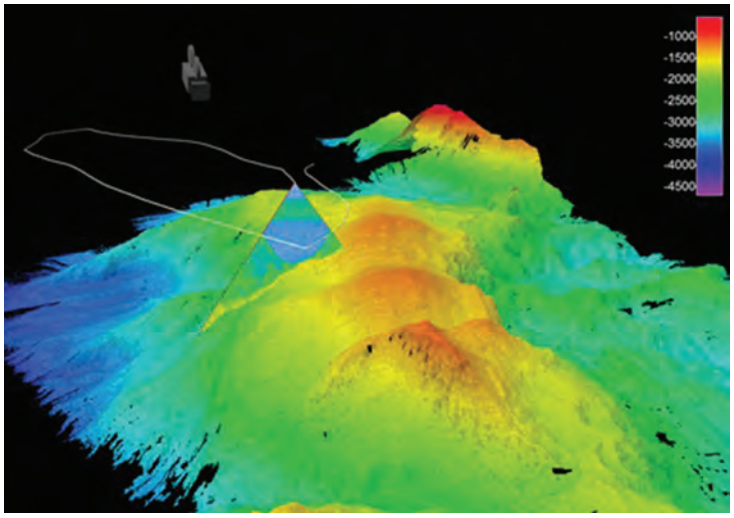


شکل ۱- استفاده خفاش از امواج صوتی و آشکارسازی

فرکانس‌ها

فرکانس‌های مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند. همین رفتار متفاوت است که برای هر مورد کاربرد ویژه‌ای را فراهم می‌کند. بدین سبب، فرکانس‌ها را در طبقات متفاوت دسته‌بندی می‌کنند. فرکانس‌های صوتی در محدودهٔ ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارند و محدودهٔ گویش و شنوایی انسان را در برمی‌گیرد. امواج آلتراسونیک یا ماورای صوت در محدودهٔ ۲۰ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز قرار دارد و بیشتر در دستگاه‌های کنترل از راه دور استفاده می‌شوند.

امواج صوتی از میان تمام امواج شناخته‌شده برای بشر، به بهترین نحو در دریا منتشر می‌شوند. در آب کدر (آب باتلاقی و گلی) و شور دریا، هم نور و هم امواج رادیویی درجهٔ تضعیفشان نسبت به امواج صوتی بسیار بیشتر است. به‌دلیل راحتی انتشار صوت در زیر آب، انسان از آن برای اهداف گوناگون و اکتشاف‌ها در دریا استفاده نموده است. برای نیل به هدف‌های فوق و کاربرد صوت زیرآبی نیاز به پایه‌ریزی دانش سونار بود و سیستم‌های به‌کار برده شده در صوت زیرآبی از بعضی لحاظ، سیستم‌های سونار نامیده می‌شوند. از این سامانه برای کشف اهداف زیرسطحی در سطوح و اندازه‌های مختلف استفاده می‌شود. برای استفاده در فواصل زیاد سامانه را باید طوری به‌کار برد که بتوان یک کانال صوتی در هنگام ارسال و دریافت سیگنال به وجود آید.



شکل۲- شدت پژواک برگشتی متناسب با جنس کف دریا

علم آکوستیک

آکوستیک زیرآبی به‌عنوان یک شاخهٔ ویژه از علوم و فنّاوری در دو جنگ جهانی اول و دوم مورد استفاده بوده است. با بررسی تاریخی متوجه این مطلب می‌شویم که این علم از دیرباز مورد توجه بشر بوده است و حتی توجه بزرگانی چون داوینچی را نیز به خود معطوف کرده است به‌نحوی‌که یادداشتی از وی به‌جامانده است که در آن چنین آورده است: «اگر کشتی خود را در دریا متوقف نموده و یک لولهٔ بلند را در آب فروبرید و سر دیگر این لوله را در مقابل گوش خود قرار دهید، صدای کشتی‌هایی را که در فاصلهٔ دوری از شما قرار دارند

خواهید شنید.» این موضوع، اهمیت علم آکوستیک در آب و کاربردهای آن را از زمان‌های بسیار گذشته، تأیید می‌کند.

پدیده آکوستیک، علم مطالعه اصوات است که کاربردهای فراوانی در بسیاری از شاخه‌های علوم دارد. یکی از کاربردهای نوین آن‌که امروزه بسیار مورد توجه قرارگرفته است، به‌کارگیری امواج صوتی در زیر آب است. این فناوری دارای کاربردهای بسیار متنوعی از قبیل ردیابی ماهی‌ها، عمق سنجی دریاها، زمینه‌های نظامی و بسیاری از موارد دیگر است. به همین علت ساخت تجهیزات مناسب جهت به‌کارگیری این فناوری همواره مورد توجه محققان بوده است. آکوستیک به معنای تولید، تراگسیل و دریافت انرژی ناشی از ارتعاش در ماده است. در واقع اگر اتم‌ها و مولکول‌ها از حالت طبیعی خود خارج شوند، این امر باعث ارتعاش‌های نوسانی و درنتیجه تراگسیل موج‌های آکوستیکی می‌شود. به‌طورکلی امواج صوتی، امواج مادی بوده که هم به‌صورت طولی و هم‌عرضی منتشر می‌شوند.

شکل۳-اثر شدت صوت بر تراگسیل مولکول‌های آب

صوت و مشخصه‌های آن

اگر اتم‌ها و مولکول‌های شاره (آب و هوا) یا جامد از اوضاع طبیعی خود تغییر مکان یابند، نیروی الاستیک در آنها پدیدار می‌گردد که مربوط به‌سختی جسم است و می‌خواهد جسم را به‌حالت نخست بازگرداند. این نیرو را نیروی برگرداننده می‌گویند.

صوت از یک سری حرکات منظم مولکول‌های یک ماده الاستیکی (ارتجاعی) تشکیل‌شده است. خاصیت الاستیکی ماده سبب می‌شود که حرکات و ارتعاشات تولیدشده توسط منبع صوتی به ذرات جانبی منتقل شود و برهمین اساس موج صوتی از منبع صوتی با همان سرعت صوت منتشر می‌شود. در یک مایع، حرکت ذرات به جلو و عقب و به‌صورت موازی با جهت انتشار یک موج انجام می‌گیرد. چون مایع قابلیت تراکم‌پذیری کمی دارد این حرکت به جلو و عقب موجب تغییر فشار در راستای انتشار موج می‌شود و در واقع آنچه توسط گیرنده امواج صوتی قابل‌کشف است، همین تغییرات فشار است.

در اینجا به تقسیم‌بندی امواج ازلحاظ چگونگی انتشار می‌پردازیم. در این تقسیم‌بندی امواج دو دسته کلی هستند که عبارت‌اند از:

۱ـ امواج طولی

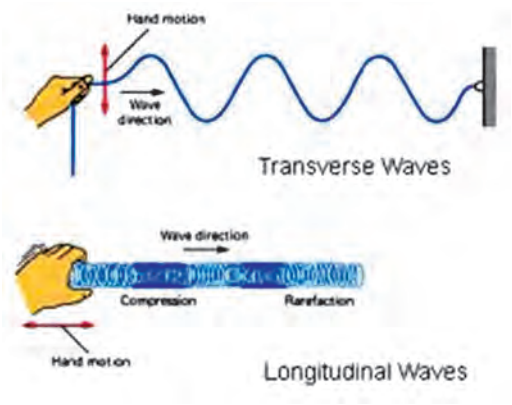
امواجی هستند که جهت انتشار آنها هم‌جهت با ارتعاش ذرات محیط است و ذرات در جهت حرکت امواج به جلو و عقب حرکت می‌کنند و درنتیجه تراکم و انبساط امواج پدید می‌آید. امواج صوتی از نوع امواج طولی می‌باشند.

۲ـ امواج عرضی

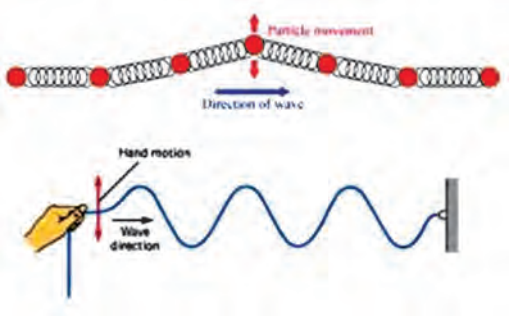
امواجی هستند که راستای انتشار آنها عمود بر ارتعاش ذرات محیط است. مانند امواج الکترومغناطیسی.

همچنین امواج ازلحاظ محیط انتشار به دو دسته تقسیم می‌شوند:

برخی از امواج برای انتشار خود نیازی به محیط مادی ندارند و در خلأ نیز می‌توانند منتشر شوند مانند امواج الکترومغناطیسی ولی برخی دیگر از امواج برای انتشار، نیازمند محیط مادی هستند که به آنها، امواج مکانیکی گویند مانند امواج صوتی. خاصیت ارتجاعی و درجه حرارت از عوامل تعیین‌کننده سرعت صوت در یک ماده می‌باشند. صوت همچنین در مایعات بهتر از گازها و در جامدات بهتر از مایعات منتشر می‌شود. خواهیم دید که تغییرات سرعت صوت در آب در اثر تغییرات درجه حرارت، فشار و چگالی آب به وجود می‌آید.

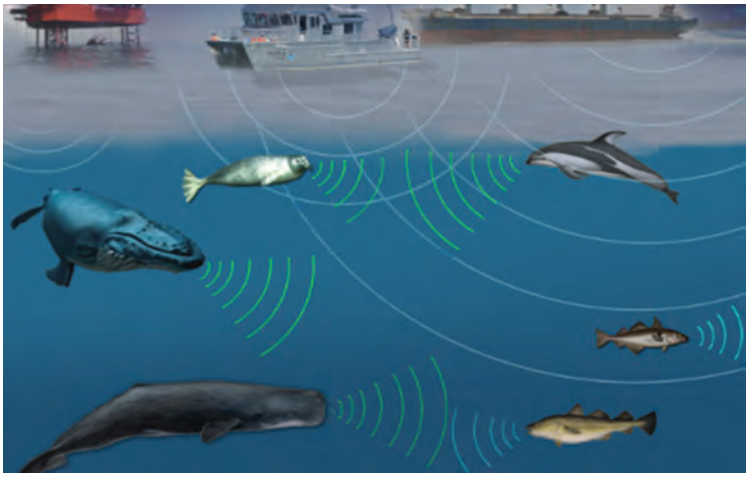


شکل۴-امواج طولی



شکل۵-امواج عرضی

می‌دانیم که صوت در اثر تغییر فشار ایجاد می‌شود و هر عاملی که باعث حرکت مولکولی شود می‌تواند تولید صوت کند. این عامل می‌تواند طبیعی یا غیرطبیعی باشد. اغتشاش طبیعی اغتشاشی است که پدیده‌های مختلف حیات عامل ایجاد آن هستند. تعدادی از عوامل تولید صدا در دریا عبارت‌اند از، صدای جریان آب، تلاطم سطح آب، صدای حباب، صدای موتورها، صدای موجودات دریایی، صداهای حرارتی و صداهای روی کشتی‌ها.



شکل۶- برخی امواج صوتی تولیدشده در زیر آب

امواج آکوستیک، امواج مکانیکی طولی‌اند که می‌توانند در جامدات، مایعات و گازها منتشر شوند. ذرات مادی منتقل‌کنندهٔ این امواج در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند. وقتی مولکول‌های آب کشیده یا رانده می‌شوند، به‌طور نقطه‌ای فشار آب تغییر می‌کند و از این‌نظر، فشار کمیت اصلی امواج آکوستیکی است و دامنه موج نیز در حقیقت مربوط به دامنه فشار می‌شود. آکوستیک به‌معنای تولید، تراگسیل و دریافت انرژی به‌صورت ارتعاش در ماده کشسان (الاستیکی) است. به‌عبارت‌دیگر، علم مطالعه ارتعاشات و امواج در محیط‌های کشسان را آکوستیک می‌نامند.

صدا به‌طورکلی یک مؤلفه فیزیکی برای حس شنوایی است. اصوات کمتر از قدرت شنوایی را مادون شنوایی و بیشتر از آن را ماورای شنوایی گویند.

برای ایجاد صدا سه جزء اساسی نیاز است:

۱ـ منبع صوتی

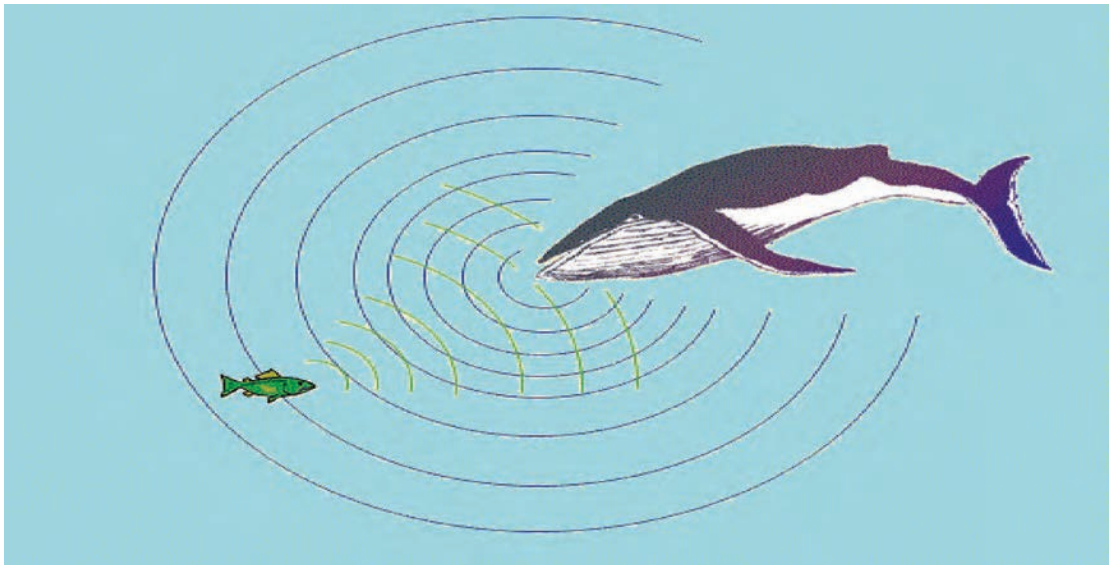
هر شیئی که به‌سرعت از سویی به‌سوی دیگر حرکت کند یا ارتعاش نماید و موجب اخلال در محیط شود، می‌تواند یک منبع برای تولید و ارسال امواج صوتی باشد.

۲ـ محیط

امواج صوتی توسط ذرات محیطی که در آن صدا تولید شده است به حرکت درمی‌آیند. خاصیت ارتجاعی محیط، تعیین‌کننده چگونگی ارسال، برد و سرعت پالس‌های صوتی است و هرچه خاصیت ارتجاعی محیط بیشتر باشد، سرعت صوت بیشتر خواهد بود. سرعت صوت در آب تقریباً ۴ برابر و در فولاد ۱۵ برابر سرعت صوت در هواست.

۳ـ گیرنده

گیرنده برای دریافت امواج صوتی عمل می‌کند. چون گیرنده تمام جوانب منبع صوتی را نمی‌پوشاند بنابراین، تنها قسمتی از انرژی را دریافت می‌دارد و برای دریافت سیگنال‌های ضعیف، نیاز به تقویت آنها می‌باشد.



شکل۷- منبع صوتی(وال برای ماهی و ماهی برای وال)، محیط انتشار(آب)، گیرنده(ماهی برای وال و وال برای ماهی)

گوش انسان به‌عنوان یک گیرنده خوب صدا عمل می‌کند و می‌تواند فرکانس‌های زیادی را دریافت کند. دو مشخصه فیزیکی بسامد و شدت صوت و عوامل دیگری که بستگی به ویژگی‌های فردی شخص دارد، تعیین‌کننده محدودیت قوه شنوایی انسان است.

فعالیت کلاسی

با یک جسم سخت مانند سنگ یا فلز به آرامی به یک چوب (مثلاً چوب میز) ضربه بزنید و به صدای آن توجه کنید. حال گوش خود را به آن چوب بچسبانید و با همان شدت ضربه بزنید و به صدای آن گوش کنید. حال گوش خود را به ظرف حاوی آب، مانند آکواریوم بچسبانید و این عمل را تکرار کنید. در خصوص نتایج این عمل در کلاس بحث نمایید.

امواج آکوستیکی یا ارتعاش‌های صوتی برحسب حدود فرکانس آنها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ارتعاش‌های فراصوتی، از فرکانس‌های ۲۰ کیلوهرتز به بالا؛
- ارتعاش‌های صوتی شنوایی، فرکانس‌های بین ۲۰ هرتز الی ۲۰ کیلوهرتز؛
- ارتعاش‌های فروصوتی، از فرکانس‌های ۲۰ هرتز به پایین.

کاربرد آکوستیک در آب

به‌کار بردن امواج صوتی درون آب برای تراگسیل اطلاعات یکی از موارد کاربرد آکوستیک است. بعضی از این کاربردها عبارت‌اند از:

- تعیین ژرفای آب‌ها به کمک اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت صوت؛
- ایجاد ارتباط در زیرآب؛
- ردیابی کشتی‌ها و زیردریایی‌ها، مسیریابی حرکت اجسام زیرآب و موارد مشابه.

برای اینکه صدا به گوش ما و جانداران دیگر برسد باید از یک کانال ارتباطی عبور کند، بنابراین اگر هیچ کانال ارتباطی وجود نداشته باشد، هرگز صدا به گوش ما نمی‌رسد. این کانال ارتباطی می‌تواند هریک از گازها، مایعات و یا جامدات باشد که بسته به کانال ارتباطی، سرعت صدا می‌تواند متغیر باشد .

اصولاً صدا در مسیرهایی که مولکول‌های فشرده‌تری دارند، سریع‌تر حرکت می‌کند. دلیل این امر این است که مولکول‌ها به‌هم نزدیک هستند و امواج صوتی را زودتر به مولکول‌های مجاور خود انتقال می‌دهند، بنابراین سرعت صدا در زیرآب سریع‌تر از هوا است، به‌همین دلیل در آب نمی‌توان به‌سادگی جهت صدا را تشخیص داد چون سرعت صدا بیشتر است و تقریباً هم‌زمان به دو گوش انسان می‌رسد.

تحقیق کنید

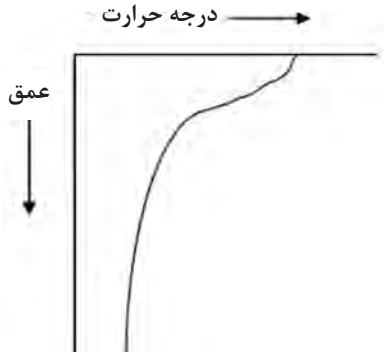
درمورد صوت و کاربردهای متنوع آن نکات جالبی وجود دارد، در این خصوص تحقیق نمایید.

سرعت صوت در دریا

سرعت صوت در دریا یکی از عوامل مهم در محاسبات و طراحی دستگاه‌های سونار است. تغییرات سرعت صوت در دریا تعیین‌کننده ویژگی‌های مربوط به انتشار صوت در محیط مربوطه می‌باشد و این تغییرات بستگی به نواحی مختلف دریا دارد. سرعت صوت تحت تأثیر عوامل گوناگونی نظیر عمق، فصل، منطقه جغرافیایی، محیط و زمان تغییر می‌کند. به‌طورکلی سرعت امواج صوتی که در داخل آب حرکت می‌کنند به سه عامل درجه حرارت، فشار (ناشی از افزایش عمق)، شوری آب بستگی دارد که در ادامه به توضیح این عوامل پرداخته می شود.

۱ـ درجه حرارت

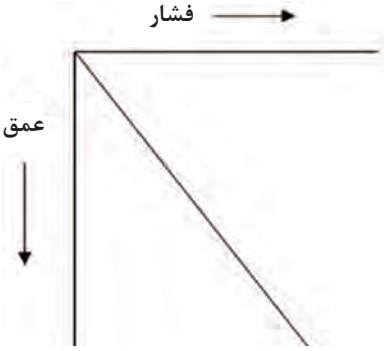
درجه حرارت آب به‌عنوان یک عامل مهم و بنیادی در تأثیرگذاری برروی سرعت صوت می‌باشد. بین تغییرات سرعت و درجه حرارت رابطه مستقیم وجود دارد یعنی اگر درجه حرارت افزایش یابد سرعت صوت نیز افزایش می‌یابد و بالعکس. سرعت صوت به ازای یک درجه حرارت، بین ۴ تا ۸ فوت بر ثانیه افزایش می‌یابد.



شکل۸- نمودار منحنی معمولی برای درجه حرارت برحسب عمق

۲ـ فشار (ناشی از افزایش عمق)

سرعت صوت در آب تحت‌فشار، سریع‌تر است. هر چه عمق آب بیشتر شود، فشار نیز بیشتر می‌شود و بنابراین هر چه امواج صوتی به عمق بیشتر بروند سرعت آنها بیشتر می‌شود. گرچه اثر فشار در مقایسه با حرارت به‌مراتب کمتر است ولی از آن نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. سرعت صوت به ازای هر ۱۰۰ متر عمق مقداری اضافه می‌شود.

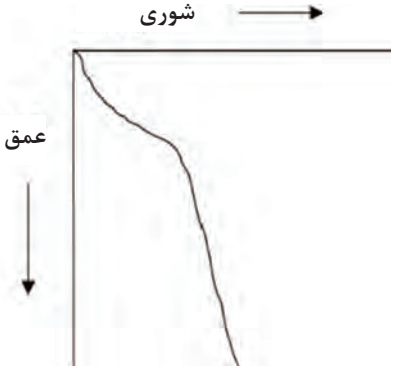


شکل۹- نمودار منحنی تغییرات فشار برحسب عمق

۳ـ شوری

آب دریا دارای مقادیر زیادی املاح معدنی است. مقدار نمک موجود در آب دریا را شوری آب می‌گویند. بین شوری آب و وزن آب، رابطه مستقیمی برقرار است، یعنی هرچه شوری آب بیشتر شود، وزن آن بیشتر می‌شود. این اختلاف وزن به علت وجود نمک در آب است. به همین دلیل افزایش شوری آب باعث ازدیاد سرعت صوت در آب می‌شود.

در اقیانوس‌ها شوری معمولاً بین ۳۰ تا ۳۵ در هزار است و در نزدیکی رودخانه‌ها و دیگر منابع آب شیرین این



شکل۱۰- نمودار منحنی معمولی برای شوری برحسب عمق

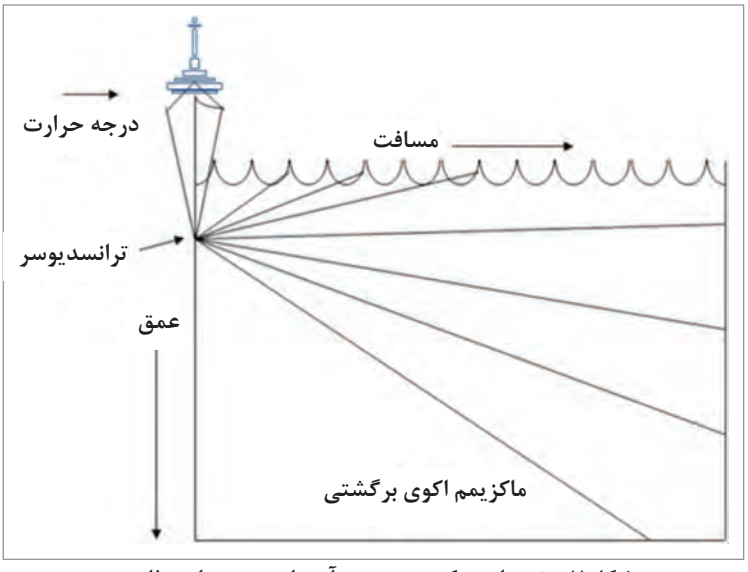
نسبت به‌صفر می‌رسد. به ازای هر یک‌هزارم اضافه شدن شوری آب، سرعت صوت مقداری اضافه می‌شود. اثر شوری بر روی سرعت صوت، کمتر از اثر حرارت ولی بیشتر از اثر فشار است.
تلاش‌های تئوری فراوانی برای به‌دست آوردن رابطه‌ای برای سرعت صوت برحسب سه عامل مذکور صورت گرفته است.

$$C=1449+4/6T-0/055T^2+0/0003T^3+(1/39-0/012T)(S-35)+0/017D$$

در این فرمول D عمق، S شوری، T دما و C سرعت صوت در آب است. همچنین شوری برحسب ppt، دما برحسب درجه سانتی‌گراد و عمق برحسب متر است.

خواص فیزیکی صوت

چنانچه در دریا درجه حرارت‌های متفاوتی وجود نداشت، امواج صوتی تقریباً به‌صورت مستقیم حرکت می‌کردند. چون در تمام عمق‌ها تغییرات سرعت صوت تقریباً خطی است. همان‌طوری که در شکل مربوط به فشار دیده می‌شود، امواج پخش‌شده، با یک نسبت ثابت ضعیف می‌شوند. اما سرعت صوت در درجه حرارت‌های متفاوت یکی نیست. به‌طور مثال چنانچه درجه حرارت از ۳۰ درجه فارنهایت به ۸۵ درجه فارنهایت تغییر یابد، سرعت صوت در آب از ۴۷۰۰ فوت بر ثانیه به ۵۳۰۰ فوت بر ثانیه تغییر می‌یابد.



شکل۱۱ - نمودار حرکت صوت در آب با درجه حرارت ثابت

به‌علت وجود تغییرات درجه حرارت آب دریا امواج در یک خط مستقیم در داخل آب حرکت نمی‌کنند بلکه در اثر تغییر سرعت موجب خمیدگی و انشعاب صوتی می‌شوند. وقتی‌که یک بیم صوتی از یک محیط که در آن سرعت صوت بیشتر است (مانند آب گرم)، وارد محیطی می‌شود که سرعت در آن کمتر است (مانند آب سرد)، شکسته می‌شود و بیم صوت به‌طرف محیطی که درجه حرارت کمتری دارد و سرعت صوت در آن کمتر است، شکسته می‌شود. شکل فوق نشان‌دهنده شکست یک بیم صوتی است

تحقیق کنید

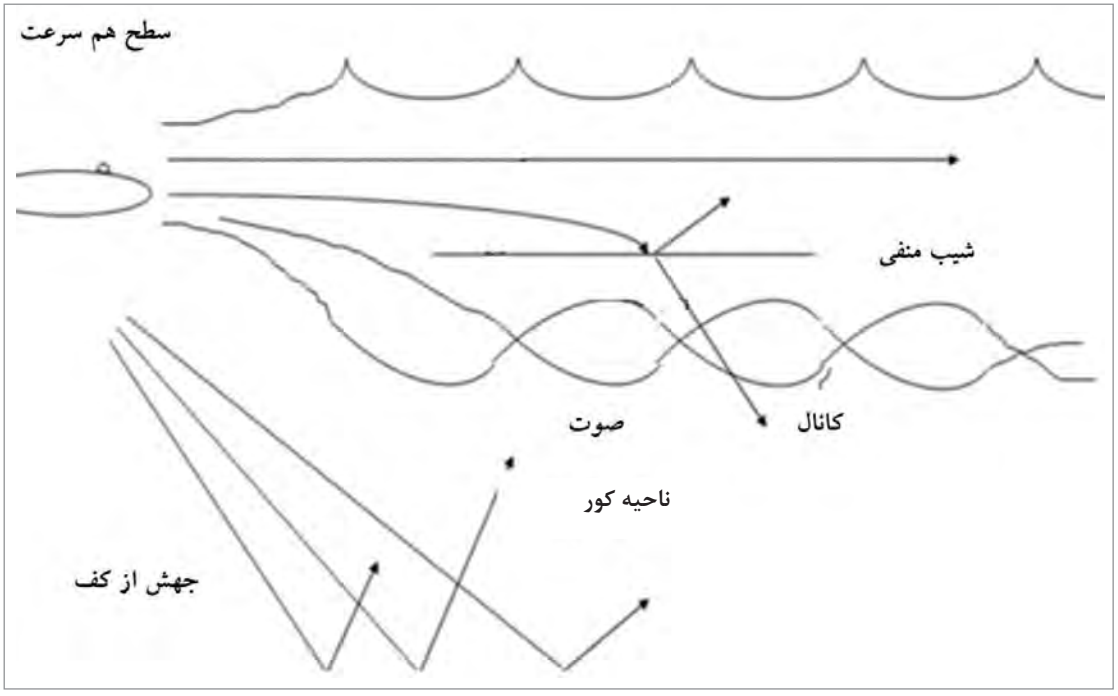
درخصوص حرکت صوت در آب‌های عمیق و لایه‌های حرارتی آن تحقیق نمایید.

کانال صوتی

انتشار صوت در دریا در فواصل طولانی و برد زیاد، زمانی میسر است که کانال صوتی ایجاد شود. هنگامی‌که امواج صوتی حرکت می‌نمایند، انتشار امواج در دیگر جهات محدودشده و فقط در این کانال عبور می‌نمایند. محل تقاطع آنها نقطه‌ای است که سرعت صوت در آن نقطه حداقل می‌باشد. عمقی که در آن، سرعت صوت به‌حداقل برسد محور کانال خوانده می‌شود. چنانچه در این عمق، یک منبع صوتی امواج صوتی مخابره کند کلیه بیم‌های صوتی که به‌طرف بالا می‌روند به‌طرف پایین و آنهایی که به‌طرف پایین حرکت می‌نمایند به‌طرف بالا خم خواهند شد. در صورت پیدایش چنین ترکیبی می‌گوییم که کانال صوتی به‌وجود آمده است. انواع کانال‌های صوتی که در دریا تشکیل می‌شوند شامل: لایه‌های مخلوط، آب‌های عمیق و آب‌های کم‌عمق است.

در لایه‌های مخلوط، سرعت صوت با افزایش عمق زیاد می‌شود. در اثر شکسته شدن امواج به‌طرف بالا، قسمتی از انرژی صوتی به نزدیکی سطح دریا هدایت می‌شود. امواج صوتی در این لایه محبوس شده و به عبارت دیگر کانالیزه می‌شوند و به‌کمک انعکاس‌های متعددی که از سطح آب به وجود می‌آورند مسافت‌های طولانی را طی می‌نمایند.

انتشار امواج در مسیرهایی می‌باشد که در واقع کانال صوتی هستند و در شکل ۱۲ به‌صورت کمان‌هایی نسبت به سطح آب مشخص شده‌اند.

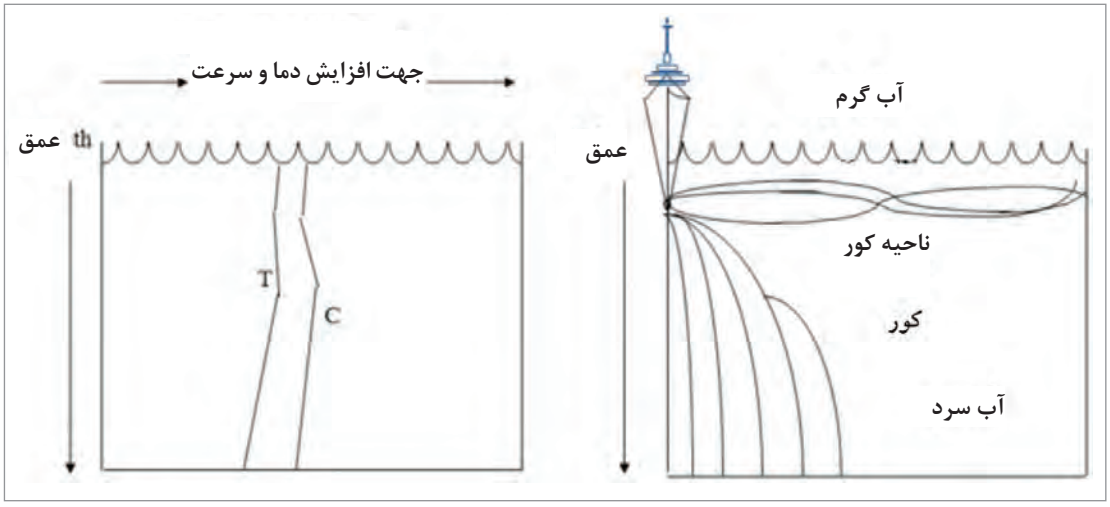


شکل۱۲-نمودار انتشار امواج صوتی در لایه مخلوط

در برخی شرایط خاص، شکل امواج صوتی تحت زاویه‌ای از منبع صوتی منتشرشده و در پایین لایه به‌صورت افقی درمی‌آید. شعاع‌هایی که تحت زوایای کوچک‌تر منتشر می‌شوند، در لایه باقی می‌مانند و پرتوهای با زاویه بزرگ‌تر به اعماق فرستاده می‌شوند. ناحیه کور در زیر لایه و دور از برد میدان صوتی تشکیل می‌گردد. این ناحیه کاملاً کور نیست زیرا در اثر پراکندگی امواج صوتی با سطح دریا و نشت امواج از کانال، مقداری از انرژی صوتی در این ناحیه نفوذ می‌نماید. به دو دلیل فوق امواج صوتی از کانال فرار می‌کنند و میزان این فرار توسط ضریب فرار که بیانگر میزان تضعیف امواج برحسب دسی‌بل بر کیلویارد است، بیان می‌گردد. ضریب فرار به ناهمواری سطح دریا یا ضخامت کانال و شیب زیر لایه و فرکانس بستگی دارد. کانال‌های صوتی در آب‌های کم‌عمق (کمتر از ۱۰۰ فوت) به‌ندرت وجود دارند.

در آب‌های عمیق دریا همیشه کانال صوتی وجود دارند. عمق محور کانال در اقیانوس آرام در حدود ۳۵۰۰ فوت و در اقیانوس اطلس کمی بیشتر از ۵۰۰ فوت می‌باشد. در مناطق قطبی که آب سرد می‌باشد، محور کانال نزدیک‌تر به سطح آب قرار دارد.

حداقل تغییرات سرعت از عمق ۴۰۰۰ فوت، در عرض جغرافیایی متوسط، تا نزدیکی سطح دریا در مناطق قطبی تغییر می‌نماید. در نمودار منحنی سرعت، محدوده‌های بالا و پایین کانال صوتی طوری مشخص‌شده‌اند که در دو عمق متفاوت قرار گرفته‌اند به‌طوری‌که سرعت ماکزیمم برای هر دو محدوده، برابر است و سرعت مینیمم بین دو محدوده واقع است.



شکل ۱۳- نمودار شکل کانال صوتی در آب عمیق(مسیرهای قابل‌انتشار)

تعریف مبدل (سنسور یا ترانسدیوسر)

مبدل(سنسور) المان حس‌کننده‌ای است که کمیت‌های فیزیکی مانند فشار، حرارت، رطوبت، دما و ... را به کمیت‌های الکتریکی پیوسته (آنالوگ) یا غیرپیوسته (دیجیتال) تبدیل می‌کند. این سنسورها در انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری، دستگاه‌های کنترل آنالوگ و دیجیتال مانند PLC مورد استفاده قرار می‌گیرند. عملکرد سنسورها و قابلیت اتصال آنها به‌دستگاه‌های مختلف ازجمله PLC باعث شده است که سنسور بخشی از اجزای جدا نشدنی دستگاه کنترل خودکار باشد. سنسورها اطلاعات مختلف از وضعیت اجزای متحرک

سیستم را به واحد کنترل ارسال نموده و باعث تغییر وضعیت عملکرد دستگاه‌ها می‌شوند. در دستگاه‌های سونار اصوات از نوع انرژی مکانیکی است، لذا بنا بر دلایل مختلف ازجمله سنجش و اندازه‌گیری دقیق نیاز داریم که آنها را به انرژی الکتریکی تبدیل نماییم. بنابراین مبدل‌ها (ترانسد یوسر ها) از اجزای مهم سونار می‌باشند.

دسته‌بندی کلی سنسورها برحسب تماس و همچنین حسب اتصالات مختلف محرک‌ها

سنسورها برحسب تماس	سنسورها در اتصالات مختلف محرک‌ها
سنسورهای تماسی (CONTACT)	سنسورهای تشخیص تماس
سنسورهای همجواری یا بدون تماس (PROXIMITY)	سنسورهای نیرو ـ فشار

سنسورهای همجواری یا بدون تماس: سنسورهایی هستند که با نزدیک شدن به یک قطعه، وجود آن را حس کرده و فعال می‌شوند. این عمل به نحوی است که می‌تواند باعث جذب یک رله، کنتاکتور و یا ارسال سیگنال الکتریکی به طبقه ورودی یک سامانه گردد. عموماً این سنسورها ازنظر ساخت از نوع پیشین دشوارترند ولی سرعت و دقت بالاتری را در اختیار سیستم قرار می‌دهند.

تحقیق کنید

در مورد انواع دیگر سنسورها از نظر کاربرد تحقیق کنید.

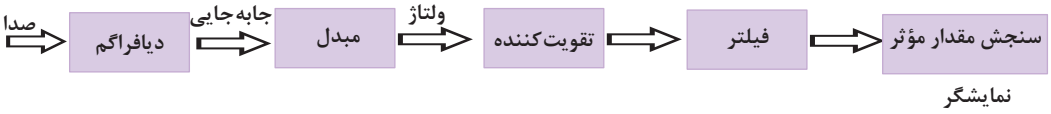
سنسور آلتراسونیک (Ultrasonic sensor): سنسور آلتراسونیک یا ماورای‌صوت که در سونار کاربرد دارد یکی از سنسورهای غیرتماسی و مجاورتی است و برای کاربردهای گوناگون آشکارسازی اجسام تا اندازه‌گیری فاصله یا سطح سنجی به کار می‌رود. به‌طور معمول سنسورهای آلتراسونیک با ارسال یک پالس صوتی کوتاه در فرکانس فراصوت به سمت هدفی که این پالس را منعکس می‌کند و دریافت و شناسایی این امواج، به شکل یک ترانسدیوسر عمل کرده و در مدل‌هایی که فاصله را محاسبه می‌کنند، با اندازه‌گیری اختلاف زمان ارسال و سپس دریافت پالس می‌توانند به فاصله‌یاب تبدیل شوند.

شکل ۱۴ – سنسور آلتراسونیک

سنسور آلتراسونیک را به شکل‌های گوناگون و برای کاربردهای مختلف می‌توان یافت. سنسورهایی با نحوه مختلف نصب، پیکربندی و فرکانس متفاوت. برای انتخاب سنسور آلتراسونیک مناسب جهت کاربرد موردنظر باید به موارد زیر توجه نمود :

۱ دقت و رزولوشن سنسور ؛
۲ فاصله آشکارسازی یا اندازه‌گیری سنسور ؛
۳ محدودهٔ دمای کاری سنسور ؛
۴ فرکانس یا طول‌موج کاری سنسور ؛
۵ وجود نویز یا تلاطم در هدف یا محیط اندازه‌گیری سنسور .

مبدل یا ترانسدیوسر از قسمت‌های مهم یک دستگاه سونار می‌باشد. ترانسدیوسر وسیله‌ای است که نوعی از انرژی را به‌گونه‌ای دیگر از انرژی تبدیل می‌کند. ترانسدیوسرهای الکترواکوستیکی انرژی الکتریکی را به انرژی صوتی و بالعکس تبدیل می‌کند. برای مثال، میکروفون، ترانسدیوسری است که انرژی صوتی را دریافت نموده و آن را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. برای تولید یک موج فشرده، وسیله‌ای نیاز است که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند. مثالی از چنین وسیله‌ای، بلندگو است. به‌طورکلی قسمت فرستندگی ترانسدیوسرهای الکترواکوستیکی اگر در هوا کار کند بلندگو و اگر در آب کار کند پروژکتور نام دارد. قسمت گیرندگی نیز اگر در هوا کار کند میکروفون و اگر در آب کار کند هیدروفون نام دارد.



شکل ۱۵- بلوک دیاگرام گیرنده صوت

سه فنّاوری رایج در ساخت ترانسدیوسرهای الکترواکوستیکی زیر آب عبارت‌اند از:

- پیزوالکتریسیته ؛
- مغناطیس ؛
- الکتریسیته .

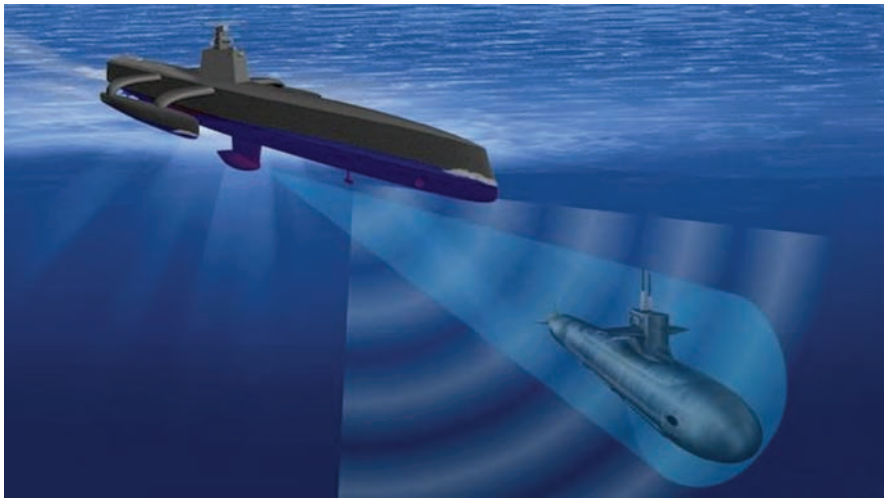
در تمام موارد کاربری از ترانسدیوسرها به‌صورت آرایه‌ای استفاده می‌شود. مزایای این نوع مدل نسبت به المان‌های تکی عبارت‌اند از :

- حساسیت بیشتر آرایه‌ها، چرا که چند المان، ولتاژ یا جریان بیشتری را نسبت به یک المان تولید می‌کند.
- با خاصیت جهت‌یابی آرایه‌ها می‌توان صداهایی را که از جهات مختلف می‌آیند از هم تشخیص داد.

تاریخچه سونار

در سال ۱۹۰۶، اولین سونار غیرفعال جهت شناسایی توده‌های یخ توسط لوییس نیکسون اختراع گردید.
در جنگ جهانی اول به علت نیاز به شناسایی اهداف دریایی تمایل به استفاده از سونار افزایش یافت. پاول دانکوین فرانسوی به همراه کنستانتین چلوسکی روس موفق به اختراع اولین سونار فعال در سال ۱۹۱۵ شدند. اگرچه مبدل‌های پیزوالکتریک نسبت به این سونار ترجیح داده شدند، اما در جای خود این نوع سونارها آینده روشنی را در علم رادارشناسی باز کردند.
در سال ۱۹۱۶ زیر نظر بخش تحقیقاتی و اختراعات ناوگان دریایی بریتانیا، رابرت بویل (فیزیک‌دان کانادایی)، پروژه‌ای را بر عهده گرفت و با تشکیل کمیته تحقیقاتی تشخیص ضد زیردریایی، موفق به ساخت نمونهٔ

آزمایشی شدند که با نام ASDIC شناخته شد. در سال ۱۹۱۸ دو کشور انگلیس و ایالات‌متحده موفق به ساخت دستگاه‌های مجهز به سونار فعال شدند و در سال ۱۹۲۳ تولید این نوع سامانه‌ها به‌طور رسمی آغاز گشت. پس از جنگ جهانی دوم، ناوگان آمریکا اقدام به تولید کشتی‌ها و زیردریایی‌هایی نمود که دارای فناوری معروف به ماهی کوچک بودند.

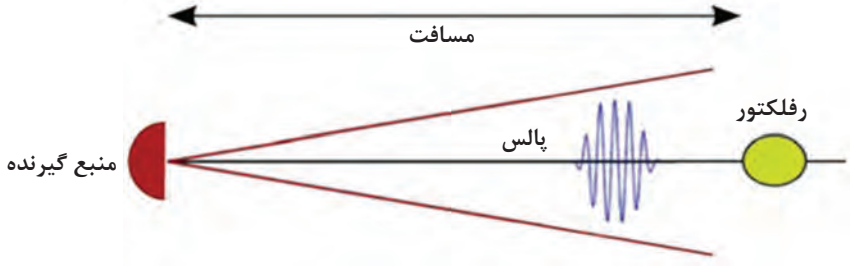


شکل ۱۶- شناسایی اهداف نظامی

معرفی تئوری ردیابی صوتی سونار

تکنولوژی سونار بر پایه امواج صوتی است. این سامانه از سونار برای موقعیت‌یابی و تعیین ساختار، حدفاصل زیر آب و ترکیب اجزای سازنده به‌علاوه تعیین عمق دقیق زیر مبدل استفاده می‌کند. مبدل (ترانسدیوسر) یک سیگنال موج صوتی ارسال می‌کند و با اندازه‌گیری زمان ارسال بین مبدل و شیء مورد ردیابی، فاصله را تعیین می‌کند. آنگاه از سیگنال منعکس‌شده برای تفسیر موقعیت، اندازه و ترکیب شیء استفاده می‌کند.

سونار، مخفف ناوبری و تشخیص فاصله توسط صوت است؛ سونار، نوعی تکنولوژی است که با استفاده از انتشار صدا در زیر آب قادر به شناسایی دیگر ناوها و کشتی‌ها یا زیردریایی‌ها و یا اهداف دیگر زیر آب است. به‌عبارت‌دیگر سونار به سامانه‌هایی گفته می‌شود که به‌جای نور، از صوت جهت دیدن استفاده می‌کنند. صدا می‌تواند بسیار راحت درون آب حرکت نموده و انتقال یابد؛ بدین طریق که با ارسال امواج صوتی در زیر آب و محاسبه زمان بازگشت همان امواج، دو عامل وجود و یا عدم وجود مانع و همچنین فاصله آن را تخمین میزند (شکل ۱۷).

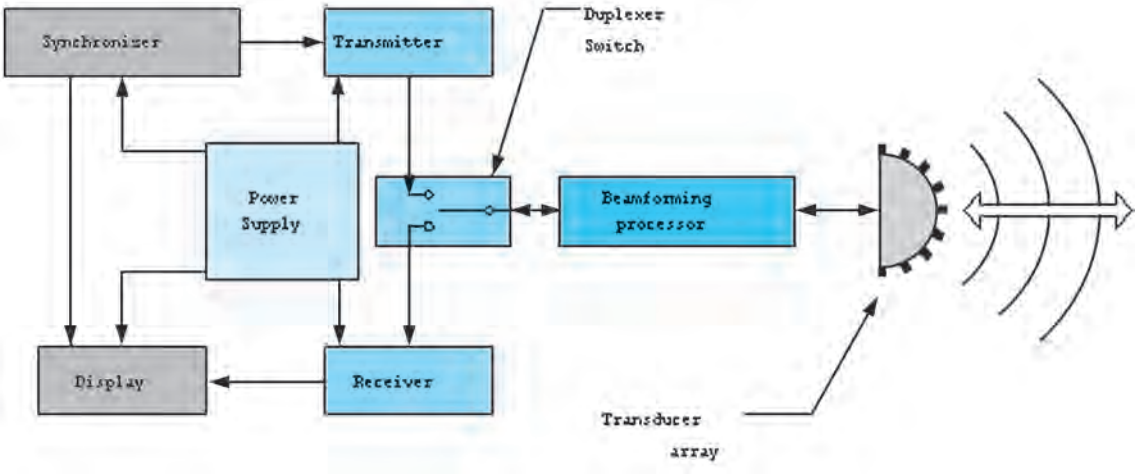


شکل ۱۷- آشکارسازی و تخمین مسافت هدف

سونار به دو نوع سونار فعال(Active Sonar) و سونار غیرفعال(Passive Sonar) تقسیم می‌شود.

۱ـ سونار فعال

این نوع سونار، با ایجاد پالس‌های صوتی، و سپس گوش دادن به پالس بازگشتی عمل می‌کند . برای تشخیص فاصله از هدف، شخص می‌تواند مدت‌زمان بین دریافت و ارسال پالس را اندازه‌گیری کند. برای اندازه‌گیری جهت و راستای هدف می‌توان از هیدروفونیک‌های متعدد (hydrofonic) استفاده کرده، و سپس زمان دریافت پالس توسط هر یک از این هیدروفون‌ها را اندازه گرفت و با مقایسه این زمان‌ها به‌راحتی می‌توان جهت و راستای هدف را تعیین نمود . پالس ارسالی ممکن است دارای فرکانس ثابت و یا دارای چهچهه‌ای (chirp) از تغییرات فرکانس حامل باشد . هنگامی‌که سیگنال موردنظر از نوع چهچهه‌ای است، مدت‌زمان دریافت سیگنال افزایش می‌یابد؛ درنتیجه، سیگنال دریافتی با انرژی کمتری نسبت به زمانی که سیگنال موردنظر دارای یک فرکانس بود دریافت می‌شود. در حالت کلی رابطه بین فرکانس و مسافت بدین‌صورت است که برای مسافت‌های طولانی از فرکانس‌های ضعیف‌تری استفاده می‌شود.



شکل۱۸- بلوک دیاگرام سونار فعال

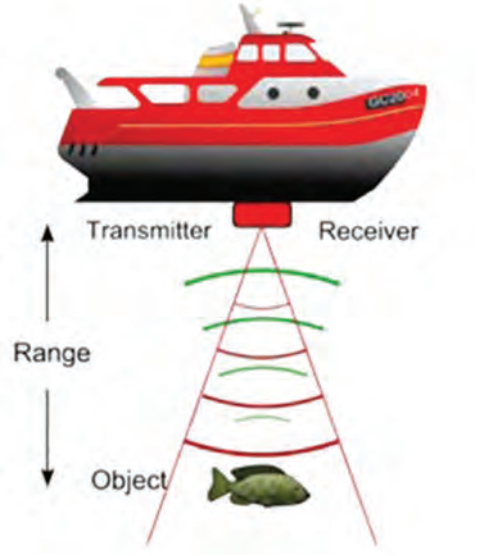
کاربردهای سونار فعال

این نوع سونارها کاربردهای فراوانی دارد از جمله:

۱ استفاده از آن به‌عنوان نوعی چراغ‌قوه به این‌صورت که سنسور از یکی از نقاط زیر زیردریایی یا کشتی به درون آب فرستاده می‌شود تا فواصل خواسته‌شده را اندازه‌گیری کند.

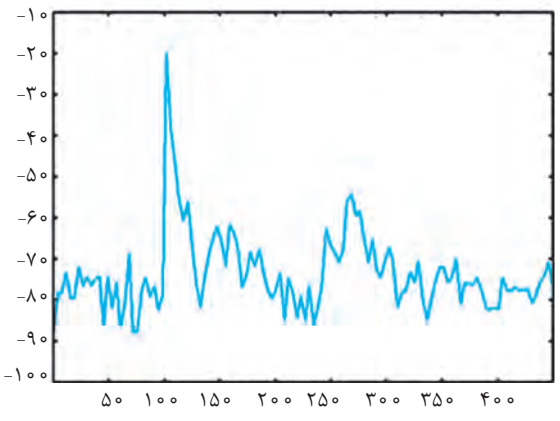
۲ شناسایی توده‌های ماهی در درون آب .

۳ استفاده از آن در عملیات نظامی زیرا این سونار قادر به ایجاد یک تصویر سه‌بعدی با وضوح بالا از محیط اطراف خود است. با این وجود، این نوع سونار در عملیات جاسوسی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در ادامه کاربردهای این نوع سونار را به‌طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار می‌دهیم.



شکل۱۹- نحوهٔ کاربری سونار فعال

آنالیز داده‌های سونار فعال



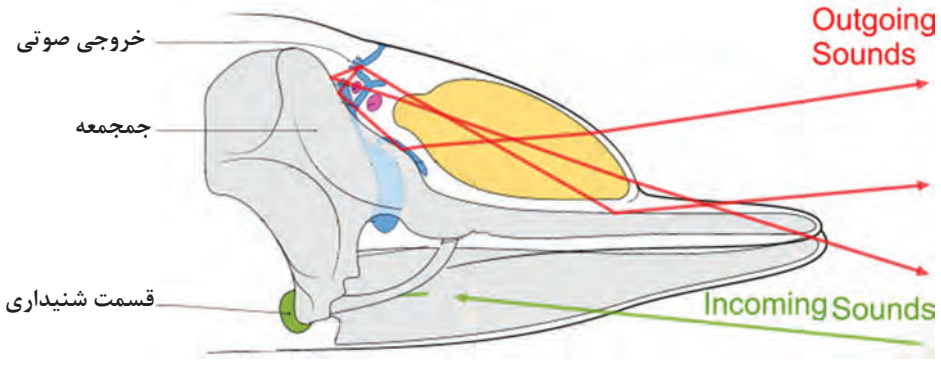
شکل ۲۰- آنالیز داده‌های سونار

در هنگام ارسال پالس به کف دریا یا اقیانوس، برخی از پالس‌های بازگشتی پس از برخورد به فصل مشترک بین آب دریا و محیط خارج از آب، مجدداً بازتاب پیدا می‌کنند و برای دومین بار از کف دریا بازتابیده می‌شوند. این امواج بازگشتی حامل اطلاعاتی هستند که بیانگر میزان خاصیت آکوستیکی آن ناحیه از کف دریاست.

بسته به میزان ناهمواری کف دریا، ما شاهد زمان‌های متفاوتی از بازگشت پالس ارسالی خواهیم بود. برای زمانی که کف دریا صاف است، اغلب موج‌های بازگشتی در یک مسیر باز تابیده می‌شوند؛ درنتیجه ما شاهد اطلاعاتی حاکی از وجود گیاهان نوک‌تیز (sharp spike) درکف دریا هستیم . برای سطوحی با ناهمواری بیشتر، موج‌های بازگشتی گستره وسیع‌تری را به‌خود اختصاص می‌دهند و بعضی از پالس‌های بازگشتی پس از چند بازتابش که ناشی از ناهمواری سطح کف دریا هستند، به سونار باز می‌گردند .درنتیجه کاهش میزان گیاهان نوک‌تیز در داده‌ها بیانگر سطح ناصاف کف دریاست .

سونار و حیوانات دریایی

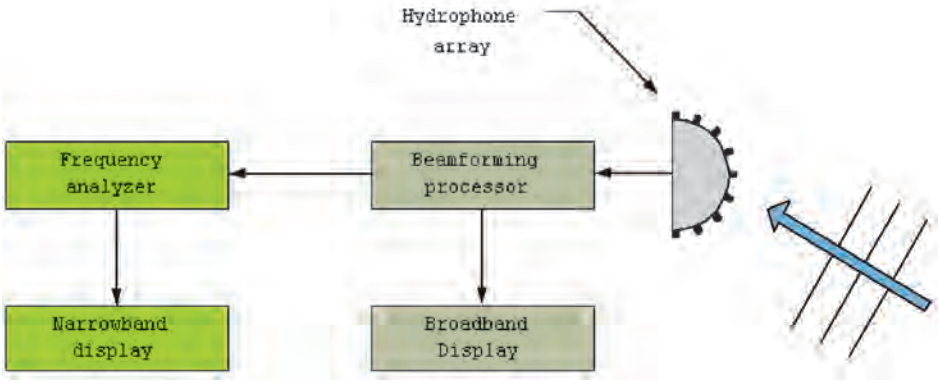
بعضی از حیوانات دریایی نظیر وال‌ها و دلفین‌ها، از سامانه‌ای مشابه سامانه سونار جهت شناسایی دشمنان و نیز شکارهای خود استفاده می‌کنند. اما خطر اینکه فعالیت سونار سبب تداخل و اغتشاش در مسیریابی حیوانات می‌شود وجود دارد و شاید از تغذیه مناسب و جفت‌گیری آنها جلوگیری کند. سونارهای فعال که از ارسال پالس برای شناسایی اهداف خود استفاده می‌کنند به‌طور غیرمستقیم حیات حیوانات دریایی را به‌خطر می‌اندازند، با این وجود درصورتی‌که قدرت پالس‌های ارسالی کم باشد خطری حیات پستانداران دریایی را تهدید نمی‌کند.



شکل۲۱- استفاده دلفین از امواج صوتی

۲ـ سونار غیرفعال

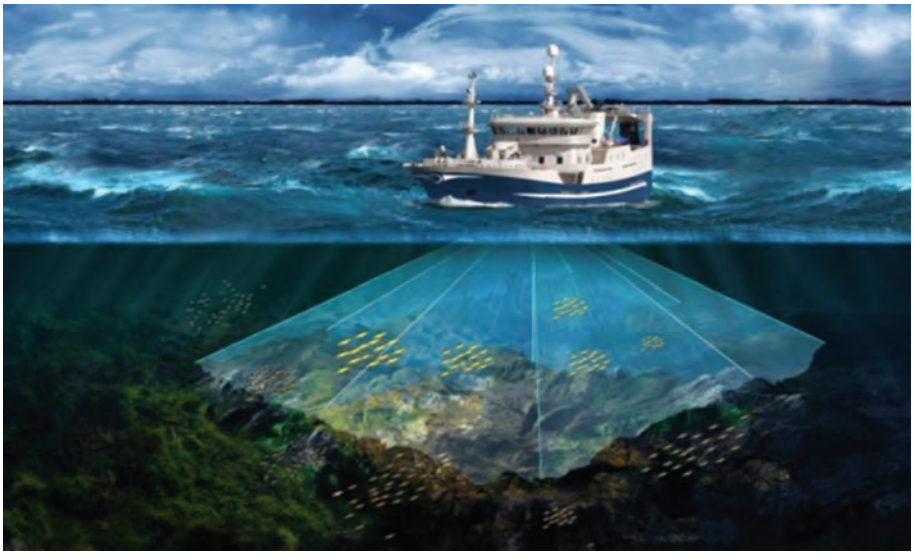
در این نوع سونارها تنها عمل گوش‌دادن (و عدم ارسال پالس) انجام می‌شود. از کاربردهای مهم این سونار می‌توان به عملیات جاسوسی اشاره کرد. سونارهای غیرفعال دارای محدوده و عملکرد گسترده‌تری نسبت به سونارهای فعال جهت شناسایی و کسب اطلاعات موردنظر از هدف هستند. این سونارها می‌توانند با دقت بالایی کلیه حرکات مرتعش شده در آب مانند ارتعاشات بدنه کشتی‌ها، زیردریایی‌ها و حرکات ماهی‌ها و ... را آشکارسازی نمایند.



شکل۲۲- بلوک دیاگرام سونار غیرفعال

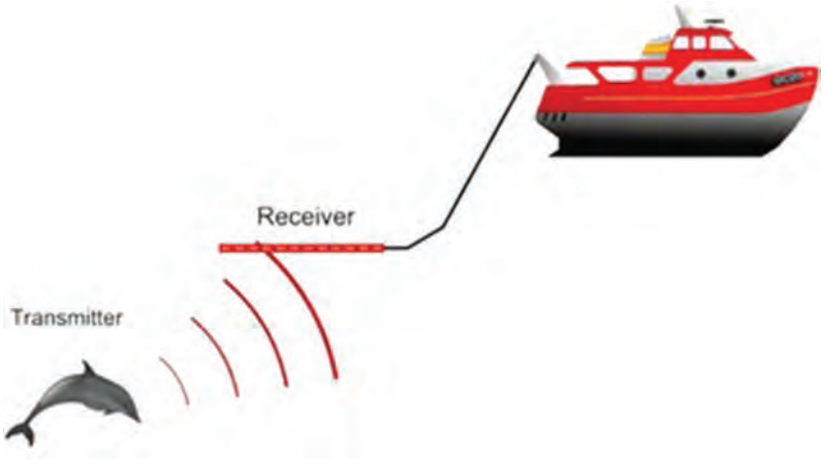
کاربرد سونارهای غیرفعال

یکی از مهم‌ترین کاربردهای این سونارها تصویربرداری و شناسایی کف آب است؛ به‌منظور بهبود وضعیت شناسایی سونارهای غیرفعال، این سونارها مجهز به یک چشمی مرکزی هستند که دارای دید ۲۷۰ درجه است و دو چشمی دیگر که در دو سمت سونار تعبیه می‌شوند و هرکدام دارای دید ۱۶۰ درجه می‌باشند؛ درنتیجه سونار دارای دید کامل ۳۶۰ درجه نسبت به محیط اطراف خود می‌گردد.



شکل۲۳- دید ۳۶۰ درجه کف دریا به‌وسیله سونار

در اینجا با دو مسئله مواجه می‌شویم: نخست پارازیت (نویزهایی) که خود زیردریایی یا کشتی تولید می‌کند، مانند صدای موتورها یا سایر اصواتی که شناور تولید می‌کند و دیگری سیگنال‌های هدف که به سونار رسیده است. هنگامی‌که یک سیگنال در یک جهت مشخص توسط سونار شناسایی می‌شود، این سیگنال با روش‌های پیچیده ریاضی توسط سونار آنالیز (تجزیه‌وتحلیل) می‌شود؛ سیگنال اصلی دارای فرکانس خاصی است و هرکدام از موتورها نویزهایی با فرکانس مشخص تولید می‌کنند، درنتیجه با استفاده از یک فیلتر فرکانس گزین، به راحتی سیگنال اصلی از داخل سیگنال همراه با نویز تشخیص داده می‌شود.



شکل ۲۴- نحوهٔ کاربری سونار غیرفعال

ازجمله کاربردهای سونارهای غیرفعال، مسیریابی اهداف می‌باشد. این فرایند با نام آنالیز حرکت هدف (Target Motion Analysis) شناخته می‌شود و قادر به مشخص کردن محدودهٔ حرکت هدف، جهت، راستا و سرعت هدف می‌باشد. TMA طی فرایند خاصی و با دریافت سیگنال‌هایی با جهت‌های مشخص و در زمان‌های متفاوت انجام می‌گیرد و این سیگنال‌ها بیانگر مکانی است که هدف در آنجا قرار می‌گیرد با مقایسه این مکان‌ها، می‌توان نحوه حرکت هدف را مشخص کرد. هنگامی‌که آنالیز حرکت نسبی هدف انجام می‌گیرد به یک مدل هندسی حاوی اطلاعات حرکت هدف، دست می‌یابیم.

یکی دیگر از کاربردهای سونار غیرفعال، انجام عملیات‌های جاسوسی است. در اینجا وجود تکنولوژی بالا ازجمله فیلترهای فرکانس گزین و نیز دریافت‌کننده‌های حساس ضروری است. درنتیجه هزینه سامانه‌ها سنگین می‌شود و به‌طور کلی، این آرایش در کشتی‌های گران‌قیمت، جهت بهبود وضعیت تشخیص (شناسایی) آنها استفاده می‌شود.

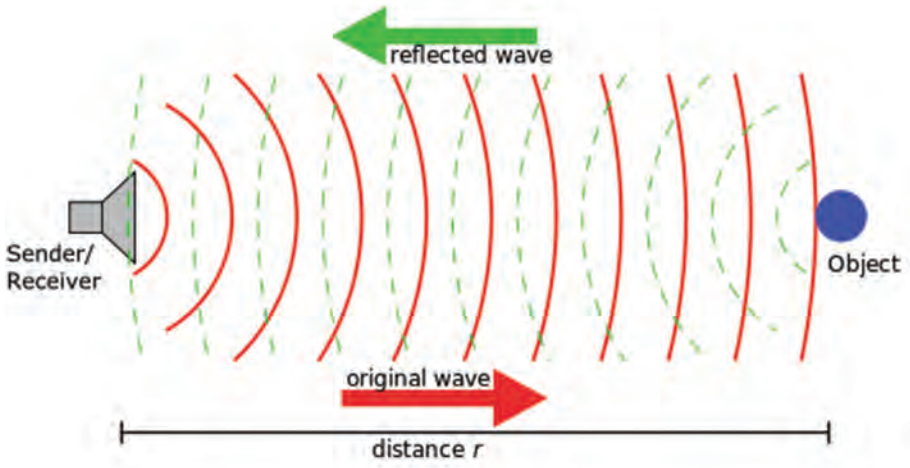
زیردریایی‌های مجهز به سونارهای غیرفعال دارای این قابلیت هستند که در زیر لایه‌های حرارتی آب مخفی‌شده و یا اینکه با پایین رفتن در جهت عمق دریا می‌توانند سرعت خود را بهبود بخشند. البته متعاقباً نویزهای تولیدشده نیز افزایش می‌یابد.

تحقیق کنید

درخصوص شناسایی آکوستیکی (صوتی) یا نویز صوتی کشتی‌ها و زیردریایی‌ها تحقیق نمایید.

نحوهٔ انتشار امواج ماورای صوت در سونارها

در سونارها امواج ماورای صوت به‌صورت امواج ناپیوسته در امتداد معین فرستاده می‌شوند و چنانچه مانعی در مسیر این امواج موجود باشد، امواج بازتابیده شده و به‌وسیله گیرنده‌ها و آشکارسازها دریافت می‌گردند. زمان بین انتشار موج و دریافت بازتابش آن را با سرعت‌های دقیق اندازه می‌گیرند و چون سرعت موج در هر محیط مشخص است، فاصله‌ای که موج در این مدت پیموده است، محاسبه می‌شود و از روی آن فاصله مانع را معلوم می‌کنند.

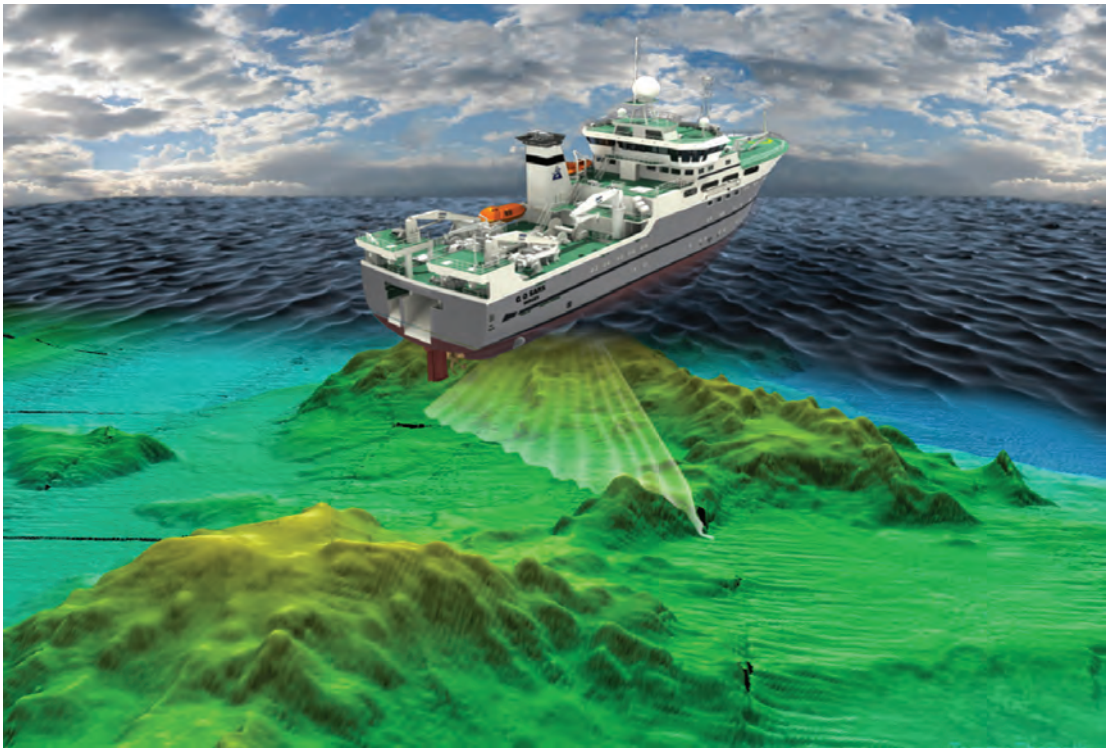


شکل۲۵- نحوهٔ آشکارسازی و فاصله‌یابی هدف به‌وسیله امواج صوتی

کاربری عمومی سونارها

قبلاً کاربردهای خاص انواع سونار فعال و غیرفعال به‌طورکلی بیان شد. در این بخش به کاربری عمومی این سونارها و در ادامه کاربری چند دستگاه خاص پرداخته می‌شود. به‌طورکلی سونارها را برای تعیین عمق دریاها، فاصله کشتی‌ها، زیردریایی‌ها، سرعت آنها، تشخیص و تعقیب اهداف زیر آب، ناوبری کشتی‌های سطحی و زیردریایی‌ها، برقرار کردن ارتباط میان کشتی‌ها و زیردریایی‌ها، نقشه‌خوانی و بررسی نمودن کف اقیانوس‌ها و نقشه زیر آنها، استخراج نفت و مواد معدنی و بسیاری مواردی دیگر به کار می‌برند. تعیین فاصله با اندازه‌گیری رفت و برگشت موج انجام می‌گیرد. درصورتی‌که سرعت آن را با استفاده از پدیده داپلر مشخص می‌کنند. هرگاه موجی با فرکانس مشخص به مانعی متحرک بتابد، این موج با تغییر فرکانس بازمی‌گردد و تغییر فرکانس آن به‌سرعت متحرک بستگی دارد، به‌طوری که می‌توان با اندازه‌گیری تغییرات فرکانس، سرعت متحرک را مشخص کرد.

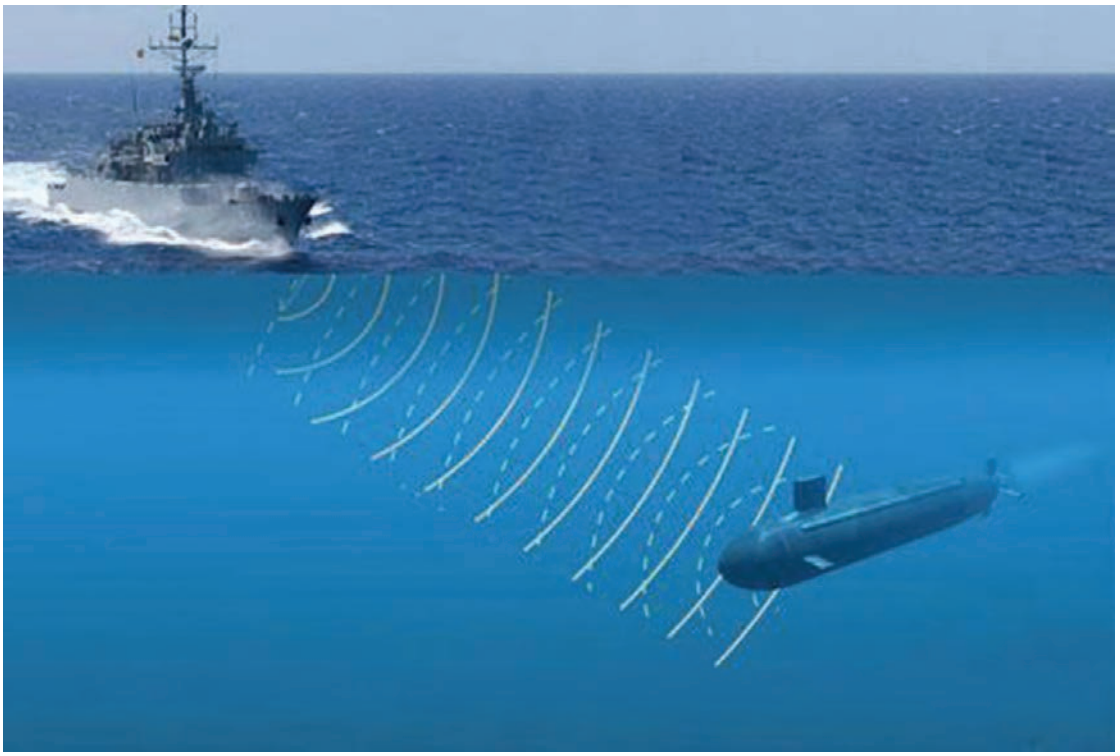
علاوه بر تعیین عمق دریاها و فواصل کشتی‌ها و زیردریایی‌ها، سونارها می‌توانند از حرکت و فاصله کوه‌های یخ و محل تجمع ماهی‌ها اطلاعاتی به‌دست آورند و همچنین در مواقعی که ابر و مه است کشتی‌ها را در نزدیک شدن به بندر راهنمایی کنند. فرکانس امواج ماورای صوت که در سونارها به کار می‌رفت ۴۰ کیلوهرتز بود ولی با ابزارهای جدید امواج بسیار بیشتر نیز به کار گرفته می‌شوند.



شکل۲۶- آشکارسازی و تصویربرداری از کف دریاها و اقیانوس

سونار در شناورهای نظامی

ناوگان‌های مدرن امروزی به‌طور گسترده از سونار استفاده می‌کنند. دو نوع سونار‌ی که مطرح شد، به‌طور مکرر مورداستفاده قرار می‌گیرند. زمینه فعالیت‌های این سونارها بسته به نوع ناوها و زیردریایی‌ها و بسته به نوع عملکرد نظامی آنها در زمینه‌های مختلف باهم متفاوت است. سونارهای فعال زمانی که بتوانند موقعیت هدف را به‌خوبی تشخیص دهند، بسیار مفید هستند. عملکرد سونارهای فعال، مشابه رادار است.به این صورت که پالس صوتی ارسال می‌شود و سپس امواج صوتی در تمامی مسیرها شروع به‌حرکت می‌کنند. زمانی که این امواج به زمین برخورد می‌کنند امواج برخوردکننده در تمام جهات بازتابیده می‌شوند و بعضی از سیگنال‌های بازتابیده شده به سنسور سونار فعال می‌رسند. این سیگنال‌های بازتابیده شده، تکنیسین‌های سونار را قادر می‌سازد تا به شناسایی عواملی از قبیل فرکانس سیگنال، انرژی سیگنال رسیده شده، عمق، درجه حرارت آب و درنتیجه موقعیت هدف بپردازند. استفاده از سونارهای فعال در عملیات نظامی بسیار خطرناک است زیرا به‌راحتی توسط ناوها و زیردریایی‌های دیگر قابل‌شناسایی است و با استفاده از انرژی دریافتی می‌توان موقعیت رادار را شناسایی کرد. سونارهای فعال قادر به شناسایی اهداف دریک فاصله معین می‌باشند، اما مشکل این است که این سونار، توسط سونارهای دیگر در فواصل چندین برابر فاصله شناسایی این سونارها قابل‌شناسایی هستند. امروزه سونارها با دقت بالایی می‌توانند با تحلیل دقیق فرکانس‌های صوتی، نوع و حتی نام کشتی‌ها را مشخص کنند.



شکل۲۷- کاربرد نظامی سونار فعال

تفاوت سونار با رادار

در رادارها از امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند ولی در سونارها از امواج فراصوتی که دارای بسامد بسیار بالا هستند استفاده می‌شود. امواج فراصوتی هم مانند امواج صوتی و نور بازتابش می‌شوند. به کمک این امواج بازتابش شده، نقشه بستر دریاها و جای پستی و بلندی‌های آن کاملاً مشخص می‌شود.
یکی از مهم‌ترین پرسش‌هایی که باید به آن پاسخ داد این است که چرا انرژی صوتی، در مقایسه با دیگر انرژی‌ها، برای تشخیص اهداف زیر آب بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد؟

جدول۱ـ مقایسهٔ روش‌های مختلف تشخیص هدف زیرآب

انرژی	کاربردها / محدودیت‌ها
نور	فقط روی سطح - وابسته بودن به شرایط دید و آلودگی آب
رادار	فقط روی سطح - ضعیف بودن نفوذپذیری در آب
مغناطیس	دسته‌بندی هدف – محدودیت تشخیص عمق آن
صوتی	مناسب برای همهٔ عمق‌ها - دخالت محیط

از جدول صفحه قبل می‌توان نتیجه گرفت که درمیان همهٔ امواج انتشاری، امواج صوتی به بهترین صورت ممکن در دریا منتشر می‌گردند. در نواحی گل‌ولای و رسوبات دریا امواج رادیویی خیلی ضعیف می‌شوند، انرژی امواج رادیویی و نوری در نواحی دریا در مقایسه با امواج صوتی خیلی تضعیف می‌شوند ولی تلفات امواج صوتی در دریا بسیار ناچیز است.

فیلم

فیلم مربوط به تصویربرداری سونارى زیر آب را ببینید.

عمق‌یاب (ECHO SOUNDER)

قرن‌هاست که بشر در فکر غلبه بر فضای تاریک و پرمخاطرهٔ اعماق دریاهاست، اما قدرت بینایی چشم غیرمسلح در آب‌های آزاد کاملاً شفاف، کمتر از سه متر و در آب‌های غیر شفاف حتی کمتر از نیم متر است. برای جبران این نقص، از فاکتورهای دیگری که بتواند در آب نفوذ کرده و مشخصات محیطی آب دریا را معرفی نماید، استفاده می‌شود و این فاکتور «صوت» است. در بخش‌های قبل، مشاهده شد که در شرایط مختلف، میزان نفوذ صوت در آب، مقادیر مختلفی را نشان می‌دهد؛ اما علی‌رغم همهٔ موانع موجود در انتشار امواج صوتی در آب، می‌توان از صوت به‌عنوان یکی از بهترین فاکتورهای کمک‌کننده در شناسایی محیط آب نام برد.

عمق‌یاب، یک دستگاه با کارکرد ساده و بخشی از مجموعهٔ سونار شناور است که وظیفهٔ نمایش عمق را بر عهده دارد. این دستگاه به کمک ارسال امواج صوتی به کف دریا و دریافت پژواک بازگشتی، عمق را محاسبه می‌کند. در فرمول محاسباتی دستگاه، سرعت صوت (حدوداً ۱/۵ کیلومتر در ثانیه) و مدت‌زمان رفت‌وبرگشت آن مشخص است. لذا عمق را به‌راحتی می‌توان به دست آورد و در اختیار سامانه‌های ناوبری قرار داد.

شکل ۲۸- انواع نمایشگر عمق

اصول کارکرد عمق‌یاب

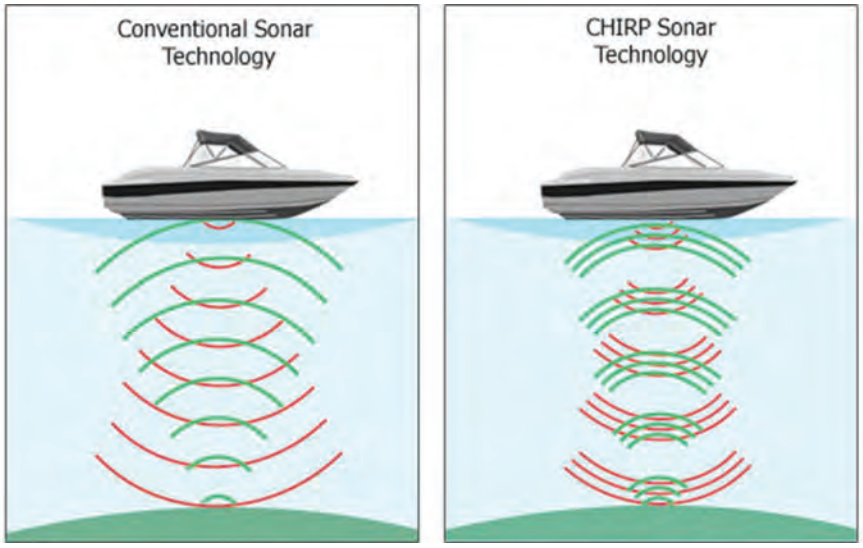
سیگنال‌های آکوستیکی درون آب تا کیلومترها از مسیر طی کرده و قابلیت انتقال (ارسال و دریافت) اطلاعات صوت را ممکن می‌سازند. یکی از کاربردهای این سیگنال‌ها عمق‌یابی و فاصله‌یابی در دریاست. در این روش زمان ارسال و دریافت سیگنال‌های صوتی در آب آنالیز شده و از این رهگذر فاصله هدف‌های دریایی مشخص

می‌گردد. در این بخش، ضمن پرداخت مختصر به چگونگی ارسال و دریافت اطلاعات آکوستیکی، به برخی اختلالات آکوستیکی و رفع آنها نیز اشاره می‌شود.

عمق‌یابی توسط صوت

در یک دستگاه عمق‌یاب، بسته‌های سیگنال‌های صوتی تک فرکانس (معمولاً اولتراسونیک) تولید و تقویت می‌شوند و سپس توسط ترانسدیوسر مخصوص به نام هیدروفون، در محیط آب منتشر می‌شوند. این سیگنال‌ها پس از برخورد با مانع و انعکاس صوت، به گیرندهٔ دستگاه می‌رسند، گیرندهٔ دستگاه پس از تقویت و جداسازی سیگنال اصلی از سیگنال مزاحم، آن را به پردازنده می‌دهد. در عملیات پردازش، ضمن محاسبهٔ اختلافات زمان ارسال بستهٔ مشخص سیگنال و بستهٔ سیگنال دریافتی، فاصلهٔ عمق‌یاب تا هدف محاسبه شده و بر روی نمایشگر، نشان داده می‌شود.

برای رسیدن به نتیجه مناسب، معمولاً تلاش می‌شود امواج به‌صورت عمود به کف تابانده شوند تا انکسار (شکست) رخ ندهد، در غیراین صورت از دو مبدل متصل در دو سمت شناور جهت تابش و دریافت بازتاب زاویه‌دار امواج استفاده می‌شود. یک عمق‌یاب به‌طورکلی شامل سه بخش منبع تغذیه، ثبت‌کننده یا نمایشگر و ترانسدیوسر است.



شکل ۲۹- ارسال چهچهه‌ای و یکنواخت امواج صوتی عمق‌یاب

عمق‌یاب‌های مدرن با فرکانس‌های مافوق صوت از ۵ تا ۷۰۰ کیلوهرتز و اغلب در دو فرکانس به‌طور هم‌زمان عمل می‌نمایند. امواجی که از طریق فرکانس زیاد ارسال می‌گردند دارای انرژی کم هستند و از طریق بستر دریا که غلظت کمتری دارد، منعکس می‌شوند. امواجی که از طریق فرکانس پایین ارسال می‌شوند، از لایه‌هایی که دارای غلظت کمی هستند عبور کرده و پس از برخورد به لایه‌های سخت‌تر انعکاس می‌یابند. انتخاب فرکانس بر پایهٔ ماهیت بستر دریا برای دقت عمق‌یابی، حائز اهمیت است. به‌عنوان‌مثال در کانال‌های ورودی به بنادر در محلی که دارای لایه‌های گلی می‌باشد، برای جلوگیری از به گل نشستن کشتی‌ها و داشتن عمق واقعی از فرکانس بیشتر استفاده می‌شود. اغلب در عمق‌یاب‌ها سه نوع فرکانس مورداستفاده قرار می‌گیرد، فرکانس ۵۰ هرتز برای کارهای شناسایی، فرکانس ۱۰۰ هرتز اغلب برای هیدروگرافی عادی و فرکانس ۵۰۰ هرتز برای بررسی جزئیات .

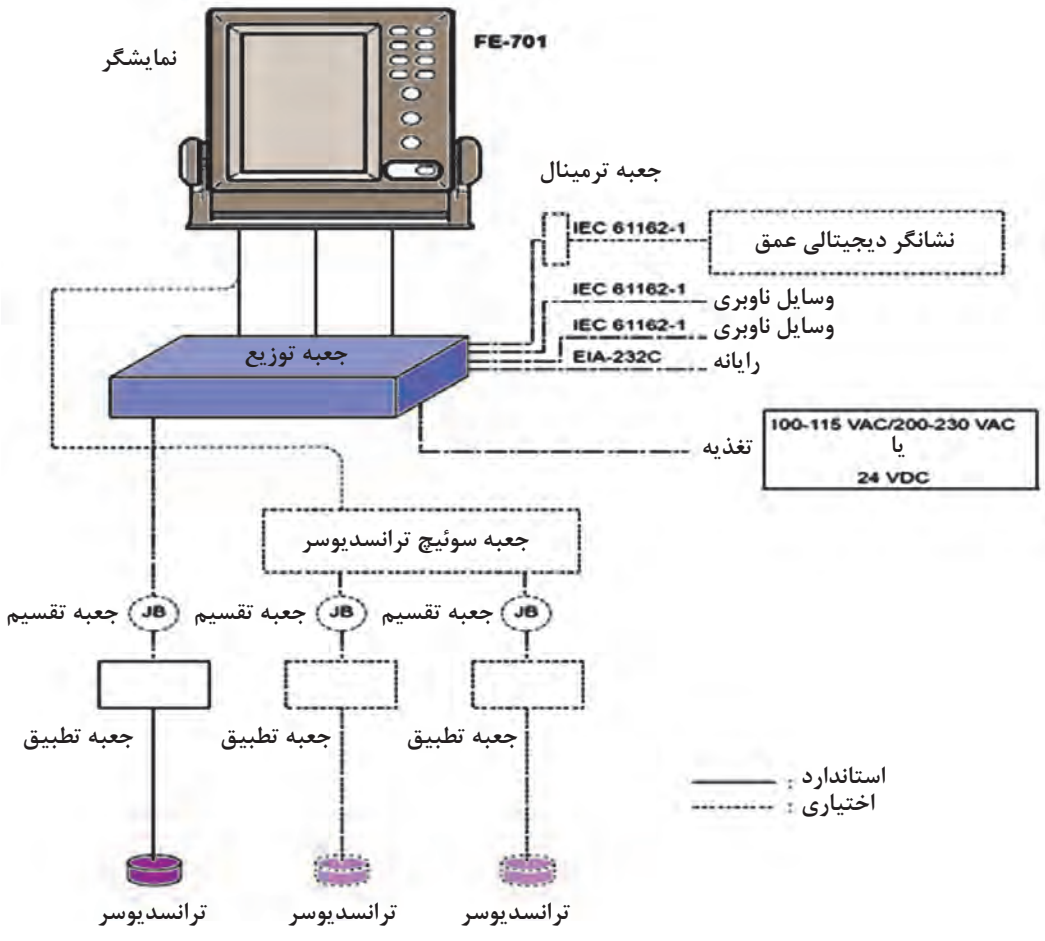
تحقیق کنید

در خصوص انواع روش‌های عمق‌سنجی تحقیق نمایید.

سرعت انتشار صوت در آب دریا ثابت و برابر با ۱۵۰۰ متر در ثانیه است؛ بنابراین فاصله تا کف دریا (D) را می‌توان از فرمول $2D=Vt$ یا $D=\frac{vt}{2}$ محاسبه کرد. در این فرمول V سرعت صوت در آب و t زمان طی شده از لحظهٔ ارسال صوت تا دریافت پژواک است . به‌عنوان‌مثال، چنانچه زمان بین ارسال پاس صوتی و دریافت پژواک آن ۱ ثانیه باشد، معلوم می‌شود که پالس‌ها مسافتی برابر با ۱۵۰۰ متر را طی کرده‌اند، ازاین‌رو عمق آب برابر با ۱۵۰۰/۲متر(یا ۷۵۰ متر) خواهد شد. به‌جای نشان دادن زمان بر روی نشانگر، می‌توان عمق مربوط را برحسب متر و یا فوت نشان داد. $2D=\frac{vt}{2}$

اجزای سامانه عمق‌یاب

پیکربندی عمق‌یاب جهت نصب آن سامانه به‌صورت کلی در شکل ۳۰ آورده شده است.



شکل ۳۰- پیکربندی نصب سامانه عمق‌یاب

درمجموع، سامانه عمق‌یاب از چهار قسمت اصلی به شرح زیر تشکیل‌شده است:

۱ **نمایشگر :** وظیفهٔ این قسمت روشن و خاموش کردن،کنترل، پردازش و نمایش اطلاعات است.

۲ **جعبهٔ توزیع:** این جعبه به‌عنوان پل ارتباطی بین نمایشگر و اجزای اصلی عمق‌یاب و همچنین دستگاه‌های جانبی اعم از رایانه، دستگاه‌های کمک ناوبری و .... است که اتصال به دستگاه‌های جانبی با توجه به استانداردهای موردنظر مانند۱-۶۱۱۶۲ IEC و یا EIA-۲۳۲C امکان‌پذیر خواهد بود.

۳ **جعبهٔ تطبیق :** این جعبه محل استقرار «فرستنده» و «گیرنده» است که عملکرد هرکدام به شرح زیر است :

فرستنده : زمانی که سنسور عمق‌یاب وضعیت عبور (فرستندگی) را انتخاب می‌کند، مدار بسته می‌شود. با بسته شدن مدار، مولد، یک پالس تولید می‌کند و فرستنده، این پالس را ارسال می‌کند. ارتعاشات پالس‌های تولیدشده از طریق ترانسدیوسر به‌طرف بستر دریا ارسال می‌شوند.

گیرنده : اکوی برگشتی به ترانسدیوسر گیرنده وارد می‌شود (برخی از آنها از طریق بدنه کشتی و یا از طریق مسیرهای دیگر به‌طور مستقیم وارد ترانسدیوسر گیرنده می‌شوند) و پس از انجام مراحل مختلف تقویت و تغییرات لازم، عمق موردنظر از طریق صفحه‌نمایشگر دستگاه به‌صورت مقدار برحسب متر یا فوت قابل‌مشاهده خواهد بود.

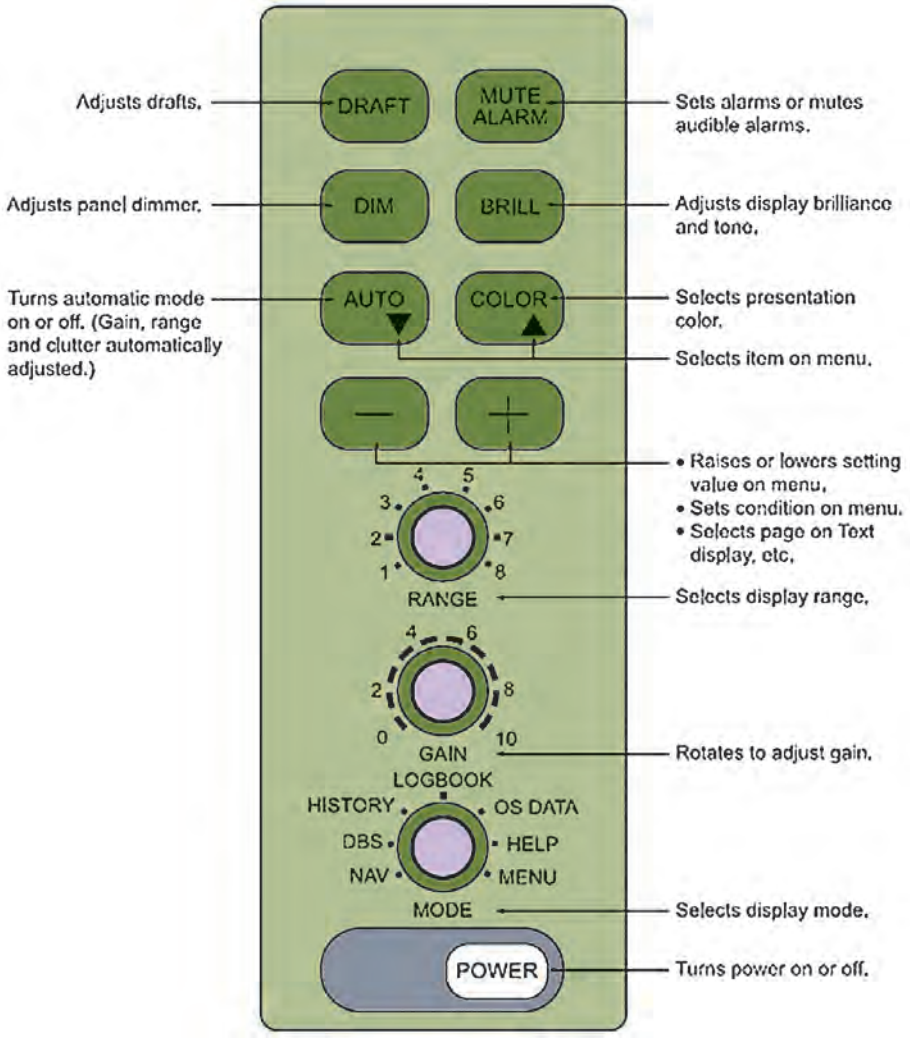
۴ **ترانسدیوسر**: ترانسدیوسر فرستنده پس از دریافت نوسان الکتریکی شروع به ارتعاش کرده و امواج صوتی را ارسال می‌کند. نوسان‌ساز گیرنده که پس از دریافت پژواک (اکو) شروع به ارتعاش می‌کند، آنها را به نوسان الکتریکی تبدیل کرده و به‌گیرنده می‌فرستد. سطح ارتعاش شونده ترانسدیوسر با آب در تماس است و ابعاد آن در حدود ۲۰ ×۱۰ سانتی‌متر می‌باشد.

ترانسدیوسرهای استفاده‌شده در عمق‌یاب‌ها از دو نوع تغییرپذیر مغناطیسی یا تغییرپذیر الکتریکی هستند. برخی از کریستال‌ها بر اثر دریافت جریان الکتریسیته در دو سطح آنها، دچار انقباض یا انبساط می‌شوند که از این خاصیت (تغییرپذیری الکتریکی) می‌توان در ترانسدیوسرها برای ایجاد ارتعاشات لازم استفاده کرد.

چنانچه ترانسدیوسر در داخل محفظهٔ مخصوص در زیر کشتی قرار نگرفته باشد باید در هنگام رنگ‌آمیزی بدنهٔ زیرین کشتی دقت شود که لایه‌های مرتعش شوندهٔ ترانسدیوسر اسکراب و رنگ‌آمیزی نشوند. بدیهی است در صورت انجام این عمل، قسمت رنگ‌شده مانع از انتقال ارتعاشات در آب خواهد شد .

کاربری سامانه عمق‌یاب فرنو با مدل FE-۷۰۰

در اینجا به شرح و کاربرد هر یک از کلیدهای روی این مدل از عمق‌یاب می‌پردازیم:



شکل۳۱- نمای کلی کلیدهای کنترل سامانه عمق‌یاب

۱ کلید روشن و خاموش(POWER): از این کلید جهت روشن و خاموش کردن سامانه استفاده می‌شود، به‌طوری که اگر سامانه خاموش باشد با فشار این کلید، سامانه روشن می‌شود و سامانه، شروع به کنترل خود می‌نماید، که در ابتدای روشن شدن سامانه متن روبه‌رو مشاهده می‌شود.

لازم به ذکر است که برای خاموش کردن سامانه باید این کلید را به مدت پنج ثانیه نگه داشت.

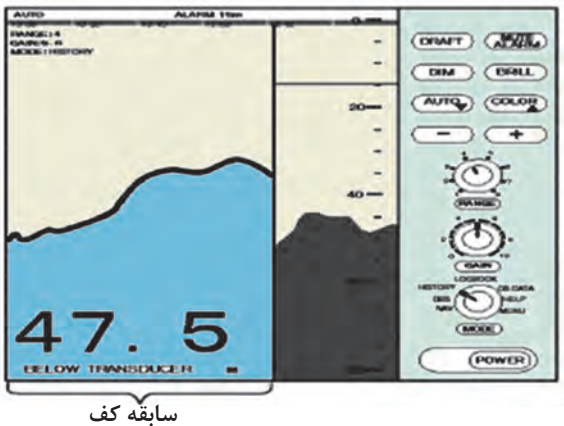
ROM : OK
DRAM : OK
SRAM : OK
BATTERY : OK

PROGRAM NO. 0252297002

۲ کلید MODE : با استفاده از این کلید می‌توان حالت‌های OS DATA، (depth below surface) NAV, DBS، LOGBOOK، HELPHISTORY و MENU را با توجه به نیاز انتخاب نمود.

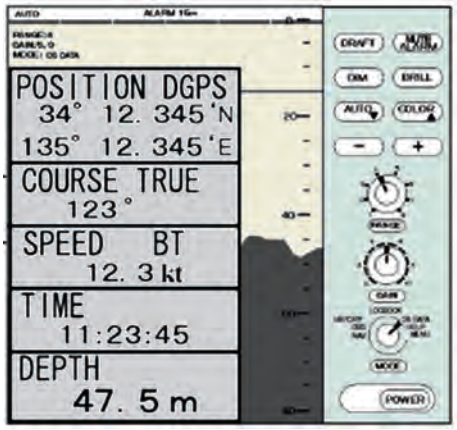
با استفاده از حالت NAV می‌توان عمق را از ترانسدیوسر تا کف دریا محاسبه نمود و در حالت DSB عمق از سطح دریا تا کف دریا محاسبه و نشان داده خواهد شد.

در حالت HISTORY همان‌طور که در شکل ۳۲ مشاهده می‌نمایید سابقه‌ای از عمق اندازه‌گیری شده در زمان گذشته را نشان می‌دهد و در ادامه، عمق اندازه‌گیری شده در زمان حال را نشان می‌دهد.



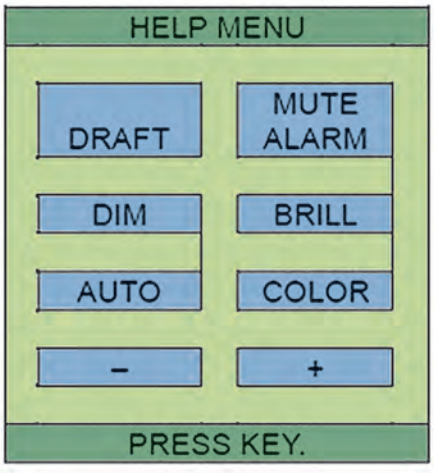
شکل ۳۲- نمایی از حالت HISTORY نمایشگر عمق‌یاب

در حالت LOGBOOK می‌توان عمق و طول و عرض جغرافیایی چندین نقطه را در زمان‌های مختلف مشاهده نمود. با انتخاب حالت OS DATA همان‌طور که در شکل ۳۳ مشاهده می‌نمایید می‌توان علاوه بر اطلاعات عمق، اطلاعات دیگری از قبیل طول و عرض جغرافیایی خودی (LAT/LON) راه (COURSE)و سرعت (SPEED) و زمان را نیز مشاهده نمود.



شکل ۳۳- نمایی از نمایشگر عمق‌یاب در حالت LOGBOOK

با انتخاب حالت HELP نیز در صورت در اختیار نداشتن جزوه کاربری سامانه، می‌توان پنجره‌ای مانند شکل ۳۴ باز نموده و با کلیک بر روی هر گزینه اطلاعات مورد درخواست را بازیابی نمود.



شکل ۳۴- نمایی از نمایشگر عمق‌یاب در حالت HELP

۳ **کلید بهره (GAIN):** با استفاده از این گزینه می‌توان مقدار حساسیت گیرندگی را تنظیم نمود تا بهترین بهره (گین) نمایش داده شود.

۴ **کلیدهای – و +** : از این کلیدها جهت کاهش و افزایش محدوده (رنج) و انتخاب صفحات مختلف و ... استفاده می‌شود.

۵ **کلید رنگ (COLOR):** از این کلید علاوه بر استفاده در تغییر رنگ، می‌توان به‌عنوان کلید انتخاب گزینه بر روی MENU استفاده نمود.

۶ **کلید AUTO** : از این کلید علاوه بر اینکه می‌توان به‌صورت خودکار (اتوماتیک) برای محدودهٔ عمق موردنظر و حذف پارازیت (نویز) بهره گرفت، به عنوان کلیدهای انتخاب گزینه بر روی MENU نیز می‌توان استفاده نمود.

۷ **کلید DIM** : از این کلید جهت تنظیمات روشنایی صفحه‌کلید می‌توان استفاده نمود.

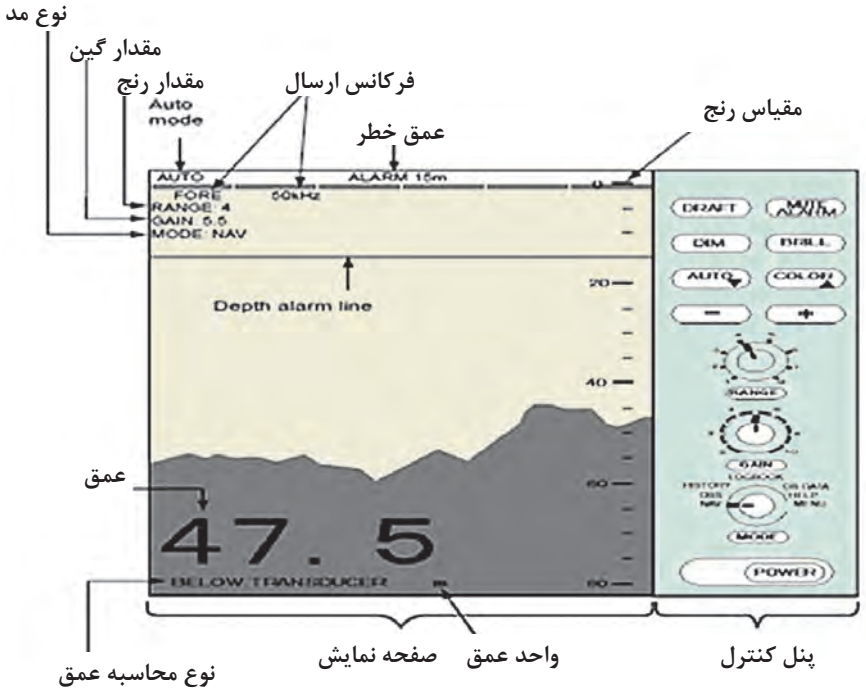
۸ **کلید BRILL** : از این کلید می‌توان جهت تنظیمات مقدار روشنایی و سایه‌روشن صفحه‌نمایش استفاده نمود.

۹ **کلیدDRAFT**: همان‌طور که قبلاً اشاره شد با استفاده از کلید MODE می‌توان گزینه DBS را انتخاب نمود تا مقدار عمق از سطح دریا، نمایش داده شود؛ پس برای این کار باید مقدار DRAFT شناور را تنظیم نمود تا این مقدار در محاسبات دخالت داده شود.

۱۰ **کلید MUTE ALARM** : با استفاده از این کلید می‌توان با تنظیم عمق خطر، در آب‌های کم‌عمق از به گل نشستن شناور جلوگیری نمود، به‌طوری که با فشار این کلید و با استفاده از کلیدهای- و+ می‌توان عمق خطر را انتخاب نمود تا در مواقع خطر اعلام هشدار نماید.

مشخصه‌ها و نشانه‌ها

شکل۳۵ علائم و نشانه‌های صفحهٔ نمایشگر عمق‌یاب را نمایش داده است.



شکل۳۵ــ مشخصه‌ها و نشانه‌های نمایشگر عمق‌یاب

جدول ۲ـ نگه‌داری سامانه عمق‌یاب

موارد نگه‌داری	نقاط مورد کنترل
۱ از ریختن مایعات بر روی سامانه خودداری شده و احتمالات بررسی گردد. ۲ نمایشگر را هفته‌ای یک‌بار با پارچهٔ نرم و خشک تمیز نمایید. ۳ هوا در اطراف دستگاه جریان داشته باشد. ۴ با توجه به لرزش‌های شناور هرماه یک‌بار اتصالات، کابل‌ها و کانکتورها را بررسی و استحکام آن را کنترل نمایید. ۵ هر دو ماه یک‌بار خزه‌های اطراف ترانسدیوسر را تمیز کنید.	تجهیزات سامانه

جدول ۳ـ عیب‌یابی سامانه عمق‌یاب

نوع عیب	احتمال عیب	روش رفع عیب
تصویر نیست، اطلاعات اندازه‌گیری نمایش داده نمی‌شود.	ولتاژ ورودی را بررسی کنید.	ولتاژ ضعیف است.
	فیوز را عوض کنید.	فیوز حساس است.
	کابل را بررسی و در صورت نیاز تعویض کنید.	کابل تغذیه مشکل دارد.
پژواک نمایش داده نمی‌شود.	کابل را عوض کنید.	کابل ترانسدیوسر مشکل دارد.
	اتصالات کابل را محکم نمایید.	اتصالات کابل ترانسدیوسر مشکل دارد.
	مطمئن شوید که بالاترین مقدار توان را انتخاب نمایید.	فرستنده کار نمی‌کند.
نمایش غیرعادی	با استفاده از کلید بهره (گین) تنظیمات را انجام دهید.	حساسیت کم است.
	کف دریا گل‌آلود است.	پژواک برگشتی از کف دریا ضعیف است.
	ترانسدیوسر را تمیز نمایید.	روی ترانسدیوسر خزه دارد.
کف دریا نمایش داده نمی‌شود.	تنظیمات رنج را انجام دهید.	خارج از رنج کاربری است.
	حباب هوا در اطراف ترانسدیوسر است.	مشکل از تجهیزات نیست و این یک مورد طبیعی است.
پارازیت (نویز) زیاد است.	ترانسدیوسر در مکان مناسب نصب نشده است.	اگر مشکل حل نشد ترانسدیوسر را در مکان مناسب نصب نمایید.
	ترانسدیوسر دیگری در مجاورت سامانه در حال کار است.	مشکل از تجهیزات نیست.
پارازیت (نویز) کف دریا زیاد است.	در نزدیکی سطح، حباب و هوادهی وجود دارد.	مشکل از تجهیزات نیست.
	هوا نامساعد است.	مشکل از تجهیزات نیست.

فعالیت کارگاهی

به یک واحد شناور مراجعه نموده و ضمن شناسایی اجزای سامانه عمق‌یاب، با راهنمایی کاربر آن از دستگاه استفاده نمایید.

سرعت‌سنج (SPEED LOG)

سرعت شناور از مؤلفه‌های مهم قابل‌اندازه‌گیری است که حداقل فایدهٔ آن پیش‌بینی زمان رسیدن به نقطهٔ دلخواه است. بنابراین از زمان‌های دور روش‌های مختلفی برای سنجش سرعت در شناورها استفاده می‌شده است. دستگاه سرعت‌سنج نیز همانند سایر دستگاه‌های کمک ناوبری برای یک ناوبر کارایی دارد؛ چراکه در یک ناوبری طولانی‌مدت برای داشتن موقعیت احتمالی لازم است اطلاعات خوب و صحیحی از راه و سرعت شناور خودی داشته باشد.

سرعت‌سنج های شناور

در دریا ممکن است سرعت شناورنسبت به کف دریا یا نسبت به سطح آب سنجیده شود که هردوی آنها در سیستم ناوبری امروزی جایگاه خاص خود را دارند. ازآنجایی‌که برای اندازه‌گیری سرعت کشتی از روش‌های مختلفی استفاده‌شده است؛ به‌همین دلیل سرعت‌سنجها نیز انواع مختلفی پیدا کرده‌اند. هرچند امروزه از طریق دستگاه GPS، سرعت شناور به‌دقت اندازه‌گیری می‌شود ولی هنوز از سرعت‌سنج های مختلف نیز استفاده می‌شود.

تحقیق کنید

در خصوص انواع سرعت‌سنج‌ها تحقیق نمایید.

سرعت‌سنج صوتی

این نوع سرعت‌سنج‌ها نسبت به کف دریا و یا حجم فشرده شده یا گسترده‌ای از آب، سرعت کشتی را اندازه‌گیری می‌کنند. به این‌صورت که با استفاده از یک سیگنال صوتی یا به‌عبارت دیگر ترکیبی از خواص امواج صوتی در آب دریا و فن‌های مربوط به آن تا عمق ۲۰۰ متر می‌توانند سرعت کشتی را مشخص نمایند.

اگر پژواک‌های بازگشتی از کف دریا ضعیف باشند و یا عمق آب از ۲۰۰ متر بیشتر باشد، این سیستم به‌طور خودکار گزینهٔ دیگری را برای محاسبهٔ سرعت انتخاب می‌کند. بدین‌صورت که تودهٔ آب موجود در عمق تقریبی ۱۲ متر زیر کیل کشتی را در نظر می‌گیرد.

این نوع سرعت‌سنج‌ها برای ارسال امواج صوتی به داخل آب از ترانسدیوسر استفاده می‌کنند که با استفاده از آن، پالس‌های انرژی صوتی با فرکانس ۱۵۰ KHz را از طریق دو پیزوسرامیک که در راستای طولی کشتی(fore & aft) قرارگرفته‌اند، به داخل آب ارسال می‌کنند. بستر دریا یا توده آب، سیگنال ارسالی را با یک تأخیر زمانی (T) منعکس می‌کند که این تأخیر زمانی بستگی به جنس و برجستگی کف دریا دارد.

سیگنال‌های بازگشتی تابعی از موقعیت لحظه‌ای هر سنسور (حساسه) و نیز سرعت کشتی می‌باشند. این سیگنال‌ها در یک کانال دستگاه، مشابه با سیگنال‌های دیگر کانال‌های دستگاه هستند، اما این سیگنال‌ها نسبت به یکدیگر یک تأخیر زمانی دارند. با توجه به‌رابطهٔ زیر از آنجایی‌که مقدار دقیقه‌ها مشخص است، لذا با اندازه‌گیری این تأخیر زمانی (T)، می‌توان سرعت کشتی را براساس رابطهٔ زیر محاسبه نمود.

$T=۰/۵\times SV$

T؛ تأخیر زمانی برحسب ثانیه ؛ S؛ فاصلهٔ بین اجزای دریافت‌کنندهٔ سیگنال (اجزای ترانسدیوسر) و V؛ سرعت کشتی می‌باشد.

توجه

۱ تأخیر زمانی (T) فاصلهٔ زمانی بین دو پژواک ترانسدیوسر است نه فاصلهٔ زمانی بین ارسال و دریافت سیگنال.

۲ دما و شوری آب و نیز تغییرات سرعت صوت بر انجام محاسبات فوق تأثیری ندارند چون هرگونه تغییر در آنها تأثیری مشابه بر روی پژواک‌های دریافتی دارد.

۳ با اندازه‌گیری فاصلهٔ زمانی سیگنال ارسالی و بازگشتی می‌توان عمق آب را نیز از رابطهٔ زیر محاسبه نمود (همانند عمق‌یاب).

$$d = \frac{T}{۲} \times C$$

d ؛ عمق آب به متر T ؛ زمان رفت‌وبرگشت سیگنال C ؛ سرعت صوت $۱۵۰۰ \, m/s$

سرعت‌سنج داپلری

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سرعت هر شناور در آب وجود دارد، ولی متداول‌ترین آنها، روش «داپلر» است که به علت کاربردی‌تربودن این روش، به معرفی این سامانه پرداخته می‌شود. سامانه اندازه‌گیری سرعت به‌روش داپلر برگرفته از همان تئوری شیفت فرکانس است که توسط کریستین داپلر در اوایل قرن ۱۹ عنوان شد و امروزه به‌طور گسترده در الکترونیک دریایی برای اندازه‌گیری سرعت شناورها استفاده می‌شود.

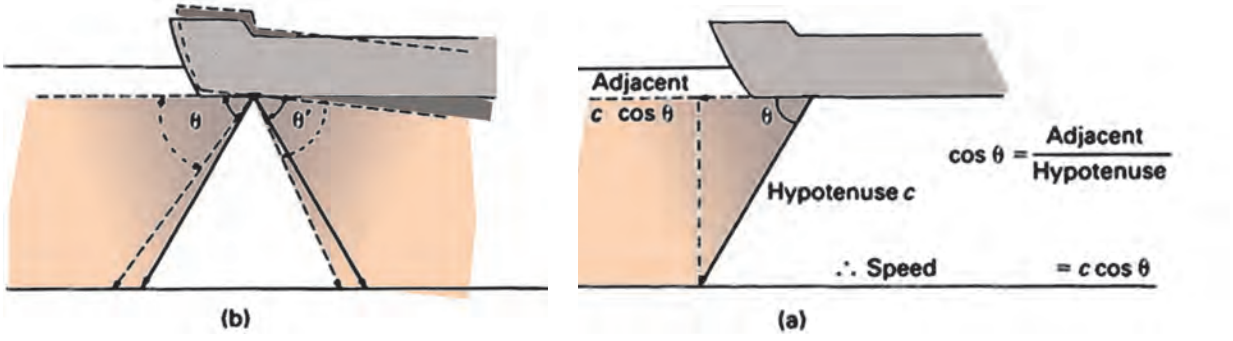
درنظر بگیرید که کشتی‌ای با سرعت V به‌طرف یک صفحهٔ انعکاس‌دهندهٔ ثابت، درحال حرکت است و از دماغهٔ خود یک پرتو از انرژی صوتی با فرکانس F را به‌سوی صفحهٔ منعکس‌کننده ارسال می‌کند. در این صورت فرکانس برگشتی از انعکاس صفحه، یک شیفت فرکانسی نسبت به فرکانس ارسالی نشان می‌دهد. این شیفت فرکانس، همان جابه‌جایی داپلری است که با سرعت کشتی متناسب می‌باشد.

اگر سرعت کشتی را صفر در نظر بگیریم طول موج در نقطهٔ انعکاس برابر است با: $\lambda = c/f$

در این رابطه: λ= طول‌موج (برحسب متر)، c = سرعت امواج صوتی در آب(۱۵۰۰ متر بر ثانیه) و f = فرکانس(هرتز)

است و با درنظر گرفتن اینکه کشتی با سرعت V به سطح انعکاس‌دهنده نزدیک می‌شود، طول‌موج در آب دریا برابر است با: $\lambda = (c-v)/f$ و درنتیجه در نقطهٔ انعکاس فرکانس بالاتری داریم.

در شرایط واقعی می‌دانیم که سطح انعکاسی وجود ندارد، آنچه به‌عنوان منعکس‌کننده باید عمل کند بستر دریاست، پس پرتوی انرژی می‌باید با زاویه مناسب به بستر دریا فرستاده شود.

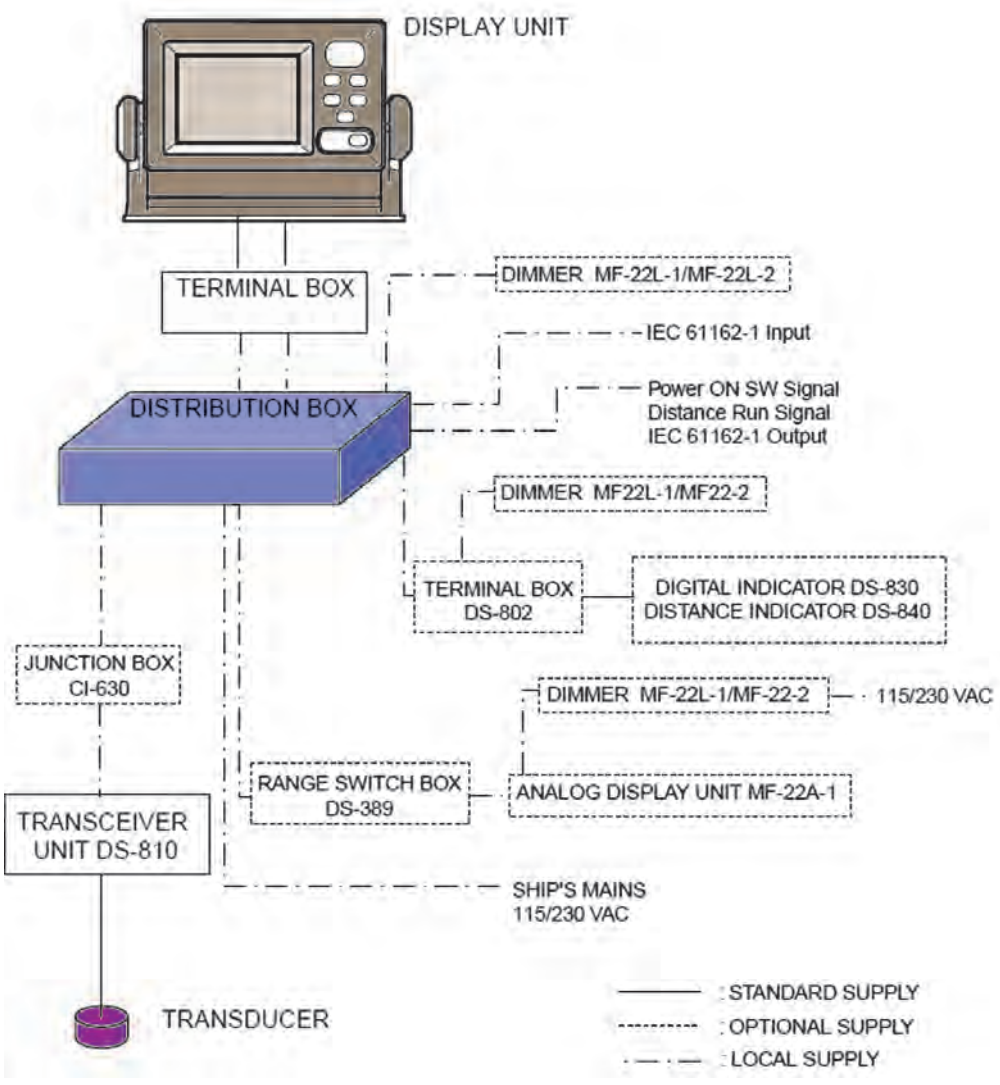


شکل ۳۶- محاسبهٔ سرعت شناور با استفاده از عمق سنج

با توجه به شکل ۳۶؛ در زاویهٔ θ ،سرعت V به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$f = f\,(1 + 2v\cos\theta/c + 2v^2\cos^2\theta/c^2 + 2v^3\cos^3\theta/c^3 + \ldots \text{etc})$$

اجزای سامانه سرعت‌سنج داپلری

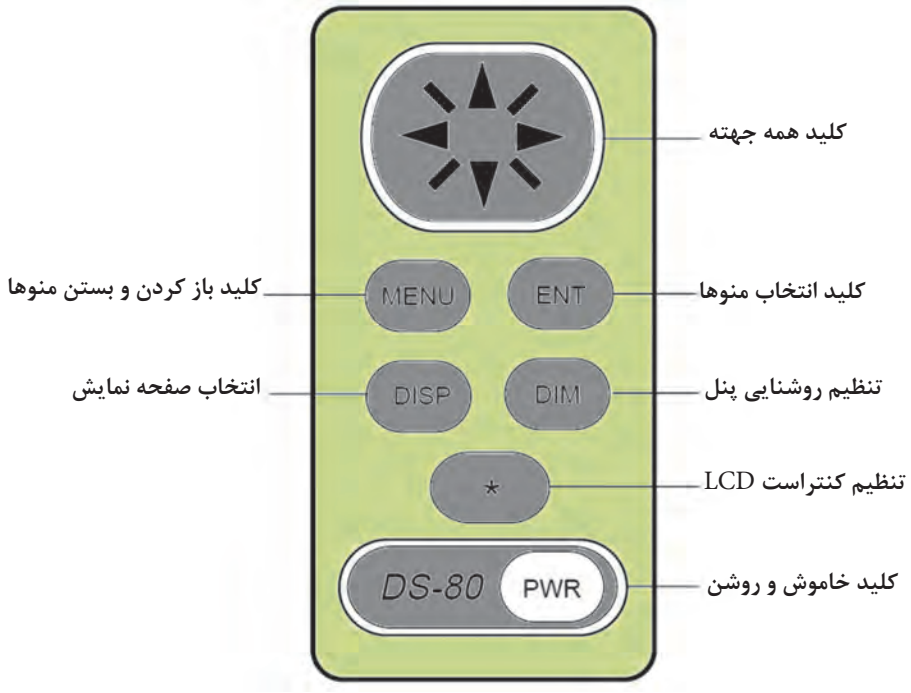


شکل۳۷- پیکربندی نصب سامانه سرعت‌سنج

کار در منزل

اجزای شکل ۳۷ را ترجمه نمایید.

عملکرد سرعت : در ابتدا با کلیدهای روی پانل سرعت‌سنج و عملکرد کلی هریک از آنها آشنا خواهیم شد.



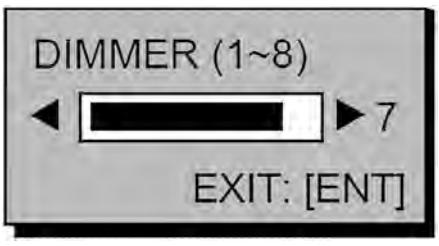
شکل۳۸- نمای کلی کلیدهای کنترل سامانه سرعت‌سنج

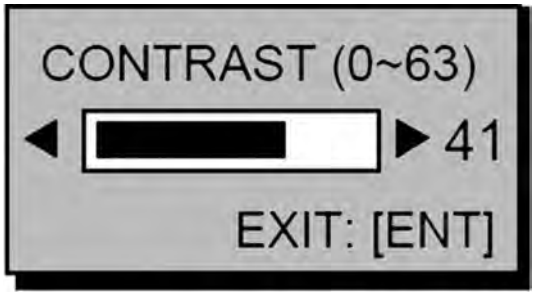
۱ برای روشن کردن،کلیدPOWER(PWR) را فشار می‌دهیم. سرعت‌سنج روشن می‌شود و آخرین منوی قبلی باز می‌شود. مانند منوی مقابل که در آن سرعت و فاصله را نمایش می‌دهد.

کلمهٔ STW یعنی سرعت نسبت به آب سنجیده می‌شود.

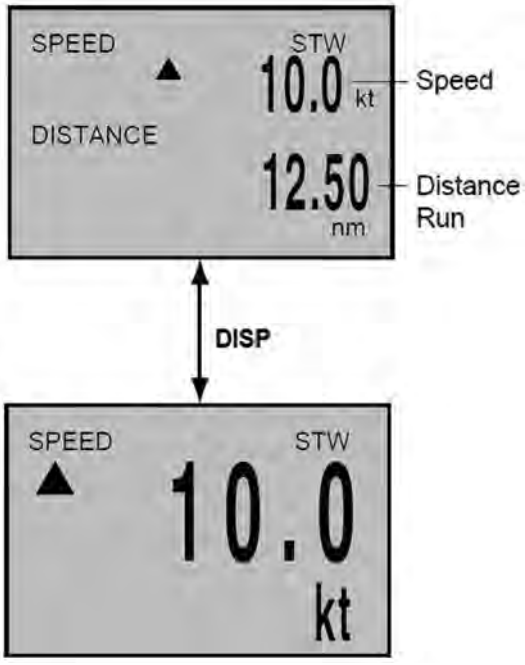
اکنون اگر کلید (PWR) را فشار دهیم دستگاه خاموش می‌شود.

۲ کلید DIMMER (DIM) برای تنظیم روشنایی صفحه‌نمایش است. با فشردن این کلید، صفحهٔ زیر باز می‌شود و با فشردن سمت چپ و راست کلید شاسی پد، به ترتیب روشنایی صفحه‌نمایش کم و زیاد می‌شود. روشنایی این دستگاه از ۱ تا ۸ است که پس از انتخاب هرکدام از آنها با فشردن کلید ENT ثبت خواهد شد. پیش‌فرض روشنایی روی عدد ۴ است.

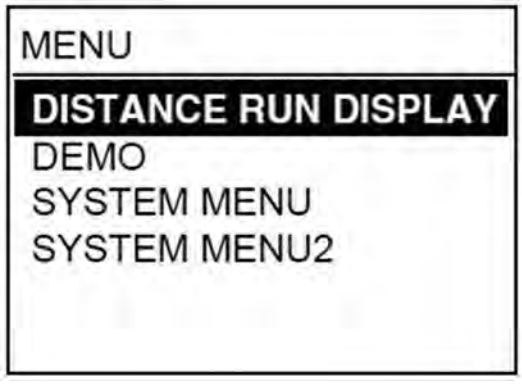




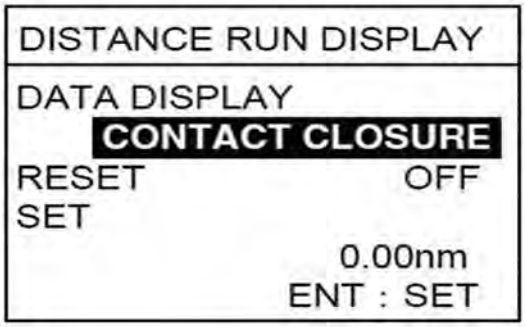
۳ کلید * برای تنظیم کنتراست یا شفافیت صفحه‌نمایش است. با فشردن این کلید صفحهٔ مقابل نمایش داده می‌شود و با فشردن سمت چپ و راست کلید شاسی پد، شفافیت به ترتیب کم و زیاد می‌شود. کنتراست یا شفافیت این دستگاه از صفر تا ۶۳ است و با پیش‌فرض ۴۸ تنظیم شده است. پس از انتخاب شفافیت دلخواه، با کلید ENT روی عدد دلخواه ثبت خواهد شد.



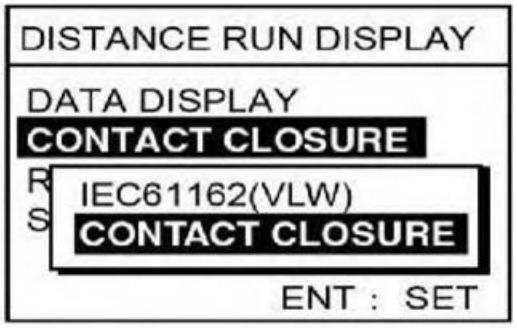
۴ کلید DISPLAY(DISP) برای انتخاب هرکدام از صفحه‌های دلخواه، برای کاربر مورداستفاده قرار می‌گیرد. مانند شکل مقابل کاربر می‌تواند در یک صفحه فقط سرعت و یا در صفحهٔ دیگر هم سرعت و هم فاصله را داشته باشد. علامت فلش نیز جهت سرعت را به جلو یا عقب نشان می‌دهد.



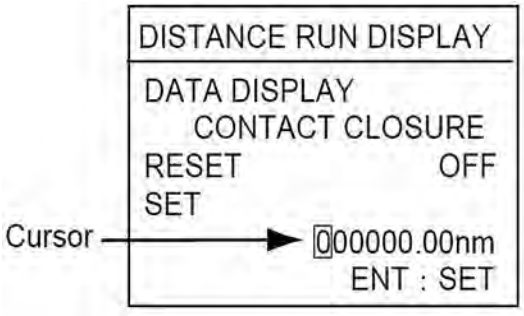
۵ کلید MENU را برای بازکردن منوهای مختلف دستگاه سرعت‌سنج و درواقع نوع عملکرد آن استفاده می‌نماییم. پس از فشردن کلید منو صفحهٔ مقابل مشاهده می‌گردد. سپس با زدن کلید بالا و پایین شاسی پد، منوی دلخواه را انتخاب می‌نماییم.



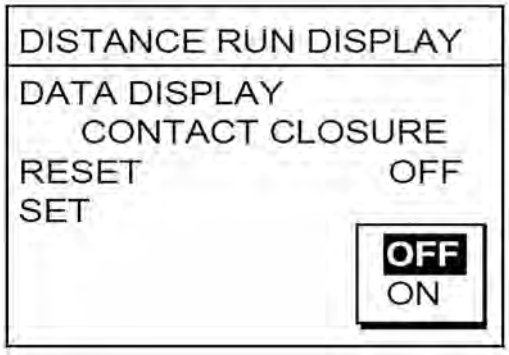
پس از رفتن روی منوی دلخواه، با زدن کلید ENT وارد منوی مربوطه می‌شویم. مثلاً وقتی گزینهٔ DISTANCE RUN DISPLAY (مسافت پیموده شده) انتخاب شود. صفحهٔ مقابل بازخواهد شد.



در این صفحه سه زیر منو وجود دارد که برای انتخاب هرکدام، از طریق کلید همه جهته، آن را انتخاب کرده و کلید ENT را می‌زنیم و برای بستن آنها دو بار کلید MENU را می‌زنیم. اگر زیر منوی CONTACT CLOSURE را انتخاب کنیم صفحهٔ مقابل ظاهر می‌شود.



با انتخاب گزینهٔ IEC۶۱۱۶۲(VLW) می‌توانیم هر یک از صفحه‌نمایش‌ها را انتخاب کنیم و با زدن دو بار کلید MENU، منوها بسته‌شده و به صفحهٔ موردنظر می‌رسیم.
به‌منظور انتخاب یک فاصله برای دریانوردی، با انتخاب زیر منوی SET و سپس زدن کلید ENT صفحهٔ مقابل ظاهر می‌شود.



در اینجا می‌توانیم عدد دلخواه را برای دریانوردی انتخاب کنیم. با زدن کلید چپ و راست کلید همه جهته، رقم موردنظر را انتخاب می‌نماییم و با زدن بالا و پایین این کلید خود عدد را انتخاب می‌کنیم. این عدد فاصله درنهایت از ۰,۰۰ تا ۹۹۹۹۹۹,۹۹ مایل دریایی قابل تنظیم است. پس از انتخاب عدد موردنظر، با زدن کلید ENT آن را ثبت می‌کنیم و با زدن دوبار کلید MENU به صفحهٔ اول برمی‌گردیم. در این وضعیت پس از دریانوردی و رسیدن به این فاصله، علامت هشدار دستگاه به صدا درمی‌آید.

همچنین با انتخاب زیر منوی RESET و ON نمودن آن مطابق فرایند فوق حذف خواهد شد و عدد دریانوردی به ۰,۰۰ تغییر می‌یابد.
منوهای تنظیمات سامانه نیز در زیر منوی SYSTEM MENU وجود دارد که بسیار ساده است و می‌توانید به کاتالوگ دستگاه مراجعه نمایید. عملکرد کلی همهٔ این دستگاه‌ها مشابه هم هستند.

فعالیت کارگاهی

به یک واحد شناور مراجعه نموده و ضمن شناسایی اجزای سامانه سرعت سنج، با راهنمایی کاربر آن، از دستگاه استفاده نمایید.

ماهی‌یاب (FISH FINDER)

این دستگاه یکی دیگر از کاربردهای دستگاه‌های سونار است. عملکرد کلی آن بسیار مشابه عمق‌یاب است تا حدی که تقریباً همهٔ ماهی‌یاب‌ها عمق را نیز اندازه گرفته و نشان می‌دهند. ماهی‌یاب‌ها امروزه اندازه دقیق ماهی، نوع ماهی و حتی جنسیت ماهی‌ها را نیز می‌توانند نشان دهند. با توجه به اثر دمای آب در پژواک‌های برگشتی، دمای آب نیز اغلب در ماهی‌یاب‌ها نمایش داده می‌شود.

شکل۳۹- تصویر کلی یک ماهی‌یاب (به فرکانس شناسایی در دو عمق متفاوت دقت کنید)

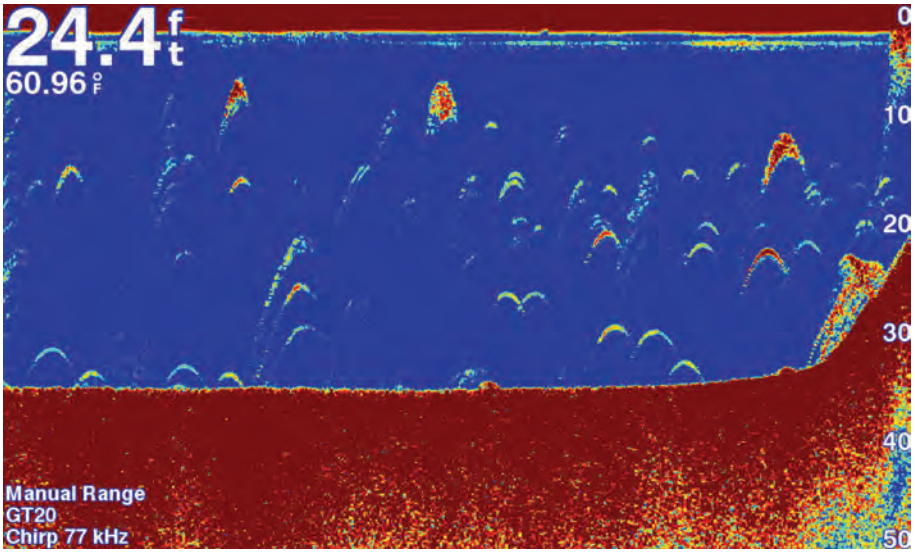
سوناریست‌های هدف‌یاب، (مثلاً کاربران سونارهای نظامی) با شنیدن صداهای حیوانات دریایی که هرکدام فرکانس خاص خود را دارد، نوع حیوان را نمایان می‌سازند برخی از این صداها عبارت‌اند از:

۱ گرازهای دریایی صداهایی مانند سوت و گاه مانند خنده با دهان بسته دارند.

۲ هنگام نزدیک شدن به میگوهای «باروح» که در عرض جغرافیایی ۴۵ درجهٔ شمالی و ۴۵ درجهٔ جنوبی معمولاً در آب‌های کمتر از سی فوت بسیار یافت می‌شوند، صدایی شبیه وزوز کردن به گوش می‌رسد.

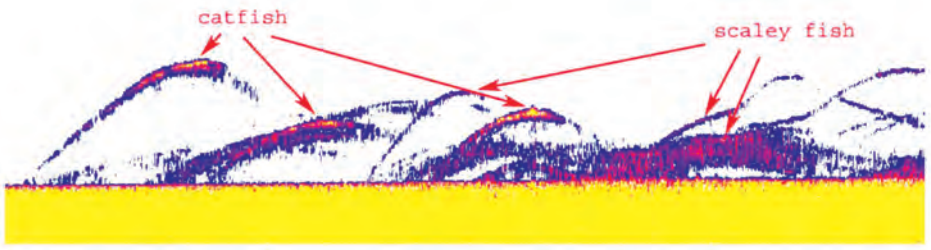
۳ نهنگ‌ها، صداهای متنوعی مانند صدای ضربه، صدای ناله، صدای قیژقیژ، صدای چکش و مانند آن دارند. این نوع آشکارسازی‌ها درواقع غیرفعال‌اند و با توجه به اینکه صداهای متنوعی خواهیم داشت، تشخیص همه

آنها دشوار است و از طرفی درصورت عدم حرکت یا کندی حرکت ماهی‌ها، آشکارسازی ماهی با مشکلاتی همراه خواهد شد، بنابراین از سونارهای فعال برای شناسایی ماهی‌ها استفاده می‌شود. پژواک برگشتی از انواع مختلف ماهی‌ها و در اندازه‌های مختلف، هم نوع ماهی و هم‌اندازه و تعداد آنها را به‌صورت تکی یا دسته ماهی مشخص خواهد نمود. در صفحهٔ ماهی‌یاب، ماهی‌های آشکارسازی شده را به‌صورت زیر می‌توان مشاهده نمود.



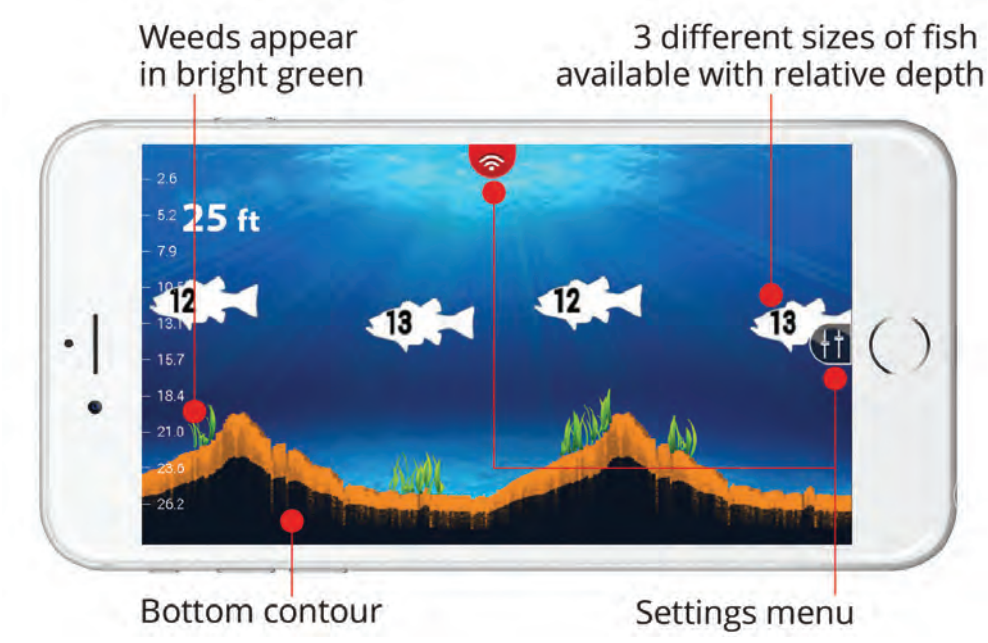
شکل ۴۰- تصویر ماهی در صفحه‌نمایش ماهی‌یاب

با توجه به شکل پژواک برگشتی نوع و اندازه ماهی‌ها مشخص می‌شود. مثلاً در شکل زیر پژواک برگشتی از یک گربه‌ماهی و یک ماهی خیلی باریک را مشاهده می‌کنید.



شکل۴۱- تصویر دو نوع ماهی با پهنای مختلف در صفحه‌نمایش ماهی‌یاب

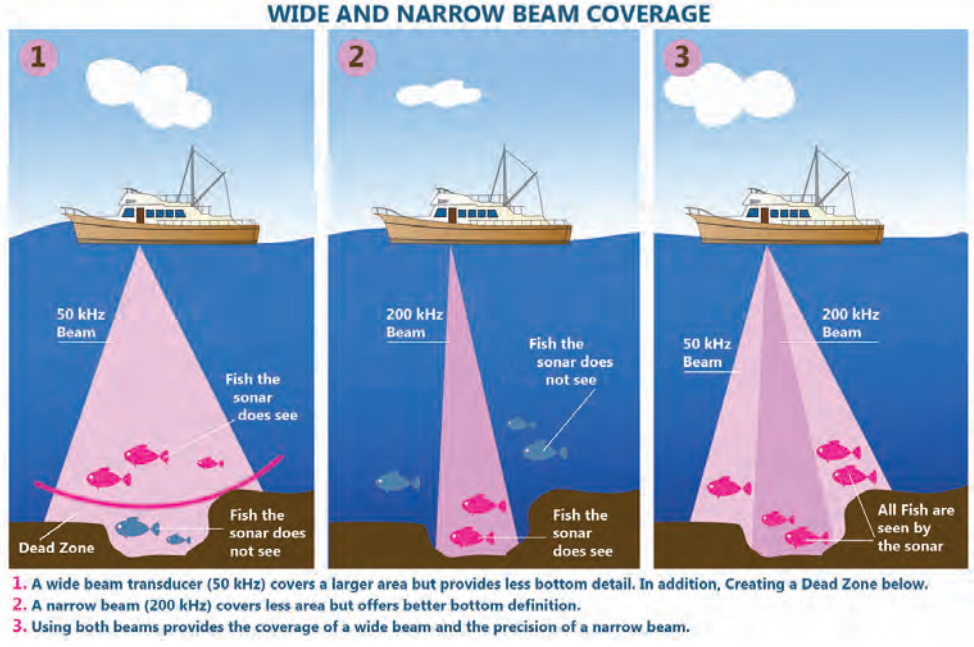
امروزه ماهی‌یاب‌ها به‌صورت یک نرم‌افزار برروی موبایل‌های هوشمند نیز قابل‌نصب می‌باشند و مانند یک صفحه‌نمایش ماهی‌یاب، مانند شکل ۴۲ اندازهٔ ماهی را نیز نشان می‌دهند.



شکل۴۲- نمایش آشکارسازی ماهی‌یاب در صفحه تلفن همراه

فعالیت کلاسی

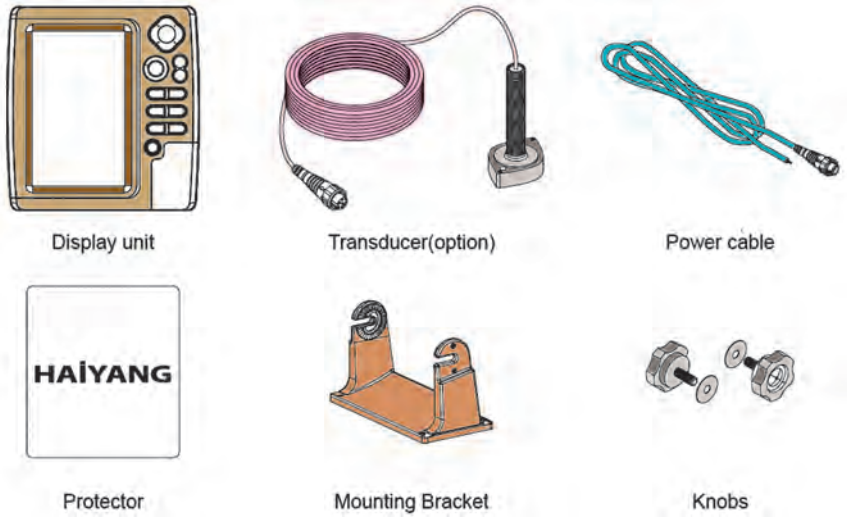
اجزای شکل ۴۳ را ترجمه و تحلیل نمایید.



شکل۴۳- اثر تغییر فرکانس در آشکارسازی

اجزای ماهی‌یاب

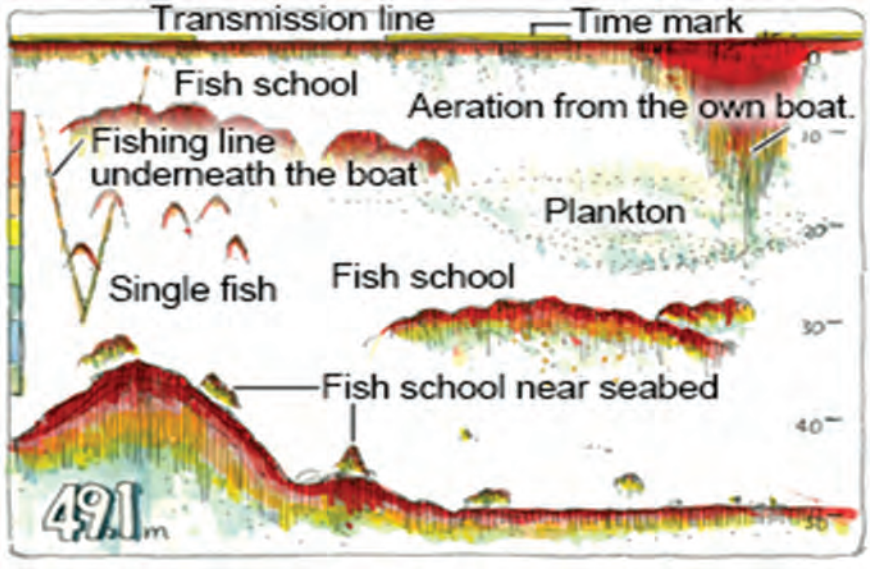
اجزای ماهی‌یاب را در شکل ۴۴مشاهده می‌کنید.



شکل۴۴- اجزای مختلف یک ماهی‌یاب

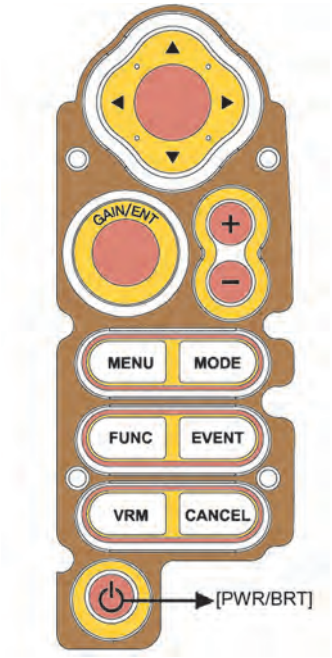
کاربری ماهی‌یاب

عملکرد ماهی‌یاب‌ها نیز بر اساس تئوری سونار است، لذا کاربری آنها نیز مشابهت بسیاری به هم دارند. در اینجا کاربری یکی از ماهی‌یاب‌های پرکاربرد در جهان را مشاهده خواهید کرد. این ماهی‌یاب شامل یک واحد فرستنده ـ گیرنده و یک مبدل فرکانس دوگانه است. بعد از یک اسکن از کف دریا، شکلی مانند زیر را در صفحه‌نمایش ماهی‌یاب خواهید دید که در اینجا روی هرکدام از شکل‌های نشان داده‌شده، آشکارسازی آن نوشته‌شده است.



شکل۴۵- تصاویر و تفسیر نمایش داده شده در مانیتور یک ماهی‌یاب

در اینجا با عملکرد یک ماهی یاب آشنا خواهیم شد. ابتدا به معرفی هر یک از کلیدهای روی پانل ماهی‌یاب شکل ۴۶ می پردازیم و سپس عملکرد هر یک را توضیح خواهیم داد.



شکل۴۶- نمای کلی کلیدهای ماهی‌یاب

جدول۴ـ کاربری سریع ماهی‌یاب

ردیف	کلید	کاربری
۱	[PWR/BRT]	خاموش و روشن کردن دستگاه یا تغییر شدت نور صفحه
۲	[Cursor Key]	درحالت منو برای انتخاب زیر منوها و درحالت غیر از منوها برای انتخاب فرکانس کاری
۳	[GAIN] & [ENTER]	حالت تکمه زدن: وقتی در جداول منوها هستیم عمل اینتر را انجام می‌دهد حالت دورانی: تنظیم سطح گین (سطح تقویت‌کنندگی)
۴	[+] &[-]	تنظیم محدودهٔ (رنج) عمق در حالت دستی
۵	[MENU]	با یک‌مرتبه کلیک: منوی سریع نمایش داده می‌شود با دومرتبه کلیک: منوی اصلی نمایش داده می‌شود
۶	[MODE]	تنظیم حالات (مودهای) ماهی‌یاب
۷	[FUNC]	کلید تنظیم سریع انتخاب عملکردهای مختلف
۸	[EVENT]	انتخاب هر یک از صفحه‌های «نقطهٔ راه»، «ناوبری» و یا «فعالیت تصویربرداری « با توجه به کاربری
۹	[VRM]	نشان دادن نوار رنج‌های مختلف عمق سنجی
۱۰	[CANCEL]	برگشت به صفحه‌نمایش قبلی یا کنسل کردن منوی بازشده

۱ برای روشن‌کردن این دستگاه، کلید [PWR/BRT] را فشرده و نگه می‌داریم تا روشن شود. البته در صورت روشن بودن، به همین ترتیب نیز خاموش می‌شود. برای تغییر شدت روشنایی صفحه‌نمایش این کلید را برای لحظه‌ای فشرده و با قسمت [→][←] کلید همه جهته، شدت نور یا کنتراست صفحه را تنظیم می‌کنیم. همچنین با فشردن لحظه‌ای این کلید و زدن [↑][↓] کلید همه جهته، مد روز یا شب صفحه‌نمایش را انتخاب می‌کنیم.

۲ انتخاب فرکانس در حالت دوگانه (دو تصویر در صفحه‌نمایش): با فشردن کلید[↓][↑] می‌توان رنگ قرمزی را که در صفحه به‌صورت بالا و پایین حرکت می‌کند، مشاهده کرد. فرکانس قرمزرنگ فعال، همان فرکانس در حال کار ماهی‌یاب است.

۳ انتخاب Sound Transmission Class (Gain & STC) : با فشردن کلید[→][←] می‌توان رنگ قرمزی را که در صفحه به‌صورت چپ و راست حرکت می‌کند، مشاهده کرد. گین قرمزرنگ فعال، همان گین در حال کار ماهی‌یاب است.

۴ حالت گین اتوماتیک یا دستی: با هر بار فشار دادن کلید [ENTER] حالت دستی یا اتوماتیک انتخاب می‌شود. در حالت دستی می‌توان گین را به‌صورت دستی تنظیم کرد. با زدن سمت چپ و راست کلید همه جهته، به ترتیب سطح گین کم و زیاد می‌شود.

حالت‌های کاری این ماهی‌یاب در دو فرکانس ۲۰ و ۵۰ کیلوهرتز است.

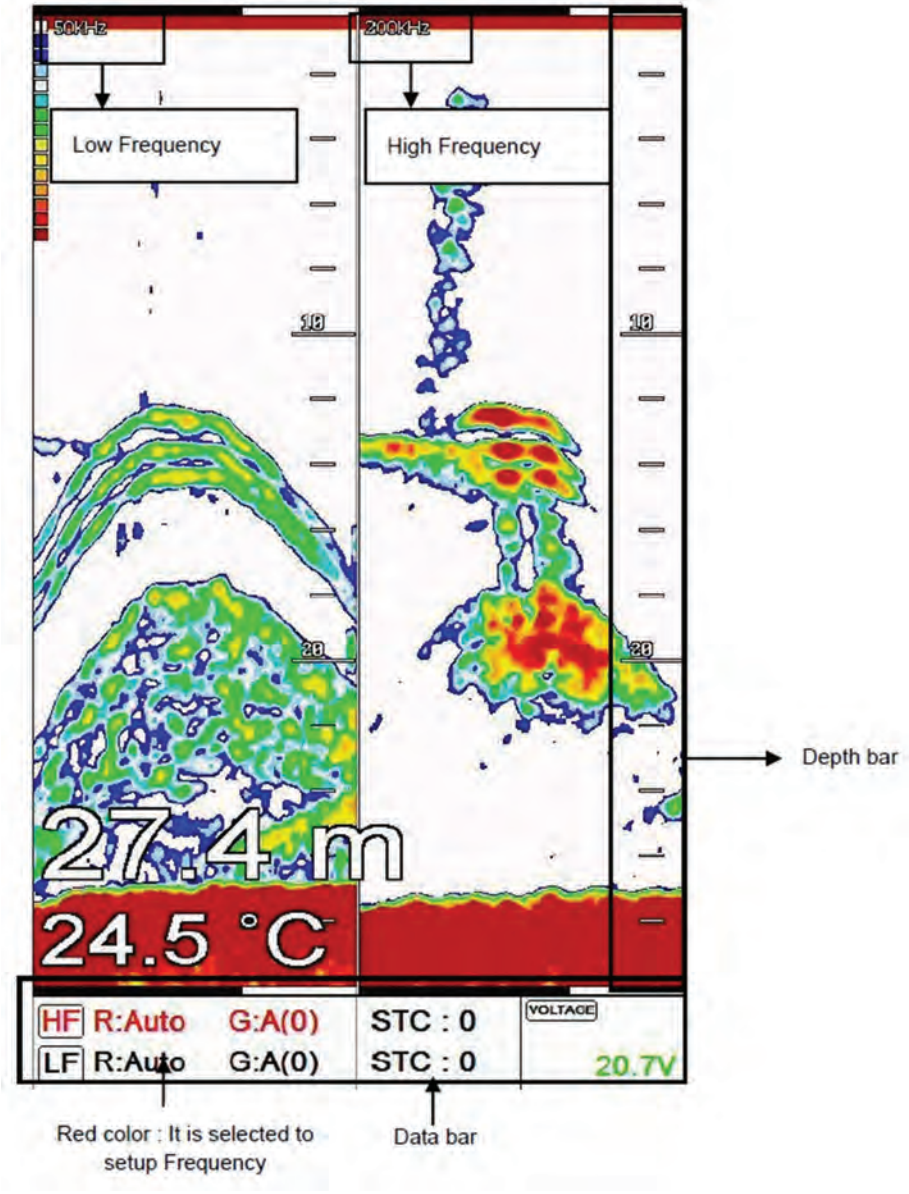
این حالت‌های کاری با هر بار زدن کلید [MODE] انتخاب می‌شوند.

حالات (مودهای) مختلف ماهی‌یاب عبارت‌اند از:

Normal	200khz
Bottom Zoom	200khz
Botoom Lock	200khz
Normal	50khz
Bottom Zoom	50khz
Bottom Lock	50khz
Normal	200/50khz
Bottom Zoom	200/50khz

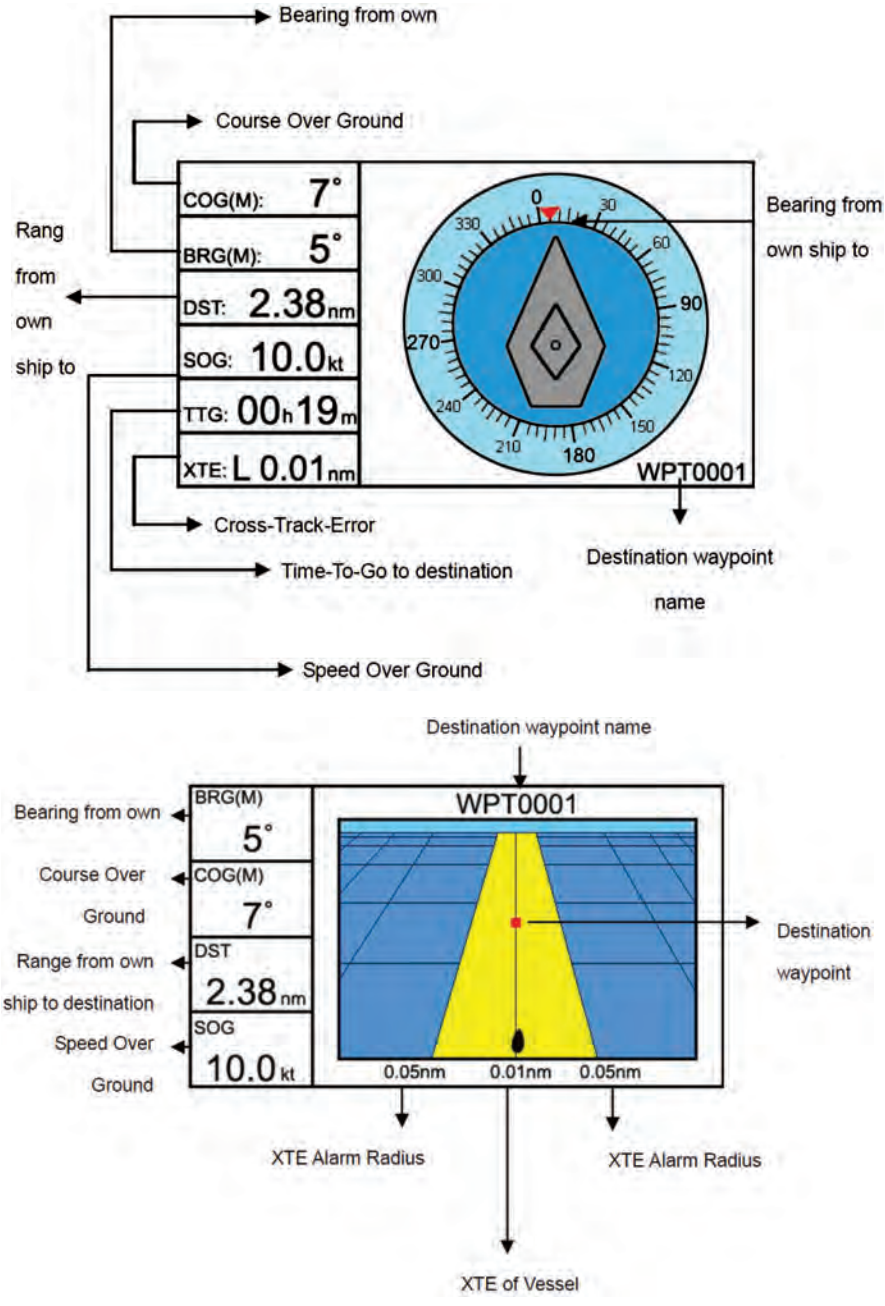
هر یک از این مدها برای نمایش با وضوح بیشتر در یک عمق یا دقت و بزرگ‌نمایی آنها، مورداستفاده قرار می‌گیرد، مثلاً درحالت مد انتخابی دو فرکانسی، دو تصویر در کنار هم قرار می‌گیرد که بزرگ‌نمایی و وضوح متفاوتی دارند.

به‌عنوان‌مثال در مود نرمال ۵۰ یا ۵۰۰ کیلوهرتز، تصویری از سطح در بالای صفحه و تصویری از کف دریا در پایین صفحه، نمایش داده می‌شود. مقیاس و اندازهٔ عمق و همچنین درجهٔ حرارت آب نیز در صفحه‌نمایش نشان داده می‌شود. همچنین صفحه‌نمایش، پژواک‌های برگشتی از کف دریا و نیز پژواک‌های ماهی‌ها را نشان می‌دهد. اگر رنج آشکارسازی را از عمق دریا کمتر کنیم، تمام پژواک‌هایی که در محدودهٔ این رنج هستند، آشکارسازی می‌شوند و ماهی‌های موجود در این فاصله نیز نمایش داده می‌شوند.



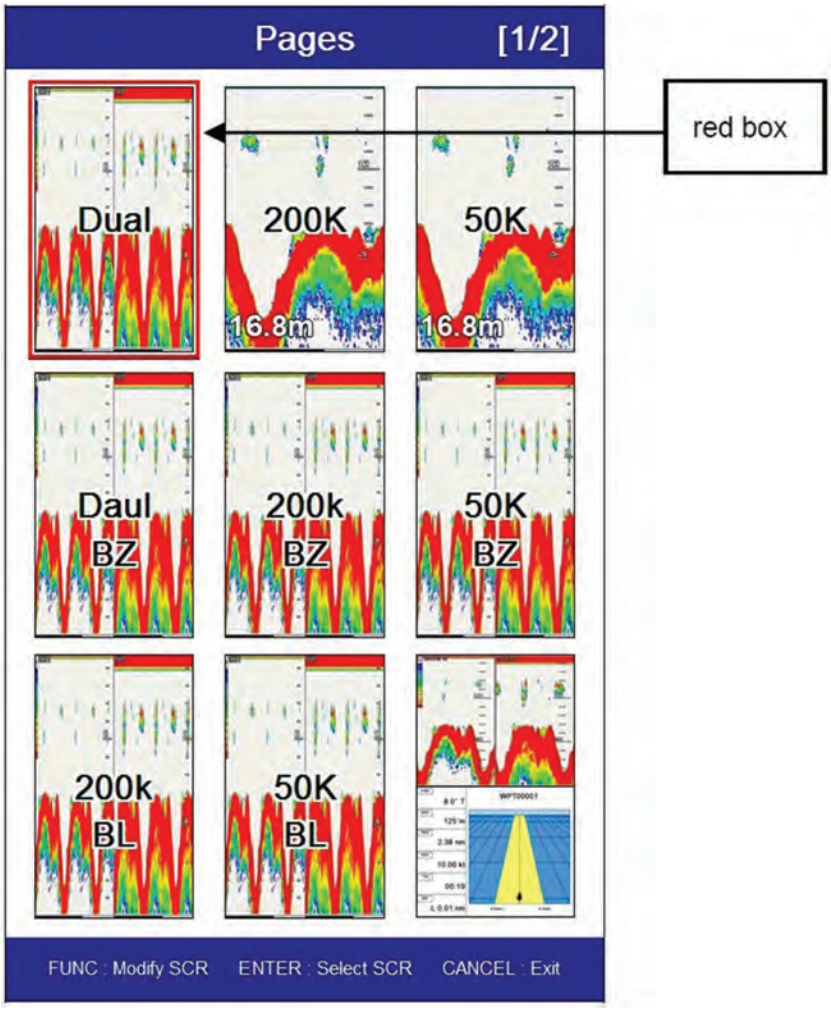
شکل۴۷- تصویر صفحهٔ نمایش ماهی‌یاب در مود دو فرکانسی

غیر از حالات فوق که برای ماهی‌یابی استفاده می‌شوند، حالت‌های (مودهای) مختلف دیگری که می‌توان از آن برای دریانوردی استفاده نمود، وجود دارند. مانند حالت Highway که تصویری سه‌بعدی از مسیر حرکت شناور خودی به سمت یک مقصد را به همراه اطلاعات مختلف مانند سمت شناور، سرعت شناور، راه شناور و سایر اطلاعات مشابه جی‌پی‌اس را نشان می‌دهد. حالت Steering نیز که اطلاعات مختلف ناوبری را به‌ما می‌دهد، در این دستگاه وجود دارد.



شکل۴۸- حالت **Steering** و **Highway**

برای انتخاب هرکدام از این صفحات، زیر منوی pages را از menu انتخاب نموده و مطابق شکل ۴۹ هرکدام از صفحات را که بخواهیم انتخاب می‌کنیم. وقتی تصویر صفحهٔ بعد ظاهر شد با زدن کلید همه جهته، صفحهٔ موردنظر را انتخاب می‌کنیم. صفحهٔ انتخاب‌شده دارای کادر قرمزرنگ در اطراف خود است که با زدن کلید ENT آن را انتخاب می‌کنیم تا تمام صفحه شود.



شکل۴۹- تصویری از زیر منوی PAGE

همچنین تنظیمات بیشتری در این ماهی‌یاب وجود دارد که می‌توانیم حسب نیاز از آنها استفاده نماییم. مثلاً ورود اطلاعات ناوبری به‌صورت دستی یا داشتن اطلاعات اضافه مانند عمق، سرعت، درجهٔ حرارت آب دریا و یا داشتن شکل ماهی هنگام آشکارسازی و اندازهٔ ماهی‌ها با واحد اندازه‌گیری دلخواه، انتخاب رنگ داده‌ها، امکان حذف پارازیت‌های مازاد و خطاهای سرعت‌سنجی یا ثبت ساعت و تاریخ با قالب‌های مختلف، سرعت تصویربرداری و بسیاری موارد دیگر.

فعالیت کارگاهی

درصورت امکان به یک واحد شناور مراجعه نموده و ضمن شناسایی اجزای دستگاه ماهی‌یاب، با راهنمایی کاربر آن، از دستگاه استفاده نمایید.

فیلم

فیلم مربوط به نصب یک ماهی‌یاب را ببینید.

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
کاربری سامانه های سونار	بررسی کاربری سامانه های سونار	کاربا دستگاه‌های سونار و کاربری آنها	بالاتر از حد انتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند. ■ هنرجو توانایی انجام همهٔ شاخص‌ها را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند . ■ هنرجو توانایی انجام سه مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱ بتواند خواص امواج صوتی، موارد استفاده از امواج صوتی و آلتراسونیک را بیان نماید. ۲ سونار فعال و غیرفعال را شرح دهد و نحوهٔ عملکرد سونارها و موارد استفادهٔ آنها را بیان نماید. ۳ عملکرد سرعت‌سنج را بداند. ۴ عملکرد عمق سنج را بداند. ۵ عملکرد ماهی‌یاب را بداند. ■ هنرجو توانایی انجام دو مورد از شاخص‌ها را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی شایستگی کاربری سامانه‌های سونار

۱ـ شرح کار:

- امواج صوتی و آلتراسونیک؛
- مشخصه‌های امواج صوتی و فراصوتی؛
- اصول عملکرد سونارها؛
- سونار فعال و غیرفعال؛
- تئوری سونار؛
- موارد استفاده و کاربردهای سونار؛
- عمق سنج؛
- سرعت‌سنج؛
- ماهی‌یاب.

۲ـ استاندارد عملکرد:

- شناسایی امواج صوت و فراصوت، مشخصات و کاربرد، تئوری سونار و موارد استفاده و عملکرد آن.

شاخص‌ها:

- توانمندی درک عملکرد دستگاه‌های سونار و کاربری ابتدایی برخی از تجهیزات مربوطه.

۳ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: در اختیار داشتن دستگاه‌های معرفی‌شده که اغلب در شناورها امکان‌پذیر است.

ابزار و تجهیزات: مجموعهٔ دستگاه‌های سونار که کاربری آنها ذکرشده است.

۴ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	عملکرد دستگاه‌های عمق‌سنج	۱	
۲	عملکرد دستگاه‌های سرعت‌سنج	۱	
۳	عملکرد دستگاه‌های ماهی‌یاب	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و... ..... ۱- رعایت کلیهٔ نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲-دقت و تمرکز در اجرای کار ۳-تفکر و یادگیری مستمر ۴-رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای (صداقت، احترام، پشتکار و جدیت و ....)			
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.