فصل ۴

کاربری سامانه‌های رادار و نقشه‌های الکترونیکی

مشخصات کلی کار
نوع درس: نظری ـ عملی
کل ساعت: ۶۰ساعت
ساعت نظری: ۲۰ساعت
ساعت عملی: ۴۰ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این فصل قادر باشد:

۱ ضرورت به‌کارگیری سامانه‌های رادار،آرپا، هدایت خودکار کشتی و نقشه‌های دریانوردی الکترونیکی را بداند.

۲ با انجام تمرینات عملی وکارگاهی توانایی و مهارت لازم در استفاده صحیح از این وسایل را کسب کند.

۳ ضمن فراگیری نحوهٔ صحیح کار با این سامانه‌ها، نکات ایمنی مربوطه را بیاموزد.

سؤال‌های پیشنهادی

۱ رادار چیست و نحوهٔ عملکرد آن چگونه است؟

۲ انواع رادارهای مورد استفاده کدام‌اند و هرکدام چه کاربردی دارند؟

۳ سامانهٔ آرپا (ARPA) چه کاربردی بر روی کشتی‌ها دارد؟

۴ نحوهٔ کار سامانهٔ هدایت خودکار کشتی (Auto Pilot) به چه صورت است؟

۵ ضرورت به‌کارگیری نقشه‌های دریانوردی الکترونیکی چیست؟

واحد یادگیری ۴
کاربری سامانه‌های رادار و نقشه‌های الکترونیکی

اهداف جزئی مرحله یادگیری

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ با نقش و ضرورت به‌کارگیری دستگاه رادار در کشتی‌ها آشنا شود.
۲ انواع مختلف دستگاه‌های رادار را بشناسد و کاربرد آنها را بداند.
۳ توانایی به‌کارگیری و استفادهٔ صحیح و ایمن از دستگاه رادار را داشته باشد.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

۱ در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست واخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یادگیرد.
۳ حل مسئله را به‌صورت تحقیق و با استفاده از فناوری انجام دهد.
۴ فعالیت‌ها را با کار گروهی و مباحثه حل کند.

دانش‌افزایی

پیشنهاد می‌گردد در هنگام تدریس این قسمت توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود. و قبل از ورود به مباحث کلاسی، مطالب و توضیحات زیر توسط هنرآموز مطالعه و هنگام تدریس درکلاس بیان گردد.

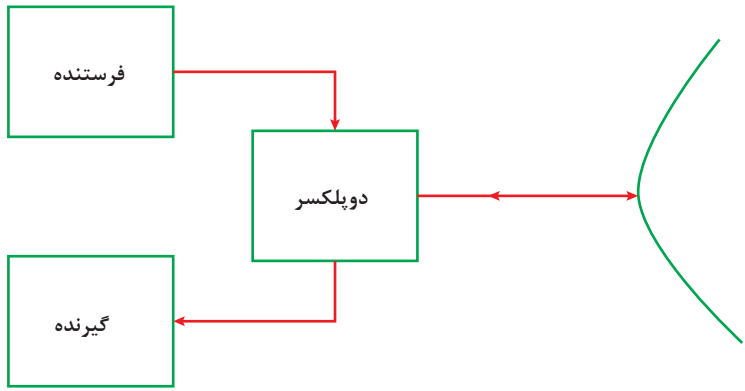
تعریف رادار

واژه رادار RADAR که اولین بار در سال ۱۹۴۱ به وسیله نیروی دریایی آمریکا مورد استفاده قرار گرفت، از اولین حروف (ACRONYM) کلمات Radio Detection And Ranging به معنی آشکارسازی (کشف)، تعیین موقعیت و مسافت بر اساس اندازه‌گیری زمان انرژی منتشر شده از رادار و انعکاس (بازتاب) آن پس از برخورد به هدف است.

در یک سیستم رادار، یک آنتن که به سرعت می‌چرخد پرتوی از امواج الکترومغناطیسی را شامل پالس‌هایی کوتاه از انرژی زیاد امواج رادیویی، به خارج از خود (فضای آزاد) منتشر می‌کند موانعی که در معرض انرژی این امواج قرار گیرند، بخش کوچکی از این انرژی را برگشت می‌دهند. این امواج بازتاب شده به خود آنتن فرستنده که در این حالت به‌عنوان آنتن گیرنده عمل می‌کند، می‌رسد. پژواک به دست آمده از هدف‌ها که پس از پروسه کردن سیگنال‌های برگشتی و بارتاب شده که بسیار ضعیف هم هستند پدید می‌آید، برای بهره‌برداری بر روی صفحات نشان‌دهنده رادار به نمایش در می‌آید.

اصول کار رادار

اصلی که رادار بر مبنای آن کار می‌کند، در عمل شبیه به اصل انعکاس صدا است. پدیده انعکاس امواج صوتی یک پدیده شناخته شده است. برای مثال، هرگاه شخصی در یک روز مه آلود در رودخانه یا دریاچه مشغول قایق سواری باشد و بداند که در مقابل خود ارتفاعات و مانعی وجود دارند، می‌تواند برای تعیین موقعیت این موانع که به لحاظ شرایط جوی موجود قابل رؤیت نیستند، دست‌های خود را به طور بوقی شکل در جلوی دهان گرفته با صدای بلند فریاد بزند و شروع به شمردن ثانیه‌ها (زمان) کند تا انعکاس صدای خود را بشنود. پس از مشخص شدن زمان رفت و برگشت صوت (صدای فریاد) و با استفاده از سرعت صوت که در حدود ۳۴۰ متر بر ثانیه (۱۱۰۰ پا در ثانیه) است، شخص می‌تواند محاسبه کند که امواج صوتی او چه فاصله‌ای را طی کرده است (مسیر رفت و برگشت). نصف رقم به دست آمده، فاصله قایق تا مانع خواهد بود.



بلوک دیاگرام یک رادار ابتدایی

در شکل بالا بلوک دیاگرام یک رادار ابتدایی نشان داده شده است. وقتی فرستنده به وسیله سیگنالی که مشخص کننده شروع زمان است تریگر (Trigger) شود، تولید پالس‌های خیلی کوتاه امواج رادیویی می‌کند و این امواج از طریق آنتن به صورت پرتو باریکی انتشار می‌یابد. دوپلکسر (Duplexer) به مشابه یک کلیدی است که به موقع آنتن را بنا بر مورد به فرستنده یا گیرنده وصل می‌کند، بنابراین زمانی که فرستنده تولید پالس می‌کند، آنتن به فرستنده وصل است. آنتن که به صورت از پیش تعیین شده‌ای (از نظر سرعت و نحوه چرخش) می‌چرخد و معمولاً از نوع جهت است، پالس تولید شده را در سمتی که در هر لحظه به خود می‌گیرد منتشر می‌سازد. سرعت چرخش آنتن هر قدر که زیاد باشد، در مقایسه با زمانی که طول می‌کشد پالس‌ها از هدف یا هدف‌ها به آنتن برگردند خیلی کم است. وقتی پالس‌های ارسال شده با یک شئ مثلاً یک کشتی دیگر برخورد کند و قسمتی از انرژی امواج رادیویی ارسالی به وسیله سطح کشتی که در کلیه جهات از جمله به طرف خود کشتی ارسال کننده امواج منعکس می‌شود، به آنتن سیستم رادار که در این شرایط به گیرنده وصل شده است برسد، آنتن هنوز در همان جهتی است که امواج را ارسال کرده بود، از این رو بازتاب امواج به راحتی به وسیله آنتن دریافت خواهند شد و جهت آنتن نشانگر جهتی است که مانع یا هدف وجود داشته است.
نحوه انتشار امواج رادیویی و بازتاب آن پس از برخورد با یک هدف، در عمل بلافاصله پس از این که پالس تولید شده ازآنتن فرستنده منتشر شد، دوپلکسر فرستنده را از آنتن قطع کرده گیرنده را به آنتن وصل می‌کند تا امکان دریافت سیگنال‌های بازتاب شده از موانع و هدف‌های موجود در محیط به وسیله آنتن فراهم شود.
بازتاب پالس ارسال شده پس از دریافت به وسیله آنتن وارد گیرنده رادار شده، پس

از پروسه شدن به صورت یک پژواک یا اکو (Echo) بر روی دستگاه نشان دهنده به تصویر در می‌آید. در مراحل مختلف تولید پژواک، فاصله زمانی بین انتشار پالس و دریافت بازتاب آن به‌دقت اندازه‌گیری می‌شود. چون سرعت انتشار رادیویی مشخص و ثابت است، می‌توان به‌راحتی فاصله مانع یا هدفی را که موجود بوده و باعث شده است بخشی از امواج منتشر شده منعکس شوند، محاسبه کرد. علاوه بر محاسبه فاصله، از آنجا که سمت و جهتی که آنتن در هنگام دریافت بازتاب امواج قرار داشته همان جهت مانع یا هدف است، با به کارگیری سیستم رادار توانسته‌ایم سمت و فاصله یک مانع یا هدف را به طور دقیق مشخص کنیم.

آنتن گیرنده تنها مقدار خیلی کمی از انرژی انتشار یافته را دریافت می‌کند، بنابراین فرستنده باید پالس‌های بسیار قوی تولید کند تا آنچه که بازتاب می‌شود قابل بهره‌برداری باشد. با توجه به این که آنتن با سرعت ثابتی می‌چرخد و پرتوهای امواج رادیویی را به صورت پالس در فواصل مساوی خیلی کوتاه منتشر می‌کند، مشاهده می‌شود که سیستم رادار تمام افق را تحت کاوش خود قرار داده موانع و هدف‌های موجود را در اطراف کشتی مشخص کرده، وجود آنها را با تعیین سمت و فاصله به تصویر خواهد کشانید.

بحث کلاسی

درگروه‌های کلاسی درباره موارد استفاده رادار در روی شناورها و در هنگام دریانوردی گفت‌وگو کنید.

پاسخ فعالیت:

- ☐ **برقراری امنیت تردد؛**
- ☐ **اطلاع دادن از وجود شناورها، هواپیماها، زمین و کلیه اشیاء دیگری که خارج از سطح آب قرار داشته باشند و داخل در افق دید دستگاه رادار باشند؛**
- ☐ **مشخص کردن فاصله و سمت آنها با دقت مورد نیاز؛**
- ☐ **تعیین راه و سرعت هدف‌های مختلف برای اجتناب از تصادم در دریاهای آزاد و دور از ساحل**
- ☐ **تعیین محل کشتی نسبت به خطوط ساحل یا نقاط مشخص در دریا با تعیین سمت وفاصله کشتی از آنها؛**
- ☐ **برای مواردی که کشتی به ساحل نزدیک می‌شود یا در نزدیکی ساحل و یا در آب‌های کم عرض (کانال‌ها) دریانوردی می‌کند.**

تحقیق کنید

تاریخچه‌ای ازنحوه اختراع رادار و دانشمندانی که در تکمیل این سیستم نقش داشته‌اند را تهیه کنید.

پاسخ فعالیت:

رادار یک سیستم الکترومغناطیسی است که کاربردهای مختلف می‌تواند داشته باشد اما اصول اولیه آشکارسازی؛ قدمتی برابر با قدمت بحث الکترومغناطیسی دارد فاراد و ماکسول در سال‌های ۱۸۶۰ـ۱۸۴۵ در خصوص امواج الکترومغناطیسی

و میدان‌های الکترومغناطیسی به وجود آمده در فضای آزاد با سرعت نور یعنی $۳\times۱۰^{۸}(\frac{m}{s})$ حرکت می‌کند تحقیقات گسترده‌ای را انجام دادند.
در سال ۱۸۸۶ هرتز به‌طور تجربی نظریه‌های ماکسول را مورد مطالعه قرارداد و نشان داد که امواج الکترومغناطیسی در برخورد با اجسام منعکس و پراکنده می‌شوند که این مطالعه وی منجر به‌وجود آمدن ایده رادار شد جالب است بدانید آزمایش‌های هرتز در فرکانس‌های بالا طول‌موج ۶۶ سانتی‌متر انجام شد ولی کارهای بعدی تا سال ۱۹۳۰ در فرکانس‌های پایین ادامه یافت تا آن‌که بعداً اهمیت استفاده از فرکانس‌های بالا روشن شد.
به علت محدودیت در فناوری آن زمان، آشکارسازی در فواصل بیش از یک مایل تا سال ۱۹۲۲ مطرح نبود تا اینکه در سال ۱۹۲۲ «مارکونی» ارتباط رادیویی بین قاره‌ها را مطرح نمود و عنوان کرد که امکان به وجود آمدن دستگاهی است که امواج را در جهات مختلف ارسال کند و پس از برخورد پرتوها به یک جسم فلزی نظیر کشتی توسط یک گیرنده این پرتوها دریافت شود و درنتیجه می‌توان در هوای ابری وجود کشتی را آشکار نمود اما وی در به دست آوردن بعضی از ایده‌هایش ازجمله آشکارسازی جسم و انتشار امواج کوتاه در ورای خط دید ناموفق ماند.
در پاییز ۱۹۲۲ تیلور یانگ از آزمایشگاه تحقیقات دریایی با استفاده از یک رادار موج پیوسته با فرستنده و گیرنده مجزا وجود یک کشتی چوبی را آشکار نمودند بدین ترتیب می‌توان گفت که اولین سیستم راداری آزمایشی به‌صورت موج پیوسته کار می‌کردند و نوع آشکارسازی آنها بستگی به تداخل ایجاد شده بین علائم ارسالی و دریافت شده از هدف داشت.
با توجه به محدودیت‌های استخراج اطلاعات کافی موقعیت از رادارهای موج پیوسته پژوهشگران اولین تجربه را به سال ۱۹۳۴ با رادار پالسی در فرکانس ۶ مگاهرتز به دست آوردند و با انجام آزمایش‌های متعدد دریافتند که فرکانس‌های راداری بالا برای این کار مطلوب است و با ساخت لامپ‌های پرقدرت باعث تکامل طراحی رادار پالسی در فرکانس ۲۰۰ مگاهرتزی شدند.
پیشرفت‌های اولیه رادار پالسی در رابطه با کاربردهای نظامی‌بود و در بریتانیا توسعه رادار بعد از آمریکا شروع شد اما به خاطر اینکه پیشرفت فناوری رادار مصادف با جنگ جهانی دوم بود و بریتانیا نزدیک‌تر به جبهه جنگ بود این کشور کوشش‌های فراوان و بیشتری را صرف توسعه رادار نمود. توجه بریتانیا به رادار از سال ۱۹۳۵ شروع شد و تا اوایل ۱۹۴۰ توسعه رادار در بریتانیا و آمریکا مستقل انجام می‌شد.
علاوه بر این دو رادار در آلمان، فرانسه، روسیه، ایتالیا و ژاپن نیز به‌طور مستقل در خلال ۳۰ سال بعد مورد تحقیق و توسعه قرار گرفت لیکن حدود توسعه و کاربردهای نظامی آنها متفاوت بود.
یک فرانسوی به نام «موریس پونت» در سال ۱۹۳۰ موفق به اختراع دستگاهی جالب به نام مگنترون شد که امواج بسیار کوتاه رادیویی را به وجود می‌آورد و به همین دلیل رادارهایی که به کمک این وسیله تکمیل شدند توانستند تا ده‌ها کیلومتر بیش از رادار قبلی امواج را ارسال کنند. دستگاه اختراعی پونت در سال ۱۹۳۵ ابتدا در کشتی معروفی به نام نرماندی نصب شد و توانست آن را از خطر برخورد با کوه‌های عظیم یخی شناور در اقیانوس محافظت کند و بدین ترتیب رادار علاوه بر استفاده وسیع در هوا، سطح دریاها را هم به تسخیر خود درآورد.

بحث کلاسی

با ذکر مثال‌هایی ساده از طبیعت ومحیط اطراف (مانندچگونگی یا نور خورشید که هنگام شب با انعکاس از سطح ماه به زمین می‌رسد.) درباره اساس کار رادارها بحث و گفت وگو کنید.

پاسخ فعالیت:

اختراع رادار از یک پدیده فیزیکی و بسیار طبیعی به نام انعکاس گرفته شده است. رادار طبیعی بیشترین استفاده را برای خفاش دارد. چراکه این پرنده شب‌پرواز، دارای حس بینایی ضعیفی است و به کمک طبیعت راداری که دارد، می‌تواند موانع دور و احتمال برخورد با آن را تشخیص دهد. خفاش هنگام پرواز امواج صوتی خاصی ایجاد می‌کند که پس از برخورد امواج صوتی با اجسام مختلف، منعکس می‌شود و به گوش خفاش می‌رسد. به‌وسیله همین پژواک صداهای ابرصوتی است که نوع مانع و فاصله آن را تشخیص می‌دهد و طوری پرواز می‌کند که از تصادم با آنها در امان باشد. وال‌ها و دلفین‌ها نیز از همین پدیده بازتاب استفاده می‌کنند که در مورد بازتاب‌های صوتی زیرسطحی به آن سونار گفته می‌شود.

فعالیت کلاسی

درجدول زیر روش‌های مختلف تشخیص هدف بیان و مقایسه شده است.با همفکری دوستان و راهنمایی هنرآموز خود، جدول را کامل کنید.

پاسخ فعالیت:

انرژی	کاربردها	محدودیت‌ها
نور	فقط روی سطح	وابسته به شرایط دید و آلودگی آب است
رادار	فقط روی سطح	نفوذپذیری درآب ضعیف است
مغناطیس	دسته‌بندی هدف	تشخیص عمق آن محدود است
صوتی	مناسب برای همه عمق‌ها	دخالت محیط

بحث کلاسی

با مطالعه و دقت در جدول بالا چه نتیجه ایی می گیرید؟

پاسخ فعالیت:

از جدول بالا می توان نتیجه گرفت، در میان همه امواج انتشاری، امواج صوتی به بهترین صورت ممکن در دریا منتشر می گردند. درنواحی گل و لای و رسوبات دریا امواج رادیویی خیلی ضعیف می‌شوند و انرژی امواج رادیویی و نوری در نواحی دریا در مقایسه با صوتی خیلی تضعیف می‌شوند و لی تلفات امواج صوتی در دریا بسیار ناچیز است.

فکر کنید

رادار چه تفاوتی با دستگاه سونار دارد؟

پاسخ فعالیت:

دردستگاه‌های رادار از امواج الکترومغناطیسی و دردستگاه‌های سونار از امواج فرا صوتی(که مانند امواج صوتی،ولی دارای بسامد (فرکانس) بسیاربالا هستند) استفاده می‌شود.

امواج فرا صوتی هم مانند امواج صوتی و نور بازتابش می‌شوند. به کمک این امواج بازتابش شده، نقشهٔ سطح زیر دریاها و جای پستی و بلندی‌ها کاملاً مشخص می‌شود.

تحقیق کنید

دربارهٔ ویژگی امواج الکترومغناطیسی و نحوهٔ استفاده از آنها در دستگاه‌های رادار تحقیق کنید.

پاسخ فعالیت:

با ورود دستگاه‌های الکترونیکی و به‌کارگیری این تجهیزات در دریا و دریانوردی، نوعی از ناوبری با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی رونق گرفت که با استفاده از آن به تعیین موقعیت در دریا و مشاهده اطراف و محیط دریا در شب و شرایط مختلف جوی و غیره می‌پردازند. این تجهیزات الکترونیکی از امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌کنند. امواج الکترومغناطیسی نوعی موج عرضی پیش‌رونده هستند که از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساخته‌شده‌اند؛ که از چپ به راست می‌رود، میدان الکتریکی در صفحهٔ عمودی و میدان مغناطیسی در صفحهٔ افقی هستند.

تابش الکترومغناطیسی یا انرژی الکترومغناطیسی بر اساس تئوری موجی، پدیده‌ای موجی شکل است که در فضا انتشار می‌یابد و از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ساخته شده است. این میدان‌ها در حال انتشار بر یکدیگر و بر جهت پیشروی موج عمود هستند.

گاهی به تابش الکترومغناطیسی نور می‌گویند، ولی باید توجه داشت که نور مرئی فقط بخشی از گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی است. امواج الکترومغناطیسی برحسب بسامدشان به نام‌های گوناگونی خوانده می‌شوند: امواج رادیویی، ریزموج، فروسرخ (مادون‌قرمز)، نور مرئی، فرابنفش، پرتوایکس و پرتوگاما. این نام‌ها به ترتیب افزایش بسامد مرتب شده‌اند.

امواج الکترومغناطیسی را نخستین بار ماکسول پیش‌بینی کرد و سپس هاینریش هرتز آن را با آزمایش به اثبات رساند. ماکسول پس از تکمیل نظریهٔ الکترومغناطیس، از معادلات این نظریه شکلی از معادلهٔ موج را به دست آورد و بنابراین نشان داد که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هم می‌توانند رفتاری موج‌گونه داشته باشند. سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی از معادلات ماکسول درست برابر با سرعت نور به دست می‌آمد و ماکسول نتیجه گرفت که نور هم باید نوعی موج الکترومغناطیسی باشد.

طبق معادلات ماکسول، میدان الکتریکی متغیر با زمان باعث ایجاد میدان مغناطیسی می‌شود و برعکس؛ بنابراین اگر یک میدان الکتریکی متغیر میدان مغناطیسی بسازد، میدان مغناطیسی نیز میدان الکتریکی متغیر می‌سازد و این‌گونه موج الکترومغناطیسی ساخته می‌شود و پیش می‌رود.

همان طور که امواج دریا و امواج صوتی پس از رسیدن به مانعی منعکس می‌شوند، امواج الکترومغناطیسی وقتی به مانعی برخورد کردند برمی‌گردند و ما را از وجود آن آگاه می‌سازند. به کمک امواج الکترومغناطیسی نه‌تنها از وجود اجسام در فاصله دور باخبر می‌شویم، بلکه به‌طور دقیق تعیین می‌کنیم که آیا ساکن هستند یا از ما دور و یا به ما نزدیک می‌شوند. حتی سرعت جسم نیز به‌خوبی قابل محاسبه است. وقتی امواج منتشر شده از رادار، به یک جسم دور برخورد می‌کنند، به‌طرف نقطه حرکت برمی‌گردند. امواج برگشتی توسط دستگاه‌های خاص در مبدأ تقویت می‌شوند و از روی مدت رفت‌وبرگشت این امواج، فاصله بین جسم و رادار اندازه‌گیری می‌شود.

فعالیت کلاسی

با توجه به جدول بالا و توضیحات هنرآموز، جاهای خالی را پر کنید.

پاسخ فعالیت:

۱ ۱۰ سانتی متر ـ ۳ سانتی‌متر ـ پالس بلندتر و پهنای بیم راداری بزرگ‌تری

۲ رادار S_BAND طول موج بلندتر

۳ رادارها ۱۰ سانتی‌متری نسبت به رادارهای ۳ سانتی‌متری

۴ رادارهای X_BAND دقت آن بالاتر

۵ باند X با طول موج ۳ سانتی‌متر (که کوچک‌تر از طول موج ۱۰ سانتی‌متر است).

فکر کنید

چرا از رادار S_BAND در شناورها کمتر استفاده می‌شود؟

پاسخ فعالیت:

به این علت که رادارهای X_BAND با طول موج ۳ سانتی‌متر (که کوچک‌تر از طول موج ۱۰ سانتی‌متر است) برای مشاهده جزئیات اهداف و تفکیک‌پذیری بهتر و مناسب‌تر هستند.

تحقیق کنید

درکنوانسیون سولاس چه الزاماتی برای استفاده شناورها از رادار باند X بیان شده است؟

پاسخ فعالیت:

نصب رادار باند X در کشتی یک الزام است چون اکوهای مربوط به وسایل کمک ناوبری مجهز به RACON و دستگاه پاسخگر راداری SART(Search and Rescue Transponer) فقط بر روی صفحه نمایشگر رادارهای X_BAND ظاهر می‌شود.

فعالیت کلاسی

با راهنمایی هنرآموز خود، نقش و تأثیر هر مورد در عملکرد رادار را بنویسید.

پاسخ فعالیت:

۱	فرکانس: هرچه فرکانس پایین‌تر باشد برد رادار افزایش می‌یابد و شرایط اتمسفریک نیز تأثیر کمتری روی آن دارند.
۲	پهنای پالس: هرچه پهنای پالس بیشتر باشد برد رادار افزایش می‌یابد.
۳	پهنای اشعه: هرچه اشعه ارسالی باریک‌تر باشد برد رادار بیشتر می‌شود زیرا چگالی انرژی در واحد سطح افزایش می‌یابد.
۴	سرعت چرخش آنتن: هرچه آنتن آهسته‌تر بچرخد برد رادار بیشتر می‌شود.
۵	وضعیت هدف: هدف‌های بزرگ‌تر نسبت به هدف‌های کوچک‌تر در فواصل دورتری کشف می‌شوند.
۶	شکل هدف: شکل هدف در میزان انرژی انعکاسی رادار تأثیرگذار است.
۷	جنس هدف: ماهیت و جنس هدف در میزان باز تابش راداری تأثیرگذار است.
۸	حساسیت گیرنده: هرچه حساسیت گیرنده بیشتر باشد امکان کشف هدف‌های دور، بیشتر خواهد بود.

فکر کنید

پاسخ فعالیت:

□ حداکثر برد افقی رادار به چه عواملی بستگی دارد؟ برد حداکثر رادار متناسب با قدرت امواج ارسالی رادار است و هرچه قدرت امواج بیشتر باشد، پرتوهای ارسالی فاصله دورتری را طی خواهند کرد.

حداکثر برد افقی رادار به عوامل مختلفی مانند طول‌موج، فرکانس تکرار

پالس(PRF)، قدرت خروجی، عرض پرتو رادار، حساسیت گیرنده و ارتفاع آنتن رادار وابسته است.

□ علت استفاده از فرکانس بالا در رادارچیست؟

رادار از پالس‌های بسیارکوتاه (در حد ۱ میکروثانیه) با فرکانس خیلی بالا (معمولاً از ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مگاسیل برثانیه) استفاده می‌کند.

□ نوع یا شکل اجسام مختلف چه تأثیری بر روی اکوهای دریافتی دارد؟

اجسامی‌که سطوح بزرگی دارند (مانند کوه و صخره) دارای برگشت‌های خیلی قوی هستند. این امر باعث می‌شود که توانایی رادار برای آشکارسازی اهداف کوچک که انعکاس‌های ضعیفی دارند در حضور اجسام بزرگ کم شود.

دانش افزایی

پیشنهاد می‌گردد در هنگام تدریس این قسمت توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

انواع رادارها بر اساس باند، فرکانس و طول موج

رادارها بر اساس باند فرکانسی به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

رادارها بر اساس باند فرکانسی مورد استفاده

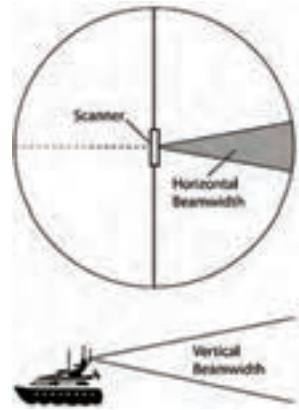
باند	فرکانس	طول‌موج	کاربرد
HF	۳-۳۰ MHz	۱۰-۱۰۰ m	سیستم رادار ساحلی، رادارهای ماورای افق فرکانس بالا
P	< ۳۰۰ MHz	۱ m+	برای سامانه‌های هشدار راداری پیشین استفاده می‌شد
VHF	۳۰-۳۰۰ MHz	۱-۱۰ m	برای بردهای خیلی بلند، نفوذکننده در زمین
UHF	۳۰۰-۱۰۰۰ MHz	۰/۳-۱ m	برای بردهای خیلی بلند مانند؛ اخطار اولیه موشک‌های بالستیک، نفوذکننده در زمین، نفوذکننده در شاخ و برگ؛ فرکانس فوق‌العاده زیاد
L-BAND	۱-۲ GHz	۱۵-۳۰ cm	سامانه‌های مراقبت و کنترل ترافیک هوایی
S-BAND	۲-۴ GHz	۷/۵-۱۵ cm	سامانه‌های مراقبت با برد متوسط، پایانه کنترل ترافیک هوایی، سیستم هواشناسی برد بلند، رادار دریایی با برد کوتاه

C-BAND	۴-۸ GHz	۳/۷۵-۷/۵ cm	فرستنده خودکار ماهواره‌ای، باند میانه باندهای S و X، هواشناسی، رهگیری برد بلند.
X-BAND	۸-۱۲ GHz	۲/۵۳,۷۵ -cm	هدایت موشک، رادار دریایی، هواشناسی، مراقبت زمینی و نقشه‌برداری با تفکیک متوسط، رهگیری با برد کوتاه، در آمریکا برای فرودگاه‌ها در برد نزدیک با فرکانس ۱۰/۵۲۵ MHz ۲۵± GHz استفاده می‌شود، نام X به دلیل محرمانه بودن فرکانس آن در طول جنگ جهانی بود.
Ku	۱۲-۱۸ GHz	۱/۶۷-۲/۵ cm	این باند راداری به علت فرکانس کمتر (under) از K به نام Ku نامیده می‌شود. تفکیک بالا، اغلب برای فرستنده‌های خودکار ماهواره‌ای استفاده می‌گردد.
K	۱۸-۲۴ GHz	۱/۱۱-۱/۶۷ cm	در زبان آلمانی kurz به معنی کوتاه است، جذب‌بخار آب سبب محدودیت شده بنابراین Ku و Ka برای مراقبت استفاده می‌شوند، باند K برای تعیین ابرها در هواشناسی و پلیس برای تعیین سرعت خودروها استفاده می‌گردد.
Ka	۲۴-۴۰ GHz	۰/۷۵-۱/۱۱ cm	این باند راداری به علت فرکانس بالاتر (after) از K به نامKa نامیده می‌شود نقشه‌برداری در برد کوتاه، مراقبت فرودگاه، تصویربرداری راداری که برای اندازه‌گیری قطر ورقه‌های فلزی با نور قرمز انجام می‌شود. همچنین برای سیکر موشک‌های کروز مورد استفاده قرار می‌گیرد.
V	۴۰-۷۵ GHz	۴/۰-۷/۵ mm	این باند راداری به‌شدت توسط اکسیژن اتمسفر جذب می‌گردد و در فرکانس ۶۰ GHz تشدید می‌شود.
W	۷۵-۱۱۰ GHz	۲/۷-۴/۰ mm	برای خودروهای آزمایشی هوشمند استفاده می‌شود، برای مشاهده هواشناسی باقدرت تفکیک بالا و تصویربرداری استفاده می‌گردد.
UMB	۱/۶-۱۰/۵ GHz	۱۸/۷۵ - ۲/۸ cm	برای رادار نفوذکننده دیوار و تصویربرداری استفاده‌می‌شود.

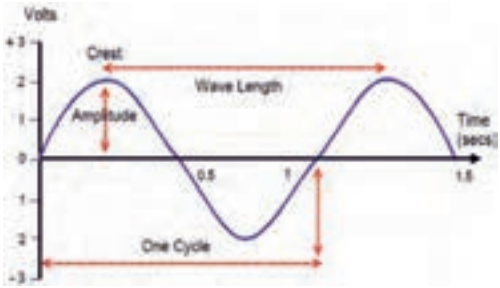
ویژگی‌های طول موج راداری:

طول موج راداری مورد استفاده دارای ویژگی‌های است که به شرح زیر می‌باشد:

۱	ارتباط مستقیمی‌بین طول موج راداری و پهنای بیم افقی رادار وجود دارد. با باریک شدن پهنای بیم افقی رادار سبب تفکیک‌پذیری بهتر اهداف و دقت در اکوهای جزییات اهداف می‌گردد. (شکل ۲و۳)
۲	طول آنتن(اسکنر) رادار با طول موج ایجاد شده ارتباط مستقیمی‌دارد بنابراین برای افزایش طول موج راداری نیازمند اسکنری با ابعاد بزرگ‌تر می‌باشد.



شکل۲ـ پهنای افقی و عمودی موج



شکل۳ـ طول‌موج و دامنه موج

■ پالس

پالس در لغت به معنی ضربه است و در رادار به مدت زمان ارسال داده‌های راداری؛ طول پالس اطلاق می‌گردد. پالس راداری دارای نمونه و ویژگی‌های زیراست:

۱	پالس بلند	Long Pulse	تعداد فرکانس تکرار پالس کم است. یعنی ارتباط معکوسی بین اندازه پالس و فرکانس تکرار پالس وجود دارد.
۲	پالس کوتاه	Short Pulse	دارای فرکانس تکرار پالس زیاد است.

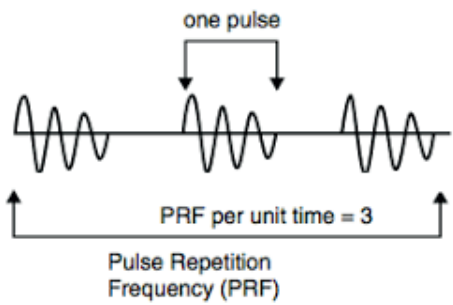
نکته

۱	پالس بلند؛ دارای توان بالا، برد بلند و قدرت تفکیک پذیری پایین است.
۲	پالس کوتاه؛ دارای توان پایین، برد کوتاه و قدرت تفکیک پذیری بالایی است.
۳	راداراز پالس‌های بسیارکوتاه (در حد ۱ میکروثانیه) با فرکانس خیلی بالا (معمولاً از ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مگاسیل برثانیه) استفاده می‌کند.
۴	برای استفاده از راداری با طول موج ثابت، انتخاب اندازه پالس مناسب؛ کمک مؤثری در استفاده از رادار است.

پالس راداری مشخصه‌های گوناگونی دارد که بر اساس آنها عملکرد و خصوصیات رادارها تعیین می‌شوند.

۱ فرکانس تکرار پالس (Pulse Repetition Freqeuncy (PRF:
تعداد پالس‌های فرستاده شده در طول زمان یک ثانیه را فرکانس تکرار پالس می‌نامند.

۲ زمان تکرار پالس (PRT): مدت زمان بین شروع یک پالس تا شروع پالس بعدی را زمان تکرار پالس می‌نامند.



پالس وفرکانس تکرار پالس رادار

زمان تکرار پالس (PRT) و فرکانس تکرار پالس(PRF) عکس یکدیگرند ؛ یعنی:

$$PRF = \frac{۱}{PRT} \quad \text{یا} \quad PRT = \frac{۱}{PRF}$$

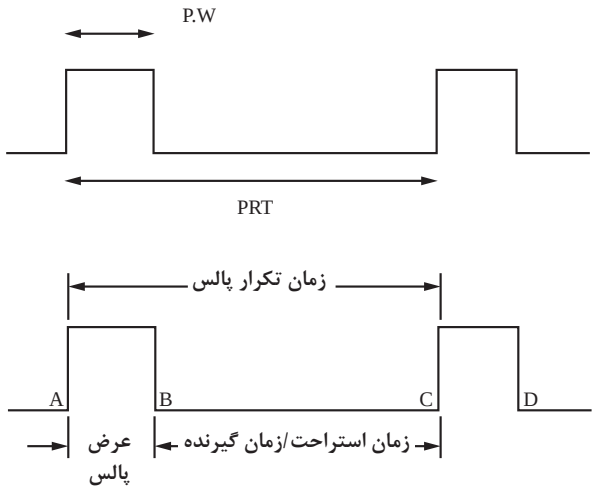
برای مثال، اگر زمان تکرار پالس برابر با ۱۰۰۰ میکرو ثانیه باشد، مقدار PRF به

شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$PRF = \frac{۱}{PRT} = \frac{۱}{۱۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۱۰۰۰$$

۳ عرض پالس (Pw): عرض پالس (Pulse Width) فاصله زمانی است که طول می‌کشد تا پالس ارسال شود.

در شکل زیر عرض پالس به صورت تصویری نشان داده شده است. این زمان را زمان فرستنده نیز می‌گویند، زیرا فرستنده تنها در محدوده این زمان است (A تا B) که در حال انتشار امواج از طریق آنتن است. درضمن، گاه عرض پالس را پهنای پالس نیز می‌نامند.



مفهوم عرض پالس و زمان استراحت پالس

نکته

عرض پالس مدت زمان ارسال یک پالس رادار می‌باشد. هرچه عرض پالس بزرگ‌تر باشد قدرت تفکیک در عرض کم می‌شود بنابراین در جاهایی مثل لنگرگاه‌ها که ترافیک شناور زیاد است نیاز است که عرض پالس کم باشد. نکته قابل توجه این است که اگر عرض پالس کم شود قدرت نفوذ آن نیز کم می‌شود و مسافت کمتری را می‌تواند طی کند بنابراین در دریاها بهتر است عرض پالس زیاد باشد تا مسافت بیشتری زیر پوشش رادار قرار گیرد این رادار با تغییر برد به‌صورت اتوماتیک عرض پالس را تنظیم می‌کند اما ما می‌توانیم در بردهای ۱/۵ و ۳ مایل عرض پالس را به دلخواه تغییر دهیم.

۴ **زمان استراحت پالس(Pulse Rest Time (RT**: فاصله زمانی B تا C را که فرستنده قطع بوده و سیستم رادار در حالت گیرندگی است، زمان استراحت پالس یا زمان استراحت فرستنده می‌نامند. در این مدت گیرنده، بازتاب‌های امواج ارسالی را می‌تواند دریافت کند.

با توجه به مفهوم عرض پالس و زمان استراحت پالس (یا زمان گیرنده) که در شکل صفحه قبل نیز نشان داده شده اند، مشاهده می‌شود که مجموع عرض پالس و زمان استراحت پالس برابر است با زمان تکرار پالس، یعنی: $PW + RT = PRT$

■ **فرمول تعیین فاصله هدف:** وقتی در حرکت سرعت ثابت باشد، مسافت از حاصلضرب سرعت در زمان طی شده به دست می‌آید. این رابطه را می‌توان به‌صورت زیر نوشت که در آن R مسافت پیموده شده، t زمان و V سرعت است.

$R = V.it$

تعیین فاصله یا برد در یک سیستم رادار به‌طور دقیق، بستگی به توانایی رادار در اندازه‌گیری فاصله برحسب زمان طی شده دارد. سرعت امواج الکترومغناطیسی در فضا برابر است با ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه (۱۸۶۰۰۰ مایل بر ثانیه یا ۱۶۲۰۰۰ مایل دریای بر ثانیه) که همان سرعت نور است. وقتی که این امواج پس از برخورد با مانع بازتاب می‌شوند، هیچ گونه تغییری در سرعت آنها رخ نمی‌دهد و با همان سرعت انتشار، بازتاب شده مسیر برگشت را طی می‌کنند. از آنجا که زمان اندازه‌گیری شده در سیستم، زمان رفت و برگشت موج است، در محاسبه و تعیین فاصله آنچه که نتیجه خواهد شد دو برابر فاصله مانع است. پس باید فرمول تعیین فاصله را به‌شرح زیر در نظر بگیریم که در آن C سرعت نور و t زمان رفت و برگشت است.

نکته

الف) چنانچه در طول یک ثانیه ۱۰۰۰ پالس ارسال شود، PRF این رادار برابر با ۱۰۰۰ است.
ب) میزان PRF یک رادار، تعیین کننده حداکثر برد مؤثر یک رادار است.
پ) مدت زمان دوام پالس را عرض پالس می‌نامند.
ت) میزان عرض پالس نشان دهنده میزان انرژی است که فرستنده ارسال می‌دارد.

مایل راداری: برای سهولت اندازه‌گیری فاصله موانع، زمان رفت و برگشت موج را برای مانعی که در فاصله یک مایل دریایی قرار گرفته باشد محاسبه می‌کنیم و این زمان را به عنوان یک مایل راداری در نظر گرفته زمان رفت و برگشت موج را برای هر فاصله‌ای با یک تناسب ساده و با استفاده از زمان یک مایل راداری به دست می‌آوریم، یک مایل راداری همان طوری که در زیر محاسبه شده است، برابر است با ۱۲/۳۵ میکرو ثانیه.

$$R = \frac{Ct}{۲} \rightarrow t = \frac{۲R}{C}$$

مایل دریایی بر ثانیه $C = ۱۶۲۰۰۰$ $\quad$ ۱ مایل دریایی $= R$

$$t = \frac{۲\times۱}{۱۶۲۰۰۰} = ۱۲/۳۵\times۱۰^{-۶}\,Sec$$

$$t = ۱۲/۳۵\ sec$$

برای اندازه گیری فواصل کوتاهتر معمولاً فاصله را برحسب یارد محاسبه می‌کنند.

نکته

سرعت نور یا سرعت امواج الکترومغناطیس برحسب یارد برابر است با ۳۲۸ یارد بر میکروثانیه؛
بنابراین زمان رفت و برگشت موج برای مانعی که در فاصله ۱۶۴ یاردی باشد،برابر با ۱ میکرو ثانیه خواهد بود.

فعالیت کلاسی

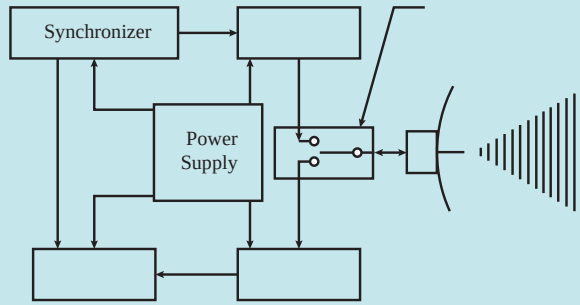
با توجه به بلوک دیاگرام رادار و توضیحات هنرآموز، کاربردها را به قسمت مربوطه وصل کنید.
پاسخ فعالیت:

الف	تایمر Timer/ Master Clock یک کلید موج‌بر است که فرستنده و گیرنده را به آنتن مرتبط می‌کند.
ب	فرستنده Transmitter این قسمت پس از دریافت سیگنال‌های بازتابی، آنها را تقویت کرده، و جهت تصویرسازی به نشان‌دهنده ارسال می‌دارد.
پ	مدولاتور Modulator کار این قسمت مشخص کردن اطلاعات سمت هدف با انتشار امواج راداری و در نهایت کشف و دریافت امواج برگشتی وهدایت آن به سمت گیرنده است.
ت	سیستم آنتن Antenna/Scanner این قسمت پالس‌های پرقدرتی حاوی انرژی امواج راداری تولید می‌کند.
ث	گیرنده Receiver با تولید یک پالس ولتاژ قوی و تغذیه آن به فرستنده سبب می‌شود تا پالس‌های فرستنده شکل بگیرد.
ج	دوپلکسر Duplexer کار این قسمت همزمان کردن فرستنده و مبنای زمان در نشان‌دهنده رادار است.

فعالیت کلاسی

هر کدام ازقسمت‌ها را در بلوک دیاگرام زیر جانمایی کنید.

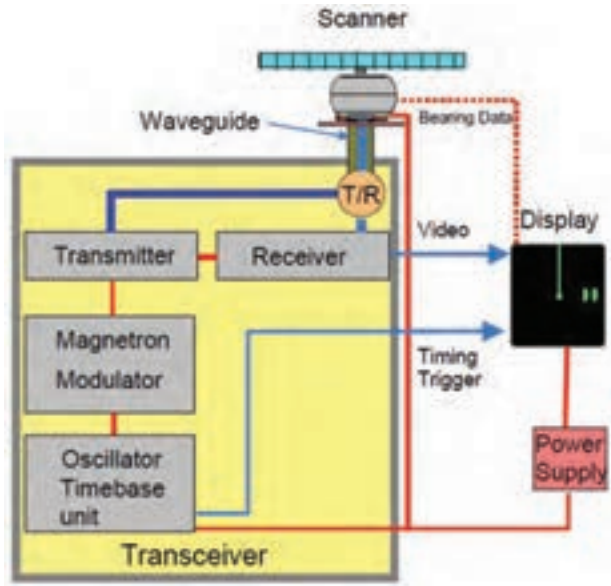
Receiver	Antenna	Duplexer	Modulator	Transmitter



دانش‌افزایی:

پیشنهاد می‌گردد در هنگام تدریس این قسمت توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

ساختار یک رادار شامل قسمت‌های مختلف می‌باشد که در شکل زیر اجزای یک رادار پالسی به نمایش درآمده است:

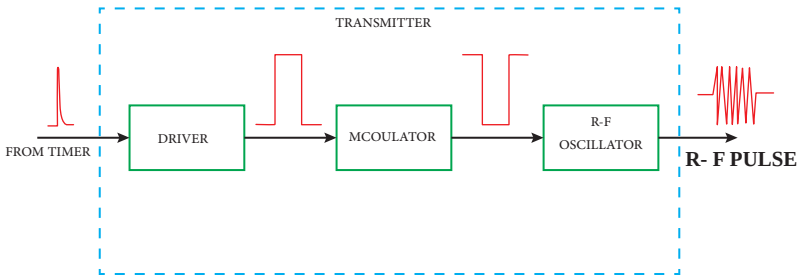


بلوک دیاگرام رادار پالسی

۱ــ فرستنده رادار (Radar Transmitter)

فرستنده تحت کنترل تایمر (زمان‌سنج رادار) مبادرت به تولید پالس‌های بسیار قوی می‌کند. فرستنده برای تولید این پالس‌ها از یک نوسان‌ساز فرکانس زیاد (HighFreguency Oscillator) استفاده می‌کند، که تحت عنوان مگنترون نامیده می‌شود. فرکانس تولید شده در مگنترون، طول موج امواج راداری را که در فضا انتشار می‌یابند، تعیین می‌کند. از آنجا که فرکانس و طول موج رابطه عکس با یکدیگر دارند، هرچه فرکانس مگنترون بیشتر باشد، طول موج امواج منتشر شده کوتاه‌تر خواهد بود.

در شکل زیر بلوک دیاگرام ساده یک فرستنده رادار نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، یک فرستنده از دو قسمت اساسی به شرح زیر تشکیل یافته است:



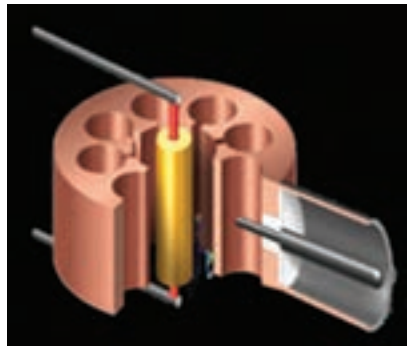
الف) مدولاتور (Modulator)

از مدولاتور در یک فرستنده برای تولید ولتاژ پالسی شکل قوی که مورد نیاز دستگاه مگنترون است، استفاده می‌شود. به مدولاتور در یک فرستنده رادار، مدار شکل‌دهندهٔ پالس نیز می‌گویند که به عنوان یک مدار کنترل کنندهٔ تغذیه ولتاژ بسیار قوی به مگنترون عمل می‌کند.

مدولاتور معمولاً در ورودی خود ولتاژ مستقیم (حدود ۶۰۰۰ ولت) را گرفته، از طریق مدارهای شکل‌دهندهٔ پالس و یک سوئیچ قطع و وصل که سرعت عمل آن هماهنگ با PRF رادار است، یک ولتاژ پالسی شکل بسیار زیاد (حدود ۲۴۰۰۰ ولت منفی) را به آند مگنترون تغذیه می‌کند، که این عمل در حقیقت همان روشن و خاموش شدن فرستنده است.

ب) مگنترون (Magenteron)

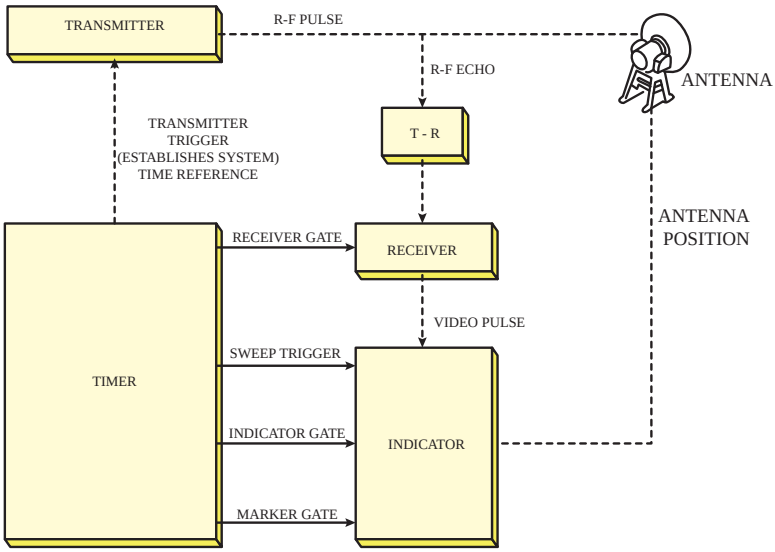
فرستنده یک نوسان‌ساز امواج راداری است که به‌وسیلهٔ مدولاتور روشن و خاموش (قطع و وصل) می‌شود. نوسان‌ساز به‌کار گرفته شده در رادار به لحاظ این که امواجی با



فرکانس بسیار زیاد و پرقدرت تولید می‌کند، با سایر نوسان‌سازهای مورد استفاده در سیستم‌های مخابراتی و غیره تفاوت دارد.
نـوسان‌ساز مـورد استفـاده در فرستنده رادار تحت عنوان مگنترون (Magenteron) نامیده می‌شود. در شکل روبه‌رو نمایی از یک مگنترون (نوع حفره‌ای) نشان داده شده است.
مگنترون یک دیود است که آند آن به زمین وصل شده است و کاتد آن نیز در طول مدّتی که مگنترون نوسان می‌کند، به یک پتانسیل منفی بسیار زیاد وصل می‌شود (پتانسیل حاصل از مدولاتور). این دیود در یک میدان مغناطیسی قوی که به‌وسیلهٔ یک آهنربای دائم ایجاد شده است، قرار می‌گیرد.

۲ـ تایمر (Timer)

تایمر سیستم رادار، در حقیقت هماهنگ‌کنندهٔ زمانی کار قسمت‌های مختلف یک سیستم رادار است. با توجّه به اینکه اساس اندازه‌گیری فاصله بر مبنای اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت یک پالس به هدف است، عملکرد تایمر اهمّیت خاص پیدا می‌کند. تایمر ضمن اینکه نقش اساسی در مشخّص کردن میزان فرکانس تکرار پالس (PRF) دارد، مطمئن می‌شود که مدولاتور و نشان‌دهندهٔ رادار با یک رابطه زمانی مشخّص نسبت به یکدیگر عمل می‌کنند و نقطهٔ شروع کار آنها را درست در لحظه‌ای که فرستندهٔ پالس حاوی انرژی امواج راداری را تولید می‌کند، با ارسال پالس‌هایی که تریگر (Trigger) نامیده می‌شود، آغاز می‌کند.
بلوک دیاگرام یک سیستم رادار که در آن عملکرد تایمر به‌طور کلّی مشخّص شده است، در شکل صفحه بعد نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تایمر یک تریگر به فرستنده می‌دهد که شروع به ارسال امواج کند. با یک تأخیر زمانی (کمی‌بیش از عرض پالس یا زمان فرستندگی) با ارسال تریگر دیگری گیرنده را فعّال کرده، در لحظهٔ ارسال پالس نیز تریگری به نشان‌دهندهٔ رادار می‌فرستد تا ضمن اینکه شروع به اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت پالس کند، تصویر ویدئویی مناسبی را نیز به‌طور هماهنگ به نمایش درآورد.



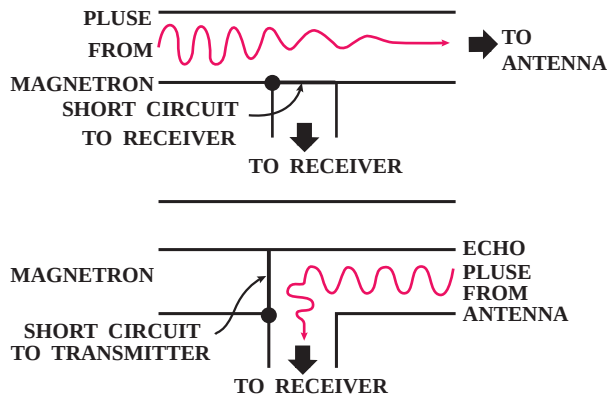
عملکرد تایمر در سیستم رادار

به طور خلاصه در تایمر زمان‌های مورد لزوم در سیستم رادار ساخته می‌شود؛ بدین ترتیب که تریگرهایی که فرکانس آنها بر PRF رادار است، تولید شده در زمان مناسب به مدولاتور، نشان‌دهنده و گیرنده فرستاده می‌شود.

۳ـ سوئیچ‌های TR و ATR

در سیستم رادار وقتی از یک آنتن برای فرستنده و گیرنده استفاده می‌شود، به نحوی باید از ورود انرژی بسیار قوی فرستنده در زمان ارسال پالس به داخل گیرنده جلوگیری کرد؛ همچنین امکان اتّصال آنتن به گیرنده را برای دریافت اکوهای بازتاب شده و ممانعت از ورود سیگنال‌های دریافتی به قسمت فرستنده که سبب تضعیف سیگنال خواهد شد، فراهم کرد.

سوئیچ TR (Transmit - Receive)در مسیر گیرنده قرار گرفته از ورود پالس‌های فرستنده به داخل گیرنده جلوگیری می‌کند، در حالی که سوئیچ (ATR) (Anti Transmit - Receive) در مسیر فرستنده قرار گرفته، جلوی فرستنده را مسدود می‌کند و سبب می‌شود گیرنده به آنتن وصل شود. سوئیچ‌های TR و ATR و نحوهٔ عملکرد آنها به صورت تصویری در شکل صفحه بعد نشان داده شده است.



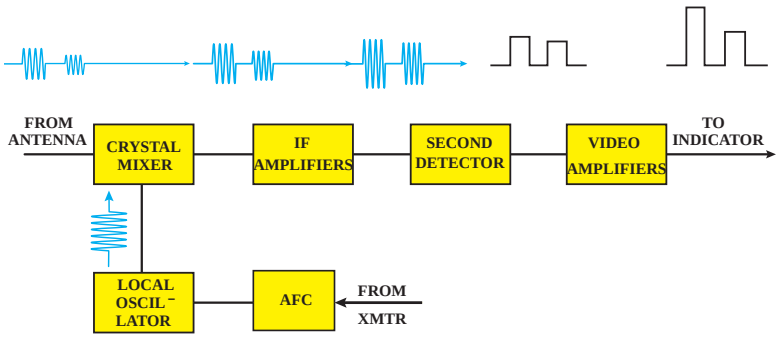
عملکرد سوئیچ‌های TR و ATR

مجموعه سوئیچ‌های TR و ATR از جمله سوئیچ‌های الکترونیکی بوده که تحت عنوان دوپلکسور (DUPLEXER) نیز نامیده می‌شود.

۴ـ گیرنده رادار (Radar Receiver)

گیرنده رادار، یک نوع خاص گیرنده سوپر هترودین است. کار آن دریافت سیگنال‌های بازتاب شدهٔ ضعیفی است که از طریق آنتن وارد گیرنده می‌شوند و پروسه کردن این سیگنال‌ها و در نهایت آشکارسازی پالس‌های مربوط به اکوی هدف و تغذیهٔ آن به نشان‌دهندهٔ رادار.

بلوک دیاگرام یک گیرنده رادار در شکل صفحه بعد نشان داده شده است. سیگنال‌های دریافتی به‌وسیلهٔ آنتن وارد یک مخلوط کننده شده، در آنجا با سیگنال تولید شده به‌وسیلهٔ یک نوسان‌ساز محلّی (Local Oscillator) مخلوط و تبدیل به سیگنالی می‌شود که دارای فرکانس ثابت و مشخّصی به مراتب کمتر از فرکانس اولیه است. سیگنال ایجاد شده در تقویت‌کنندهٔ میانی (Ifamplifter) تقویت می‌شود و سپس تحت آشکارسازی قرار می‌گیرد تا پالس‌های مربوط به بازتاب اکو از هدف مشخّص شده پس از تقویت، جهت ایجادتصویر ویدئویی به نشان‌دهندهٔ رادار وارد شود. معمولاً فرکانس نوسان‌ساز محلّی به گونه‌ای است که سیگنال خروجی از مخلوط‌کنندهٔ دارای فرکانس متوسّط ۶۰ـ۳۰ مگاهرتز خواهد بود.



از نظر فیزیکی معمولاً فرستنده و گیرندهٔ رادار در یک مجموعه دستگاهی قرار گرفته که تحت عنوان TRANSCEIVER نامیده می‌شود.

فعالیت کلاسی

در جدول زیر قسمت و اجزای سیستم اصلی آنتن آورده شده است. با راهنمایی هنرآموز خود، نقش هرکدام از قسمت‌ها را بنویسید.
پاسخ فعالیت:

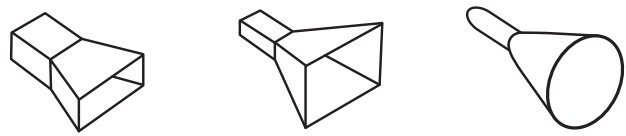
۱	عنصر تشعشع کننده: امواج را در فضا منتشر می‌کند.
۲	منعکس‌کننده : امواج منتشر شده را با توجه به شکل، اندازه و ابعاد خود شکل و فرم داده و در جهت مورد نظر و به صورت منسجم ارسال می‌کند.
۳	سیستم چرخانندهٔ آنتن: این سیستم ازیک موتور الکتریکی با جعبه دنده مربوطه تشکیل شده و وظیفه چرخش آنتن را به عهده دارد. چرخش آنتن معمولاً با سرعت مشخص و به صورت ۳۶۰ درجه است و پوشش کامل از نظر سمت را دارد.
۴	سیستم سینکروسمت : برای انتقال سمت آنتن به نشان دهنده رادار به کار می‌رود و به وسیله آن می‌توان فهمید که در هر لحظه آنتن در چه سمتی قرار دارد.
۵	کنتاکت مخصوص نشان دهنده سمت سینه کشتی : زمانی که آنتن رادار در چرخش خود به وضعیتی می‌رسد که به سمت سینه کشتی است، این کلید عمل کرده و در نتیجه یک خط روشن و مشخص برروی صفحه نشان‌دهنده رادار (و در جهتی که همان سمت راه کشتی است و سینه کشتی درآن جهت است) نمایان می‌شود.

دانش افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از تدریس این قسمت، توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

ـ تشعشع کننده

عنصر تشعشع‌کننده در رادارهای یک رادیاتور (Radiator) بوقی شکل است. از آنجا که در رادار برای انتقال موج از فرستنده به آنتن از ویوگاید استفاده می‌شود، نمی‌توان همانند سیستم آنتن دستگاه‌های مخابراتی برای انتشار امواج از عناصر دیپول (Dipole) استفاده کرد؛ از این‌رو رادیاتورهای بوقی در قسمت انتهایی ویوگاید قرار دارند که برای انتشار امواج به کار می‌روند. چند نمونه از رادیاتورهای بوقی در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



CONICAL
مخروطی

PYRAMIDAL
هِرمی

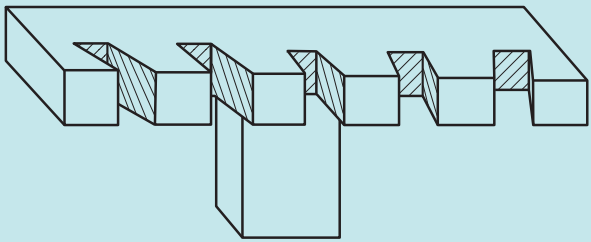
RECTANGULAR
چهارگوش

نکته

دهانهٔ رادیاتورها به دو منظور گسترش می‌یابند. کنترل زاویهٔ پرتو انتشار یکی از علل این امر است، چون میدان‌های الکترومغناطیسی با همان زاویه‌ای که از رادیاتور بوقی خارج می‌گردند در فضا منتشر می‌شوند. همچنین جلوگیری از تشکیل امواج ساکن در داخل ویوگاید که منجر به کاسته شدن از توان خروجی فرستنده می‌شود دلیل دوّم برای شکل بوقی مانند دهانهٔ ویوگاید است.

ویوگاید (Wave Guide)
ویوگاید یا موج‌بر، نوعی کانال‌هادی موج است که امواج راداری تولید شده در فرستنده را به سمت آنتن رادار هدایت می‌کند. بر خلاف سیستم‌های ارتباطی که برای انتقال امواج رادیویی به آنتن از خطوط انتقال معمولی (کابل کواکسیال) استفاده می‌کنند، در سیستم‌های راداری برای انتقال امواج راداری موجود در باند مایکروویو و به لحاظ قدرت‌های بالا، لازم است از نوعی خط انتقال استفاده شود که قادر به تحمل قدرت‌های بسیار زیاد با کمترین تلفات باشد.
نوع دیگر منتشرکنندهٔ امواج در فضا ویوگاید شیاردار است. در این روش یک ویوگاید به‌طور افقی به انتهای ویوگاید اصلی که از فرستنده وارد آنتن می‌شود، وصل شده در قسمت جلویی این ویوگاید چند شیار ایجاد می‌شود تا امواج بتوانند از این شیارها خارج شده در فضا منتشر شوند. این نوع تشعشع‌کننده در

آنتن رادارهای ناوبری کاربرد زیاد دارد. تصویری از یک ویوگاید شیاردار در شکل زیر نشان داده شده است.



نکته

به منظور جلوگیری از نفوذ آب باران، رطوبت هوا و گرد و غبار به داخل ویوگاید، انتهای آن (که بوقی شکل است) به‌وسیلهٔ ورقه نازک فلزی پوشیده شده است. این روکش مخصوص باید همواره تمیز و عاری از هرگونه نمک‌زدگی، دود و غبار باشد، در این صورت مقداری از انرژی پالس ارسالی و اکوی بازتابی جذب این روکش شده، بر عملکرد رادار اثر نامطلوب خواهد داشت.

ـ تقسیم‌بندی انواع رادارها بر اساس محل قرارگیری آنتن

رادارها بر اساس محل قرارگیری آنتن‌ها به چند دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱ رادارهای مونواستاتیک Monostatic Radar

رادارهایی که فرستنده وگیرندهٔ آنهادریک نقطه واقع است رامونواستاتیک می‌نامیم. درواقع فاصلهٔ بین گیرنده و فرستنده در این رادارها بسیارکوچک‌تر از فاصله نقطهٔ استقرار رادار نسبت به هدف است لذا فرستنده و گیرنده یک فضای یکسان را پوشش می‌دهند. در اغلب موارد فرستنده وگیرندهٔ رادار مونواستاتیک در یک سامانه تعبیه شده و از یک آنتن استفاده می‌کنند.

نکته

جداسازی گیرندگی و فرستندگی در این رادارها که از یک آنتن گیرنده فرستنده استفاده می‌کنندتوسط واحدی به نام سلول گیرنده/ فرستنده یا T/R cell یادوپلکسر Duplexer صورت می‌گیرد. این سلول وظیفه دارد در حالت فرستندگی ورودی گیرنده را بلوکه کند. زیرا در این رادارها به کمک اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت سیگنال و ضرب آن در سرعت حرکت موج (سرعت نور) فاصله هدف استخراج می‌شود. همچنین سرعت هدف را می‌توان به کمک خاصیت شیفت داپلرفرکانس اکوهدف محرک تشخیص داد.

۲ رادارهای بای‌استاتیک Bistatic Radar

در این نوع رادارها آنتن گیرنده و فرستنده در فاصله‌ای دور از یکدیگر قرار دارند. این امر سبب جلوگیری از تداخل مد فرستندگی/گیرندگی می‌شود و علاوه بر این سبب کاهش آسیب‌پذیری سامانه در برابر حملات هوایی می‌شود چرا که می‌توان چندین آنتن گیرندهٔ پسیو را با یک فرستنده به‌کار گرفت.
جهت رهگیری هواگردهایی که با فرم‌دهی خاص بدنه از دید رادار پنهان می‌شوند، از این نوع رادار استفاده می‌شود.

نکته

در این نوع رادارها سیگنال پس از طی فاصلهٔ RT به هدف رسیده و بازتاب آن با طی فاصلهٔ RR به گیرنده می‌رسد. لذا مجموع این فاصله را می‌توانیم به کمک فرمول زیر بیابیم:

$$R_T + R_R = CT$$

ارسال و دریافت رادار بای استاتیک

۳ رادارهای آرایه فازی

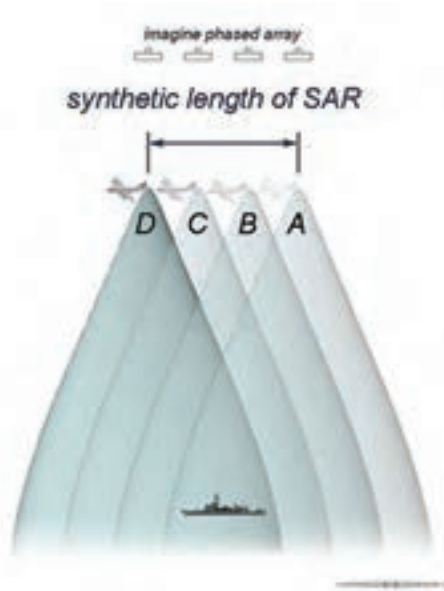
در رادارهای آرایه فازی تعدادی آنتن، سیگنال‌های با فاز متفاوت از یکدیگر تولید می‌کنند که این امر سبب تقویت سیگنال در جهت دلخواه و تضعیف آن در جهت‌های نامناسب می‌شود. لذا به کمک این رادارها می‌توان بدون نیاز به حرکت دادن مکانیکی جهت لوب اصلی آنتن را تغییر داد. علاوه بر این با توجه به تعدد آرایه‌های ارسال، دریافت می‌توان هر تعداد از آرایه‌های یک آنتن را برای کار خاصی اختصاص داد.
دو گونهٔ اصلی رادارهای آرایه فازی عبارت‌اند از:

۱	**غیرفعال**	در این نوع رادارها تغذیهٔ کلیهٔ آنتن‌ها توسط یک منبع مولد واحد صورت می‌گیرد و به کمک شیفت‌دهنده‌ای فاز می‌توان فاز خروجی هر آرایه را تغییر داد. در این نوع آنتن تنها یک پرتو اصلی می‌توان تولید کرد.
۲	**فعال**	در این نوع رادارها هر آرایه مولد مستقلی دارد لذا کنترل بیشتری بر روی آرایه‌ها وجود داشته و امکان تولید چندین پرتو اصلی وجود دارد. لازم به ذکر است قیمت تمام شدهٔ این نوع آنتن به علت پیچیدگی‌های فراوان بیش از نوع غیرفعال است.

۴ رادارهای روزنه مصنوعی Syntactic Apreture Radar

برای تهیهٔ یک نقشه دقیق از زمین و عوارض موجود در آن لازم است از یک آنتن طویل استفاده کنیم اما امکان ساخت و به‌کارگیری راداری با آنتن بزرگ جهت دستیابی به رزولوشن بالا از عوارض زمینی امکان‌پذیر نیست. برای رفع این مشکل از تکنیک رادار دریچه مصنوعی یا SAR (Syntactic Apreture Radar) استفاده می‌شود.

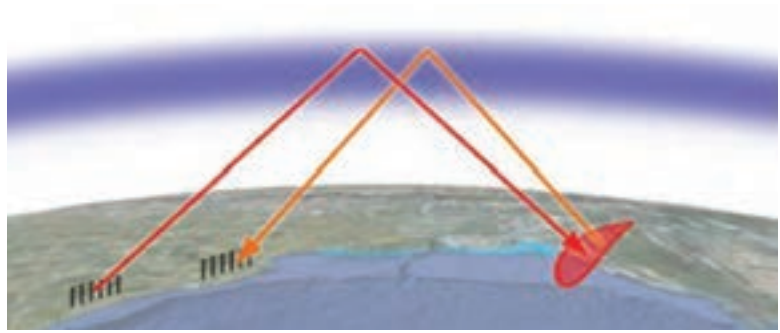
در این تکنیک هواگرد در حال حرکت اقدام به ارسال دریافت امواج کرده و بدین ترتیب یک آنتن طویل شبیه‌سازی می‌شود.



رادار روزنه مصنوعی

۵ رادارهای فرا افق نگر OTH Over_the_horizon

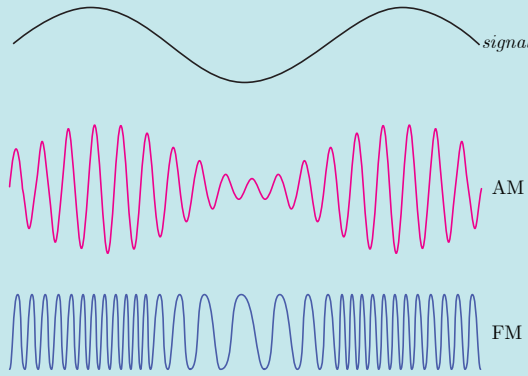
در این نوع رادارها از خاصیت بازتاب یونوسفریک امواج الکترومغناطیسی جهت دستیابی به دید فرا افق استفاده می‌شود. این رادارها دارای آنتن‌هایی بزرگ، توان راه‌اندازی بالا و زمان پردازشی طولانی هستند. هرچند دقت زاویه و برد در این رادارها پایین است اما می‌توانند به عنوان یک رادار پیش‌اخطار مناسب به‌کار گرفته شوند.



رادار ماورای افق

نکته

در صورت اعمال تغییر در فرکانس موج ارسالی (مدولاسیون افام)، رادار را رادار موج پیوسته مدوله فرکانسی یا FMCW می‌نامیم. این نوع رادار موج پیوسته با توجه به اعمال تغییر در فرکانس موج ارسالی می‌تواند با توجه به فرکانس اکو دریافتی برد هدف را نیز محاسبه کند. تداخل بین گیرنده و فرستنده در این نوع رادارها توان مورد آنها را محدود می‌کند و ایزولاسیون بین گیرنده و فرستنده مسئله‌ای حیاتی است.



شکل موج‌های رادار

دانش افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از تدریس این قسمت، و به عنوان مقدمه‌ای برای ورود به این مبحث، توضیحات تکمیلی زیر توسط هنرآموز بیان شود.

رادار یک سیستم الکترومغناطیسی است که برای تشخیص و تعیین موقعیت هدف

به‌کار می‌رود. با رادار می‌توان درون محیطی را که برای چشم، غیر قابل نفوذ است دید مانند تاریکی، باران، مه، برف، غبار و غیره. اما مهم‌ترین مزیت رادار توانایی آن درتعیین فاصله یا حدود هدف می‌باشد. کاربرد رادارها در اهداف زمینی، هوایی، دریایی، فضایی و هواشناسی می‌باشد.

امواج رادار چیزی است که در تمام اطراف ما وجود دارد، اگرچه دیده نمی‌شود. اما مرکز کنترل ترافیک فرودگاه‌ها برای ردیابی هواپیماها چه آنها که بر روی باند فرودگاه قرار دارند و چه آنها که در حال پرواز هستند، از رادار استفاده می‌کنند. در برخی از کشورها پلیس از رادار برای شناسایی خودروهای با سرعت غیر مجاز استفاده می‌کند. ناسا از رادار برای شناسایی موقعیت کرهٔ زمین و دیگر سیارات استفاده می‌کند، همین طور برای دنبال کردن مسیر ماهواره‌ها و فضاپیماها و برای کمک به کشتی‌ها در دریا و مانورهای رزمی از آن استفاده می‌شود. مراکز نظامی نیز برای شناسایی دشمن و یا هدایت جنگ‌افزارهایشان از آن استفاده می‌کنند.

هواشناسان برای شناسایی طوفان‌ها، تندبادهای دریایی و گردبادها از آن استفاده می‌برند. شما حتی نوعی خاص از رادار را در مدخل ورودی فروشگاه‌ها می‌بینید که در هنگام قرار گرفتن اشخاص در مقابلشان، در را باز می‌کنند. به‌طور واضح می‌بینید که رادار وسیله‌ای بسیار کاربردی می‌باشد.

استفاده از رادار عموماً در راستای سه هدف زیر می‌باشد:

شناسایی حضور یا عدم حضور یک جسم در فاصله‌های مشخص ـ عمدتاً آنچه که شناسایی می‌شود متحرک است و مانند هواپیما، اما رادار قادر به شناسایی حضور اجسامی که مثلاً در زیرزمین نیز مدفون شده اند، نیز می‌باشد. در بعضی از موارد حتی رادار می‌تواند ماهیت آنچه را که می‌یابد مشخص کند، مثلاً نوع هواپیمایی که شناسایی می‌کند.

شناسایی سرعت آن جسم ـ دقیقاً همان هدفی که پلیس در بزرگراه‌ها برای کنترل سرعت خودروها از آن استفاده می‌کند.

جابه‌جایی اجسام ـ شاتل‌های فضایی و ماهواره‌های دوار بر دور کره زمین از چیزی به عنوان رادار برای شناسایی حفره‌های مجازی، تهیه نقشه جزئیات زمین، نقشه‌های عوارض جغرافیایی سطح ماه و دیگر سیارات استفاده می‌کنند.

فکر کنید

نصب اسکنررادار در ارتفاع بالا، چه مزایا و معایبی می‌تواند داشته باشد؟
پاسخ فعالیت:
طول آنتن (اسکنر) رادار با طول موج ایجاد شده ارتباط مستقیمی‌دارد بنابراین برای افزایش طول موج راداری نیازمند اسکنری با ابعاد بزرگ‌تر می‌باشد.

چنانچه از این خاصیت استفاده نمی‌شد، اکوها چگونه بر روی صفحهٔ تصویر ظاهر می‌شدند؟
پاسخ فعالیت:
چنانچه از این خاصیت استفاده نمی‌شد، هر اکو پس از ظاهر شدن بر روی صفحهٔ تصویر به سرعت محو و از بین می‌رفت و دوباره پس از یک گردش دیگر آنتن بر روی صفحه ظاهر می‌شد.
خاصیت پس‌تابشی صفحهٔ تصویر باید به اندازه‌ای باشد که حداقل پس از یک دور گردش کامل آنتن رادار، اکوی مزبور همچنان تابش خود را حفظ کند.

فکر کنید

پاسخ فعالیت:
رادارهای موج پیوسته Continuous_wave (CW)

دانش‌افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از تدریس این قسمت، توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

رادارها بر اساس نحوه فرستادن امواج رادار به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

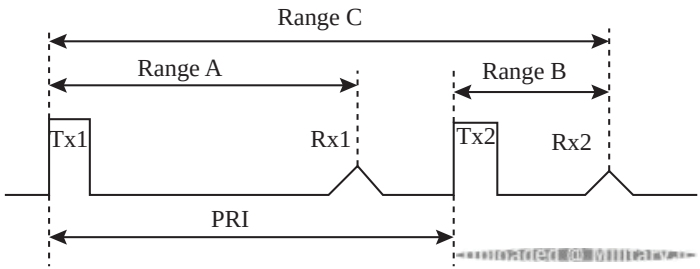
۱ رادارهای پالسی

رادار پالسی راداری است که ابتدا یک پالس ارسال می‌کند و سپس منتظر رسیدن اکو اهداف می‌ماند. این امر مانع از تداخل بین گیرندگی و فرستندگی می‌شود و امکان استفاده از یک آنتن واحد به عنوان گیرنده و فرستنده را فراهم می‌آورد. با اندازه‌گیری زمان بین ارسال و دریافت می‌توان برد هدف را به‌دست آورد (رادارهای مونواستاتیک). از آنجا که رادارهای مونواستاتیک نمی‌توانند همزمان به ارسال و دریافت امواج مبادرت ورزند دارای برد کور هستند که از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$R_M = \frac{CT}{۲}$$

در این فرمول R فاصله و C سرعت نور و T زمان می‌باشد. به عبارت دیگر رادار زمانی در مد گیرندگی قرار دارد که انتهای پالس ارسالی از آنتن خارج شده باشد. شایان ذکر است ممکن است پس از ارسال دو پالس اکوی پالس اول به رادار برسد

که در این حالت دچار ابهام در برد خواهیم شد.



ارسال و دریافت امواج در رادار پالسی

حال اگر یک رادار پالسی از خاصیت شیفت داپلر جهت استخراج سرعت هدف استفاده کند به آن رادار پالس داپلری می‌گوییم.

۲ رادارهای موجِ پیوسته CW

این نوع رادار دائماً به ارسال و دریافت امواج مبادرت می‌ورزند. سرعت هدف در این نوع رادارها از طریق سنجش شیفت داپلر استخراج می‌شود. در صورت اعمال تغییر در فرکانس موج ارسالی (مدولاسیون افام)، رادار را رادار موج پیوسته مدوله فرکانسی یا FMCW می‌نامیم. این نوع رادار موج پیوسته با توجه به اعمال تغییر در فرکانس موج ارسالی می‌تواند با توجه به فرکانس اکو دریافتی برد هدف را نیز محاسبه کند. تداخل بین گیرنده و فرستنده در این نوع رادارها توان مورد آنها را محدود می‌کند و ایزولاسیون بین گیرنده و فرستنده مسئله‌ای حیاتی است. یک مثال ساده از این نوع، رادارهای سنجش سرعت مورد استفاده توسط پلیس است.

فعالیت کلاسی ۱

در جدول زیر کاربردهای نظامی رادار بیان شده است. با راهنمایی هنرآموز خود ستون توضیحات را به‌طور اختصار کامل کنید.

پاسخ فعالیت:

ردیف	توضیحات
۱	مراقبت و تعیین مشخصات هدف که با توجه به نوع کاربرد، باند فرکانسی این رادارها و مشخصات آنها متفاوت است و برد آنها تا حدود ۴۰۰ کیلومتر قابل‌افزایش است.
۲	هدایت هواپیما در حین پرواز و هنگام فرود و صعود و تعیین ارتفاع و سرعت هواپیماهای نظامی.
۳	کنترل و هدایت آتش که بنا به چگونگی بهره‌برداری (هوا به هوا- زمین به هوا- زمین به دریا و هوا به زیردریا) متفاوت است. (در این مورد از رادارهای تک‌پالسی استفاده می‌شود)
۴	مشخص کردن مسیر و مقصد اهداف متحرک مانند هواپیما یا موشک‌های بالستیک. (برد رادارهای فوق بیشتر از رادارهای کنترل و هدایت آتش است ولی از نظر اصول کار شبیه یکدیگرند).

فعالیت کلاسی ۲

در جدول زیر برخی از کاربردهای غیرنظامی‌رادار بیان شده است. با راهنمایی هنرآموز خود ستون توضیحات را به‌طور اختصار کامل کنید.

پاسخ فعالیت:

ردیف	توضیحات
۱	کنترل ترافیک و اعلام وضعیت هوایی در اطراف فرودگاه‌ها و در برخی از هواپیماهای پیشرفته در یاری‌رساندن به خلبان هنگام فرود در وضعیت بد آب‌وهوایی که دید کافی ندارد
۲	جهت نشان دادن موقعیت، سرعت، مسافت طی شده و مسیریابی در هر لحظه.
۳	استفاده از یک رادار کوچک با برد محدود در جلوی کشتی جهت شناسایی موانع مقابل کشتی.
۴	سنجش از دور و شناسایی اجرام و کرات آسمانی و ردیابی ماهواره‌ها.
۵	کنترل سرعت خودروها در بزرگراه‌ها توسط پلیس
۶	کنترل خط تولید و سرعت بهره‌برداری از خطوط
۷	پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوای مناطق مختلف با استفاده از جهت وزش باد و سایر عوامل مؤثر
۸	بررسی و شناسایی وضعیت اقیانوس‌ها، دریاها، منابع زیرزمینی، معادن و آتش‌فشان‌ها
۹	محاسبه میزان اراضی زیر کشت و برآورد محصولات مختلف کشاورزی (با توجه به آنکه محصولات مختلف کشاورزی دارای خواص الکترومغناطیسی (انعکاس امواج) متفاوتی است).
۱۰	مانند رادارهای روزنه مصنوعی

فعالیت کلاسی ۳

در جدول و تصاویر زیر انواع رادارهایی که در حوزه نظامی کاربرد دارند آورده شده است، ستون توضیحات و کاربرد را با راهنمایی هنرآموزخود کامل کنید.
پاسخ فعالیت:

	کاربرد
۱	این نوع رادار بر روی انواع شناورها برای دفاع سطحی، هوایی و همچنین ناوبری کاربرد دارد. استفاده به منظورناوبری در کشتی‌های تجاری ازکاربردهای وسیع این رادارها است. کاربرد اصلی این رادارها، کشف هدف است.
۲	این رادارها برای کشف و شناسایی هواپیماها یا موشک‌های پرتاب شده دشمن در فواصل دور به کار می‌رود. این نوع رادارها ازمهم‌ترین و ضروری‌ترین سیستم‌های یک نیروی دریایی به شمار می‌رود. یک نمونه از این رادارها، رادارهای کنترل ترافیک هوایی است که کاربرد وسیعی در فرودگاه‌ها، اعم از نظامی‌و غیرنظامی‌دارد.
۳	کاربرد این نوع رادارها همانطور که از اسم آنها پیداست، ردیابی یا به‌کارگیری در یک سیستم سلاح به‌منظور هدایت سیستم توپخانه یا موشکی است. رادار ردگیری عمل جست وجو را انجام نمی‌دهد بلکه برروی هدف قفل شده و به‌طور دائم آن را ردگیری می‌کند. یکی دیگر از کاربردهای این نوع رادارها، ردگیری اجسام آسمانی مانند ماهواره‌ها یا سفینه‌های فضایی است.
۴	این نوع رادار با استفاده از روابط مثلثاتی ارتفاع هواپیما و فاصله آن را محاسبه می‌کند.

فعالیت کلاسی ۴

جای خالی رابا کلمات مناسب پرکنید.

۱	رادارهای جستجوگر
۲	رادار ردگیری
۳	رادارهای مسیریابی
۴	سیستم مراقبت راداری
۵	رادارهای سطحی

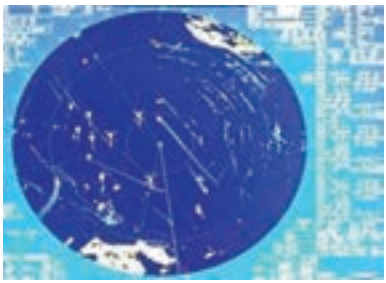
دانش‌افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از تدریس این قسمت، و به‌عنوان مقدمه‌ای برای ورود به این مبحث، توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

نمایشگر رادار Radar Display

نشان‌دهندهٔ رادار دستگاهی است که بازتاب دریافت شده از هدف و سایر موانع را به‌صورت نقاطی روشن روی صفحه نشان می‌دهد. نمایشگر، اطلاعات و انعکاس‌های دریافتی را طوری نمایش می‌دهد که بتواند احتیاجات کاربرد را فراهم کند، جست‌وجو و مسیریابی خودکار را کنترل کند و وقتی هدف شناسی شد بتواند اطلاعات موردنظر را استخراج کند.

شرکت‌های تولیدکننده رادار با ارائه محصولات متنوع درصدد ارائه محصول باکیفیت و کاربری مناسب هستند ولی چیزی به‌عنوان یک صفحه‌کلید استاندارد برای کلیدهای کنترلی رادارها وجود ندارد و پانل‌های کنترل رادار و حتی اصطلاحات تولیدکننده‌ها متفاوت است، با این‌حال سازمان جهانی دریانوردی علائم استانداردی را برای کلیدهای کنترل راداری جهت سهولت استفاده از رادار برای ایمنی شناورها تعریف نموده است. تصویری از یک رادار ناوبری که در داخل پل فرماندهی یک کشتی نصب بوده و به‌وسیله نفر مسئول برای امور ناوبری مورد استفاده قرار می‌گیرد را در شکل زیر می‌بینید.



تصویری از یک نمایشگر رادار ناوبری

اکوی هدف‌ها که به‌وسیلهٔ نقاط نورانی نشان داده می‌شوند، به‌گونه‌ای تصویر می‌شوند که موقعیت نقاط متناظر با موقعیت فیزیکی هدف از نظر سمت و فاصله آن برابر با فاصلهٔ شعاعی از مرکز تا نقطهٔ نورانی مورد نظر است.

نکته ایمنی

چشم‌ها به‌طور ویژه به امواج کوچک الکترو مغناطیسی و امواج فرا سرخ حساس هستند. مراقبت‌های ویژه باید در زمان کار با این تجهیزات در نظر گرفته شود و نباید به‌طور مستقیم به داخل اسکنرهای رادار در زمانی‌که رادار فعال است نگاه کرد.

آشکارسازی اتوماتیک هدف

در این روش خروجی گیرنده‌های رادار به کامپیوتر و سیستم‌های پروسه کردن و تجزیه و تحلیل اطلاعات داده شده تا اطلاعات مربوط به هدف را در نشانگرهای مربوط به نمایش درآورند. در این روش اپراتورهای رادار نقشی در کشف و کسب اطلاعات هدف با بررسی نشان‌دهندهٔ رادار ندارد و مراحل مختلف به‌طور اتوماتیک انجام می‌پذیرد.

فعالیت کارگاهی ۱

در کارگاه دریانوردی و یا بازدید از شناورها، با کلیدهایی که بر روی صفحهٔ نشان‌دهنده رادارقرار گرفته‌اند آشنا شده و کاربرد هر کدام را فرا بگیرید. جدول را مطابق آموخته‌های عملی خود کامل کنید.

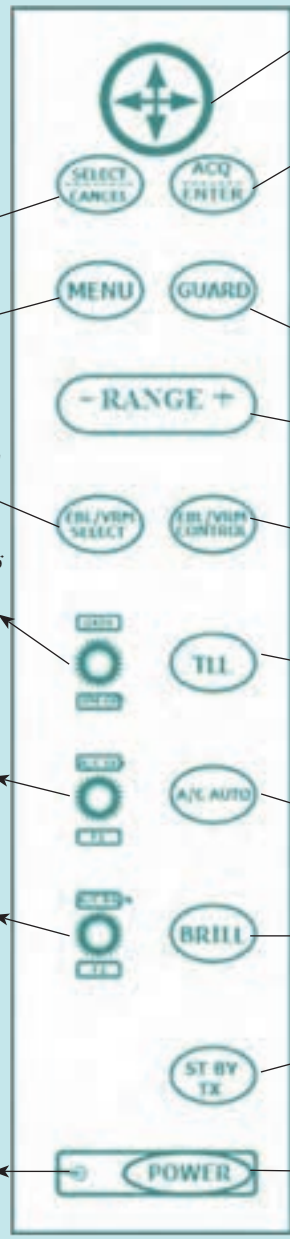
پاسخ فعالیت:

ردیف	کاربرد
۱	کلید اصلی روشن و خاموش کردن سیستم رادار (POWER SWETCH): این کلید سه وضعیتی بوده و برای روشن وخاموش کردن دستگاه رادار به کار می‌رود. برای روشن کردن رادار کلید را در حالت radar on قرار می‌دهیم تا رادار روشن شود. پس‌ازآن لامپ مگنترون در حال گرم شدن است بنابراین سیستم رادار در حالت آماده‌به‌کار (Stand_by) است. در حالت آماده‌به‌کار سیستم رادار فعال است ولی ارسال امواج انجام نمی‌گیرد. پس‌ازآن با تغییر کلید در حالت Transmit و یا کلید در حالت چرخش آنتن (aerial rotating) سیستم شروع به ارسال و دریافت امواج می‌کند و اکوهای اهداف در نمایشگر رادار نمایان می‌گردد.
۲	سوئیچ تنظیم‌کننده Focus: با این سوئیچ می‌توان تمرکزکانونی الکترون‌ها را تنظیم نمود.تا تصویرحاصل برروی نشان‌دهنده رادار از وضوح خوبی برخوردار باشد.

۳	سوئیچ تنظیم‌کننده Brilliance: درخشندگی صفحه نشان‌دهنده را می‌توان با این کلید تنظیم کرده و به حد مطلوب رساند.
۴	سوئیچ تنظیم‌کننده Receiver Gain: با این کلید می‌توان میزان تقویت‌کنندگی گیرنده رادار را به‌نحوی تنظیم نمود که تصویر مطلوبی داشته باشیم.
۵	سوئیچ انتخاب عرض پالس (پهنای پالس): با این کلید می‌توان عرض پالس مورد نظررا انتخاب کرد.
۶	سوئیچ انتخاب فاصله (Range Switch): یکی از کلیدهای مهم در کنسول رادار بوده که به‌وسیله آن می‌توان شعاع ناحیه تحت پوشش صفحه رادار را تغییر داد. این کلید می‌تواند در بردهای ثابت ۴۸،۲۴،۱۲،۶ مایل و... قرار گیرد.
۷	سوئیچ مربوط به دوایر تعیین فاصله (Range Rings): دوایر فاصله، دایره‌های متحدالمرکزی هستند که با فاصله یکسان برروی صفحه رادار تشکیل می‌شوند و هر کدام نشان‌دهنده فاصله معینی بر روی صفحه رادار هستند.
۸	سوئیچ مربوط به دایره متغیّر تعیین فاصله (Variable Range Marker): دوایر فاصله‌ای که برروی صفحه رادار تشکیل می‌شود با این کلید قابل کنترل است. از این دایره‌ها برای اندازه‌گیری فاصله هدف یا هر مانع دیگری استفاده می‌شود.
۹	صفحهٔ نشانگر سمت (Cursor): با چرخش صفحهٔ نشانگر سمت (Cursor) و قرار دادن خط شعاعی مبنا برروی هدف، سمت اکوهای موجود بر روی صفحه رادار قابل تعیین است.
۱۰	تیون Tune: کلید تیون برای تنظیمات دقیق فرکانس راداری است؛ و با تنظیم آن می‌توان کیفیت اکوهای دریافتی را افزایش داد.

فعالیت کارگاهی ۲

با توجه به صفحه نمایش رادار (Display) در زیر،نام یا کاربرد هر کدام از کلیدها را مشخص کنید.



کلید چهارحالته برای جابه‌جا کردن کرسور EBL و VRM روی صفحه نمایش

در حالت کلی کلید تأیید و در زمان فعال بودن آرپا تأییدکننده هدف انتخاب شده و توسط کرسور می‌باشد.

انتخاب، تنظیم، فعال کردن و غیرفعال کردن ناحیه حفاظت شونده

دکمه دو جهتی برای انتخاب رنج رادار

فعال و یا غیرفعال کردن خطوط سمت‌نگار EBL و حلقه‌های مسافت VRM

نمایش اطلاعات موقعیت هدف خارجی

کاهش و یا حذف کلاتر دریا به‌صورت اتوماتیک

تنظیم نور صفحه نمایش در ۱۵ مرحله

کلید انتخاب حالت فرستندگی یا حالت ST _ BY

کلید روشن و خاموش اصلی

در زمان فعال بودن آرپا فشار کم نمایش اطلاعات ناوبری هدف انتخاب شده توسط کرسور و فشار ممتد پایان یا حذف هدف انتخاب شده توسط کرسور

باز و بسته کردن لیست یا منو

انتخاب خطوط سمت‌نگار EBL و حلقه‌های مسافت VRM

به‌صورت ولوم کنترل و تنظیم حساسیت گیرندگی و به‌صورت کلید فشاری خط هدینگ را به‌صورت لحظه‌ای پاک می‌کند

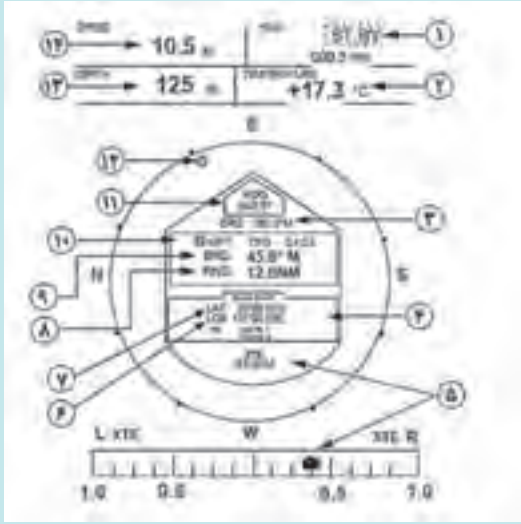
به‌صورت ولوم کاهش یا حذف کلاتر دریا و به‌صورت کلید فشاری عملیاتی یا میانبر F۱ می‌باشد

به‌صورت ولوم کاهش یا حذف کلاتر باران و به‌صورت کلید فشاری کلیدعملیاتی یا میانبر F۲ می‌باشد

دیود نشان‌دهنده روشن بودن در حالت فرستندگی یا در حالت اکونومی

فعالیت کارگاهی ۳

در تصویرزیر صفحه نمایش رادار در زمان فعال بودن (ST_BY) و حالت نمایش اطلاعات ناوبری (NAV) نشان داده شده است. توضیحات مربوط به هر قسمت را درجدول بنویسید.



پاسخ فعالیت:

۱	نشان‌دهنده مقدار زمان لازم جهت گرم شدن رادار (۱/۳۰) دقیقه.	۸	فاصله نقطه راه
۲	دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد	۹	سمت نقطه راه
۳	راه شناور	۱۰	اطلاعات نقطه راه
۴	اطلاعات شناور خودی	۱۱	مقدار عددی خط هدینگ (مقدار زاویه‌ای که سینه شناور نسبت به شمال دارد).
۵	علامت XTE و مقدار عددی انحراف آن از مسیر	۱۲	سمت نقطه راه
۶	عرض جغرافیایی شناور خود	۱۳	عمق آب
۷	طول جغرافیایی شناور خود	۱۴	سرعت شناور

فکر کنید

چه عواملی در میزان انعکاس امواج از سطح دریا مؤثرند؟

پاسخ فعالیت:

عوامل متعددی در میزان انعکاس امواج از سطح دریا مؤثرند مانند:
سرعت باد، طول مدت‌زمانی و جهت وزش باد، جهت امواج نسبت به پرتو اصلی رادار، طغیان آب، وجود آلودگی در سطح آب، فرکانس کار رادار، نوع پلاریزاسیون موج ارسالی، زاویه تابیدن امواج رادار به سطح دریا نسبت به افق و اندازه سطح قابل رؤیت رادار.

بحث کلاسی

دلیل به وجود آمدن اکوی تداخل راداری چیست؟

رادار دو شناور در یک محل که از یک فرکانس مشابه استفاده می‌کنند در هنگام برگشت پرتو راداری؛ تداخل در گیرنده رادار ایجاد می‌شود و اکوهای ناخواسته‌ای مشابه شکل زیر در رادار ایجاد می‌گردد که به آن **interference** گویند و برای خروج از این حالت با استفاده از سوئیچ **IR** یا تغییر **Tune** رادار می‌توان آن را حذف نمود.

تداخل راداری

فعالیت کلاسی

جای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

پاسخ فعالیت:

الف) اکوی..... روشنایی مستمری بر روی صفحهٔ رادار ندارند و به‌صورت نقاط یا لکّه‌های کوچکی در تمام سطح صفحهٔ رادار به‌طور موقّتی نمودار می‌شوند.

ب) اکوی..... به‌طور طبیعی قوی‌تر از اکوهای امواج دوردست است.

پ) اکوی..... و اکوی..... در یک فاصله قرار دارند و قابل شناسایی هستند.

ت) تأثیر شرایط جوی بر عملکرد رادار سبب تضعیف رادار و .... می‌شود.

فعالیت کارگاهی

در بازدید ازپل فرماندهی شناورها با کاربردکلیدهای تنظیم رادار آشنا شده و موارد زیر را مشخص کنید.

پاسخ فعالیت:

الف) چگونگی حذف تداخل امواج

برای حذف تداخل امواج راداری ناشی از امواج رادار دیگر که در یک محل قرار دارند و در یک فرکانس مشابه با رادار موجود کار می‌کنند و اغتشاشاتی را بر روی صفحه‌نمایش راداری ایجاد کرده است می‌توان با کلید IR که برای رادار تعریف شده است این اغتشاش ناخواسته را حذف نمود و یا با تنظیم TUNE و تغییر فرکانس مقدار این تداخل را کاهش داد. هیچ نمادی را IMO برای این ابزار تعریف ننموده است.

حذف تداخل راداری

ب) چگونگی نمایش بزرگ‌تر اهداف

در رادارهای مدرن برای بزرگ نمودن اکوی اهداف از کلید بزرگ‌نمایی استفاده می‌شود و بایستی دقت شود این ابزار فقط برای نمایش بزرگ‌تر اهداف استفاده می‌شود و در شرایط عادی این ابزار بایستی غیرفعال باشد.

پ) چگونگی کنترل طول پالس

زمانی که شما مقیاس برد رادار را انتخاب کنید طول پالس به‌طور معمول به‌صورت خودکار انتخاب می‌شود. با این‌حال در بعضی از رنج‌های راداری که امکان انتخاب طول پالس برای کاربر امکان‌پذیر است از کلید کنترل طول پالس استفاده می‌شود که اثر قابل‌توجهی بر عملکرد رادار دارد. طول پالس کوتاه‌تر سبب تفکیک اهدافی می‌شود که در نزدیکی همدیگر قرار دارند.

تفکیک اهداف راداری در پالس بلند و پالس کوتاه.

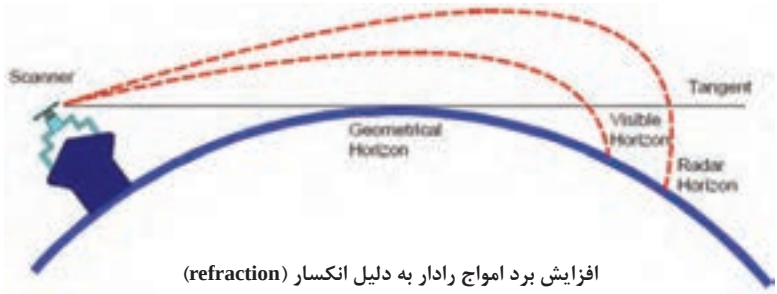
ت) چگونگی تنظیم حلقه‌های فاصله
حلقه‌های فاصله بر روی نمایشگر رادار به‌منظور اندازه‌گیری فواصل اهداف بر روی رادار تعریف شده است و برای بهبود مشاهده رادار می‌توان این حلقه‌ها را حذف نمود و در زمان موردنیاز از آن استفاده نمود.

دانش افزایی

پیشنهاد می‌گردد قبل از تدریس این قسمت، و به‌عنوان مقدمه‌ای برای ورود به این مبحث، توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

تأثیر شرایط جوی بر رادار

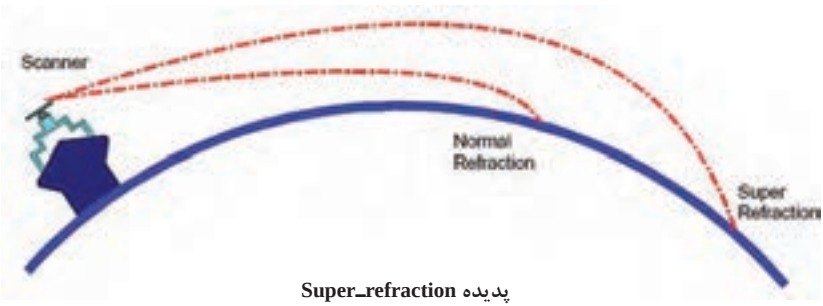
تأثیر شرایط جوی بر عملکرد رادار سبب تضعیف رادار و اکوهای ناخواسته می‌شود، شرایط اتمسفری استاندارد برای برد رادار با شرایط زیر در نظر گرفته می‌شود.
فشار= ۱۰۱۳ بار، با افزایش ارتفاع هر ۱۰۰۰ پا؛ ۳۶ بار فشار کاهش می‌یابد.
دما= ۱۵ درجه سانتی‌گراد، با افزایش ارتفاع هر ۱۰۰۰ پا؛ ۲ درجه سانتی‌گراد دما کاهش می‌یابد.
رطوبت نسبی= ۶۰٪ و مقدار ثابت با ارتفاع
در اتمسفر استاندارد دما و مقدار رطوبت به نسبت ارتفاع کاهش می‌یابد و برد رادار نرمال است ولی در اتمسفر غیراستاندارد برد رادار تغییر می‌کند. در اتمسفر استاندارد امواج الکترومغناطیسی به‌طور مستقیم حرکت می‌کنند و برد رادار فقط به توان خروجی رادار و ارتفاع آنتن وابسته است درنتیجه برد افقی رادار شبیه انحنای زمین برای ارتفاع آنتن رادار است. هرچند نور و امواج الکترومغناطیسی رادار به سمت زمین شکسته می‌شوند و از اتمسفر عبور می‌کنند اما مقدار شکست امواج الکترومغناطیسی در فاصله طولانی‌تر است. این انکسار (شکست) امواج را refraction گویند. این پدیده در شرایط جوی اتمسفر استاندارد سبب ۶٪ تا ۱۰٪ افزایش برد امواج الکترومغناطیسی به نسبت دید بصری شده است.



افزایش برد امواج رادار به دلیل انکسار (refraction)

شکست بالا Super_Refraction

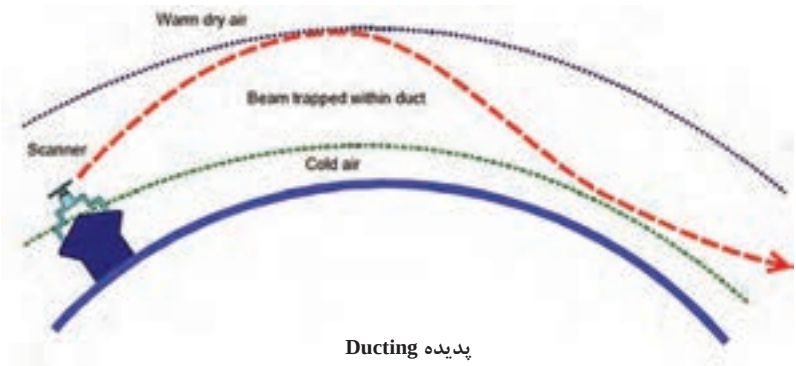
پدیده شکست بالا زمانی رخ می‌دهد که یک‌لایه هوای گرم بالای سطح سرد دریا قرار گیرد (به‌طور مثال وارونگی دما). پرتو رادار در فاصله دورتری نسبت به شرایط جوی استاندارد شکسته می‌شود و سبب افزایش برد ۲۵٪ برد رادار شده و احتمال آشکارسازی اهداف در فاصله دورتر را فراهم می‌سازد.



پدیده Super_refraction

کانالیزه شدن Ducting

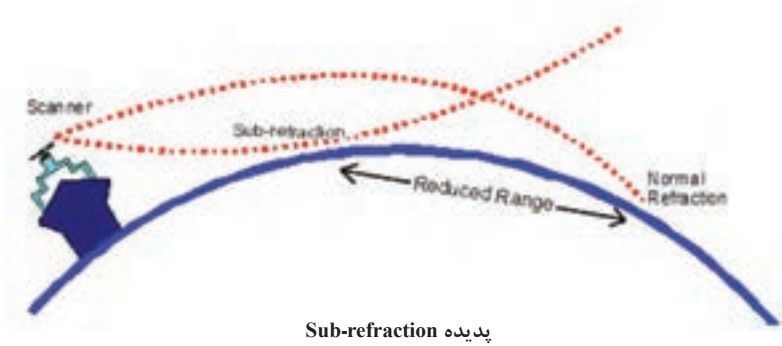
زمانی که پرتو رادار برای مدت‌زمان طولانی توسط لایه‌های هوا هدایت می‌شود درواقع حد نهایی شکست بالا انجام می‌گیرد که معمولاً سبب افزایش برد آشکارسازی اهداف راداری می‌شود. در مدت‌زمان کانالیزه شدن دومین اثر اکو ممکن است ظاهر شود.



پدیده Ducting

شکست یا انکسار پایین Sub_refraction

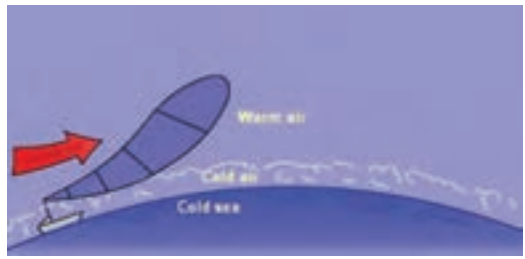
زمانی لایه هوای سرد بالای سطح دریای گرم قرار گیرد پرتو رادار به سمت هوای گرم شکست پیدا می‌کند و سبب کاهش برد راداری و سطح آشکارسازی اهداف نسبت به اتمسفر استاندارد می‌شود. این پدیده را Sub_refraction گویند.



پدیده Sub-refraction

کوری رادار

زمانی که سطح دریا را مه فراگیرد و یک لایه هوای سرد بر روی سطح سرد دریا قرار گیرد و لایه هوای گرم بالای هوای سرد قرار گیرد، پرتوهای راداری به سمت هوای گرم خمیده می‌شوند و سبب کاهش برد راداری می‌شود. این پدیده را Blackout گویند.



پدیده Blackout

اکوهای ناخواسته راداری

در رادارها فرض بر این است که امواج راداری در فضای آزاد به سمت هدف حرکت می‌کنند و بعد از برخورد به هدف بدون تداخل به گیرنده باز می‌گردد. ولی در محل انعکاس‌های ناخواسته یا کلاتر (radar clutter) باعث محدود شدن کارایی و بازده رادار می‌شود. کلاتر در رادار، برگشت ناخواسته امواج از کلیه اجسام غیر از هدف را شامل می‌شود. این انعکاس‌ها باعث کاهش کارایی رادار و از بین رفتن سیگنال هدف و ایجاد اهداف دروغین در رادار می‌شود.

به‌طورکلی اجسامی که سطوح بزرگی دارند (مانند کوه و صخره) دارای برگشت‌های خیلی قوی هستند. این امر باعث می‌شود که توانایی رادار برای آشکارسازی اهداف

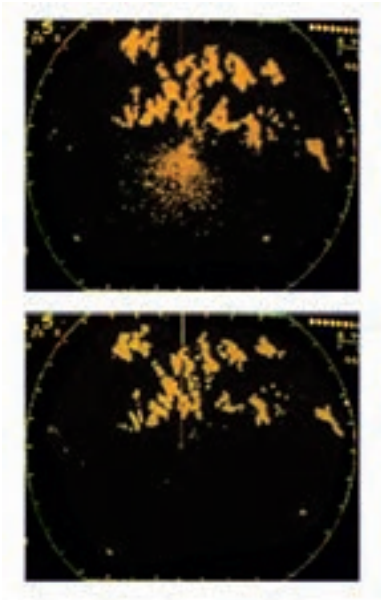
کوچک که انعکاس‌های ضعیفی دارند در حضور اجسام بزرگ کم شود. در یک تقسیم‌بندی کلی کلاتر را می‌توان به سه نوع متفاوت تقسیم کرد. ۱ـ کلاتر دریا ۲ـ کلاتر زمین ۳ـ کلاتر اتمسفر

البته انعکاس امواج از اجسام نیز مانند برج‌ها و دکل‌ها و یا پرندگان در حال حرکت نیز در قالب نوعی کلاتر نقطه‌ای شناسایی می‌شود. اکنون به‌طور اجمالی به هر یک از کلاترها می‌پردازیم.

کلاتر دریا

انعکاس امواج رادار از سطوح صاف و گسترده دریاها و اقیانوس‌ها خود منبع نویزی است که بر روی نسبت سیگنال به نویز رادارهایی که بر روی سطح دریا عمل می‌کنند اثر نامطلوب می‌گذارد چنانچه میزان انعکاس امواج از سطوح دریا نسبت به برگشت‌های امواج از هدف بیشتر باشد آشکارسازی هدف بسیار مشکل خواهد بود. عوامل متعددی در میزان انعکاس امواج از سطح دریا مؤثرند مانند:

سرعت باد، طول مدت‌زمانی و جهت وزش باد، جهت امواج نسبت به پرتو اصلی رادار، طغیان آب، وجود آلودگی در سطح آب، فرکانس کار رادار، نوع پلاریزاسیون موج ارسالی، زاویه تابیدن امواج رادار به سطح دریا نسبت به افق و اندازه سطح قابل رؤیت رادار.



کلاترهای امواج دریا

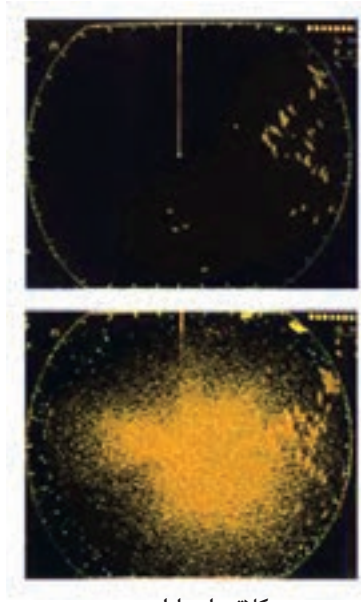
کلاتر زمین

کلاتر زمین هم در تئوری و هم در عمل معمولاً مهم‌تر و مشکل‌تر از کلاتر دریاست. حتی در مورد رادارهایی که در دریا مصرف می‌شود جز در نواحی تابش عمودی در سایر نقاط میزان کلاتر زمین به‌مراتب از کلاتر دریا بیشتر است.

انعکاس رادار از سطح زمین بستگی به نوع زمین و خواص دی‌الکتریک آن و میزان رطوبت سطح زمین و پوشش برفی و گیاهی منطقه و عوامل جزئی دیگر دارد.

کلاتر اتمسفر

این نوع کلاتر ناشی از ذرات موجود در هوا نظیر گردوخاک و برف و مه و باران و تگرگ است. رادارهای OHT که در فرکانس‌های پایین کار می‌کنند هیچ‌گونه تأثیری از ذرات جوی نمی‌پذیرند؛ اما در رادارهای فرکانس بالا (رادارهای میلی‌متری) انعکاس‌های جوی مشکل بسیار بزرگی برای کارایی رادار است. تأثیر برف و یخ بر رادار معمولاً کمتر از باران است. یکی از دلایل این امر میزان ریزش کم برف نسبت به باران است.



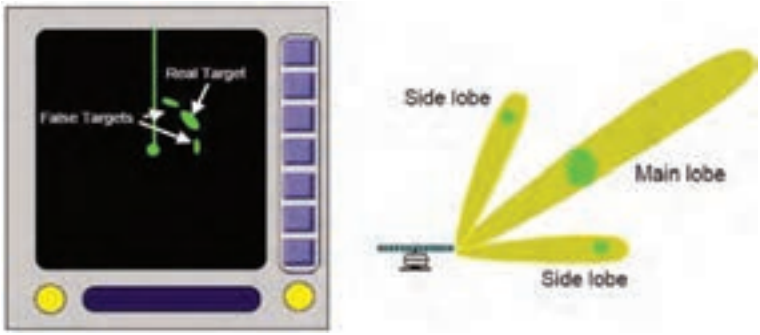
کلاترهای باران

اطلاعات کاذب راداری False Radar Information

در این قسمت به دلایل ایجاد اطلاعات کاذب راداری پرداخته می‌شود و چگونگی نمایش اهداف کاذب راداری بیان می‌شود.

پژواک‌های جانبی Side Echoes

پژواک‌های جانبی ناشی از گلبرگ‌های جانبی پرتو راداری است و شبیه اکوهای اصلی ظاهر می‌شود. زمانی که بازتاباننده هدف مناسب بوده و در دامنه دید گلبرگ‌های جانبی رادار قرار گیرد، هدف حقیقی معمولاً اکوی بزرگ‌تر در مرکز اکو است. پژواک‌های جانبی با کاهش gain یا استفاده از sea clutter control حذف می‌شود.



اکوی گلبرگ‌های جانبی رادار

پژواک‌های باواسطه Indirect Echoes

پژواک‌های باواسطه زمانی ایجاد می‌شود که بعضی از پرتوهای راداری در هنگام انتشار به شیء نزدیک آنتن رادار مانند دودکش یا دکل شناور برخورد کند. ممکن است اکو به‌وسیله مسیر مشابه یا مستقیم به آنتن برگردد. رادار برخورد کرده و اکوی انعکاسی به آنتن رادار برسد. اکوهای کاذب معمولاً به‌نوبت بر روی نمایشگر در فاصله صحیح ظاهر می‌شوند زیرا فاصله اضافی بین آنتن و شیء قابل‌اغماض است، اما در سمت خطا ایجاد می‌شود.

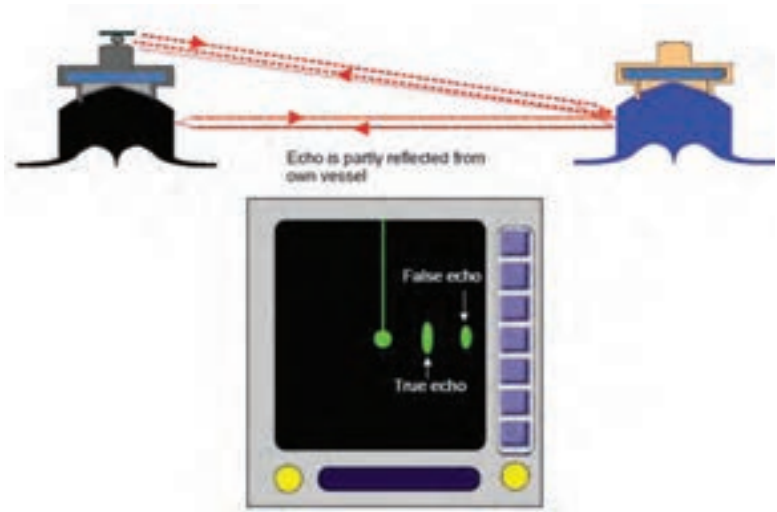
پژواک‌های باواسطه راداری

پژواک‌های با واسطه معمولاً در قطاع سایه ظاهر می‌شود و با دودکش شناور و دیگر اشیای بزرگ نزدیک آنتن رادار شناور یکی می‌شوند. هرچند سمت حقیقی هدف ممکن است تغییر کند، سمت انحراف هدف ثابت باقی می‌ماند و ممکن است فاصله کاهش یابد و در راه تصادم ظاهر شود.

برای تعیین پژواک‌های باواسطه؛ با تغییر راه حدود ۱۰ درجه، اگر سمت نسبی اکو ثابت باقی ماند پس اکوی کاذب است. راه دیگر؛ با تغییر gain می‌توان آن را کاهش داد یا اگر اکو در قطاع کور ظاهر شد می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد.

پژواک‌های چندگانه Multiple Echoes

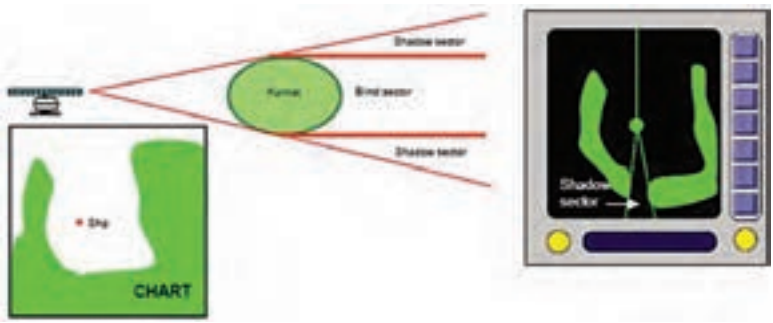
پژواک‌های چندگانه زمانی که یک اکوی قوی به شناور خودی برگردد و جهش نماید و به‌طور مؤثری سیگنال دوباره دریافت شود ایجاد می‌گردد. برای این رخداد اهداف بایستی بزرگ و نزدیک باشند و هردو هدف که ممکن است یک پل فرماندهی یا دماغه خشکی یا دیگر شناور باشد و شناور خودی بایستی بازتابنده خوبی باشد. اکوی کاذب که می‌تواند هر تعداد باشد به‌صورت پژواک‌های چندگانه در سمت و فاصله حقیقی ظاهر می‌شوند. پژواک‌های چندگانه می‌توانند به‌وسیله gain حذف شوند.



پژواک‌های چندگانه راداری

سایه و قطاع‌های کور Shadow And Blind Sectors

موانعی مانند دودکش، دکل، جرثقیل و بار در مسیر آنتن رادار می‌تواند سبب سایه یا قطاع کور راداری روی نمایشگر رادار شوند. آنتن رادار بایستی در مکانی نصب گردد که کمترین سایه و نقطه کور داشته باشد. برای مشاهده اهداف در نقطه کور راداری با تغییر راه می‌توان اهداف در قطاع کور را مشاهده نمود.



سایه و نقاط کور راداری

دریافت اکوهای مجدد Second Trace Echoes

دریافت اکوهای مجدد هدف در پدیده‌های super_refraction و ducting اتفاق می‌افتد. اهداف خیلی دور در فاصله غیرواقعی و سمت درست ظاهر می‌شوند. در نوع دیگر آن؛ یک اکو ممکن است از یک فاصله دوباره برگردد.

دیگر اکوهای غیرواقعی

در فواصل نزدیک مانند در رودخانه و کانال و لنگرگاه که پرتو راداری با توان بالا از زوایایی عمودی به سمت آنتن رادار برگردد؛ اکوهای کوچک روی نمایشگر آنتن رادار مشاهده می‌شود که سبب عدم دقت رادار می‌شود.

تفکیک اهداف

یکی از ویژگی‌های رادارها؛ تفکیک اهداف نزدیک همدیگر است. اهداف به‌صورت عمودی یا افقی نسبت به رادار قرار می‌گیرند بنابراین در صورت قرارگیری اهداف در یک سمت و فاصله نزدیک به هم تفکیک فاصله‌ای رادار می‌تواند این اهداف را از هم تفکیک کند و در صورت قرارگیری اهداف در یک فاصله و سمت نزدیک هم با روش‌های تفکیک در سمت می‌توان اهداف را از هم تفکیک نمود.

تفکیک در فاصله

تفکیک در برد رادار نکته‌ای مهم است و می‌تواند در برد مفید عملیاتی رادار تأثیر داشته باشد. یک پالس بلند با توان بالا ارسال می‌شود و یک هدف را در برد بلند آشکارسازی می‌کند. در شکل صفحهٔ بعد یک پالس بلند به طول ۳۰۰ متر ارسال‌شده و دو شناور نزدیک هم به فاصله ۱۵۰ متر به شکل یک اکوی پیوسته دریافت می‌شود.

عدم تفکیک دو هدف در فاصله

درصورتی‌که طول پالس از فاصله بین اهداف بیشتر باشد دو هدف، به شکل یک اکو مشاهده می‌شود؛ و یک پالس ۱۰۰ متری می‌تواند دو هدف را از هم تفکیک کند.

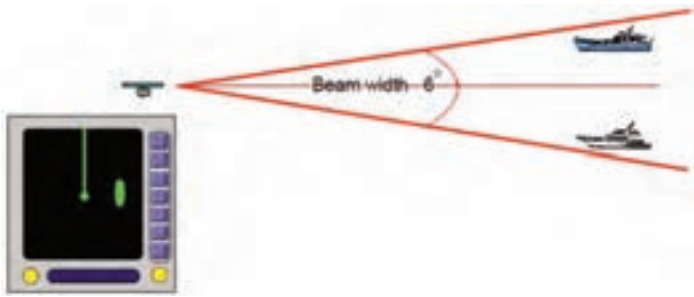
تفکیک دو هدف در فاصله

پالس کوتاه در فواصل نزدیک؛ توان تفکیک مناسب برای اهداف فراهم می‌کند و پالس بلند برای فواصل دور استفاده می‌شود و امکان آشکارسازی اهداف در فاصله نزدیک به هم ضعیف می‌شود. بیشتر رادارها قابلیت تغییر پالس در بردهای میانی را دارند.

تفکیک در سمت

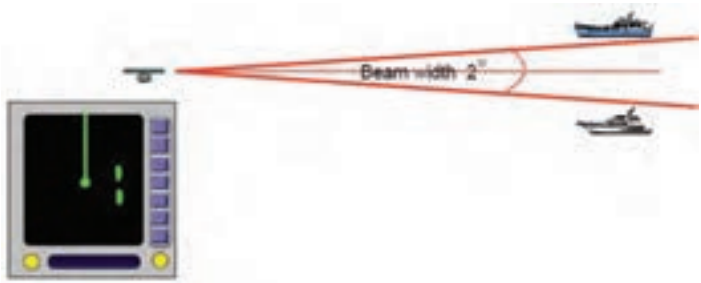
تفکیک در سمت مشابه تفکیک در فاصله است و آن نزدیک بودن دو هدف در یک سمت و تفکیک دو هدف توسط رادار است. زمانی که دو هدف در یک سمت قرارگرفته باشند هردوی آنها می‌توانند توسط یک پرتو راداری پوشش داده شوند بنابراین دو هدف به شکل یک اکو نمایش داده می‌شوند.

تفکیک در سمت به عرض افقی پرتو راداری وابسته است و پرتو باریک‌تر؛ تفکیک در سمت بهتر نسبت به پرتو پهن‌تر دارد.



عدم تفکیک اهداف در سمت راداری

عرض پرتو راداری پهن از هردو هدف در یک سمت یک پرتو منعکس می‌کند بنابراین هر دو هدف به شکل یک هدف در نمایشگر راداری نمایش داده می‌شود.



تفکیک اهداف در سمت راداری

عرض پرتو راداری باریک از میان اهداف عبور می‌کند بنابراین اکوهای تفکیک‌شده را نمایش می‌دهد. عرض پرتو راداری به‌اندازه آنتن رادار وابسته است، یک آنتن ۲فوتی عرض پرتو حدود ۷ درجه تولید می‌کند و آنتن ۶ فوتی آرایه‌ای عرض پرتو راداری ۲ درجه تولید می‌کند. همچنین تغییرات در تفکیک در سمت با کاهش گین رادار نیز امکان‌پذیر است.

فکر کنید

علائم زیر در صفحه نمایشگر رادار نشان‌دهنده چیست؟

پاسخ فعالیت:
دستگاه پاسخگر راداری (SART) Search and Rescue Transponer

فعالیت کارگاهی

دربازدید ازشناورها با نحوه کارکرد سامانه ARPA آشنا شوید و موارد زیر را مشخص کنید:
پاسخ فعالیت:
الف) در این سامانه اطلاعات حرکتی اهداف را چگونه می‌توان استخراج نمود؟
با استفاده از برد الکترونیکی متصل به رادار و سیستم‌های موردنیاز آن

علائم مورداستفاده سیستم اطلاعات حرکتی شناور

ب) برای اندازه‌گیری فاصله اهداف تا شناور (محل آنتن رادار) ازکدام کلید استفاده می‌شود؟
با استفاده از کنترل Variable Range Marker (VRM)
پ) کدام کلید کنترلی برای تعیین سمت اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
کنترل EBL (Electronic Bearing Line)
ت) با استفاده از کدام کلید می‌توان حلقه‌های متحدالمرکزی را در نمایشگر رادار ایجاد نمود و فاصله اهداف را تعیین نمود؟
با استفاده از کنترل Range Ring می‌توان حلقه‌های متحدالمرکزی را در نمایشگر رادار ایجاد نمود و با استفاده ازفاصله اهداف را تعیین نمود. در رادارهای نوین با استفاده از کرسر نیز می‌توان فاصله اهداف راداری را تعیین نمود.
ث) برای نمایش دنباله اهداف در صفحه رادار از چه کلیدی استفاده می‌شود؟
ازکلید Trailاستفاده می‌شود که براساس زمان تنظیم می‌گردد. گاهاً برای پاک کردن و نمایش بهتر صفحه رادار از ابزارReset استفاده می‌شود.
ح) برای شبیه‌سازی حرکت شناور خودی با سرعت و راه مورد نظر از چه کلیدی استفاده می‌شود؟
کلید شبیه ساز برای شبیه‌سازی حرکت شناور خودی با سرعت و راه مورد نظر است که براساس زمان تأخیری که برای آن مشخص شده است کار می‌کند. در این حالت رادار اهداف واقعی را نشان نمی‌دهد بنابراین هوشیاری کاربر در به‌کارگیری این ابزار را می‌طلبد.

سامانه هدایت خودکار کشتی (AUTO PILOT)

اهداف جزئی:

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ با انواع متفاوت موقعیت روی نقشه‌های دریایی آشنا شود.

۲ با عوامل مختلف و تأثیرگذار در ناوبری تخمینی روی نقشه آشنا شده و تعاریف کاربردی آنها را بداند.

۳ با برخی از وسایل تعیین سمت و راه کشتی در ناوبری تخمینی آشنا شود. و نحوه کار با آنها را در کارگاه بیاموزد.

ـ شایستگی‌های غیر فنی:

۱ فعالیت‌ها را با کار گروهی و مباحثه حل کند.

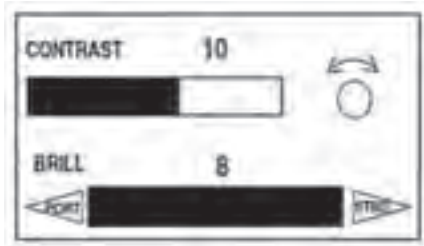
۲ حل مسئله را به‌صورت تحقیق و با استفاده ازفناوری انجام دهد.

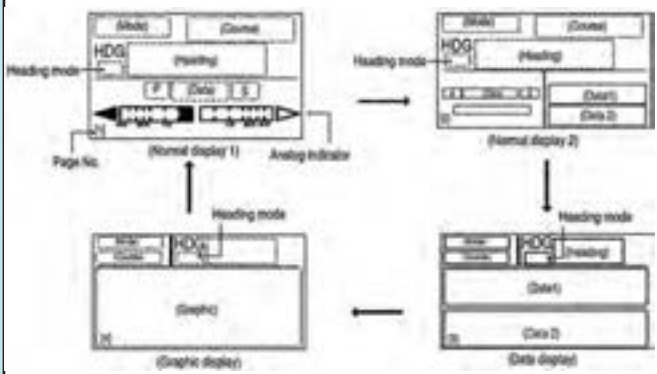
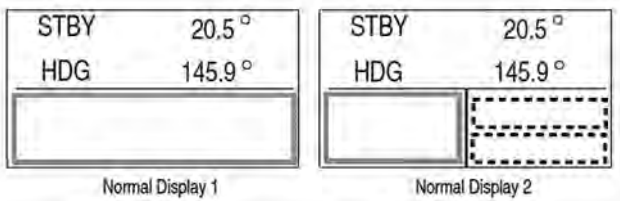
۳ با استفاده از روش فناورانه وتوسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

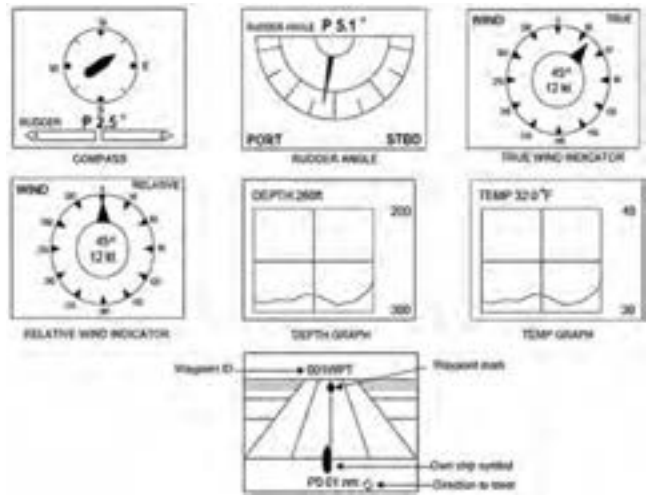
۴ با استفاده از روش مشاهده‌ای و مشاهده فیلم این واحد را یاد بگیرد.

فعالیت کارگاهی

دربازدیدهایی که ازشناورها خواهید داشت،بانحوه کاربری سیستم اتوماتیک هدایت در کشتی‌ها آشنا شده وموارد خواسته شده زیر را پاسخ دهد:

۱	**نحوه روشن و خاموش کردن سیستم:** جهت روشن کردن سیستم کلید (POWER/BRILL) را فشار می‌دهیم و باشنیدن صدای beep سیستم روشن می‌شود که در حالت Startup، نمایشگر، اطلاعاتی که در شکل زیر آورده شده است را نشان می‌دهد: **حالت Startup سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰** جهت خاموش کردن سیستم نیز می‌توان با فشردن و نگه داشتن آن به مدت ۵ ثانیه سیستم را خاموش کرد.
۲	**تنظیم روشنایی و Contrast** با فشار کلید (POWER/BRILL) بر روی نمایشگر شکل زیر نمایش داده می‌شود.  **نمایش تنظیمات contrast یا Brilliance سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰** سپس با استفاده ازکلید course control گزینه‌های contrast یا Brilliance را انتخاب می‌کنیم و با کلیدهای [PORT] یا [STBD] تنظیمات مورد نظر را اعمال می‌کنیم.

۳	**انتخاب مد نمایشگر** همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است چهار نوع مد نمایش وجود دارد که جهت انتخاب آنها می‌توان با استفاده از کلیدهای (AUTO, NAV or STBY) حالت‌های مختلف را انتخاب نمود.  مدهای نمایش سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰
۴	**انتخاب اطلاعات نشان داده شده بر روی صفحه نمایش و اطلاعات گرافیکی** در حالت STBY می‌توان اطلاعاتی را که می‌خواهید نمایش دهید انتخاب نمایید و این نمایش می‌تواند به‌صورت گرافیکی و یا دیجیتال نمایش داده شود. (شکل‌های زیر به‌صورت نمونه آورده شده‌است) 

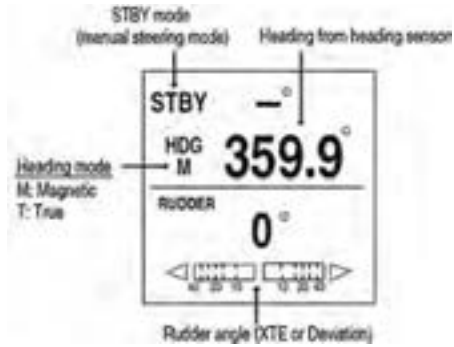


نمایش گرافیکی و یا دیجیتال در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

۵

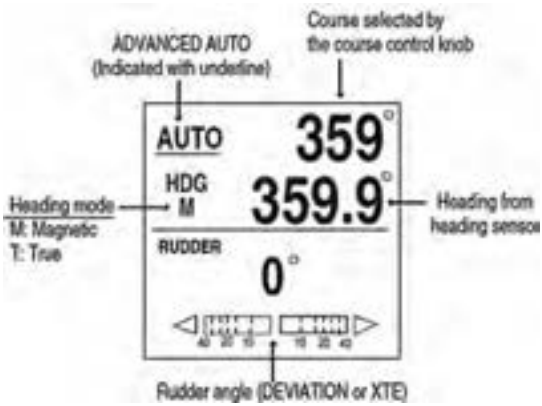
مدهای فرمان

مدهای فرمان در این سیستم شامل:
STBY(manual), AUTO, NAV, TURN, REMOTE و DODGE می‌باشد که برای انتخاب STBY mode می‌توان با فشار کلید STBY این حالت را انتخاب نمود.در شکل زیر نمایشی از مد STBY mode آورده شده است.



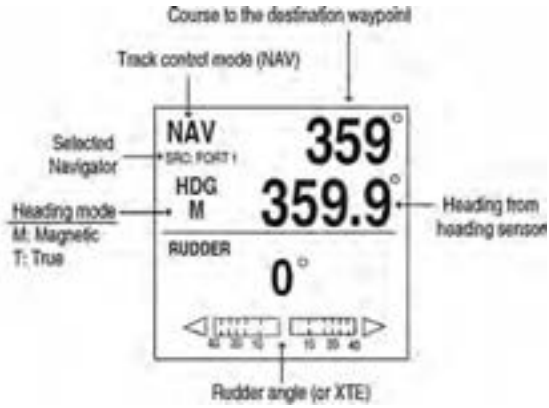
نمایشی از مد STBY mode در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

برای انتخاب AUTO mode می‌توان با فشار کلید AUTO این حالت را انتخاب نمود (شکل زیر) که با انتخاب این مد شناور به سمتی که توسط اپراتور تنظیم شده است به‌صورت خودکار حرکت می‌کند.



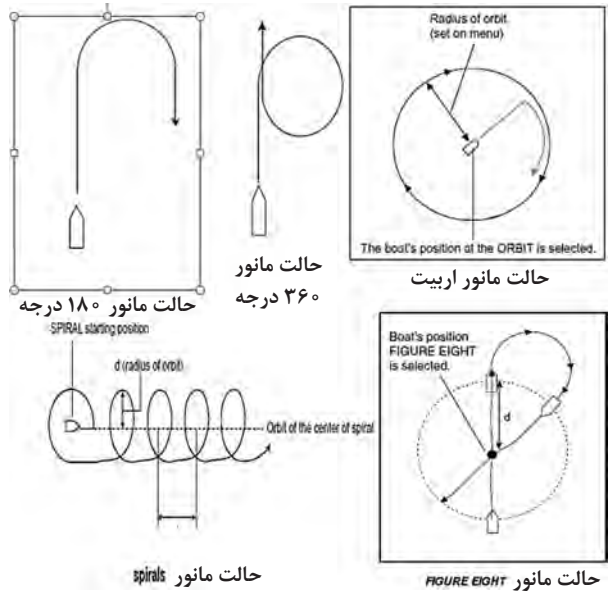
نمایشی از مد AUTO mode در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

برای انتخاب NAV mode می‌توان با فشار کلید NAV این حالت را انتخاب نمود (شکل زیر) که با انتخاب این مد شناور، اطلاعات از GPS/ Plotter دریافت و به‌صورت خودکار به سمت مورد نظر حرکت می‌کند.



نمایشی از مد NAV mode در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

برای انتخاب TURN Mode می‌توان با فشار کلید TURN این حالت را انتخاب نمود که در این مد پنج حالت ۱۸۰ درجه و ۳۶۰ درجه که فقط در حالت AUTO mode فعال است و حالت‌های ORBIT, SPIRAL و FIGURE EIGHT در مجموع پنج حالت را ایجاد می‌نمایند. در شکل‌های زیر این پنج حالت نمایش داده شده است:



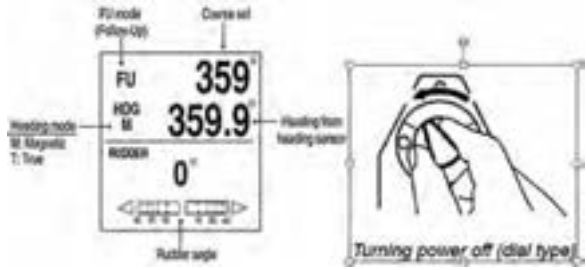
حالت مانور ۱۸۰ درجه — حالت مانور ۳۶۰ درجه — حالت مانور اربیت

حالت مانور spirals — حالت مانور FIGURE EIGHT

نمایشی از مد TURN Mode در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

مد کنترل از راه دور

جهت استفاده از این مد باید ریموت کنترل به سیستم متصل و سپس با استفاده از کلید Turning power off ریموت کنترل را فعال کرده تا بر روی صفحه نمایش کلمه FU مانند شکل زیر فعال شود.



نمایشی از مد ریموت کنترل در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

حالا با کلید Rotating dial زاویه سکان را تنظیم می‌نماییم (شکل زیر را مشاهده نمایید)

روش تنظیم زاویه سکان در سیستم اتوپایلوت AP۵۰۰

جهت خارج شدن از این مد نیز می‌توان کلید Turning power off را بر روی OFF تنظیم نمود.

کاربری نقشه‌های الکترونیکی

اهداف جزئی

ـ شایستگی‌های فنی:

۱ با انواع متفاوت موقعیت روی نقشه‌های دریایی آشنا شود.

۲ با عوامل مختلف و تأثیرگذار در ناوبری تخمینی روی نقشه آشنا شده و تعاریف کاربردی آنها را بداند.

۳ با برخی از وسایل تعیین سمت و راه کشتی در ناوبری تخمینی آشنا شود. و نحوه کار با آنها را در کارگاه بیاموزد.

ـ شایستگی‌های غیرفنی:

۱ فعالیت‌ها را با کار گروهی و مباحثه حل کند.

۲ حل مسئله را به‌صورت تحقیق و با استفاده از فناوری انجام دهد.

۳ با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

۴ با استفاده از روش مشاهده‌ای ومشاهده فیلم این واحد را یاد بگیرد.

تحقیق کنید

قوانین و الزامات سازمان بین‌المللی دریانوردی دربارهٔ استفادهٔ شناورها از نقشه‌های الکترونیکی را تهیه‌کرده و در کلاس ارائه دهید.

پاسخ فعالیت:

برخی از قوانین و الزامات سازمان بین‌المللی دریانوردی مربوط به به‌کارگیری نقشه‌های الکترونیکی آورده شده است. ازهنرجویان بخواهید متن را ترجمه کرده و در کلاس ارائه دهند.

IMO – S o l a s Chapter V Regulation ۱۹,۲

۲,۱ All ships irrespective of size shall have:

۲,۱,۴ Nautical charts and nautical publications to plan and display the ship's route for the intended voyage and to plot and monitor positions throughout the voyage; an Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) may be accepted as meeting the chart carriage requirements of this subparagraph

۲,۱,۵ Back_up arrangements to meet the functional requirements of subparagraph ۲,۱,۴, if this function is partly or fully fulfilled by electronic means.

Resolution A.۸۱۷ (۱۹)

Adequate back up arrangements should be provided to ensure safe navigation in case of an ECDIS failure;

۱ Facilities enabling a safe takeover of the ECDIS functions should be provided in order to ensure that an ECDIS failure does not result in critical situation.

وضعیت بحرانی

۲ Back up arrangement should be provided facilitating means for safe navigation of the remaining part of the voyage in case of an ECDIS failure.

IMO makes it clear that the backup system should take over the route plan originally performed on the ECDIS for example;

۱ Route planning

۲ Presentation of chart information

۳ Route monitoring

۴ Updating

۵ Etc.

Is carried out on the main ECDIS and it is correct that a data link provides that this information should be passed continuously to the backup device such that in the case of a failure of the main ECDIS system the backup system is reasonably up to date with the route etc.

دانش‌افزایی

پیشنهاد می‌گردد در هنگام تدریس این قسمت توضیحات تکمیلی زیرتوسط هنرآموز بیان شود.

دو نوع نقشه الکترونیکی رسمی‌وجود دارد که معمولاً در دسترس است:

۱ـ Electronic Navigational Charts (ENC) VECTOR

۲ـ Raster Navigational Charts (RNC) RASTER

RASTER DATA

اطلاعاتRASTER به‌وسیله اسکن نقشه‌های کاغذی به‌دست می‌آید. این فرایند تصویری دقیق از نقشه کاغذی با کیفیت بالای پیکسلی تولید می‌کند. در این تکنیک علائم به‌صورت یک‌پارچه می‌باشد و به‌صورت مجزا شناخته نمی‌شوند از قبیل عمق‌ها.

مزایای نقشه‌های RASTER

- آشنایی کاربرانی که قبلاً از نقشه‌های کاغذی استفاده کرده‌اند با RASTER CHART
- نقشه‌های RASTER دقیقاً کپی نقشه‌های کاغذی هستند با همان اطمینان و یک‌پارچگی
- کاربر نمی‌تواند به‌طور اتفاقی اطلاعات دریانوردی را از صفحه نمایش حذف کند.
- هزینه تولید RASTER CHART کمتر از VECTOR CHART می‌باشد.
- به‌صورت گسترده و رسمی RASTER CHARTها در دسترس هستند.
- با ادغام VECTOR بر روی RASTER با یک نرم‌افزار مناسب، نقشه‌های RASTER می‌توانند به‌صورت نرمال در تمامی‌فعالیت‌های دریانوردی همانند نقشه‌های کاغذی استفاده شوند و همچنین می‌توانند جهت شبیه‌سازی عملکردهای ECDIS به‌کار روند.

معایب نقشه‌های RASTER

- کاربر نمی‌تواند صفحه نمایش را مطابق با خواسته‌هایش سفارشی کند.
- هنگامی‌که اطلاعات VECTOR ادغام می‌شود ممکن است صفحه نمایش

شلوغ به‌نظر برسد.
- نقشه‌های RASTER نمی‌توانند به‌طور مستقیم آلارم یا علایم را جهت هشدار به کاربر نمایش دهند.
- در مقایسه با نقشه‌های VECTOR اگر محتوای اطلاعات یکسان باشد برای ذخیره نیاز به حافظه بیشتری است.

VECTOR DATA

به‌جز نقشه‌های الکترونیکی دریانوردی (ENC) که با استفاده از داده‌های خام گردآوری می‌شوند، ممکن است اطلاعات VECTOR با استفاده از اسکن نقشه‌های کاغذی به‌دست آید. با این حال، تصویر RASTER پس از اینکه توسط کدگذاری هوشمند (VECTORIZED) شد همراه با موقعیت جغرافیایی علائم در پایگاه داده ذخیره می‌شود. نقشه‌های VECTOR به نقشه‌های الکترونیکی هوشمند معروف هستند. فرایند تولید نقشه‌های VECTOR نسبت به RASTER زمانبر و پر هزینه می‌باشد و تصدیق اطلاعات نقشه کار پیچیده‌ای است.

مزایای نقشه‌های VECTOR
- اطلاعات نقشه به‌صورت لایه‌هایی ارائه می‌شود و به کاربر این امکان را می‌دهد که بر روی صفحه نمایش انتخاب کند.
- صفحه نمایش برای کاربر آسان‌تر سفارشی می‌شود.
- یک‌پارچگی داده‌های نقشه.
- امکان زوم کردن بدون بهم ریختگی صفحه نمایش
- زمانی که یک وضعیت خطرناک به‌وجود می‌آید نشانه‌ها و آلارم‌ها کاربر را باخبر می‌کنند. این خطرات از قبیل عبور از محدوده‌های ایمنی (safety contour)
- علائم با نشانه‌های متفاوتی نسبت به نقشه‌های کاغذی و RASTER نشان داده می‌شود.
- اطلاعات نقشه ممکن است با تجهیزات دیگر از قبیل RADAR و ARPA به اشتراک گذاشته شود.
- به‌جز محتوای داده‌ها که با RASTER یکسان است حافظه کمتری جهت ذخیره‌سازی نیاز است.

معایب نقشه‌های VECTOR
- از لحاظ فنی دارای پیچیدگی بیشتری نسبت به نقشه‌های RASTER است.
- هزینه و زمان بیشتری جهت تولید صرف می‌شود.
- اطمینان از کیفیت و یک‌پارچگی صفحه نمایش اطلاعات VECTOR خیلی سخت است.

■ آموزش جهت استفاده از نقشه‌های VECTOR زمان‌بر و هزینه بر است

به‌روزرسانی Updating

به‌طور معمول هر هفته اصلاحات نقشه‌های دریایی هم‌زمان با نقشه‌های کاغذی به‌روزرسانی می‌شود که این مهم می‌تواند از طریق ایمیل یا روی CD و یا USB فلش درایو منتقل گردد.

نکته قابل تأمل این است که دستگاه مورد استفاده برای انتقال به‌روزرسانی ECDIS باید یک واحد مشخص برای این منظور باشد که عاری از هرگونه ویروس برای صدمه زدن به نرم‌افزار باشد.

ارزشیابی شایستگی کاربری سامانه‌های رادار و نقشه‌های الکترونیکی

شرح کار:
ـ بررسی و تحلیل نحوهٔ کارکرد دستگاه رادار و شناخت قسمت‌های آن
ـ توانایی کار با دستگاه رادار و شناخت عملکرد هرکدام از کلیدهای کاربردی دستگاه
ـ بررسی و تحلیل نحوهٔ کارکرد سامانهٔ ARPA در کشتی‌ها
ـ بررسی و تحلیل نحوهٔ کارکرد سامانهٔ هدایت خودکار و شناخت قسمت‌ها، مزایا و ویژگی‌های این سامانه
ـ تحلیل نقش و ضرورت به‌کارگیری نقشه‌های دریانوردی الکترونیکی
ـ بررسی و تحلیل نحوهٔ کارکرد سامانهٔ ECDIS و شناخت قسمت‌ها، مزایا و ویژگی‌های این سامانه

استاندارد عملکرد:
ـ شناخت انواع سامانه‌های رادار، هدایت خودکار کشتی و نقشه‌های الکترونیکی
شاخص‌ها: توانایی کار با انواع سامانه‌های رادار، هدایت خودکار کشتی و نقشه‌های الکترونیکی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه ناوبری مجهز به دستگاه رادار، به همراه بازدید نوبه‌ای و مرتب از واحدهای شناور
ابزار و تجهیزات: انواع سامانه‌های رادار، هدایت خودکار کشتی و نقشه‌های الکترونیکی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	کاربری رادار	۲	
۲	سامانهٔ هدایت خودکار کشتی	۱	
۳	کاربری نقشه‌های الکترونیکی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی نگرش شامل: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ـ اخلاق حرفه‌ای ۴ـ استفادهٔ صحیح و مناسب از ابزار و تجهیزات ناوبری		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ می‌باشد.