فصل سوم

کاربردهای رادار

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل :
۱ــ انواع مختلف سیستمهای رادار را نام ببرد و تشریح کند.
۲ــ کاربردهای مختلف سیستم رادار را بیان کند.

مطالعه آزاد

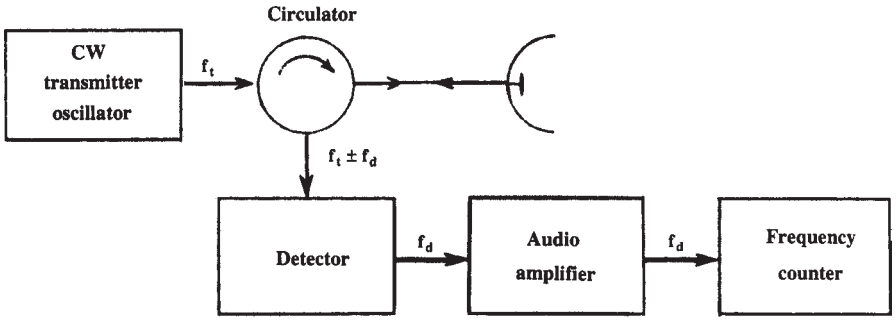
۱ــ۳ــ انواع مختلف سیستمهای رادار

تا این جا آنچه که در رابطه با سیستمهای رادار مطرح شد، تأکید خاص بر سیستم رادار پالسی داشت. هر چند که به طور کل اساس کار کلیه سیستمهای رادار همان است که در فصلهای قبل از آن سخن گفته شد، اما برای آگاهی و آشنایی لازم است اشاره‌ای هرچند مختصر به این سیستمها بشود. به طور کلی انواع مختلف سیستمهای رادار به شرح موارد زیر هستند :

۱ــ سیستم رادار پالسی ؛
۲ــ سیستم رادار داپلری موج پیوسته
(CONTINUOUS - WAVE DOPPLER RADAR) ؛
۳ــ سیستم رادار موج پیوسته با مدولاسیون فرکانس
(FREQUENCY - MODULATED C.W. RADAR) ؛
۴ــ سیستم رادار موج پیوسته با مدولاسیون پالسی
(PULSE - MODULATED C.W. RADAR) ؛
۵ــ سیستم رادارهای آرایه فازی
(PHASED ARRAY RADAR SYSTEM).

۱ــ۱ــ۳ــ سیستم رادار پالسی ــ همان طور که قبلاً ذکر شده است، رادارهای پالسی مبادرت به ارسال پالسی از امواج الکترومغناطیسی می‌کنند که این امواج از طریق آنتن در فضا منتشر و در مسیر انتشارخود، پس ازبرخورد با هرگونه مانعی یا هدفی منعکس می‌شوند و بازتاب آن به‌وسیلهٔ گیرنده دریافت و بر روی صفحه نشان دهنده رادار ایجاد اکو می‌کند. چون در این مورد قبلاً به تفصیل صحبت شده و در فصل چهارم کتاب نیز به طور مشروح اجزای مختلف یک سیستم رادار پالسی که کاربرد وسیعی در شناورها دارد مورد بررسی قرار خواهد گرفت، در این قسمت به ذکر این نکته اکتفا می‌کنیم که رادارهای پالسی بیشترین کاربرد را در روی شناورها چه نظامی و چه غیرنظامی دارند و خود به چند دسته تقسیم بندی می‌شوند. رادارهای ناوبری، جستجوگر ورادارهای ردگیری ازجمله این دسته‌بندیها هستند ؛ ضمن این که رادارهای بیکن (RADAR BEACON) نیز از نوع رادارهای پالسی به شمار می‌روند.

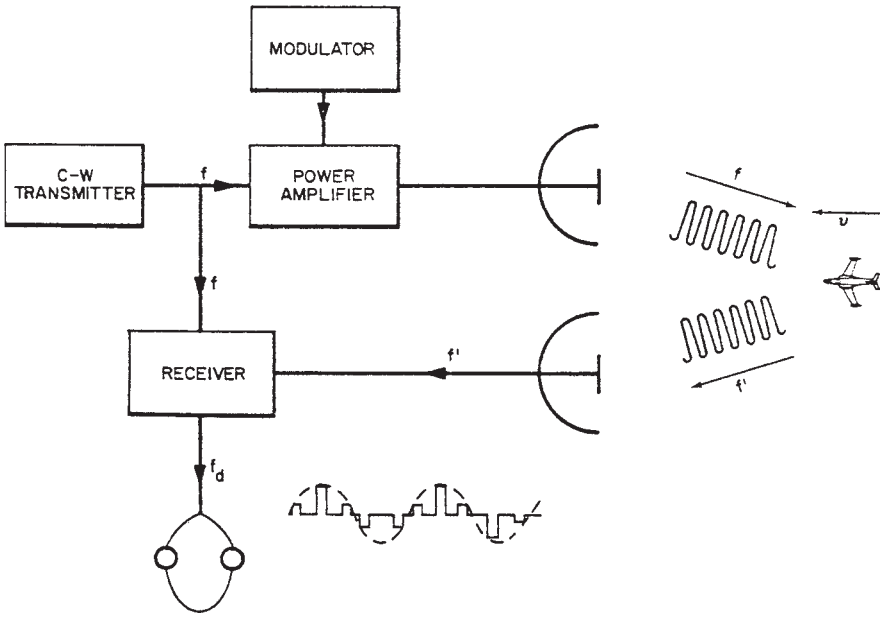
۲ــ۱ــ۳ــ سیستم رادار داپلری موج پیوسته - (CONTINUOUS WAVE-DOPPLER RADAR) ــ یک رادار داپلر ساده مانند آنچه در شکل (۱ــ۳) نشان داده شده است، به جای ارسال پالس، امواج سینوسی پیوسته (CONTINUOUS - WAVE)را از طریق آنتن به‌خارج می‌فرستد. دراین سیستم راداری از اثر داپلر (DOPPLER EFFECT) برای آشکارسازی تعیین و تغییر فرکانسی که به وسیله یک هدف متحرک در برخورد با این امواج ایجاد می شود، استفاده شده و ازآن سرعت نسبی هدف مشخص می‌شود.



شکل ۱ ــ۳ــ یک رادار C.W. داپلر ساده

وقتی امواج راداری پیوسته (C.W.) از یک منبع ثابت انتشار می‌یابند، با یک فرکانس مشخص و ثابتی مسیر خود را طی می‌کنند. این امواج پس از برخورد با یک هدف متحرک دورشونده یا نزدیک شونده و براساس اصل انعکاس امواج، منعکس شده به سمت منبع اولیه بازتاب می‌شوند. فرکانس امواج منعکس شده با توجه به سرعت هدف تغییر خواهد کرد که این تغییر در فرکانس را اثر داپلر (DOPPLER EFFECT) می‌نامند. چنانچه هدف متحرک دورشونده باشد، فرکانس موج منعکس شده کاهش می‌یابد و برعکس، درصورتی که هدف نزدیک شونده بوده به طرف منبع اولیه (محل فرستنده رادار) در حرکت باشد، فرکانس موج منعکس شده افزایش خواهد یافت. اختلاف فرکانس موج ارسالی و موج منعکس شده نشانگر وجود یک هدف متحرک و میزان این اختلاف نیز تعیین کننده سرعت هدف متحرک خواهد بود.

بر خلاف آنچه که در شکل (۱ــ ۳) نشان داده شد، در رادارهای داپلری معمولاً به جای یک آنتن از دو آنتن مجزا، یکی به عنوان فرستنده و دیگری به عنوان گیرنده استفاده می‌شود. درشکل (۲ــ۳) تصویری از یک سیستم رادار داپلری که در آن از دو آنتن مجزا استفاده شده است، نشان داده می‌شود.



شکل ۲ــ۳ــ یک رادار C.W. داپلر با دو آنتن مجزا

رادار داپلر قادر است که اندازه‌گیری دقیق سرعتهای نسبی هدفهای متحرک را با استفاده از توان ارسالی کم، مدارهای ساده، توان مصرفی کم و دستگاههایی با ابعاد خیلی کوچکتر از دستگاههای مشابه‌شان در رادارهای پالسی به‌دست آورد. عملکرد این نوع سیستم رادار بدون تأثیر از حضور هدفهای ساکن وثابت بوده و علاوه بر این، چون گیرنده همواره روشن است (به واسطه داشتن آنتن مجزا) برخلاف سیستم پالسی می‌تواند تا مسافتهای خیلی نزدیک را نیز تحت پوشش خود داشته باشد.

از محدودیتهای این نوع سیستم رادار این است که رادار داپلر قادر به تعیین فاصله هدف نیست. رادار داپلر تنها می‌تواند سرعت هدف را نشان دهد. علت این امر این است که سیگنال ارسالی بدون مدولاسیون بوده گیرنده قادر نخواهد بود حس کند که کدام سیکل بخصوصی از نوسانات (امواج ارسالی)درهر لحظه دریافت شده است ؛ و به همین جهت نخواهد توانست زمان رفت و برگشت سیکل بخصوص دریافت شده را تعیین کند و درنتیجه فاصله هدف تشخیص داده نمی‌شود. با وجود محدودیت ذکر شده، سیستم رادار داپلری کاربردهای زیادی دارد که نمونه‌هایی از آن اندازه‌گیری سرعت در ناوبری هواپیمایی یا اندازه‌گیری سرعت درراردارهای پلیس است.

۳ــ۱ــ۳ــ سیستم رادار موج پیوسته با مدولاسیون فرکانس ــ سیستم رادار داپلری که در قسمت قبل تشریح شد، قادر است هدفهای متحرک را تشخیص داده سرعت آنها را اندازه‌گیری کند، اما نمی‌تواند فاصله هدف را اندازه‌گیری کند. می‌توان به‌وسیله مدولاسیون فرکانس حامل بر این نقص رادار داپلری، یعنی ناتوانی در اندازه‌گیری فاصله غلبه کرد. با انجام این کار اشکال اصلی رادار داپلری .C.W یعنی ناتوانی تشخیص یک سیکل از سیکل دیگر از بین خواهد رفت.

یکی از کاربردهای مهم‌واصلی رادار.C.Wبامدولاسیون‌فرکانس (FREQUENCY MODULATED C.W. RADAR) در ارتفاع‌یاب هواپیما (ALTIMETER)است. در این سیستم اختلاف فرکانسی متناسب با ارتفاع هواپیما بین سیگنالهای فرستنده و گیرنده به‌وجود خواهد آمد. سیگنالی که پس از برخورد با مانع (زمین درمورد ارتفاع‌یاب هواپیما) دریافت می‌شود، قبلاً با فرکانس لحظه‌ای متفاوتی ارسال شده بود (در اثر مدولاسیون فرکانس) و لذا اگر نسبت تغییرات فرکانس با زمان مربوط به روند FM معلوم باشد، به سهولت می‌توان اختلاف زمان بین سیگنالهای ارسالی و دریافت شده را محاسبه کرد که در نتیجه این کار، ارتفاع هواپیما به دست

می‌آید.

ارتفاع‌یاب کاربرد اصلی رادار موج پیوسته با مدولاسیون فرکانس (FMCW)[1] است. زیرا رادار .C.W هیچ محدودیتی در حداقل برد ندارد و این برعکس رادارهای پالسی است که در حداقل برد، دارای محدودیت بودند. علاوه بر این همان طوری که قبلاً نیز گفته شد، رادار داپلری .C.W، توان کم و سادگی و کوچک بودن تجهیزات را دربرخواهد داشت که در نتیجه برای استفاده درهواپیما که محدودیت وزن همواره مطرح است، مناسب خواهد بود.

۴ــ۱ــ۳ــ سیستم رادار موج پیوسته با مدولاسیون پالسی ــ رادارهای داپلری موج پیوسته قادر به اندازه‌گیری فاصله نیستند، از طرف دیگر، رادارهای پالسی توانایی اندازه‌گیری فاصله را دارند، اما قدرت تشخیص هدفهای متحرک و ثابت را از یکدیگر ندارند. سیستمی متشکل از این دو نوع سیستم رادار قادر خواهد بود فاصله و همچنین سرعت هدفهای متحرک را محاسبه و تعیین کند. یکی از کاربردهای این نوع رادار در سیستم نشان‌دهنده هدفهای متحرک MTI (MOVING TARGET INDICATOR) است. با توجه به این که نحوهٔ کار مشابه رادارهای FMCW است، دراین مورد به همین شرح مختصر بسنده می‌کنیم.

۵ــ۱ــ۳ــ سیستم رادارهای آرایه فازی ــ در سیستمهای راداری برای این که امواج راداری در کلیه جهات انتشار یابند لازم است آنتن رادارها همواره در حال چرخش باشند. چرخش آنتنها برای کاربردهای عمومی سیستم رادار مشکلی دربر ندارد، اما در کاربردهای خاص محدودیت حداکثر سرعت چرخش آنتن که ناشی از مکانیزم خود آنتن است، وجود خواهد داشت.

سیستمهای رادارهای آرایه فازی (PHASED ARRAY RADAR) از نوعی آنتن استفاده می‌کنند که خود آنتن مجموعه‌ای ثابت است و پرتو امواج رادار به وسیله مکانیزمهای بسیار پیچیده الکترونیکی در جهات مختلف منتشر می‌شوند. به عبارت دیگر، به جای این که آنتن بچرخد، خود پرتوموج می‌چرخد. دراین سیستم آنتن، آرایه‌ای شامل تعداد زیادی آنتن تکی است که با اعمال تغییر فازهای مختلف به تغذیه‌کنهای آنتنهای تکی و تغییر الکترونیکی تغییر دهنده‌های فاز، پرتو به چرخش درخواهد آمد.

به‌طور کلی یک آرایه آنتن عبارت است از سیستم تشعشعی که شامل چندین

۱ــ FMCW مخفّف FREQUENCY MODULATED CONTINUOUS WAVE است.

تشعشع کننده یا عنصر تکی است. اینها آنقدر نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند که هر یک در میدان القایی بقیه واقع می‌شوند ؛ بنابراین، این عناصر برروی هم اثر گذاشته یک پرتوکلی را ایجاد می‌کنند که به‌صورت جمع برداری تک‌تک پرتوها حاصل می‌شوند. جمع یا حذف پرتوها در جهت بخصوصی نه تنها به سبب مشخصه‌های هر عنصر، بلکه به وسیلهٔ فواصل میان آنها برحسب طول موج و اختلاف فاز میان نقاط مختلف تغذیه حاصل خواهد شد ؛ از این رو با انتخاب مناسبی می‌توان حذف یا جمع پرتو تشعشعی را در جهات مورد نظر به دست آورد. همچنین ممکن است که آرایه‌ای را برای به‌دست آوردن پرتو تشعشعی تمام جهتی در صفحهٔ افقی طرح کرد (مانند آرایه‌های چهار بازویی که برای فرستنده تلویزیونی استفاده می‌شود).

۶ــ۱ــ۳ــ مقایسه رادارهای پالسی و رادارهای موج پیوسته یا CW ــ

تا این جا روشن است که رادارهای پالسی با اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت یک پالس به هدف، فاصله آن را اندازه‌گیری می‌کنند. در رادارهای موج پیوسته (C.W.) از آنجا که پالسی وجود ندارد تا به وسیلهٔ آن بتوان زمان را اندازه گرفت، توانایی اندازه‌گیری فاصله وجود ندارد. روشهای مختلفی وجود دارد که بتوان با اعمال آنها با سیستم رادارهای موج پیوسته نیز فاصله را اندازه‌گیری کرد ؛ هر چند که دقت عمل هیچ یک با آنچه که در سیستم رادارهای پالسی وجود دارد برابری نخواهد کرد. به این ترتیب در مواردی که نیاز است موقعیت و نقطه جغرافیایی یک هدف به طور دقیق تعیین شود، سیستم رادارهای پالسی کاربرد و عملکرد بهتری خواهند داشت.

رادارهای پالسی هر چند که می‌توانند فاصله هدف را اندازه‌گیری وتعیین کنند، اما قادر نیستند اکوی بازتاب شده از هدفهای ثابت و ساکن را فیلتر کنند.

یکی از عواملی که در حداکثر برد رادار در هرسیستمی مطرح وموثر است میزان توانی است که فرستنده باید ارسال کند. رادارهای پالسی این مقدار توان را باید در یک زمان کوتاه ارسال کنند، درصورتی که در رادارهای CW همین مقدار توان در طول کل زمان یک سیکل ارسال می‌شود و نیازمندی رادارهای CW به نیروی برق بسیار کمتر خواهد بود. برای مثال، برای ارسال سیگنالی با توان ۱۰۲۰ کیلووات در فضا برای رادارهای پالسی حدود ۴۶ کیلووات نیروی برق لازم است ؛ درصورتی که این نیازمندی برای رادارهای CW که بتواند همان مقدار توان را در طول یک سیکل انتشار دهد حدود ۲/۱ کیلووات خواهد بود. تجهیزات و دستگاههای مورد استفاده در رادارهای

CW همواره از سادگی، کوچکی ابعاد فیزیکی و سبکی وزن برخوردار خواهند بود که این خود یکی از مزیتهای این نوع سیستم راداری است و آن را مناسب استفاده دروسایل پروازی می‌کند.

۲ــ۳ــ کاربردهای مختلف سیستم رادار

رادار به عنوان وسیله‌ای برای کشف هدف بیش از ۶۰ سال است که پدید آمده است. هرچند که تکنولوژی ساخت آن نسبت به آنچه که در دهۀ ۱۹۳۰ وجود داشت، پیشرفتهای چشمگیری داشته است، اما علت وجودی و نیاز به رادار کماکان همان نیازی است که ۶۰ سال قبل نیز وجود داشت؛ یعنی اندازه‌گیری سمت و فاصله هدف.

بدون در نظر گرفتن این‌که رادار سطحی، هوایی یا زمینی است، این خواسته بالا تغییر نمی‌کند، زیرا هدف هر چه که باشد همگی در مقابل امواج منتشر شده رادار از خود بازتاب نشان خواهد داد. آنچه که به طور وسیع و گسترده تغییر کرده است طراحی سیستم، نحوه و سرعت پروسه کردن بازتابهای امواج، نحوۀ به تصویر کشاندن اطلاعات به دست آمده و همچنین میزان اطلاعاتی است که می‌توان از بازتاب امواج استخراج و بهره‌برداری کرد. کلید اصلی در سیستمهای مدرن امروزی، کامپیوترهای دیجیتال و سیستم پروسه کردن اطلاعات هستند که قادرند اطلاعات زیادی را از سیگنال خام بازتاب شده رادار استخراج کنند و در فرمهای مختلف به تصویر کشانیده یا به نمایش گذارند و علاوه بر اینها شناسایی و ردیابی هدف را نیز انجام دهند.

سیستمهای راداری را ابتدا می‌توان به سه گروه عمده دریایی، هوایی و زمینی تقسیم کرد. در هریک از دسته‌بندیهای ذکر شده نیز می‌توان رادارها را با توجه به نوع کاربرد آن به انواع مختلف تقسیم کرد. در بخش دریایی این تقسیم‌بندی به شرح زیر خواهد بود:

۱ــ رادارهای ناوبری (NAVIGATION RADARS)؛

۲ــ رادارهای مراقبت (SURVEIL LANCE RADARS)؛

۳ــ رادارهای جستجوگر (SEARCH RAD ARS)؛

۴ــ رادارهای کنترل آتش (FIRE CONTROL RADARS) یا ردگیری؛

۵ــ رادارهای ساحلی (BASED COASTAL SURVEILLANCE RDDARS-LAND).

علاوه بر موارد فوق، امروزه در امور غیر نظامی نیز به طور وسیع و گسترده از رادار استفاده

می‌شود که متداولترین آنها عبارتند از :

۱ــ رادار سرعت‌سنج برای کنترل عبور و مرور ماشین در اتوبانها و شاهراههای عظیم و چند باندی ؛

۲ــ سیستم رادار هواشناسی برای تعیین وضعیت جوّی ؛

۳ــ سیستم رادار به منظور راهنمایی و عبور و مرور هوایی و کشتیهای تجارتی ؛

۴ــ سیستم رادار برای کنترل هواپیماها (کنترل ترافیک هوایی) ؛

۱ــ۲ــ۳ــ رادارهای ناوبری (NAVIGATION RADARS) ــ این نوع رادار تقریباً بر روی کلیه شناورهای موجود بوده کاربرد آن برای نقطه‌یابی و همچنین تعیین موقعیت موانع و هدفها با اندازه‌گیری سمت و فاصله آنها است.

تصویری از یک رادار ناوبری که در داخل پل فرماندهی یک کشتی نصب بوده و به وسیله نفر مسؤول برای امور ناوبری مورد استفاده قرار گرفته، در شکل (۳ــ ۳) نشان داده شده است. رادارهای ناوبری هرچند که صرفاً برای ناوبری کشتی به کار گرفته می‌شوند، اما می‌توانند در خصوص کشتیهای نظامی تکمیل کننده سیستم دفاعی کشتی بوده درصورت لزوم و بنا بر مورد، اطلاعاتی را به این سیستم ارائه دهند.

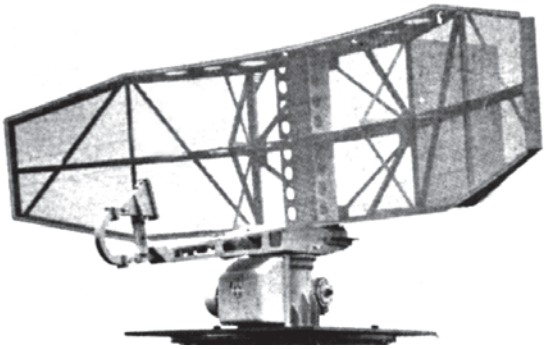
شکل ۳ ــ۳ــ تصویری از یک رادار ناوبری

۲ــ۲ــ۳ــ رادارهای جستجوگر (SEARCH RADARS) ــ هر چند رادارهای ناوبری نیز از جمله رادارهای جستجوگر هستند، اما آنها را جداگانه مورد اشاره قرار دادیم، به لحاظ این که لفظ رادارهای جستجوگر بیشتر برای مصارف نظامی این گونه رادارها به کار می‌روند. رادارهای

جستجوگر بر روی انواع شناورها برای دفاع سطحی، هوایی و همچنین ناوبری مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده به منظورهای ناوبری در کشتیهای تجارتی از کاربردهای وسیع این گونه رادارها است.

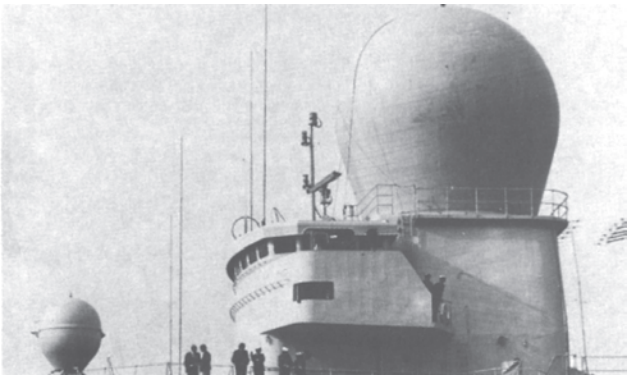
یک رادار جستجوگر باید هدفی را بدون این که موجودیت آن را بداند، در یک حجم وسیعی از فضا کشف و مشخص کند و اطلاعات موقعیت هدف را که همانا سمت و فاصله است، تعیین و ارائه دهد. پس کاربرد اصلی این نوع رادار کشف هدف است. بدیهی است در مصارف نظامی اطلاعات به‌دست آمده در خصوص موقعیت هدف به رادارهای ردیابی منتقل می‌شود تا هدف مورد نظر را دنبال کنند و بنابر مورد، اقدامات لازم را انجام دهند.

در شکل (۴ــ ۳) آنتن یک نوع رادار جستجوگر و ناوبری سطحی نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۳ــ یک نوع رادار جستجوگر و ناوبری سطحی

در شکل (۵ــ۳) تصویری از یک نوع رادار جستجوگر و ردیاب هوایی که به صورت یک

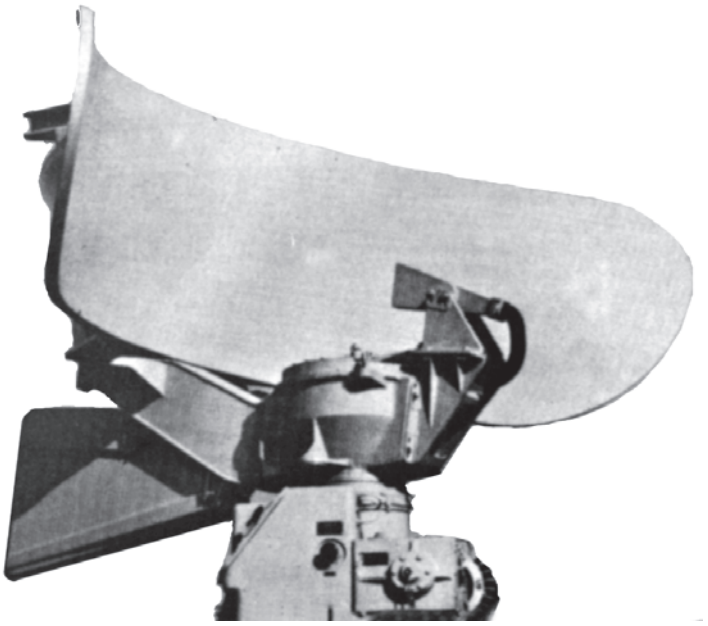


شکل ۵ ــ۳ــ یک نوع رادار جستجوگر و ردیاب هوایی

مجموعه در داخل یک محفظه گنبدی شکل (RADAR DOME) قرار گرفته‌اند، نشان داده شده است.

۳ــ۲ــ۳ــ رادارهای مراقبت (SURVEILL ANCE RADARS) ــ همان طوری که از نام این نوع رادارها مشخص است، رادارهای مراقبت برای کشف و شناسایی هواپیماها یا موشکهای پرتاب شده دشمن در فواصل بسیار دور به کار می‌رود. رادارهای مراقبت از مهمترین و ضروری‌ترین سیستمهای یک نیروی دریایی به شمار می‌آید. یک نمونه تاریخی که نتیجه عدم عملکرد صحیح این نوع رادار را نشان می‌دهد، در طول جنگ فالکلند[1] اتفاق افتاد که منجر به غرق شدن ناوشکن انگلیسی شفیلد شد. امروزه با وجود سیستمهای موشکی مدرن علیه شناورهای دریایی، وجود سیستم راداری مراقبت بر روی کشتیها و هواپیماها از ضروریات است، زیرا لازم است که دشمن را در فواصل بسیار دور کشف کرد تا زمان کافی برای انجام مقابله مؤثر امکان‌پذیر باشد.

تصاویری از رادارهای مراقبت سطحی و هوایی با برد متوسط و زیاد درشکلهای (۶ــ۳ و ۷ــ۳) نشان داده شده است.

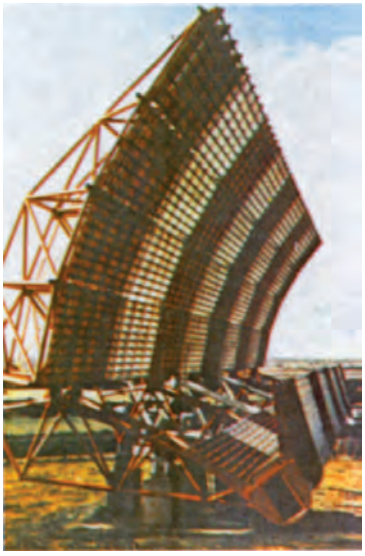


شکل ۶ــ۳ــ یک نوع رادار مراقبت سطحی و هوایی

۱ــ جنگ فالکلند، یک جنگ دریایی بود که بین انگلستان و آرژانتین در دهه اخیر اتفاق افتاد.

شکل ۷ــ۳ــ یک نوع رادار مراقبت هوایی برد زیاد

از جمله این نوع رادارها می‌توان به رادارهای کنترل ترافیک هوایی اشاره کرد که کاربرد بسیار وسیع در فرودگاهها، اعم از نظامی و غیر نظامی دارند. رادارهای کنترل ترافیک هوایی را رادارهای مراقبت پرواز نیز می‌گویند. در شکل (۸ــ۳) نمایی از آنتن یک رادار کنترل ترافیک هوایی نشان داده شده است. همچنین در شکل (۹ــ۳) نمایی از نشان‌دهنده‌های رادارهای مراقبت پرواز در برج کنترل ترافیک فرودگاه نشان داده شده است. بر روی این نشان دهنده‌ها، هر هواپیما با یک علامت + به همراه شماره شناسایی، ارتفاع و مقصد آن نشان داده می‌شود.



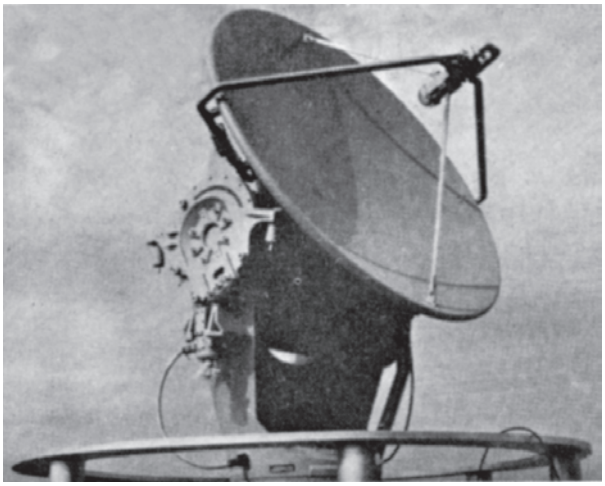
شکل ۸ــ۳ــ نمایی از آنتن یک رادار کنترل ترافیک هوایی

شکل ۹ــ۳ــ نمایی از اتاق رادار برج کنترل ترافیک فرودگاه

رادارهای هشداردهنده پیشرس (EARLY - WARNING RADARS) نیز نمونه دیگری از این نوع رادارها هستند که عمل موقعیت‌یابی هدف را در فواصل خیلی دور انجام داده حضور هدفها را به یگانهای عملیاتی وغیره هشدار می‌دهد. رادارهای آواکس[1] از این نمونه است که بر روی هواپیما نصب می‌شود و از آن به‌عنوان یک سیستم کنترل و هشداردهنده هوایی استفاده می‌شود.

۴ــ۲ــ۳ــ رادارهای ردگیری یا کنترل آتش ــ کاربرد این نوع رادارها همان طور که از نام آنها مشخص است، ردیابی یا به‌کارگیری در یک سیستم سلاح به منظور هدایت سیستم توپخانه یا موشکی است. یک رادار ردگیری عمل جستجو را انجام نمی‌دهد، بلکه بر روی یک هدف قفل می‌شود و به‌طور دایم آن را ردگیری می‌کند. درموارد استفاده از رادارهای ردگیری در سیستمهای کنترل‌آتش، هنگامی‌که رادار بر روی هدف قفل شده است (یعنی پرتو موج رادار تنها درجهت هدف بوده به‌طور دائم آن را دنبال می‌کند) اطلاعات به‌دست آمده ازهدف را به‌طور مرتب به کامپیوتر سیستم می‌دهد. کامپیوتر با توجه به موقعیت هدف، سرعت هدف و همچنین سرعت کشتی خودی و سایر عواملی که در پرواز موشک یا حرکت گلوله‌های توپ در مسیرشان به سمت هدف مؤثرند، نقطه فرضی مشخصی را در فضا محاسبه می‌کند و سیستم سلاح پس از نشانه‌گیری به سمت این نقطه موشک یا گلوله را پرتاب می‌کنند. بدیهی است که در نهایت موشک و هدف در یک نقطه به هم تلاقی کرده هدف مُنهدم می‌شود. تصویر یک نوع رادار کنترل آتش دریایی در شکل (۱۰ــ۳) نشان داده شده است.

۱ــ لفظ آواکس (AWACS) از اولین حروف کلمات Airborne Warning And Control System گرفته شده است.



شکل ۱۰ــ۳ــ یک نوع رادار کنترل آتش دریایی

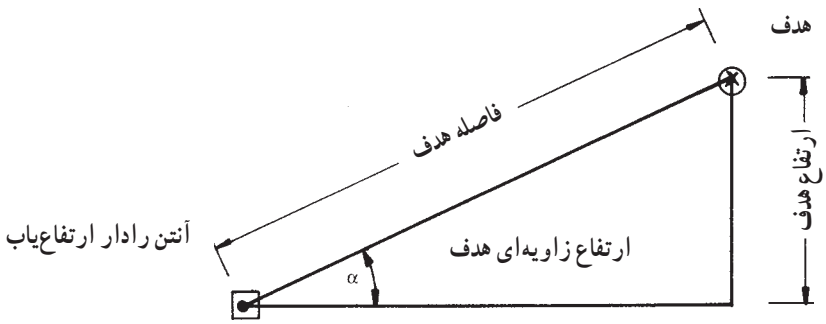
از دیگر کاربردهای این نوع رادارها، ردگیری اجسام آسمانی مانند ماهواره‌ها یا سفینه‌های فضایی است. برای این کارفرستنده‌هایی باتوانهای زیاد، گیرنده‌هایی با حساسیت بسیار زیاد و آنتنهایی عظیم و قابل چرخش مورد نیاز است. برای مثال، آنتن بشقابی مستقر در کالیفرنیای آمریکا به قطر ۶۴ متر، قادر به ردگیری مسیر آپولو در راه ماه بوده است. در ضمن توان قله فرستنده این رادار در حدود ۲۵ مگاوات تخمین زده شده است.

۵ــ۲ــ۳ــ رادارهای ارتفاع‌یاب ــ از کاربردهای دیگر رادار، محاسبه ارتفاع هواپیماها است که تحت عنوان رادارهای ارتفاع‌یاب نامیده می‌شوند. درشکل (۱۱ــ۳) تصویری از آنتن یک

شکل ۱۱ــ۳ــ یک نوع رادار ارتفاع یاب

رادار ارتفاع‌یاب نشان داده شده است. این نوع رادار، ارتفاع هواپیما را با استفاده از روابط مثلثاتی محاسبه می‌کند. آنتن در یک سطح عمود شروع به حرکت در جهت بالا و پایین می‌کند (VERTICAL SCAN)[1] ؛ درحالی که همزمان امواج راداری را همانند سایر رادارها از طریق آنتن منتشر می‌کند. با استفاده از ارتفاع زاویه‌ای آنتن که همان ارتفاع زاویه‌ای هدف کشف شده نیز است و همچنین فاصله هدف که به وسیله رادار تعیین شده است، ارتفاع هدف محاسبه می‌شود. درشکل (۱۲ــ۳) نحوهٔ محاسبه ارتفاع هدف هنگامی که هدف به وسیلهٔ رادار کشف و مشخص شد، نشان داده شده است. فاصله هدف به وسیلهٔ رادار تعیین می‌شود وارتفاع زاویه‌ای نیز همان زاویه‌ای است که آنتن رادار هنگام کشف هدف داشته است. با استفاده از روابط مثلثاتی به شرح زیر، ارتفاع هدف محاسبه می‌شود :

$$\text{SIN}= . \ \frac{\text{ارتفاع هدف}}{\text{فاصله هدف}} \rightarrow \ \text{ارتفاع هدف} = (\text{SIN}. \ ) \times \text{فاصله هدف}$$



شکل ۱۲ــ۳ــ تعیین ارتفاع به وسیله رادار

اگر ارتفاع هدف را با H و فاصله هدف را با R نشان دهیم، فرمول تعیین ارتفاع به شرح زیر خواهد شد :

$$H = R.\text{SIN}.$$

۶ــ۲ــ۳ــ رادارهای بیکن (BEACON RADARS) ــ یک سیستم رادار بیکن[2] مجموعه کوچکی است شامل یک گیرنده، یک فرستنده و یک آنتن که بیشتر اوقات تمام جهتی است.

۱ــ چرخش آنتن را SCAN یا مرور می‌نامند. در مرور عمودی یا VERTICAL SCAN، آنتن فضا را در یک سطح عمودی تحت پوشش خود قرار می‌دهد.

۲ــ بیکن در حقیقت برجی است شناور یا در ساحل که بر روی آن یک سیستم راداری نصب شده است.

وقتی که رادار دیگری یک سری پالس کد شده را به بیکن بفرستد یا به عبارتی دیگر آن را مورد سؤال قرار دهد، بیکن به وسیله ارسال پالسهایی با کد بخصوصی به آن جواب خواهد داد. پالسهای بیکن ممکن است دارای همان فرکانس رادار سؤال‌کننده باشد که در این صورت آنها به‌وسیله ایستگاه اصلی همراه با برگشتیهای پالس ارسالی دریافت می‌شوند. چنانچه پالسهای بیکن دارای فرکانس مخصوص خود باشد، دراین صورت یک گیرنده مجزا در سیستم رادار سؤال کننده مورد نیاز خواهد بود. توجه داشته باشید که بیکن برخلاف سیستمهای راداری دیگر، پالسها را به طور دائم نمی‌فرستد، بلکه تنها وقتی مورد سؤال قرار می‌گیرد. و سؤال نیز به طور صحیح و با کد مشخص باشد، پاسخ خواهد داد. در این سیستم رادار سؤال‌کننده را INTROGATOR و رادار پاسخ دهنده را که بر روی بیکن نصب است، TRANSPONDER می‌گویند.

یکی از کاربردهای یک بیکن راداری، شناساندن خودش است. این کاربرد وقتی است که مثلاً یک بیکن راداری در داخل یک هدف مانند هواپیما نصب شده باشد و وقتی مورد سؤال قرار می‌گیرد، با ارسال یک پالس پاسخ می‌دهد و سپس این پالس بر روی صفحه نشان‌دهندهٔ رادار ایستگاه سؤال‌کننده ظاهر شده و هویت هدف آشکار می‌شود. این سیستمی است که در مراقبت پرواز فرودگاه به کار می‌رود. کاربرد نظامی این سیستم تحت عنوان سیستم‌تشخیص‌دوست‌یا دشمن،معروف به (IDENTIFICATION FRIEND OR FOR IFF) است که برای شناسایی هدفها به عنوان دوست یا دشمن به کار گرفته می‌شود.

کاربرد دیگر بیکنهای راداری شبیه به فانوسهای دریایی است. در این کاربرد یک هواپیما یا کشتی با تعدادی بیکن راداری که موقعیت آنها به‌طور دقیق شناخته شده است، در ارتباط بوده (ارتباط راداری) در نتیجه قادر خواهد بود که محل خودش را به طور اتوماتیک و دقیق به وسیلهٔ پالسهای دریافتی تعیین کند.

یکی از مزیتهای بیکنهای راداری که باعث شده این سیستم کاربردهای وسیعی داشته باشد این است که وجود یک بیکن راداری در یک هدف، فاصله‌ای را که هدف می‌تواند ردگیری شود به شدت افزایش می‌دهد. چنین ردگیری فعّالی بُرد خیلی زیادتری نسبت به سیستم ردگیری غیرفعّال خواهد داشت. و این ویژگی به خاطر این است که توان فرستاده شده به وسیلهٔ بیکن راداری خیلی بیشتر از میزان توانی است که این هدف بدون وجود بیکن به طرف ایستگاه ارسال کننده پالسها منعکس می‌سازد و به لحاظ همین مزیت است که بیکنهای راداری کاربردی وسیع در ردگیری اجرام آسمانی دارد.

پرسش

۱ــ کاربرد رادارهای جستجوگر را نام ببرید.

۲ــ کاربردهای رادارهای ردگیری را به‌طور مختصر بیان کنید.

۳ــ اگر فاصله یک هدف هوایی ۱۲ مایل بوده ارتفاع زاویه‌ای آن نیز حدود ۳۰ درجه باشد، ارتفاع این هواپیما را حساب کنید.

۴ــ کاربردهای یک بیکن راداری را بیان و مزیت این نوع سیستم راداری را تشریح کنید.