

اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ وَبَارِكْ وَسَلِّمْ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - مخابرات سیستم

**انتخاب مجموعه‌های PRF با استفاده از الگوریتم ژنتیک
و کاربرد تکنیک CRT در رفع ابهام در برد**

به وسیله‌ی

عباس پاستون

اساتید راهنما

دکتر مصطفی درختیان

دکتر عباس شیخی

اسفند ماه ۱۳۹۱

به نام خدا

اظہار نامہ

اینجانب عباس پاستون (۸۹۰۵۲۰) دانشجوی رشته‌ی برق-مخابرات سیستم دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر اظہار می‌کنم که این پایان نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم که پایان نامہ و موضوع پایان نامہ‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامہ‌ی مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

عباس پاستون

به نام خدا

انتخاب مجموعه‌های PRF با استفاده از الگوریتم ژنتیک
و کاربرد تکنیک CRT در رفع ابهام در برد

به کوشش

عباس پاستون

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از
فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی برق - مخابرات سیستم

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان‌نامه، بادرجه‌ی: عالی

دکتر مصطفی درختیان، استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر (رئیس کمیته)
دکتر عباس شیخی، دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر (رئیس کمیته)
دکتر مهرزاد بیغش، دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دکتر محمد علی مسندی شیرازی، استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

اسفند ماه ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم
و آنان که خالصانه در راه علم تلاش می کنند.

سپاسگزاری

اکنون که به یاری پروردگار این پژوهش به پایان رسیده است، از همه کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. از استاد محترم، جناب آقای دکتر مصطفی درختیان که با سعه صدر پاسخگوی سوالات من بودند و نیز از استاد گرامی، جناب آقای دکتر عباس شیخی که با راهنمایی و حمایت‌هایشان مرا در انجام این پایان نامه مدد رساندند، کمال تشکر را ابراز می‌کنم. همچنین از اساتید محترم مشاور، جناب آقای دکتر مهرزاد بیغش و جناب آقای دکتر محمد علی مسندی شیرازی سپاسگزارم که با راهنمایی‌های خود باعث بهبود این پایان نامه گردیده‌اند. در پایان نیز بر خود واجب می‌دانم که از پدر و مادرم به خاطر تمام زحمات بی‌دریغشان تشکر ویژه‌ای نمایم.

چکیده

انتخاب مجموعه‌های PRF با استفاده از الگوریتم ژنتیک و کاربرد تکنیک CRT در رفع ابهام در برد

به کوشش

عباس پاستون

در این پایان نامه، نحوه انتخاب مجموعه PRF مناسب براساس الگوریتم ژنتیک در رادارهای پالس داپلر مورد بررسی قرار داده خواهد شد. در این راستا مدهای LPRF، HPRF و MPRF در رادارهای پالس داپلر مطالعه می‌شوند. از آنجایی که در رادارهای پالس داپلر در مد MPRF نیاز به ارسال چندین دسته PRF می‌باشد انتخاب مجموعه PRF مناسب حائز اهمیت است. Major-Minor، M:N و الگوریتم ژنتیک روش‌هایی هستند که جهت بدست آوردن مجموعه PRF مناسب مطالعه و مقایسه می‌شوند. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهند که الگوریتم ژنتیک می‌تواند به عنوان روشی کارا در این زمینه استفاده شود.

یک مشکل دیگر در مد MPRF مبهم بودن اطلاعات در برد می‌باشد. الگوریتم تطبیق و CRT دو روشی هستند که به منظور رفع ابهام بررسی و مطالعه می‌شوند. در این پایان نامه، روشی که به صورت فرم بسته رفع ابهام می‌کند و در برابر وجود خطا در اطلاعات دریافتی مقاوم می‌باشد در میان روش‌های متعدد CRT انتخاب شده است. جهت کمینه سازی نقاط کور برد- داپلر از الگوریتم ژنتیکی که رفع ابهام در برد را به عنوان یکی از قیدها در نظر می‌گیرد، استفاده می‌کنیم. همچنین قیدهای روش رفع ابهام CRT مقاوم در مسئله بهینه سازی مورد نظر لحاظ شده است. نتایج شبیه سازی کارایی دسته PRF ها را نشان می‌دهند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- ویژگی‌های اساسی رادار
۴	۳-۱- اجزای اساسی ساختار رادار
۵	۱-۳-۱- فرستنده
۵	۲-۳-۱- آنتن
۶	۳-۳-۱- گیرنده و آشکارساز
۷	۴-۱- فرکانس‌های کاری رادار
۸	۵-۱- جمع بندی
۹	فصل دوم: مروری بر رادار پالس داپلر
۱۰	۱-۲- رادار داپلر
۱۱	۱-۱-۲- رادار موج پیوسته
۱۱	۲-۱-۲- رادار پالس داپلر
۱۲	۲-۲- ابهام در برد
۱۳	۳-۲- ابهام در داپلر

۱۴	۴-۲- ویژگی های رادار پالس داپلر
۱۵	۵-۲- انواع PRF
۱۶	۵-۲-۱- مد LPRF
۱۸	۵-۲-۲- مد HPRF
۱۹	۵-۲-۳- مد MPRF
۲۱	۶-۲- انتخاب PRF
۲۲	۷-۲- صفحه‌ی مناطق کور
۲۷	فصل سوم: روش های رفع ابهام
۲۸	۳-۱- مقدمه
۲۸	۳-۲- الگوریتم تطبیق
۳۰	۳-۳- تئوری باقیمانده چینی کلاسیک
۳۳	۳-۴- CRT
۳۵	۳-۴-۱- بررسی CRT در حضور نویز
۳۷	۳-۵- CRT مقاوم
۳۸	۳-۵-۱- بررسی CRT مقاوم در حضور نویز
۴۱	۳-۵-۲- بهبود عملکرد CRT مقاوم
۴۳	۳-۶- تعمیم CRT مقاوم
۴۶	۳-۷- جمع بندی
۴۷	فصل چهارم: محدودیت‌های انتخاب PRF
۴۸	۴-۱- مقدمه

۴۸	۲-۴- فرکانس نمونه برداری
۴۹	۳-۴- عرض پالس
۵۰	۴-۴- محدوده‌های PRF
۵۱	۵-۴- سرعت کور
۵۲	۶-۴- تعداد دسته PRF ها
۵۷	۷-۴- پروفایل برد
۷۰	۸-۴- پروفایل داپلر
۷۱	۹-۴- بازیابی
۷۲	۱۰-۴- اندازه‌ی FFT
۷۴	فصل پنجم: روش‌های انتخاب PRF
۷۵	۱-۵- مقدمه
۷۵	۲-۵- روش Major-Minor
۷۸	۳-۵- روش M:N
۸۱	۵-۵- الگوریتم ژنتیک
۸۱	۱-۵-۵- مکانیزم الگوریتم ژنتیک
۸۲	۲-۵-۵- الگوریتم ژنتیک در مقابل روش‌های کلاسیک
۸۳	۳-۵-۵- مفاهیم و عملگرهای الگوریتم ژنتیک
۸۴	۱-۳-۵-۵- تابع هدف و تابع تطبیق (تابع ارزش)
۸۵	۲-۳-۵-۵- نمایش و کدگذاری
۸۶	۳-۳-۵-۵- انتخاب
۸۷	۴-۳-۵-۵- ترکیب
۸۹	۵-۳-۵-۵- جهش

۹۰ جایگزینی ۵-۳-۶-۵
۹۱ بهینه سازی انتخاب PRF با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۵-۶
۹۹ فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۰ ۱-۶ - مقدمه
۱۰۰ ۲-۶ - نتیجه گیری
۱۰۲ ۳-۶ - پیشنهادات
۱۰۳ فهرست منابع

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱: سیگنال ارسالی و دریافتی رادار
۵	شکل ۲-۱: ساختار اساسی طراحی رادار
۶	شکل ۳-۱: بلوک دیاگرام گیرنده
۱۲	شکل ۱-۲: پالس ارسالی و دریافتی رادار
۱۳	شکل ۲-۲: برد و سرعت مبهم
۱۶	شکل ۳-۲: طیف سیگنال دریافتی رادار پالس داپلر در (الف) مد LPRF (ب) مد HPRF
۲۱	شکل ۴-۲: نقاط isodops کلاتر زمین در یک رادار پالس داپلر هواپایه
۲۲	شکل ۵-۲: بینایی رادار در حوزه داپلر
۲۳	شکل ۶-۲: صفحه مناطق کور به ازای PRI برابر با $50 \mu s$
۲۴	شکل ۷-۲: صفحه مناطق کور به ازای PRI برابر با $67 \mu s$
۲۵	شکل ۸-۲: صفحه مناطق کور به ازای PRI برابر با $50 \mu s$ و $67 \mu s$
۲۶	شکل ۹-۲: صفحه مناطق کور متناظر با $[50, 53, 56, 59, 61, 64, 67, 72] \mu s$
۲۹	شکل ۱-۳: تطابق در برد
۳۰	شکل ۲-۳: تطابق در حوزه برد و داپلر
۵۰	شکل ۱-۴: کور بون رادار در زمان ارسال پالس
۵۱	شکل ۲-۴: سرعت کور در صفحه‌ی مناطق کور
	شکل ۳-۴: صفحه مناطق کور متناظر با
۵۳	$[201, 243, 263, 275, 310, 320, 370, 489] \mu s$ با معیار آشکارسازی ۲ از ۸

- شکل ۴-۴: ظهور اهداف جعلی در الگوریتم تطبیق ۵۴
- شکل ۴-۵: صفحه مناطق کور متناظر با
 $\mu s [489, 370, 320, 310, 275, 263, 243, 201]$ با معیار آشکارسازی ۳ از ۸ ۵۵
- شکل ۴-۶: صفحه مناطق کور متناظر با
 $\mu s [489, 370, 320, 310, 275, 263, 243, 201]$ با معیار آشکارسازی ۴ از ۸ ۵۶
- شکل ۴-۷: صفحه مناطق کور متناظر با
 $\mu s [489, 421, 370, 320, 310, 275, 263, 243, 201]$ با معیار آشکارسازی ۳ از ۹ ۵۶
- شکل ۴-۸: صفحه مناطق کور متناظر با
 $\mu s [489, 370, 320, 310, 275]$ با معیار آشکارسازی ۳ از ۵ ۵۷
- شکل ۴-۹: توان هدف در مقایسه با توان کلتر ۵۹
- شکل ۴-۱۰: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 120\mu s$ و $h = 30(m)$ ۶۲
- شکل ۴-۱۱: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 92\mu s$ و $h = 30(m)$ ۶۲
- شکل ۴-۱۲: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 92\mu s$ و $h = 50(m)$ ۶۳
- شکل ۴-۱۳: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 147\mu s$ و $h = 30(m)$ ۶۴
- شکل ۴-۱۴: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 102\mu s$ و $h = 30(m)$ ۶۵
- شکل ۴-۱۵: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 102\mu s$ و $h = 50(m)$ ۶۶
- شکل ۴-۱۶: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 $PRI = 82\mu s$ و $\sigma_{res} = 2(m^2)$ ۶۶

- شکل ۴-۱۷: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 ۶۶ $\sigma_{res} = 2(m^2)$ و $PRI = 58\mu s$
- شکل ۴-۱۸: نمایش متغیر d برحسب برد: شرایط این شبیه سازی عبارتند از
 ۶۷ $\sigma_{res} = 5(m^2)$ و $PRI = 58\mu s$
- شکل ۴-۱۹: نمایش متغیر d برحسب برد: به ازای PRI برابر با $95\mu s$
 ۶۸ $95\mu s$
- شکل ۴-۲۰: صفحه مناطق کور به ازای PRI برابر با $95\mu s$
 ۶۸ $95\mu s$
- شکل ۴-۲۱: صفحه مناطق کور متناظر با $95\mu s$ [۵۸، ۶۲، ۶۷، ۷۲، ۸۳، ۸۷، ۹۲، ۹۵]
 ۷۰ [۵۸، ۶۲، ۶۷، ۷۲، ۸۳، ۸۷، ۹۲، ۹۵]
- شکل ۵-۱: صفحه مناطق کور متناظر با $96\mu s$ [۵۳، ۵۵، ۵۷، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۹۲، ۹۴، ۹۶]
 ۷۷ ... [۵۳، ۵۵، ۵۷، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۹۲، ۹۴، ۹۶]
- شکل ۵-۲: صفحه مناطق کور متناظر با $96\mu s$ [۵۳، ۵۵، ۵۷، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۹۲، ۹۴]
 ۷۸ [۵۳، ۵۵، ۵۷، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۹۲، ۹۴]
- شکل ۵-۳: صفحه مناطق کور متناظر با $96\mu s$ [۵۰، ۵۲، ۵۴، ۵۷، ۶۰، ۶۳، ۶۷، ۷۱]
 ۷۹ [۵۰، ۵۲، ۵۴، ۵۷، ۶۰، ۶۳، ۶۷، ۷۱]
- شکل ۵-۴: صفحه مناطق کور متناظر با $96\mu s$ [۵۲، ۵۵، ۵۹، ۶۴، ۷۰، ۷۶، ۹۲، ۸۴، ۹۴]
 ۸۰ ... [۵۲، ۵۵، ۵۹، ۶۴، ۷۰، ۷۶، ۹۲، ۸۴، ۹۴]
- شکل ۵-۵: صفحه مناطق کور متناظر با $96\mu s$ [۵۱، ۵۷، ۶۳، ۶۶، ۶۹، ۷۸، ۹۰، ۹۶]
 ۸۰ [۵۱، ۵۷، ۶۳، ۶۶، ۶۹، ۷۸، ۹۰، ۹۶]
- شکل ۵-۶: انتخاب SUS
 ۸۷ SUS
- شکل ۵-۷: ترکیب یک نقطه‌ای
 ۸۸ ترکیب یک نقطه‌ای
- شکل ۵-۸: ترکیب دو نقطه‌ای
 ۸۸ ترکیب دو نقطه‌ای
- شکل ۵-۹: جهش
 ۹۰ جهش
- شکل ۵-۱۰: صفحه مناطق کور متناظر با $93\mu s$ [۵۱، ۵۳، ۶۰، ۶۳، ۶۷، ۸۴، ۸۹، ۹۳]
 ۹۳ [۵۱، ۵۳، ۶۰، ۶۳، ۶۷، ۸۴، ۸۹، ۹۳]
- شکل ۵-۱۱: احتمال نقاط کور در هر نسل بر مبنای الگوریتم تطبیق
 ۹۵ احتمال نقاط کور در هر نسل بر مبنای الگوریتم تطبیق
- شکل ۵-۱۲: صفحه مناطق کور متناظر با
 ۹۵ $95\mu s$ [۲۶۳، ۳۰۴، ۳۳۲.۵، ۳۴۸، ۳۷۵، ۴۲۵، ۴۷۰.۵، ۵۰۰]
- شکل ۵-۱۳: احتمال نقاط کور در هر نسل با انتخاب M_c برابر با ۵
 ۹۶ M_c برابر با ۵
- شکل ۵-۱۴: صفحه مناطق کور متناظر با
 ۹۷ $97\mu s$ [۲۷۵، ۳۰۲.۵، ۳۲۲.۵، ۳۴۲.۵، ۳۷۰، ۴۴۲.۵، ۴۷۵، ۵۰۰]

شکل ۵-۱۵: احتمال نقاط کور در هر نسل با انتخاب M_c برابر با ۹ ۹۸

شکل ۵-۱۶: صفحه مناطق کور متناظر با

۹۸ ۹۸ [۲۶۱ ، ۲۹۷ ، ۳۲۴ ، ۳۳۷.۵ ، ۳۸۷ ، ۴۲۷.۵ ، ۴۶۸ ، ۴۹۵] μs با انتخاب M_c برابر با ۹

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ : استاندارد IEEE فرکانس‌های کاری رادار	۷
جدول ۱-۲ : پارامترهای مورد استفاده در ترسیم صفحه مناطق کور	۲۵
جدول ۱-۴ : پارامترهای مورد استفاده در بررسی تاثیر تعداد دسته PRF ها	۵۲
جدول ۲-۴ : پارامترهای مورد استفاده در شبیه سازی با در نظر گرفتن اثر کلتر	۶۹
جدول ۱-۵ : پارامترهای مورد استفاده در شبیه سازی انتخاب دسته PRF ها	۹۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

فیزیکدان آلمانی هاینریش هرتز امواج الکترومغناطیسی را در سال ۱۸۸۷ کشف کرد و پیشبینی‌های جمیز کلرک ماکسول را در رابطه با امواج الکترومغناطیسی که در سال ۱۸۶۴ چاپ شده بود را با انجام آزمایشات عملی اثبات کرد. او نشان داد که این امواج ویژگی‌های مشترکی بسیاری با نور دارند با این تفاوت که فرکانس آن‌ها یکسان نمی‌باشد. این امواج الکترومغناطیسی به امواج هرتزین^۱ نیز مشهور می‌باشند [۱]. او نشان داد که فلزات این امواج را منعکس می‌کنند.

تسلا و هالسمیر به ترتیب در آمریکا و آلمان فعالیت‌های هرتز را ادامه دادند. آن‌ها با ایده‌ی آشکارسازی^۲ و مکان‌یابی هدف از امواج رادیویی استفاده کردند [۲]. در اوایل دهه‌ی ۱۹۰۰ میلادی هالسمایر یک رادار که شبیه رادار تک پایه‌ی پالسی امروزی است را ساخت. اما موفق نشد کارهای خود را تکمیل کند و به یک سیستم عملی تبدیل نماید.

ویژگی‌هایی که برای یک سیستم رادیویی می‌توان متصور شد براساس ارسال امواج الکترومغناطیسی یا به عبارتی دقیقتر استفاده از فرکانس‌های رادیویی بوسیله هوگو گرنزبک آمریکایی در سال ۱۹۱۱ میلادی معرفی شد. در سال ۱۹۲۰ مارکونی در آزمایشات خود به ایده آشکارسازی رادیویی اهداف پی برد و در کنفرانس علمی که در سال ۱۹۲۲ برگزار شد، مزایا و کاربردهای آن را توصیه نمود.

تیلر و یانگ از آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی آمریکا به طور تصادفی متوجه تغییرات سیگنال دریافتی، هنگام عبور کشتی‌ها بین گیرنده و فرستنده که در دو طرف رودخانه نصب شده بودند، شدند. در سال ۱۹۳۴ دانشمند فرانسوی پییر دیوید از رادار برای اولین بار در آشکارسازی هواپیما استفاده کرد [۲].

¹ Hertzian waves

² Detection

در طول جنگ جهانی دوم به کارگیری رادار به عنوان یک تکنیک کاربردهای خاص خود را پیدا کرد و پس از آن گام‌های اساسی که در پیشرفت و تکامل رادار برداشته شد به صورت زیر بود:

- فشرده‌سازی پالس در اوایل دهه‌ی ۶۰
- رادار پالس داپلر در اواخر دهه‌ی ۶۰
- پردازش دیجیتال در دهه‌ی ۷۰
- ظهور رادارهایی که از چندین مد بهره می‌بردند در دهه‌ی ۸۰
- اسکن کردن فضا به صورت الکترونیکی در دهه‌ی ۹۰

۲-۱- ویژگی‌های اساسی رادار

رادار یک سیستم الکترومغناطیسی است که امواج رادیویی را در فضا منتشر می‌کند و با دریافت سیگنال بازگشتی^۱ از محیط اقدام به آشکارسازی و فاصله‌یابی هدف‌هایی همانند هواپیما، خوردو، کشتی و ... می‌کند. با توجه به آن که کلمه‌ی radar برگرفته شده از آشکارسازی و فاصله‌یابی رادیویی^۲ می‌باشد [۱] می‌توان دریافت که وظایف رادارهای اولیه محدود بوده است. اما برخی از انواع رادارهای جدید قابلیت‌های دیگری مانند بدست آوردن سرعت شعاعی هدف، ابعاد هدف، موقعیت زاویه‌ای هدف و حتی تصویر برداری از هدف را دارا می‌باشند.

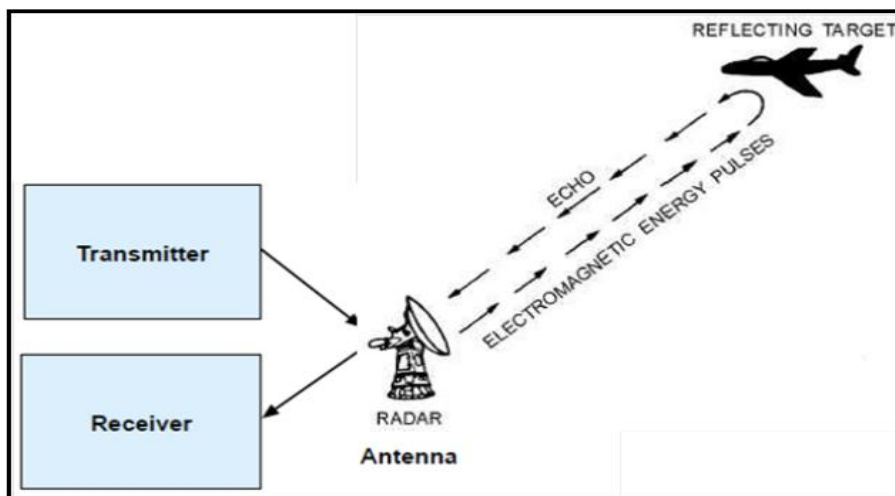
اصول کلی سیستم‌های راداری مطابق با شکل (۱-۱) ارسال سیگنال پر توان الکترومغناطیسی توسط فرستنده می‌باشد. سیگنال مورد نظر پس از برخورد با اجسام در جهات مختلفی انعکاس می‌یابد. برخی از این انعکاسات با توانی کمتر توسط گیرنده دریافت می‌گردند. سیگنال‌های دریافتی نه تنها حضور هدف را نشان می‌دهند بلکه به واسطه‌ی مقایسه‌ی سیگنال دریافتی با سیگنالی که توسط رادار ارسال شده است فاصله‌ی هدف تا رادار و مکان هدف مشخص می‌شود. این سیستم می‌تواند در تمامی شرایط جوی همانند بارانی، برفی و حتی در تاریکی با دقت قابل قبولی اقدام به فاصله‌یابی کند.

سیگنال دریافتی تقویت می‌شود و در مراحل بعد جهت پردازش آماده می‌شود تا حضور و یا عدم حضور هدف مشخص گردد. اطلاعات دیگر از جمله زاویه‌ی هدف (سمت و ارتفاع هدف نسبت به

¹ Echo signal

² radio detection and ranging

رادار) بوسیله موقعیت آنتن در هنگام شناسایی بدست می‌آید. در نتیجه بوسیله اطلاعات زاویه و برد، موقعیت هدف نسبت به رادار بدست خواهد آمد.



شکل (۱-۱) سیگنال ارسالی و دریافتی رادار

متداول‌ترین سیگنال ارسالی فرستنده‌های راداری، قطاری از پالس‌های باریک می‌باشد که بوسیله موج حامل سینوسی مدوله می‌شوند. فرستنده اقدام به ارسال پالس می‌کند، گیرنده پس از اتمام زمان ارسال اقدام به دریافت سیگنال‌های بازگشتی از محیط می‌کند. پالس بعدی پس از مدت زمانی مقرر ارسال و مراحل قبل دوباره تکرار می‌شوند.

۳-۱- اجزای اساسی ساختار رادار

شکل (۲-۱) اجزای اساسی طراحی یک رادار را به طور ساده نشان می‌دهد. این اجزا می‌تواند شامل گیرنده، فرستنده و آنتن باشد. اگرچه در شکل (۲-۱) دو آنتن رسم شده است اما در مدل تک پایه می‌توان با استفاده از دوپلکسر از ورود سیگنال فرستنده به گیرنده جلوگیری کرد و در عمل از یک آنتن بهره برد.