

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جنگ الکترونیک

سامانه‌های متحرکه کننده هوابرد

مهندس مجید بهنام پور

مهندس علیرضا زارعان

محمد هادی احمدی

سرشناسه	: بهنام پور مجید، ۱۳۶۰ -
عنوان و نام پدید آور	: جنگ الکترونیک، سامانه های مقابله کننده هواپرد / نویسندگان مجید بهنام پور، علیرضا زارعان، محمد مهدی احمدی.
مشخصات نشر	: اصفهان: شرکت صنایع هواپیماسازی ایران (هسا)، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۲۸۷ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۱۶۶-۵-۶
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: الکترونیک در مهندسی نظامی
موضوع	: موشک های هدایت شونده
رده افزوده	: زارعان، علیرضا، ۱۳۳۸ -
رده افزوده	: احمدی، محمد مهدی، ۱۳۶۱ -
رده بندی ده گانه	: شرکت صنایع هواپیماسازی ایران (هسا)، ناشر
رده بندی	: UG ۱۳۹۱۴۸۵ / ج ۱
رده	: ۰۳۳/۶۲۳
شابک ملی	: ۲۹۴۱۳۹۹

انتشارات شرکت صنایع هواپیماسازی ایران

WWW.HESA.IR

عنوان کتاب: جنگ الکترونیک، سامانه های مقابله کننده هواپرد

مؤلفان: مجید بهنام پور، علیرضا زارعان، محمد مهدی احمدی

ویراستار فنی: دکتر محسن صادق عمل نیک

ویراستار ادبی: سمیرا نعمت الهی - مریم کریمی ویرانمخواستی

صفحه آرایی: فاطمه شایان

لیتوگرافی: شکبیا

طراح جلد: امید اصغری

گرافیک: محسن رجایی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

مسئول چاپ و نشر: محمد مهدی احمدی

چاپ: کنکاش

قیمت: ۱۴۰۰۰ تومان

ISBN : 978-600-93166-5-6

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۱۶۶-۵-۶

book@hesa.ir

اصفهان - کیلومتر ۲۸ آزادراه اصفهان - تهران - شرکت صنایع هواپیماسازی ایران

معاونت پژوهش و فناوری ۰۳۱۲-۵۲۲۷۶۰۶



سَلَامٌ عَلَىٰ آلِهِ وَآلِهِ وَسَلَّمَ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلَىٰ رَسُوْلِكَ وَرَبِّكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ
 وَرَبِّ رَسُوْلِكَ وَرَبِّ رَسُوْلِكَ

....

ناقابلی است تقدیم ساحت مقدس قطب عالم امان،

حضرت بقیه الله الاعظم

و آخرین امید درماندگان

اللهم عجل لوليک الفرج و النصر و العافیة

عنوان	صفحه
مقدمه.....	۱
فصل اول: سیستم‌های هشدار دهنده.....	۲۳
۱- مقدمه.....	۲۳
۲-۱- حیطه عملکردی و محدوده‌ی طیفی قابل پوشش.....	۲۴
۱-۲-۱- سیستم‌های هشداردهنده از یک هدف پیرو.....	۲۴
۲-۲-۱- نواحی طیفی سیستم‌های مادون قرمز.....	۲۵
۳-۲-۱- سیستم‌های تشخیص‌دهنده و طیف عملکردی آنها.....	۲۵
۴-۲-۱- نواحی طیفی سیستم‌های راداری.....	۲۷
۳-۱- میزان پارامترهای مؤثر در سسداردهنده.....	۲۹
۱-۳-۱- گیرنده‌ی هشداردهنده‌ی تقرب موشک.....	۲۹
۲-۳-۱- گیرنده‌ی هشداردهنده‌ی لیزری.....	۳۰
۴-۱- بررسی تأثیر لیزر انتشار یافته.....	۳۳
۱-۴-۱- میرایی اتمسفری.....	۳۳
۵-۱- بررسی اثر مادون قرمز انتشار یافته از یک موشک.....	۳۵
۶-۱- گیرنده‌های هشداردهنده‌ی تقرب موشک.....	۳۹
۱-۶-۱- ملاحظات پردازش سیگنال.....	۳۹
۲-۶-۱- انواع سیستم‌های هشدار دهنده‌ی تقرب موشک.....	۳۹
۳-۶-۱- انتخاب باند طیفی.....	۴۰
۱-۳-۶-۱- جایگزینی باند طیفی در طیف مادون قرمز.....	۴۲

- ۴۵..... ۱-۳-۲- جایگزینی باند طیفی در طیف مرئی و فرابنفش
- ۴۵..... ۱-۶-۴- آشکارسازی موج میلی متری
- ۴۷..... ۱-۷-۷- اساس عملکرد گیرنده‌ی هشداردهنده‌ی راداری (RWR)
- ۴۸..... ۱-۷-۱- آنتن‌های هشداردهنده‌ی راداری
- ۵۰..... ۱-۷-۲- گیرنده/تقویت کننده‌ی هشدار دهنده‌ی راداری
- ۵۳..... ۱-۷-۳- پردازنده‌ی سیگنال
- ۵۵..... ۱-۷-۴- نمایشگر/اسکوپ هشداردهنده‌ی راداری
- ۵۷..... مل دوم
- ۵۷..... مقابل با سیستم‌های هدایتگر مادون قرمز
- ۵۷..... ۱-۲- مقایسه
- ۵۷..... ۲-۲- مقایسه اشعه‌های مادون قرمز فعال
- ۵۹..... ۱-۲-۱- شبیه‌سازی طراحی مقابله کننده‌های مادون قرمز
- ۵۹..... ۲-۲-۲- ماتریس جوی مادون قرمز به جا مانده (اثر) هواپیما
- ۶۰..... ۱-۲-۲-۲- تحلیل اثر
- ۶۵..... ۲-۲-۲-۲- اندازه‌گیری
- ۶۸..... ۲-۲-۳- تکنیک‌های اخراج در مقابل رشک‌های هدایت مادون قرمز
- ۶۸..... ۲-۲-۳-۱- توضیح اصول یک رشک هدایت مادون قرمز
- ۷۱..... ۲-۲-۳-۲- آشکارسازها و پاسخ الیفی آنها
- ۷۳..... ۲-۲-۳-۳- روش‌های روبش جستجو و پردازش سیگنال
- ۹۱..... ۲-۲-۳-۴- تکنیک‌های اخراج اشعه مادون قرمز
- ۱۰۵..... ۲-۲-۳-۵- دیگر تکنیک‌های مقابله کننده‌های فعال
- ۱۰۸..... ۲-۲-۳-۶- اخراج توان بالا و ایجاد آسیب
- ۱۱۱..... ۲-۲-۳-۴- منابع اخراجگر و مدولاسیون
- ۱۱۱..... ۲-۲-۳-۱-۴- منابع غیر همدوس
- ۱۱۷..... ۲-۲-۳-۲-۴- منابع همدوس

- ۱۱۸ ۵-۲-۲- راهکار سیستم
- ۱۱۸ ۱-۵-۲-۲- سیستم‌های با بیم پهناور
- ۱۱۹ ۲-۵-۲-۲- سیستم‌های مقابله‌کننده با مدوله‌کننده فضایی
- ۱۲۱ ۳-۵-۲-۲- سیستم‌های مقابله‌کننده مادون قرمز جهت دار
- ۱۲۴ ۴-۵-۲-۲- مقابله‌کننده‌های مادون قرمز پیشرفته ATIRCM
- ۱۲۵ ۵-۵-۲-۲- مقابله‌کننده‌های مادون قرمز هواپیماهای بزرگ LAIRCM
- ۱۲۵ ۶-۵-۲-۲- مقابله‌کننده جهت‌دار هواپیمای تاکتیکی (TA-DIRCM)
- ۱۲۶ ۷-۵-۲-۱- سیستم اخلاص حلقه بسته (CLIRCM)
- ۱۲۷ ۱-۲-۲- مقابله به کمک پخش فلیر
- ۱۲۷ ۲-۲-۲- مشعل‌های فلیر
- ۱۲۸ ۲-۳-۲- مقابله‌کننده مادون قرمز در برابر فلیرهای مقابله‌کننده
- ۱۲۹ ۳-۳-۲- بهبود در راجع به پیرها
- ۱۲۹ ۱-۳-۳-۲- زمان خنثی‌سازی
- ۱۳۰ ۲-۳-۳-۲- شدت بالا
- ۱۳۰ ۳-۳-۳-۲- جنبش
- ۱۳۰ ۴-۳-۳-۲- ناحیه بزرگ
- ۱۳۱ ۵-۳-۳-۲- تناسب طیفی
- ۱۳۱ ۶-۳-۳-۲- فلیرهای پنهان
- ۱۳۲ ۴-۲-۲- مقابله به کمک خنثی‌سازی، استتار و پوشش
- ۱۳۲ ۱-۴-۲- منابع مولد اثر هواپیما
- ۱۳۳ ۱-۱-۴-۲- منابع تابشی داخلی
- ۱۴۲ ۲-۱-۴-۲- منابع تابشی خارجی
- ۱۴۶ ۲-۴-۲- اثر به جامانده از یک هواپیما
- ۱۴۹ ۳-۴-۲- کنترل اثر به جامانده
- ۱۵۱ ۲-۳-۴-۲- روشهای خنثی‌سازی معمول

۱۵۳	 فصل سوم
۱۵۳	 مقابله و اخلال در سیستمهای راداری
۱۵۳	 ۱-۳- مقدمه
۱۵۳	 ۲-۳- انواع اخلال راداری
۱۵۳	 ۱-۲-۳- اخلال نویزی
۱۵۴	 ۲-۲-۳- اخلال فریب
۱۵۵	 ۳-۳- شیوه‌های به کارگیری اخلال راداری
۱۵۵	 ۱-۳-۱- اخلال توسط پشتیبان
۱۵۸	 ۲-۳-۳- اخلال خود محافظ
۱۵۹	 ۱-۴-۳- سیستمهای راداری
۱۶۰	 ۱-۳- سیستم رادار پالسی
۱۶۷	 ۴-۳- رادار موج پیوسته (CW)
۱۶۹	 ۳-۴-۳- رادار داپلری پالسی
۱۷۰	 ۴-۴-۳- رادار تک پالسی
۱۷۳	 ۵-۳- شناخت شیوه ردیابی هدف در رادارهای مختلف
۱۷۴	 ۱-۵-۳- ردیابی برد
۱۷۷	 ۲-۵-۳- روبش مخروطی
۱۸۱	 ۳-۵-۳- ردیابی حین روبش (TWS)
۱۸۶	 ۴-۵-۳- روش (I-be receive only) LORO
۱۸۷	 ۵-۵-۳- شیوهی ردیابی هدف در رادار تک پالسی
۱۹۰	 ۶-۵-۳- شیوهی ردیابی هدف در رادارهای موج پیوسته CW
۱۹۵	 ۷-۵-۳- شیوهی ردیابی هدف در رادار داپلری پالسی
۲۰۰	 ۶-۳- اصول اخلال راداری
۲۰۰	 ۱-۶-۳- انطباق فرکانسی
۲۰۱	 ۲-۶-۳- تداخل پیوسته

- ۳-۶-۳- نسبت سیگنال به نویز (S/N) ۲۰۲
- ۳-۶-۴- نسبت اختلال به سیگنال (I/S) ۲۰۳
- ۳-۶-۵- برد اثرگذاری اختلال معروف به "Burnthrough" ۲۰۴
- ۳-۷-۷- اختلال نویزی راداری ۲۰۵
- ۳-۷-۱- تأثیرات اختلال نویزی راداری ۲۰۵
- ۳-۷-۲- تولید اختلال نویزی راداری ۲۰۸
- ۳-۷-۳- اختلال سدّی ۲۱۱
- ۳-۷-۴- اختلال نقطه‌ای ۲۱۲
- ۳-۷-۵- اختلال جاروب نقطه‌ای ۲۱۳
- ۳-۷-۶- اختلال پاشیده‌ی پالسی ۲۱۴
- ۳-۷-۷- اختلال نویزی مدوله شده ۲۱۶
- ۳-۸-۸- اختلال فریب ۲۱۸
- ۳-۸-۱- اختلال ادو کاد ۲۲۰
- ۳-۸-۲- اختلال فریب برد ۲۲۳
- ۳-۸-۳- اختلال فریب زاوای ۲۲۸
- ۳-۸-۴- اختلال فریب در سرعت ۲۳۲
- ۳-۸-۵- اختلال فریب تک پالسی ۲۴۰
- ۳-۸-۶- اختلال انعکاس از زمین (Terrain Emission) ۲۴۷
- ۳-۸-۷- اختلال مشترک ۲۴۸
- ۳-۹-۹- اهداف مصنوعی (decoys) ۲۵۰
- ۳-۹-۱- اهداف مصنوعی اشباع کننده ۲۵۰
- ۳-۹-۲- اهداف مصنوعی دنباله‌رو ۲۵۲
- ۳-۹-۳- اهداف مصنوعی مصرفی فعال ۲۵۴
- ۳-۱۰-۱۰- بکارگیری چف ۲۵۵
- ۳-۱۰-۱- مشخصه‌های چف ۲۵۷

- ۲۶۵ ۳-۱۰-۲- کاربرد عملیاتی چف
- ۲۷۲ ۳-۱۱- کاهش اثر راداری
- ۲۷۳ ۳-۱۱-۱- کاهش اثر ردیابی راداری
- ۲۷۴ ۳-۱۱-۲- کاهش سطح مقطع راداری
- ۲۷۶ ۳-۱۱-۲-۱- کاهش سطح مقطع راداری مربوط به آنتن
- ۲۷۷ ۳-۱۱-۲-۲- احتمال پایین رهگیری
- ۲۷۸ ۳-۱۱-۲-۳- مواد جاذب راداری (RAM)
- ۲۷۸ ۳-۱۱-۲-۴- طراحی و شکل دهی بندهای سطوح

www.ketab.ir

فهرست اشکال

اشکال فصل اول

- شکل (۱-۱): طیف فرکانسی لیزر ۲۷
- شکل (۱-۲): اثر چشمک زدگی اتمسفری توسط اغتشاشات اتمسفری ۳۴
- شکل (۱-۳): نسبت سیگنال به نویز برای یک هدف با اندازه‌ی انسان ۳۷
- شکل (۱-۴): نسبت سیگنال به نویز برای اهداف داغ و کوچک ۳۸
- شکل (۱-۵): نسبت باند به برد ۴۱
- شکل (۱-۶): ویژگیهای علائم وجودی به جا مانده‌ی مکانی ۴۳
- شکل (۱-۷): سیستم‌های گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ۴۸
- شکل (۱-۸): نسبت آنتن گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ۴۹
- شکل (۱-۹): قطبش آنتن گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ۵۰
- شکل (۱-۱۰): گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ویدئویی کریستالی ۵۱
- شکل (۱-۱۱): گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ۵۲
- شکل (۱-۱۲): سیستم گیرنده هشداردهنده‌ی راداری ۵۴
- شکل (۱-۱۳): تقدم سیگنالی پردازنده سیگنال ۵۵
- شکل (۱-۱۴): موقعیت‌دهی سمتی نمایشگر هشداردهنده‌ی راداری RWR ۵۶

اشکال فصل دوم

- شکل (۲-۱): روند متودولوژی یک سیستم مقابله کننده مادون قرمز ۶۰
- شکل (۲-۲): قسمت‌های داغ- پترن تشعشی ۶۳
- شکل (۲-۳): بلوک دیاگرام رادیومتر تبدیل فوریه ۶۷
- شکل (۲-۴): مقادیر J/S از اسیلوسکوپ ۶۸
- شکل (۲-۵): هندسه‌ی صفحه هدایت ۷۰

- شکل (۲-۶): بلوک دیاگرام ردیابی اولیه و حلقه هدایتی موشک مادون قرمز ۷۱
- شکل (۲-۷): عبوردهی اتمسفری موج مادون قرمز ۷۵
- شکل (۲-۸): بلوک دیاگرام جستجوگر روبش چرخشی ۷۵
- شکل (۲-۹): رتیکل طلوع خورشید، نمایش مدولاسیون دامنه و قسمت خالی فازی ۷۷
- شکل (۲-۱۰): مراحل عملکرد یک جستجوگر ۷۷
- شکل (۲-۱۱): رتیکل نسل اول بهبود یافته ۷۸
- شکل (۲-۱۲): موشک SA-7 از سیستم‌های نسل اول جستجوگر مادون قرمز ۷۸
- شکل (۲-۱۳): شماتیک یک جستجوگر نسل دوم ۷۹
- شکل (۲-۱۴): رتیکل نوعی از مدل روبش مخروطی و مدولاسیون فرکانسی آن ۸۰
- شکل (۲-۱۵): رتیکل نسل دوم سیستم جستجوگر مادون قرمز ۸۱
- شکل (۲-۱۶): موشک از بعلاوه شکل و نمایش خروجی مدولاسیون فرکانسی ۸۲
- شکل (۲-۱۷): رتیکل برای ایجاد روبش شبه تصویری ۸۲
- شکل (۲-۱۸): الف: پرنده روبش پرگلی ب: رشته پالس تصویر روی محور ۸۴
- شکل (۲-۱۹): موشک Striper-RMP، نمونه یک سیستم نسل سوم ۸۴
- شکل (۲-۲۰): نمایش آشکاراکننده صفحه قانونی و روبش خطی از صحنه هدف ۸۶
- شکل (۲-۲۱): نمایش هدف گرفته شده و فاصلهای از جستجوگر چند رنگی ۸۶
- شکل (۲-۲۲): روبش صفحه قانونی خطی، موزائیکی تک رنگ و چند طیفی ۸۷
- شکل (۲-۲۳): آشکارساز چهار ربعی و تصویر خطی ردیابی ۸۸
- شکل (۲-۲۴): شکل موجهای مدولاسیون روبش چند رنگی ۹۲
- شکل (۲-۲۵): دیاگرام فازی تحت اختلال ۹۶
- شکل (۲-۲۶): حرکت دایره گردشی ۹۸
- شکل (۲-۲۷): ویژگیهای خطای ردیابی ۹۹
- شکل (۲-۲۸): شکل موج اختلال معمول ۱۰۱
- شکل (۲-۲۹): شکل موجهای هدف و اختلالگر مؤثر ۱۰۲
- شکل (۲-۳۰): اختلال یک جستجوگر روبش مخروطی ۱۰۵

- شکل (۲-۳۱): تأثیرات باندهای مربوط به منابع جسم سیاه ۱۱۳
- شکل (۲-۳۲): عمق مدولاسیون ۱۱۵
- شکل (۲-۳۳): پترن تشعشع فرفره‌های شکل ۱۲۰
- شکل (۲-۳۴): برجک مقابله‌کننده مادون قرمز لیزری جهت دار (AN/AAQ-24) ۱۲۴
- شکل (۲-۳۵): فلیر MJU-7 ۱۲۷
- شکل (۲-۳۶): فلیر حرکت‌کننده با پیش‌رانش ۱۳۰
- شکل (۲-۳۷): اثر مشاهده شده از فلیر پنهان ۱۳۱
- شکل (۲-۳۸): نمایی از منابع داخلی و خارجی وارد شده بر یک هواپیمای F-16 ۱۳۲
- شکل (۲-۳۹): تابش طیفی هواپیما ۱۳۳
- شکل (۲-۴۰): تابش ناشی از بدنه هواپیما ($W/m^2 \cdot \mu m$) ۱۳۴
- شکل (۲-۴۱): تابش گرم‌تور توربوفاون هواپیما ۱۳۵
- شکل (۲-۴۲): تابش ناشی از بدنه موتور ($W/m^2 \cdot \mu m$) ۱۳۷
- شکل (۲-۴۳): نمودار نسبتی برای ته به سرعت (عدد ماخ) ۱۳۸
- شکل (۲-۴۴): لایه‌های استوانه‌ای از موتور خروجی ۱۳۹
- شکل (۲-۴۵): گسیل طیفی مادون قرمز از موتور یک هواپیما ۱۴۰
- شکل (۲-۴۶): گسیل طیفی مادون قرمز از شعله‌ی هواپیما بعد از عبور از اتمسفر ۱۴۰
- شکل (۲-۴۷): دمای گاز آگزوز موتورهای توربوفاون توربوجت بویینگ ۱۴۱
- شکل (۲-۴۸): دمای گاز آگزوز موتور توربوفاون توربوجت پس‌سوز ۱۴۲
- شکل (۲-۴۹): عوامل اصلی ایجاد اثر مادون قرمز از یک هواپیما ۱۴۳
- شکل (۲-۵۰): گسیل تابش از سطح خورشید برای سطح زمین ۱۴۵
- شکل (۲-۵۱): اثر مادون قرمز جنگنده F-16، در باند طیفی ۳ تا ۱۰ میکرون ۱۴۷
- شکل (۲-۵۲): اثر یک هواپیما در چندین زاویه دید مختلف و برد ۱۰ کیلومتر ۱۴۸
- شکل (۲-۵۳): تعریف زوایای برخورد و بازتاب ۱۵۰

اشکال فصل سوم

- شکل (۱-۳): اخلال نویزی ۱۵۴
- شکل (۲-۳): اخلال فریب ۱۵۴
- شکل (۳-۳): اخلال از راه دور (SOJ) ۱۵۶
- شکل (۴-۳): اخلال با ایجاد اهداف کاذب راداری ۱۵۷
- شکل (۵-۳): اخلال توسط گارد همراه ۱۵۸
- شکل (۶-۳): اخلال خودمحافظ ۱۵۹
- شکل (۷-۱): بلوک دیاگرام رادار پالسی ۱۶۰
- شکل (۸-۳): گروه فرستنده ۱۶۱
- شکل (۹-۳): گیرنده ۱۶۳
- شکل (۱۰-۳): نمایشگر اسکوپ A ۱۶۴
- شکل (۱۱-۳): نمایشگر اسکوپ B ۱۶۵
- شکل (۱۲-۳): نمایشگر اسکوپ برد-ارتفاع (RHI) ۱۶۵
- شکل (۱۳-۳): نمایشگر اسکوپ (PPI) ۱۶۶
- شکل (۱۴-۳): رادار موج پیوسته C ۱۶۷
- شکل (۱۵-۳): اساس یک رادار دایره ای پیوسته ۱۶۸
- شکل (۱۶-۳): نمایشگر راداری دایره ای پیوسته ۱۶۸
- شکل (۱۷-۳): مقایسه رادار دایره ای پالسی و پیوسته ۱۶۹
- شکل (۱۸-۳): بلوک دیاگرام اساس یک رادار دایره ای پالسی ۱۷۰
- شکل (۱۹-۳): رادار تک پالسی ۱۷۱
- شکل (۲۰-۳): مدار Magic-T تک پالسی ۱۷۲
- شکل (۲۱-۳): نمایش چگونگی ردیابی بیم راداری ۱۷۲
- شکل (۲۲-۳): نمایش ابهام در برد ۱۷۴
- شکل (۲۳-۳): ردیاب برد دروازه دو بخشی ۱۷۶
- شکل (۲۴-۳): ردیاب برد لبه جلویی ۱۷۷

شکل (۳-۲۵): ردیاب برد لبه جلوئی	۱۷۸
شکل (۳-۲۶): مدولاسیون روبش مخروطی	۱۷۹
شکل (۳-۲۷): خطاهای ردیابی روبش مخروطی	۱۷۹
شکل (۳-۲۸): ردیابی روبش مخروطی	۱۸۰
شکل (۳-۲۹): بیمهای رادار ردیابی حین روبش متداول	۱۸۱
شکل (۳-۳۰): ردیابی فاصله سمتی رادار TWS متداول	۱۸۲
شکل (۳-۳۱): رادار TWS آرایه فازی	۱۸۴
شکل (۳-۳۲): نمایشگر TWS هوا به هوا	۱۸۴
شکل (۳-۳۳): حلقه ردیابی TWS آرایه فازی / سطحی	۱۸۵
شکل (۳-۳۴): روش LOR	۱۸۶
شکل (۳-۳۵): مدار Magic-T تک پالسی	۱۸۸
شکل (۳-۳۶): سیگنالهای خروجی Magic-T	۱۸۹
شکل (۳-۳۷): حلقه‌های ردیابی تک پالسی	۱۹۰
شکل (۳-۳۸): رادار موج پیوسته	۱۹۰
شکل (۳-۳۹): تعیین برد رادار موج پیوسته ملد سیون FM	۱۹۲
شکل (۳-۴۰): تعیین برد رادار FM-CW (با حرکت نسبی)	۱۹۳
شکل (۳-۴۱): مقایسه رادار موج پیوسته و رادار داپلر پالسی	۱۹۶
شکل (۳-۴۲): ابهام و نامعلومی برد	۱۹۷
شکل (۳-۴۳): دروازه سرعت داپلری پالسی	۱۹۸
شکل (۳-۴۴): ابهام برد	۱۹۹
شکل (۳-۴۵): گرفتگی برد	۱۹۹
شکل (۳-۴۶): حل نمودن مشکل ابهام برد	۲۰۰
شکل (۳-۴۷): انطباق فرکانسی صحیح، روی نمایشگر PPI	۲۰۱
شکل (۳-۴۸): نمایش سیگنال به نویز	۲۰۳
شکل (۳-۴۹): برد اثرگذاری اخلاص معروف به "Burnthrough"	۲۰۴

- شکل (۳-۵۰): سطح نويز در خروجی یک گیرنده رادار معمول ۲۰۶
- شکل (۳-۵۱): نمایشی از اخلاخل نويزی ۲۰۶
- شکل (۳-۵۲): چگالی توان- پهنای باند باریک ۲۰۷
- شکل (۳-۵۳): چگالی توان- پهنای باند وسیع ۲۰۷
- شکل (۳-۵۴): سیستم اخلاخل نويزی مدوله شده ی فرکانسی ۲۱۰
- شکل (۳-۵۵): اخلاخل سدّی ۲۱۱
- شکل (۳-۵۶): اخلاخل نقطه ای ۲۱۲
- شکل (۳-۵۷): تأثیر اخلاخل نقطه ای ۲۱۳
- شکل (۳-۵۸): اخلاخل جاروب نقطه ای ۲۱۴
- شکل (۳-۵۹): اخلاخل پوشنده پالسی ۲۱۵
- شکل (۳-۶۰): پالس پوششی بیرون کشیدن دروازه ی برد ۲۱۵
- شکل (۳-۶۱): پالس پوششی بیرون کشیدن دروازه ی سرعت ۲۱۶
- شکل (۳-۶۲): اخلاخل مدوله شده رویش مخروطی ۲۱۷
- شکل (۳-۶۳): اخلاخل مدوله شده TWS ۲۱۸
- شکل (۳-۶۴): سیستم اخلاخل فرکانسی ۲۱۹
- شکل (۳-۶۵): تولید هدف کاذب ۲۲۱
- شکل (۳-۶۶): ردیابی دروازه برد ۲۲۴
- شکل (۳-۶۷): پالس پوششی اخلاخل دروازه ی برد ۲۲۴
- شکل (۳-۶۸): بیرون کشیدن دروازه برد (GPO) ۲۲۵
- شکل (۳-۶۹): تکنیک بیرون کشیدن دروازه برد (RC) ۲۲۶
- شکل (۳-۷۰): اخلاخل مدولاسیون دامنه ی معکوس ۲۲۹
- شکل (۳-۷۱): اخلاخل گر بهره ی معکوس ۲۲۹
- شکل (۳-۷۲): اخلاخل موج مربعی جاروب شده ۲۳۱
- شکل (۳-۷۳): دروازه ی ردیابی سرعت ۲۳۲
- شکل (۳-۷۴): تسخیر دروازه سرعت ۲۳۳

- شکل (۳-۷۵): بیرون کشیدن دروازه‌ی سرعت (VGPO) ۲۳۴
- شکل (۳-۷۶): اخلال نویزی داپلری ۲۳۵
- شکل (۳-۷۷): اثر اخلال نویزی داپلری ۲۳۶
- شکل (۳-۷۸): نویز داپلری باند باریک ۲۳۷
- شکل (۳-۷۹): پنهان سازی بسته‌ی سرعت ۲۳۸
- شکل (۳-۸۰): بسته‌ی اخلال هدف کاذب داپلری ۲۳۹
- شکل (۳-۸۱): گیرنده‌ی رادار تک پالسی ۲۴۰
- شکل (۳-۸۲): پالس اخلال کناره فیلتر ۲۴۱
- شکل (۳-۸۱): اخلال فیلتر کناره غیر مؤثر ۲۴۲
- شکل (۳-۸۴): فکانس تصویر رادار تک پالسی ۲۴۲
- شکل (۳-۸۵): اخلال تصویر رادار تک پالسی ۲۴۳
- شکل (۳-۸۶): پهنای آنتن اشش متقاطع ۲۴۴
- شکل (۳-۸۷): اخلال کج بینی کیفیت محور ردیابی ۲۴۵
- شکل (۳-۸۸): اخلال کج بینی ۲۴۶
- شکل (۳-۸۹): انعکاس از زمین ۲۴۷
- شکل (۳-۹۰): اخلال مشترک ۲۴۹
- شکل (۳-۹۱): هدف مصنوعی دنباله رو ۲۵۲
- شکل (۳-۹۲): شکل معمول یک هدف مصروف ۲۵۵
- شکل (۳-۹۳): "WINDOW" - اولین بکارگیری سی جف ۲۵۵
- شکل (۳-۹۴): سطح مقطع راداری هواپیما (RCS) ۲۵۷
- شکل (۳-۹۵): سطح مقطع راداری کارتریج چف RR-170 ۲۵۸
- شکل (۳-۹۶): زاویه دید رادار تهدید و سطح مقطع راداری چف ۲۵۹
- شکل (۳-۹۷): تأثیر بکارگیری بسته‌های مختلف چف روی سطح مقطع راداری ۲۵۹
- شکل (۳-۹۸): طول چف و پوشش فرکانسی ۲۶۰
- شکل (۳-۹۹): کارتریج چف RR-170 ۲۶۱

- شکل (۳-۱۰۰): آشفستگی در جریان هوا توسط هواپیما و آهنگ گسترش چف ۲۶۲
- شکل (۳-۱۰۱): آهنگ گسترش چف و فضای اشغالی توسط پالسهای رادار ۲۶۳
- شکل (۳-۱۰۲): قطبش چف ۲۶۵
- شکل (۳-۱۰۳): تاکتیکهای اشباع ناحیه ۲۶۶
- شکل (۳-۱۰۴): تاکتیکهای ایجاد دالانی از چف ۲۶۷
- شکل (۳-۱۰۵): تاکتیک چف خود محافظ ۲۶۹
- شکل (۳-۱۰۶): اثر چف خود محافظ روی رادار ردیابی حین روبش (TWS) ۲۷۰
- شکل (۳-۱۰۷): اثر چف خود محافظ روی رادارهای روبش مخروطی ۲۷۰
- شکل (۳-۱۰۸): اثر چف خود محافظ روی رادارهای تک پالسی ۲۷۱
- شکل (۳-۱۰۹): چف خود محافظ روی یک رادار داپلری ۲۷۲
- شکل (۳-۱۱۰): بعضی تکنیکهای استفاده شده برای نهان کاری هواپیما ۲۷۳
- شکل (۳-۱۱۱): رادار فزونی از پراکندگی برگشتی یک آنتن آرایه سطحی ... ۲۷۶
- شکل (۳-۱۱۲): بازتاب ناشی از ساختار آنتن ۲۷۷

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): نامگذاری طیفی..... ۲۶
- جدول (۲-۱): باندهای راداری و سیستم‌های استفاده شده نوعی در هر باند..... ۲۸
- جدول (۳-۱): مقادیر نوعی پارامترهای مؤثر هشدار دهنده‌ی تقرب موشک..... ۳۰
- جدول (۴-۱): مقادیر تأثیر گذار برای یک هشدار دهنده لیزری..... ۳۱
- جدول (۵-۱): ضرائب کاهش نور در باند طیفی ۸ تا ۱۲ میکرومتر..... ۳۵
- جدول (۶-۱): تغییرات دمایی رادیومتریکی آسمان با شرایط اتمسفر..... ۴۶
- جدول (۷-۱): مدایی اتمسفری در باند موج میلیمتری..... ۴۷
- جدول (۸-۱): باندهای کانسی گیرنده‌ی هشدار دهنده‌ی راداری..... ۵۰
- جدول (۱-۲): سیگنال‌ها و نمونه مثال..... ۶۴
- جدول (۲-۲): نواحی تصویر سازی نوعی روی محور..... ۶۵
- جدول (۳-۲): سطح تشعشع..... ۱۱۴
- جدول (۴-۲): نمایش حسگرها باند طیفی آنها..... ۱۴۸
- جدول (۱-۳): تواناییهای ردیابی دایره..... ۱۹۸

مقدمه

با توسعه‌ی تکنولوژی، سیستم‌های جدید تسلیحاتی به طور فزاینده‌ای متکی بر قطعات و مدارهای الکترونیکی می‌باشد. این قطعات و مدارها در نشانه‌گیری دقیق توپخانه، هدفگیری بمب‌ها، سامانه‌های هدایت و کنترل جنگ‌افزارها، مدارهای مخابراتی ارسال تصویر، فرامین کنترلی موشک‌ها و هواپیماهای بدون سرنشین نقش حیاتی و ارزنده‌ای را ایفاء می‌کنند.

این پیشرفت در میدان مقابل نیز باعث گسترش و ساخت سیستم‌های مقابله‌کننده در برابر سیستم‌ای نیز ساخته شده گردید. توسعه‌ی تکنولوژی‌ها، استفاده‌ی عملیاتی از طیف الکترومغناطیسی را در هدایت و کنترل تسلیحات افزایش داده است؛ ولی این باعث ایجاد آسیب‌پذیری سیستم در مقابل اقدامات ضد الکترونیکی و مقابله‌کننده‌های اختلال‌گر نویزی و فریب می‌شود. اقدامات به منظور جلوگیری و یا کاهش تأثیرات طیف الکترومغناطیسی دشمن شامل روش‌های است مرتبط با تاکتیک‌ها، تجهیزات و تسلیحات وابسته به آن که برای آشکارسازی و حذف به سامانه‌های فرماندهی دشمن می‌باشد.

معمولاً مقابله‌کننده‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند. یکی مقابله‌کننده با سیستم‌های تسلیحاتی و دیگری مقابله‌کننده‌های الکترونیکی روی سیستم‌های مخابراتی. مطالب این کتاب در رابطه با بررسی سیستم‌های مقابله‌کننده‌ی وابسته به سامانه‌ای از مقابله‌کننده با سیستم‌های تسلیحاتی دشمن است، می‌باشد. این موضوع پیرامون مسائلی چون مقابله با سیستم‌های هدایتگر مادون قرمز، مقابله با سیستم‌های لیزری، مقابله با اختلال در سیستم‌های راداری با اختلال‌گرهای نویز و فریب به ویژه چف و فلیر و اهداف فریبنده و روش‌های طراحی نوین برای کاهش اثر به جامانده از هواپیما در طیف‌های مادون قرمز و راداری، برای پنهان ماندن می‌باشد.

هر اقدام مقابله‌ای با آشکارسازی و شناسایی تهدید قریب‌الوقوع به واسطه‌ی هشداردهنده‌ها آغاز می‌شود. این هشداردهنده‌ها در واقع به عنوان دسته‌ای از سیستم‌های مقابله‌کننده‌ی هواپرد در فصل اول مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

فصل دوم به توضیح روش‌های مقابله با سیستم‌های هدایتگر مادون قرمز و تکنیک‌های اختلال در مقابل موشک‌های هدایت مادون قرمز می‌پردازد. به این منظور، ابتدا روش‌های روبش جستجوگر و پردازش سیگنال را برای جستجوگرهای مختلف شرح می‌دهیم. در حقیقت به بررسی نقاط ضعف این جستجوگرها پرداخته تا چگونگی بهره‌گیری از این ضعف در جهت مقابله با آنها مشخص گردد. همچنین تکنیک‌های ضد مقابله‌کننده‌ها در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه تکنولوژیهای مختلف استفاده شده در ساخت منابع اختلالگر شرح داده می‌شود و در نهایت، مباحثی درباره فلیز، یکی از قدیمی‌ترین ولی در عین حال پرکاربردترین شیوه‌های ایجاد فریب در سیستم‌های هدایتگر مادون قرمز مطرح می‌شوند.

همچنین به مقابله از طریق خنثی‌سازی، استتار و پوشش و روش‌های کاهش علائم و اثر به‌جامانده در سطح مادون قرمز می‌پردازیم و شیوه‌های مهم به کار رفته در طراحی نوین برای کاهش اثر دپیمما در این طیف ذکر می‌گردد.

در فصل پنجم، ابتدا برای سیستم‌های راداری مختلف و شیوه‌های ردیابی هدف در این رادارها تشریح می‌گردد تا بعد در درک اصول مختلف راداری برای مخاطب بینشی مقدماتی ایجاد کند. در ادامه شیوه‌های مختلف اختلال نویزی و فریب راداری، کاربرد آن بر علیه رادارهای مختلف و نیز مزایا و معایب آنها تشریح گردیده است؛ همچنین به کارگیری اهداف مصنوعی فریب‌ناپذیر و به کارگیری چف به صورت جداگانه مورد بحث قرار خواهند گرفت.

مجید بهنام پور، علیرضا زارعان

محمدهادی احمدی

(دی ماه ۱۳۹۰)