بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه مخابرات

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق – مخابرات

بررسی روش‌های حذف اکوهای ناخواسته و چندمسیری در سیستم‌های مخابراتی پسیو

استاد راهنما: دکتر محمدرضا تابان

استاد مشاور: دکتر جمشید ابویی

پژوهش و نگارش: فرزاد انصاری

مهر 1391

تقدیم به:

طراوت احساس همسرم،بهترین همدم زندگیم

به شانه‌های استوار پدرم، بهترین تکیه‌گاه زندگیم

به ترنم دعای مادرم، بهترین مهربان زندگیم

تشکر و قدردانی:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّوجلّ:"

ازپدر و مادر عزیزم...این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاوری بی‌چشم داشت برای من بوده‌اند.

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر محمد رضا تابان، که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، از استاد با تقوا، جناب آقای دکتر جمشید ابویی، که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند؛ و از استادان فرزانه و دلسوز، جناب آقای دکتر علی اکبر تدین تفت و جناب آقای دکتر مسعود رضا آقا بزرگی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده:

در سال‌های اخیر رادار پسیو برای مخفی شدن از دید دیگر رادارها و آشکارسازی اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع از رادارها فرستنده ندارند و از سیگنال‌های مغتنم موجود در فضا مانند سیگنال TV، رادیو FM و . . . استفاده می‌کنند. در این پایان‌نامه سیگنال مغتنم مورد استفاده در رادار پسیو رادیو FM تجاری در نظر گرفته شده است.

در رادارهای پسیو موانعی وجود دارد که باید آنها را رفع نمود تا امکان آشکارسازی اهداف میسر شود؛ از جمله این موانع، سیگنال مستقیم با توان بالا، اکوهای ناخواسته (کلاتر) و چند مسیری می‌باشند. در این مستند سعی بر آن است که اکوهای ناخواسته و چند مسیری از سیگنال گیرنده رادار پسیو حذف شوند. برای حذف اکوهای ناخواسته و سیگنال مستقیم روش‌های متعددی از قبیل استفاده از فیلترهای وفقی و روش‌های مبتنی بر زیر فضا وجود دارند که در این پایان نامه روش‌های مبتنی بر زیر فضا بررسی می‌شوند. در این پایان‌نامه روابط ریاضی و شبیه‌سازی مربوط به هر الگوریتم آورده می‌شود و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به اینکه روش‌های مبتنی بر زیر فضا دارای پیچیدگی محاسباتی بالایی می‌باشند سعی می‌شود راهکارهایی برای کاهش پیچیدگی محاسباتی ارائه شود.

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول: مقدمه

1-1- مقدمه 2

2-1- پیشینه رادارهای پسیو 2

3-1- عملکرد رادارهای پسیو 4

4-1- مزایا و معایب رادارهای پسیو 5

5-1- انواع روش‌های پردازش سیگنال در رادارهای پسیو 7

1-5-1- پردازش سیگنال به روش باند باریک 7

2-5-1- پردازش سیگنال به روش چند ایستایی 7

2-5-1- پردازش سیگنال به روش پهن باند 7

6-1- روش‌های موجود برای حذف عوامل مزاحم در رادارهای پسیو مبتنی بر سیگنال FM 8

1-6-1- روش‌های وفقی 9

2-6-1- روش‌های مبتنی بر زیر فضا 11

3-6-1- روش‌های شهودی 12

4-6-1- روش‌های مبتنی بر نول گذاری در فضا 13

7-1- ساختار پایان‌نامه 14

فصل دوم: معرفی مفاهیم پایه‌ای مورد استفاده در تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌ها

1-2- مقدمه 17

2-2- نحوه ایجاد سیگنال در کانال دیده‌بان و مرجع 17

3-2- تعریف توان سیگنال به توان نویز و نسبت توان سیگنال به توان کلاتر 18

4-2- کلاتر ایستا و غیر ایستا 19

5-2- تابع ابهام 20

6-2- نحوه نمونه‌برداری از سیگنال در کانال مرجع و دیده‌بان 21

7-2- تفکیک دوپلر و تفکیک فاصله 23

2-8- نحوه محاسبه تضعیف دامنه کلاتر و هدف 23

فصل سوم: حذف اکوهای ناخواسته در رادارهای پسیو مبتنی بر روش زیر فضا

3-1- مقدمه 27

3-2- روش حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم به صورت گسترده (ECA) 27

3-3- روش حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم به صورت پی‌درپی (SCA) 29

3-4- روش حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم پیشنهادی EM (EMCA) 32

3-5- روش حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم با استفاده از فیلتر پیشنهادی کالمن (KFCA) 39

3-6- پیاده‌سازی الگوریتم‌های حذف کلاتر و سیگنال مستقیم مبتنی بر پردازش بسته‌ای 41

3-7- چگونگی استفاده از بردار داده کوچکتر در الگوریتم‌های حذف کلاتر و سیگنال مستقیم مبتنی بر روش‌های زیر فضا 44

3-8- نتیجه‌گیری 48

فصل چهارم: شبیه‌سازی و مقایسه الگوریتم‌های حذف اکوهای ناخواسته در رادارهای پسیو مبتنی بر روش زیر فضا

4-1- مقدمه 52

4-2- سناریوهای مورد بررسی 52

4-3- رسم تابع ابهام سیگنال دریافتی قبل از اعمال الگوریتم‌های حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری 55

4-4- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از الگوریتم ECA 56

4-5- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از الگوریتم SCA 64

4-6- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از الگوریتم EMCA 68
4-7- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از الگوریتم KFCA 73
4-8- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از الگوریتم‌های پردازش بسته‌ای 76
4-8-1-پیاده‌سازی الگوریتم ECA-B 77
4-8-2- پیاده‌سازی الگوریتم SCA-B 78
4-8-3- پیاده‌سازی الگوریتم EMCA-B 80
4-8-4- پیاده‌سازی الگوریتم KFCA-B 81
4-9- رسم تابع ابهام بعد از حذف اکوهای ناخواسته و چند مسیری با استفاده از داده ورودی با ابعاد کمتر در روش‌های مبتنی بر زیر فضا 82
4-9-1-رسم تابع ابهام بعد از اجرای الگوریتم ECA با استفاده از داده ورودی با ابعاد کاهش یافته 83
4-9-2-رسم تابع ابهام بعد از اجرای الگوریتم SCA با استفاده از داده ورودی با ابعاد کاهش یافته 84
4-9-3-رسم تابع ابهام بعد از اجرای الگوریتم EMCA با استفاده از داده ورودی با ابعاد کاهش یافته 85
4-9-4-رسم تابع ابهام بعد از اجرای الگوریتم KFCA با استفاده از داده ورودی با ابعاد کاهش یافته 86
4-10- مقایسه الگوریتم‌های حذف کلاتر و سیگنال مستقیم مبتنی بر روش زیر فضا از نظر پیچیدگی محاسباتی و حجم حافظه مورد نیاز 87
4-11- مقایسه الگوریتم‌های حذف کلاتر و سیگنال مستقیم مبتنی بر روش زیر فضا با استفاده از دو معیار TA و CA 89

4-11-1-محاسبه معیار **CA** در الگوریتم‌های مختلف حذف اکوهای ناخواسته 89
4-11-2-محاسبه معیار TA در الگوریتم‌های مختلف حذف اکوهای ناخواسته.....92
4-11-3-محاسبه مقدار CA و TA نسبت به تغییرات تعداد مراحل تکرار الگوریتمEMCA 94
4-12- نتیجه‌گیری.....95

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

5-1- نتیجه‌گیری 99
5-2- پیشنهادات 102
مراجع.....103

فهرست شکل‌ها

صفحه

شکل1-1- سناریوی کلی عملکرد رادارهای پسیو 5

شکل1-2- حلقه فیدبک در در روش‌های وفقی 10

شکل2-1- نحوه تولید سیگنال در گیرنده آنتن دیده‌بان 18

شکل2-2- نحوه تولید سیگنال در گیرنده آنتن مرجع 21

شکل2-3- نحوه ارزیابی عملکرد روش‌های حذف کلاتر مختلف 23

شکل3-1- طرح شماتیک نحوه اجرای الگوریتم SCA 31

شکل 3-2- نحوه اجرای الگوریتم EM برای حذف کلاتر وسیگنال مستقیم 38

شکل 3-3- نحوه اجرای الگوریتم کالمن برای حذف کلاتر و سیگنال مستقیم 42

شکل 3-4- نحوه اجرای الگوریتم‌های حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از پردازش بسته‌ای 43

شکل 4-1- موقعیت مکانی عوامل دخیل در سناریوی اول 53

شکل 4-2- موقعیت مکانی عوامل دخیل در سناریوی دوم 54

شکل 4-3-تابع ابهام سناریوی دوم قبل از اعمال الگوریتم‌های حذف کلاتر و چند مسیری ... 53

شکل 4-4- تابع ابهام سناریوی دوم قبل از اعمال الگوریتم‌های حذف کلاتر و چند مسیری در دوپلر صفر 55

شکل 4-5-تابع ابهام سناریوی دوم قبل از اعمال الگوریتم‌های حذف کلاتر و چند مسیری در تاخیر صفر 56

شکل 4-6-رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از اجرای الگوریتم ECA در سناریوی اول 56

شکل 4-7-تابع ابهام بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در دوپلر صفر هرتز در سناریوی اول 57

شکل 4-8-تابع ابهام بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در دوپلر 50- هرتز در سناریوی اول 57

شکل 4-9- تابع ابهام بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در تاخیر 0.3 میلی ثانیه در سناریوی اول.....58
شکل 4-10-تابع ابهام بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در دوپلر 100 هرتز در سناریوی اول.....58
شکل 4-11- تابع ابهام بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در تاخیر 0.5 میلی ثانیه در سناریوی اول 58
شکل 4-12- رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم حذف اهداف قوی در سناریوی اول 59
شکل 4-13-رسم تابع ابهام در دوپلر 50 هرتز بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم و اهداف قوی در سناریوی اول 59
شکل 4-14- رسم تابع ابهام در تاخیر 0.6 میلی‌ثانیه هرتز بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم و اهداف قوی در سناریوی اول 60
شکل 4-15- رسم خروجی تابع ابهام بر حسب dB بعد از اجرای الگوریتم ECA در سناریوی دوم 61
شکل 4-16-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در دوپلر 50-هرتز 61
شکل 4-17- تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در تاخیر 0.3 میلی ثانیه 61
شکل 4-18-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در دوپلر 100 هرتز 62
شکل 4-19-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم ECA در تاخیر 0.5 میلی ثانیه 62
شکل 4-20-رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم ECA و حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در سناریوی دوم 63

شکل 4-21-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم‌های ECA و شهودی در دوپلر 50 هرتز 63
شکل 4-22-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم و اهداف قوی با استفاده از الگوریتم‌های ECA و شهودی در تاخیر 0.6 میلی ثانیه 64
شکل 4-23-رسم خروجی تابع ابهام بر حسب dB بعد از اجرای الگوریتم SCA در سناریوی دوم 65
شکل 4-24-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم SCA در دوپلر 50- هرتز 65
شکل 4-25-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم SCA در تاخیر 0.3 میلی ثانیه 66
شکل 4-26-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم SCA در دوپلر 100 هرتز 66
شکل 4-27-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم SCA در تاخیر 0.5 میلی ثانیه 66
شکل 4-28-رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم SCA و حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در سناریوی دوم 67
شکل 4-29-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم‌های SCA و شهودی در دوپلر 50 هرتز 67
شکل 4-30-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم و اهداف قوی با استفاده از الگوریتم‌های SCA و شهودی در تاخیر 0.6 میلی ثانیه 68
شکل 4-31-رسم خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی بر حسب dB بعد از اجرای الگوریتم EMCA در سناریوی اول 69
شکل 4-32-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم EMCA در دوپلر 50- هرتز 70

شکل 4-33-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم EMCA در تاخیر 0.3 میلی ثانیه 70
شکل 4-34-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم EMCA در دوپلر 100 هرتز.....70
شکل 4-35-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم EMCA در تاخیر 0.5 میلی ثانیه 71
شکل 4-36-رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم EMCA و حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در سناریوی اول.....71
شکل 4-37-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم‌های EMCA و شهودی در دوپلر 50 هرتز 72
شکل 4-38-تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم‌های EMCA و شهودی در تاخیر 0.6 میلی ثانیه 72
شکل 4-39-رسم خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی بر حسب dB بعد از اجرای الگوریتم KFCA در سناریوی دوم 73
شکل 4-40-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم KFCA در دوپلر 50- هرتز 74
شکل 4-41-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم KFCA در تاخیر 0.3 میلی ثانیه 74
شکل 4-42-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم KFCA در دوپلر 100 هرتز.....74
شکل 4-43-تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر با استفاده از الگوریتم KFCA در تاخیر 0.5 میلی ثانیه 75
شکل 4-44-رسم تابع ابهام بر حسب dB بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم KFCA و حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در سناریوی دوم 75

شکل 4-45- تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم KFCA و حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در دوپلر 50 هرتز 76
شکل 4-46- تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مستقیم با استفاده از الگوریتم KFCAو حذف اهداف قوی به کمک الگوریتم شهودی در تاخیر 0.6 میلی ثانیه 76
شکل 4-47-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم ECA-B 77
شکل 4-48-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم ECA-B و برداشتن اهداف قوی با استفاده از الگوریتم شهودی 78
شکل 4-49-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم SCA-B 79
شکل 4-50-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم SCA-B و برداشتن اهداف قوی با استفاده از الگوریتم شهودی 79
شکل 4-51-خروجی تابع ابهام سناریوی اول بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم EMCA-B 80
شکل 4-52-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم EMCA-B و برداشتن اهداف قوی با استفاده از الگوریتم شهودی 81
شکل 4-53- خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر و سیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم KFCA-B 81
شکل 4-54-خروجی تابع ابهام سناریوی دوم بعد از حذف کلاتر وسیگنال مسیر مستقیم با استفاده از الگوریتم KFCA-B و برداشتن اهداف قوی با استفاده از الگوریتم شهودی..... 82
شکل 4-55-خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی با داده ورودی با ابعاد کاهش یافته در سناریوی دوم با استفاده از الگوریتم ECA 83
شکل 4-56-خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی با داده ورودی با ابعاد کاهش یافته در سناریوی دوم با استفاده از الگوریتم SCA 84

شکل 4-57-خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی با داده ورودی با ابعاد کاهش یافته در سناریوی اول با استفاده از الگوریتم EMCA 85
شکل 4-58-خروجی تابع ابهام در حالت دو بعدی با داده ورودی با ابعاد کاهش یافته در سناریوی دوم با استفاده از الگوریتمKFCA 86
شکل 4-59-نمودار مقدار TA به ازای تغییرات تعداد بسته در الگوریتم‌های مختلف 92
شکل 4-60-نمودار مقدار CA نسبت به تغییرات پارامتر q در الگوریتم EMCA 94
شکل 4-61-نمودار مقدار TA نسبت به تغییرات پارامتر q در الگوریتم EMCA 95

فهرست جدول‌ها صفحه

جدول 4-1- موقعیت دوپلر – تاخیر و SNR اهداف در سناریوهای اول و دوم 53

جدول 4-2- تاخیر و SNR کلاترهای ایستا در سناریوی اول 53

جدول 4-3- تاخیر و SNR کلاترهای ایستاو غیر ایستا در سناریوی دوم 54

جدول 4-4- موقعیت و SNR هدف و کلاتر در سناریوی سوم 54

جدول 4-5- پیچیدگی محاسباتی و حجم حافظه مورد نیاز چهار الگوریتم اصلی روش زیر فضا 87

جدول 4-6- حجم حافظه مورد نیاز الگوریتم‌های مختلف در حالت پردازش بسته‌ای 88

جدول 4-7- پیچیدگی محاسباتی و حجم حافظه مورد نیاز الگوریتم‌ها با استفاده از داده ورودی با ابعاد کاهش یافته 88

جدول 4-8- مقدار CA برای چهار الگوریتم ECA، SCA، EMCA، KFCA 90

جدول 4-9- مقدار CA بر حسب تغییرات b برای چهار الگوریتمECA-B، SCA-B، BEMCA-، KFCA-B 91

جدول 4-10- مقدار TA بر حسب تغییرات d برای چهار الگوریتمECA ، SCA ، EMCA، KFCA 91

فصل اول

مقدمه

1-1- مقدمه

امروزه سیستم‌های رادار نقش مهمی را در مسائل نظامی بازی می‌کنند و این موضوع باعث شده است که راداریکی از اهداف مورد تهاجم باشد. برای کاهش احتمال شناسایی رادار توسط ایستگاه شناسایی دشمن، تحقیقات متفاوتی تاکنون انجام شده است. یکی از نتایج اصلی این تحقیقات، استفاده از رادار پسیو می‌باشد، راداری که می‌تواند با استفاده از انواع فرستنده‌های مستقل غیر وابسته به رادار، بدون اینکه خود مورد شناسایی واقع شود به آشکارسازی اهداف هوایی بپردازد. در این نوع رادارها می‌توان از سیگنال‌های تلویزیون[1]، رادیو[2]، ماهواره‌ای [3] و ... موجود در فضا، به جای سیگنال ارسالی استفاده کرد. برای دانستن اینکه استفاده از کدام سیگنال در رادارهای پسیو مناسبتر است لازم است اطلاعاتی از جمله تفکیک پذیری[1]، سطح لوب‌های کناری هم در برد و هم در دوپلر و . . . در مورد سیگنال در اختیار باشد. در این پایان نامه از سیگنال‌های رادیویی FM تجاری استفاده می‌شود که در قسمت‌های بعد مزیت‌ها و معایب این شکل موج ذکر خواهند شد. رادارهای پسیو با توجه به شکل موج مورد استفاده، می‌توانند ساختار متفاوتی داشته باشند و به همین دلیل تقسیم بندی‌هایی نیز برای انواع رادار پسیو در نظر گرفته شده است.

تکنیک‌های پردازشی در این رادارها، استفاده از فیلتر منطبق (تشکیل تابع ابهام [4و5]) می‌باشد. با استفاده از تابع ابهام، موقعیت رنج-دوپلر اهداف و کلاتر قابل تشخیص است. درضمن در این نوع رادارها، موانعی وجود دارد که باید قبل از اعمال تکنیک‌های پردازشی تابع ابهام، آنها را رفع نمود. از جمله این موانع می‌توان به توان بالای سیگنال مستقیم، سیگنال هدف با توان کم، اثرات چند مسیری در کانال هدف و وجود کلاتر اشاره کرد.

1-2- پیشینه رادارهای پسیو

تدبیر ساخت رادارهایی که آشکارسازی را بوسیله امواجی که از اهدف ساطع می‌شوند انجام می دهند ایده جدیدی نیست. اولین آزمایش‌ها در سال 1935 توسط رابرت واتسون وات[2] در انگلستان صورت پذیرفت . او توانست یک بمب افکن HPH را توسط امواج کوتاه در 12 کیلومتری تشخیص دهد.

[1] Resolution
[2] Robert Watson-Watt

رادارهای اولیه همگی ایستا[1] بودند زیرا تکنولوژی به اندازه‌ای پیشرفت نکرده بود تا آنتن را قادر نماید تا از فرستندگی به گیرندگی تغییر وضعیت دهد. کشورهای زیادی از سیستم‌های ایستا در شبکه‌های دفاع هوایی استفاده می‌کردند. به صورت مثال در اوایل سال 1930 انگلستان سیستم خانه زنجیره‌ای[2] را راه‌اندازی کرد. فرانسوی ها از یک رادار ایستای موج دائم (CW[3]) در سیستمی به نام Fence استفاده کردند. شوروی سیستم RUS-1 را ساخت و ژاپن Type A را ساخت.

آلمانی‌ها از سیستم رادار غیر فعال دوپایه در طول جنگ جهانی دوم استفاده کردند. این سیستم KleineHeidelberg نامیده می‌شد که مثل دریافت کننده‌های ایستا عمل می‌کرد و از سیستم داخلی رادارهای انگلیسی برای آشکار نمودن هواپیماها در بخش‌های جنوبی دریای شمال استفاده می‌کرد.

در اوایل دهه 1950 هنگامی که خصوصیات جالبی از پدیده انعکاس انرژی ساطع شده در رادار آشکار شد، سیستم‌های دو پایه مجدداً مورد توجه قرار گرفتند. در حقیقت Seigl در سال 1955 در گزارش توصیفی خود از ویژگی‌های پدیده انعکاس انرژی، برای اولین بار اصطلاح دو پایه را به کار برد. آزمایشاتی که در آمریکا انجام گرفت منجر به ایجاد یک سیستم دو پایه به نام رادار ANFPS-23 در خط اعلام خطر دور برد (DEW) در شمال آمریکا شد. رادار ANFPS-23، رادار حفاظتی موج پیوسته دو پایه با پرتوی ثابت بود که در سال 1955 به منظور هشدار اولیه دور برد در برابر بمب افکن‌های ارتفاع پایین توسعه یافت. رادار فوق به منظور پر کردن شکاف‌های ارتفاع پست میان رادارهای تک پایه دیده‌بان طراحی و حدود 5 سال نیز در خط DEW به کار گرفته شد[6]. یکی از پروژه‌هایی که در کنفرانس دهه 1960 مطرح شد پروژه Aquarius بود که توسط آژانس پروژه تحقیقاتی پیشرفته (ARPA) حمایت شده و به وسیله لابراتورهای دفاعی الکترونیکی سیلوانیا هدایت گردید. این پروژه تحقیقاتی برای آزمایش امکان ردیابی موشک‌های بالستیک پرتاب شده از زیردریایی و هواپیمای در حال پرواز در ارتفاع پایین با استفاده از سیستم رادار غیر فعال دو پایه طراحی شده بود. ظهور قابلیت محاسباتی ارزان و فناوری گیرنده‌های دیجیتالی در

[1] Static
[2] Chain Room
[3] Continuous Wave

دهه 1980، منجر به گرایش مجدد به سمت فناوری رادار غیر فعال گردید. برای اولین بار فناوری‌ها به طراحان اجازه دادند که تکنیک‌های دیجیتالی پردازش سیگنال را به منظور بهره‌مندی از سیگنال‌های متنوع پخش بکار برند. و نیز به کارگیری تکنیک‌های همبستگی متقابل و دستیابی به بهره کافی پردازش سیگنال را به منظور شناسایی هدف و تخمین دامنه دو پایه و تغییر دوپلری امکان‌پذیر نمودند. در این زمینه برنامه‌های دارای طبقه‌بندی (سری) در کشورهای مختلف وجود داشته اما اولین اعلام یک سیستم تجاری، توسط گروه لاکهید مارتین در 1998 بود که با سیستم تجاری Silent Sentry که از فرستنده‌های آنالوگ تلویزیونی و FM رادیویی بهره‌برداری می‌کرد، ارائه گردید. این واقعیت که گرایش نسبت به رادار غیر فعال در کاربردهای دفاعی به قرن 21 هم کشیده شده است، از طریق سومین کنفرانس بین المللی "رادار غیر فعال و پنهان" در سال 2003 مشخص گردید. این کنفرانس در لابراتور فیزیک کاربردی در دانشگاه واشنگتن سیاتل در تاریخ 21 تا 23 اکتبر 2003 برگزار گردید. حاضرین در این جلسه شامل کارکنان دفتر وزیر دفاع، آژانس اطلاعات دفاعی، لابراتور تحقیقاتی نیروی هوایی ایالات متحده، انجمن اطلاعات دفاعی ناتو و شرکت لاکهید مارتین بوده و عناوین اشخاص شرکت کننده در این کنفرانس، بیانگر گرایش حرفه‌ای به سمت رادار غیر فعال و نیز این واقعیت است که فناوری مذکور در آینده عملی خواهد شد. میزبان کنفرانس سیاتل، پروفسور Jahn Sahr از گروه مهندسی الکترونیک دانشگاه واشنگتن سیاتل بود. پروفسور Sahr در حال حاضر یک رادار FM غیر فعال را به منظور به تصویر کشیدن تغییرات کوچک در مقیاس متر، در یونسفر زمین به کار گرفته است. اینکار با استفاده از سیگنال‌های رادیویی FM منعکس شده از ایستگاه‌های رادیو و تلویزیون تجاری انجام می‌شود[7].

1-3- عملکرد رادارهای پسیو

رادارهای پسیو که از فرستنده‌های مستقل موجود در محیط استفاده می‌کنند، دارای ساختار دو پایه هستند. ساختار دوپایه بدین معناست که فرستنده و گیرنده رادار مجزا هستند. ساختار رادار پسیو در شکل 1-1 آمده است. با توجه به شکل 1-1، رادار پسیو از دو آنتن مرجع و دیده‌بان