بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه هوایی شهید ستاری

دانشکده تکنولوژی فرماندهی و کنترل هوایی

پایان نامه کارشناسی عملیات موشک

عنوان

رادار تعقیب موشک S-300 و تاثیر آن بر توان رزمی کشور

استاد پروژه

امیر محمد حسین سیفی

ارائه دهنده

رضاقلی کاظمی

بهار ۸۳

سپاس :

«حمد و ستایش ، ذات مقدس الهی را ، که علم را معرفت بخشید و در شریان هستی بـه جریان آورد . »

تقدیم به :

پدرم
آنکه اسوه تلاش است.

تقدیم به :

تقدیم به :

تقدیر و تشکر :

به مصداق حدیث نبوی « من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » بر خود واجب می دانم که از زحمات و مساعدتهای بی دریغ تمامی اساتید بزرگوارم :

بخصوص امیر محمد حسین سیفی ، مهندس قوش کرپی ، جناب سرگرد بور بور

رضاقلی کاظمی

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

فهرست مطالب : **صفحه**

فصل اول : طرح تحقیق

بخش اول : عنوان تحقیق ۷

بخش دوم : مقدمه ۸

بخش سوم : هدف از انجام تحقیق ۸

بخش چهارم : اهمیت موضوع تحقیق ۸

بخش پنجم : فرضیه ۹

فصل دوم : ادبیات تحقیق

۱- سیستم موشکی S-300 ۱۱

۲- رادارهای آرایه فازی ۲۵

۳ – آنتن رادار آرایه فازی ۴۷

۴ – آرایه های مرور فرکانس در رادار ۵۱

۵ – دیگر پارامترهای رادار ۶۲

فصل سوم : روش اجرای تحقیق

تعیین روشهای جمع آوری اطلاعات مورد نیاز ۷۸

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی – دانشگاه هوایی شهید ستاری

فصل چهارم : تجزیه و تحلیل اطلاعات ۸۰

فصل پنجم : نتیجه و بیان پیشنهادات و محدودیتها در عمل ۸۷

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

فصل اول

طرح تحقیق

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

بخش اول : عنوان تحقیق

رادار تعقیب موشک S-300 و تاثیر آن بر توان رزمی کشور

بخش دوم : مقدمه :

با توجه به اینکه کشور جمهوری اسلامی ایران دارای منابع غنی و ذخایر نفت می باشد بنابر این از زمانی که منابع این کشور شناخته شده است ، تمام کشورها به نحوی خواسته اند بر یان کشور تسلط پیدا کرده و از منابع آن استفاده کنند . بنابراین کشور جمهوری اسلامی ایران برای اینکه بتواند این منابع را حفظ کند نیاز به دفاع سیاسی نظامی قوی دارد . برای دفاع از مرزهای خود نیاز به سلاحهایی دارد که حداقل به تواند با کشورهای هم جوار خود که بیشتر خطر تهدید می رود مقابله کند و با توجه به اینکه کشور ایران تقریبا جزء کشورهای جهان سوم می باشد که خود توانایی ساخت سلاحهای نظامی را در مقایسه با کشورهای اروپایی ندارد .

بنابراین باید سردمداران و سیاست مداران کشور تمامی تهدیدات را بررسی کرده و با توجه به تهدیدات سلاحهای نظامی خود را برای دفاع از مرز کشور تهیه کنند . مساله دیگر اینکه چون جمهوری اسلامی ایران بخاطر تیره بودن روابط سیاسی با کشورهای آمریکایی و اروپایی نمی تواند مانند دوره قبل از انقلاب کشور را با سیستمهای غربی مجهز کند بنابراین می بایستی با کشورهای بلوک شرق رقابت نظامی داشته و کشور را با سیستمهای شرقی مجهز کند .

جمهوری اسلامی ایران برای دفاع از مرزهای خود دارای سلاحهای : ارتفاع بالای (S-200) و ارتفاع متوسط (هاگ) و ارتفاع پایین (مجموعه اسکای گارد) می باشد ولی با توجه به پیشرفت تکنولوژی نظامی دیگر این سلاحها برای جنگهای امروزه کافی نمی باشد به عنوان مثال موشک هاگ فقط می تواند یک هدف را رهگیری و مورد اهدام قرار دهد اگر دو هواپیما با شرایط یکسان قصد حمله داشته باشند دیگر این سیستم توانایی مقابله با این هدف را به طور همزمان نخواهد داشت .

از جمله سلاحهایی که می توان برای مقابله با چندین هدف بکار برد سیستم S-300 یم باشد که تقریبا تمام قابلیت های پاتریوت را دارا می باشد . که جمهوری اسلامی ایران می تواند با مجهز کردن پدافند خود به این سلاح درصد امنیت کشور را بالا ببرد .

بخش سوم : هدف انجام تحقیق

با توجه با اینکه سیستم موشکی S-300 هنوز وارد کشور ایران نشده و یا اگر وارد شده است بصورت عملیاتی در نیامده است . اگر زمانی این سیستم بخواهد در کشور عملیاتی گردد پرسنلی که می خواهند با این سیستم کار کنند نیاز به آموزش و اطلاعاتی در مورد این سیستم خواهند داشت . و هدف دوم اینکه بررسی شود که اهمیت این سلاح درکشور تا چه حدی می باشد . در این تحقیق سعی شده است که یک شمای کلی از سیستم ارائه گردد تا دانشجویان کنترل و فرماندهی یک آشنایی سطحی در این مورد پیدا کرده و مطالعات خود را در این زمینه بیشتر کنند .

بخش چهارم : اهمیت موضوع تحقیق

با توجه با امکانات و تجهزات کشورهای مختلف مخصوصا کشورهای هم جوار این مسئله برای ما اهمیت دارد که سلاحهای کشور های هم جوار خود را شناخته و بعد از شناخت ، سلاحها و تهدیدات آنها ، ارتش کشور خود را با توجه به تهدیدات مجهز کنیم . با توجه با اینکه سیستم S-300 تقریبا یک سیستمی می باشد که می تواند با تکنولوژی نظامی روز رقابت کند بنابراین برای ما این اهمیت دارد که این سلاح را در کشور خود مستقر کرده و به عملیات آن آشنا باشیم .

بخش پنجم : فرضیه

رادار تعقیب موشک S-300 بر توان رزمی کشور تاثیر دارد .

فصل دوم

ادبیات تحقیق

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

۱

-سیستم موشکی S-300

از سال ۱۹۵۰ ارتش روسیه تمایل داشت که سیستم موشکی زمین به هوای خود را برای دفاع کامل منطقه مجهز کند . کـه USSR بیـشتر بـر سیـستمهای (SA-3GOA) S-125 و) S-125

(SA-2GUIDE LIWENOTO) و ارتفاع متوسط وبرای ارتفاع با لا به سیستم SA-1CUIDE مبتنی بود .

تمایل این سیستم ها در اداره ALMA2 به مدیریت آکادمی RASPLENT توسعه پیدا کردند با افزایش روز افزون تهدیدات و رشد توسعه و پیشرفت و پیچیدگی تکنولوژی نیاز به ارتفاع و رشد و جایگزینی سیستم های جدید با توانایی کشف اهداف متحرک با سرعت های بسیار بالا و در ارتفاع های مختلف (پایین و متوسط و بالا) مشهور گردید . راه اصلی منطقی برای جایگزینی به سیستم همانطوری که اشاره شد با برد طولانی که سیستم توان پوشش تمام ارتفاعات را داشته باشد .

در سال ۱۹۵۵ S-25 وارد سرویس پدافند هوایی شد ودر سال ۱۹۵۶ اداره طرح وبرنامه سیستم موشکی هوا به زمین با برد متوسط S-75 را توسعه داد . درسال ۱۹۶۱ سیستم موشک زمین به هوای S-125 برای درگیری با هدفهایی که در ارتفاع پایین پرواز می کردند طراحی شد . و در سال ۱۹۷۶ شرکت الماز سیستم موشکی رمین به هوای با برد بلند S-200 را برای هدفهای با برد بلند طراحی کرد .

توسعه S-25 , S-75 , S-125 SAM متوسط (Academicican Boris Banki) کنترل و فرماندهی می شد که در نتیجه این فعالیتها این سیستم موشکی به سه کشور صادر شد و در طول جنگ ویتنام و درگیری خاورمیانه سربلند از آزمایش در آمد.

آقای Ras Platin نیز مانند طرح الماز توسط شرکت Academicican Boris Banki در این طرح موفق شد . کسی که هدایت و کنترل کار اراده طرح و برنامه که از ۱۹۷۹ – ۱۹۸۳ برای توسعه سیستم موشکی زمین به هوای S-300 PMU را برعهده گرفت . در این طرح تیم پروژه

به طور کامل تجربه های جنگی سیستم SAM را برای توسعه یک خانواده از همان سیستم که تمام پارامترهای و الزامات جنگهای فضای امروزی را داشت استفاده کردند .

صادرات S-300 PMU1 وS-300 PMU2 نظر درخواست جهانی را عوض کرد پیشرفت الماز نزدیک به سال ۱۹۹۰ توسط بحران مختل شد که این بحران باعث فرو پاشی USSR شد اما اقدامات و عملکردهایی توسط فرماندهان صورت گرفت وشرکت الماز در سال ۱۹۵۵ دوباره موفقیت خود را به دست آورد .

الماز در بین تمام سیستمهایی که تابحال ساخته شده تقریبا موفقتر از همه توانسته عمل کند . الماز با عنوانهای Order Oflenin و October Revolutin الماز هشت با عنوان Hero برای Socialist Labaur اکادمیک بوتیکین برای دومین بار این عنوان را دریافت کرده است . طراحان و دانشمندان الماز بزرگترین خدمات را برای دفاع هوایی Soviet Union کرده اند . به همین منظور آنها مدالهای با عنوان 32 Lenin Prizes و130 State Prizes دریافت کرده اند .

در میان سالهای ۱۹۹۸ – ۲۰۰۱ الماز با ایجاد یک برنامه برای سیستم SAM-125 آن را تقریبا از سیستم موشکی ارتش روسیه خارج کرد . نمونه های زیادی از این سیستم در سرتاسر جهان عملیاتی می شود و اپراتورهای آن شتافتند تا برای دفاع از فضای کشور و حفظ حیات خود آنرا سرویس دهی کنند .

همزمان با این طرح ها شرکت الماز سیستم طرح شده ای برای پشتیبانی فرودگاه نظامی سدها – پست فرماندهی و دیگر موضوعات استراتژیکی بر ضد تسلیحات نظامی توسعه می دهد سیستم جدید طراحی شده توسط الماز (S-300) از نظر عملکرد شباهتهای زیادی به سیستم پاتریوت دارد و دارای ویژگیهای ذیل می باشد :

(۱) برخلاف S-75 و S-125 که فقط قابلیت کشف یک هدف را داشتند و تک کاناله بودند که درمقابل اشباع آسیب پذیر بودند ، این سیستم چند کاناله بوده و می تواند چندین هدف را به طور همزمان مشخص کند .

(۲) توانایی ECCM بالا باتوجه به پیشرفتهای اخیر در زمینه ECM و پیش بینی پیشرفت آینده ECM .

(۳) زمان عکس العمل یا واکنش خیلی کوتاه داشته و درصد کشتار بالا برای هر موشک .

(۴) جنبش رزمی جذب به دو منظور کاهش آسیب پذیری و ساختن مناسب نه تنها برای حفاظت هدفها معیین شده بلکه هدفهای ثابت درزمینه عملیات است .

هدف از طرحی این سیستم این است که سیستم قابلیت رد یابی چندین هدف و حمله به آنها حتی در ارتفاعات بسیار پایین که مستلزم و احتیاج به یک رادار چند منظوره با موشکها بسیار سریع با قدرت مانور پذیری بسیار بالا دارد . دقت مستلزم رهبری با هدایت کردن است این سیستم بخاطر دارا بودن تکنیک پرتاب عمودی و مخصوصا برای دفع کردن حمله های اشباء مناسب بود . بخاطر امکان پرتاب چند موشک در تسلیل سریع بدون احتیاج Repositior پرتاب کننده یا حمله کننده پرتاب عمودی برای سیستم جدید توسعه پیدا کرد و تمام نسل جدید را سیستم موشکی دفاع هوا-

یی که در کشور روسیه ساخته شده بود پوشش می داد .

S-300 Favorit پاتریوت را شکست می دهد

در سال ۱۹۹۱ روزنامه Krasnaya Zrezda روسی یک مقاله ای را در ارتباط با سیستم S-300 SAM توسط شرکت علمی الماز منتشر کرد که این موشک توانمندیهای خود را در همایشهای ارتشهای جهان به نمایش گذاشت چنانکه شهرت پاتریوت را خدشه دار کرد . سیستم پاتریوت در سال ۱۹۲۵ مورد توسعه قرار گرفت و بیشتر برای نبرد های تاکتیکی بر علیه موشکهای بالستیک گسترش داده شده است .

درمقایسه ای که توسط روسها انجام گرفت بیانگر این مطلب بود که S-300 در مقابل پاتریوت US دارای قابلیتها و توانمندیهای بیشتری می باشد و حتی در بعضی از پارامترها از آن پیشی گرفته است متخصصان خارجی بی طرف بر این باورند که سیستم دفاعی S-300 بر دفاع هوایی جهان بیشتر موثر می باشد .

زمانی که پروژه S-300 در سال ۱۹۷۰ مورد بررسی قرار گرفت بعد از آن US ناوگان هوایی و دریایی خود را با موشک برد بلند کروز مجهز کرد با بی اثر کردن این سلاح واحد روسیه لازم شد که عملا یک سیستم موشک دفاع هوایی جدید بسازند .

موشکS-300 متشکل از پست فرماندهی و نهایتا ۶ قبضه موشک و پست فرماندهی آن شامل ایستگاه کنترل منطقه نبرد و یک رادار تحصیل هدف می باشد . یک واحد موشک شامل رادار آشکار ساز هدایتی هدف چند منظوره و نهایتا ۱۲ تریلر لانچر که هر کدام از آنها ۴ موشک آماده به آتش را نگهداری می کنند .

این سیستم ممکن است پست فرماندهی را به طور اتوماتیک پارامترهایی از قبیل سرعت ، فاصله ،ارتفاع و جهت را مشخص کند . و دوست و دشمن را ارزیابی محیط جنگ و هدفهای را که باید مورد اصابت قرار گیرد در میان واحدها توزیع می کند .

در این سیستم موشکها به صورت عمودی پرتاب می شوند بنابراین هر هدفی را در هـر جهتـی کـه حمله ور شود درگیر می شود . این سیستم بردی نزدیک به ۲۰۰ کیلومتر دارد و از ۱۰ متر تاسقف هواپیماهای جنگی را پوشش آتش می دهد . توان عملیات خودمختار سیستم S-300 ممکن است از پست فرماندهی فرمانده هان رده بالایی را برای بکار گیری این سیستم تقاضا کند .

S-300 زمان پرتاب موشک ، عملیات اتوماتیک بالا ، درصد آتش راکاهش می دهد . ایـن سیـستم می تواند به طور همزمان با ۶ هدف که با فرستادن ۲ موشک به هر هدف درگیر شود .

موشکهایS-300 روی کانتینرهای مخصوص رها ، حمل و نگهداری می شوند که اینهـا بـه مـدت ۱۰ سال هیچگونه سرویس یا تنظیم یا بازرسی نـدارد . موشـکی بـه هـر جهتـی از جایگـاه ی روی کانتینرها تعبیه شده است پرتاب می شوند .

زمانی که سیستم در جنگل یا جای ناهموار بکار گرفته می شود آنتن آن ممکن است روی یک دکل مخصوص مستقر گردد . رادار ابتدا هدف توسط آنتن Serch و تحصیل و سپس آنرا رهگیری مـی کند و هدایت موشک را از کلاتر های سخت زمینی و از محیط Jaming با دقت بـسیار بـالایی بـر عهده می گیرد . در عملیات همزمان S-300 هدفها را توسط رادار مراقبت آرایه فازی دریافت مـی کند .

قابلیتهای سیستم S-300 نسبت به پاتریوت

- S-300ادر به رهگیری هواپیما و موشک کروز در هر پوشش ارتفاع عملیاتی می باشـد ، قـادر بـه عملیات از ۱۰ متر به بالا می باشد در حالی که پاتریوت می توان بالای ۶۰ متر را مورد پوشش قرار دهد .

- S-300 قادر است درعرض ۵ دقیقه عملیاتی گردد درحالی کـه پـاتریوت در عـرض نـیم سـاعت عملیاتی می گردد .

- سیستم S-300 بر روی سکوی متحرک می تواند سوار شود ولـی پـاتریوت دارای یـک سیـستم یدک کش می باشد .

- S-300 در تحرک و حمل ونقل اساسا قابلیت بالاتری نسبت به پاتریوت دارد .

- موشک S-300 بخاطر اینکه می تواند بصورت عمودی پرتاب شود هدفی از هر جهتی که نزدیک شود با آن درگیر می شود ولی پاتریوت چنین قابلیتی را ندارد .

- پاتریوت از یک سکوی شیب دار پرتاب می شود ولی موشک S-300 بصورت عمودی پرتاب مـی شوند .

- S-300 با یک کلاهک قویتری از موشک پاتریوت مشخص شده است .

- موشک S-300 دارای قابلیت دقت وهدایتی بالایی درمقایسه با موشک پاتریوت می با شد .

موشک S-300 احتمال انهدام بالایی را از خود نشان می دهد که نمونه این درگیریها موشک هـای بالستیک می باشد .

بعضی از خصوصیات S-300 آنرا بعد از پاتریوت قرار می دهد اگر مـا بـه تبلیغـات پنتـاگون بـاور داشته باشیم به این متوجه می شویم که پاتریوت به طور همزمان توانایی درگیری با نه هدف را دارد اگر چه این خبر درست نیست ولی طبق گفته خودشان پاتریوت می تواند به طور همزمـان نـه موشک را برای نه هدف مختلف هدایت کند اما در کل سه عدد از این موشکها می توانند بـه هـدف مورد نظر برخورد کنند . ولی سیستم S-300 تضمین می کنـد کـه هـدفهای مـورد نظـر را مـورد

اصابت قرار می دهد و انهدام می کند به طور کلی میزان انهدام حملات هوایی دشمن توسط موشک S-300 به مراتب بالاتر از پاتریوت است .

خسارات وارده توسط موشک بالستیک دلالت بر این دارد که این موشک نمی تواند به هدف مورد نظر دسترسی پیدا کند به عبارت دیگر موشک گمراه می شود . این بخاطر مرحله نهایی پرواز در محدوده برد دفاع هوایی دشمن می باشد . یک موشک بالستیکی که سوخت ندارد مانند یک قطعه آهن بسوی هدف حرکت می کند ، ممکن است به آن صدمه برساند . اما آن سعی دارد به هدفش اصابت کند . اگر سرجنگی آن آسیب ببیند آن براثر فشار خواهد شد . برای موشکهای ضد موشک این موضوع مهم است که به سادگی به هدف ضربه نزنند . اما گمراه شدن آن مهمتر از آن است زیرا ممکن است بر اثرفشارهای بالستیکی سینماتیکی سرجنگی آن منفجر شده و به مواضع دفاع کننده صدمه بزند . متخصصین آلماز به این نتیجه رسیده اند که منحرف کردن موشک بالستیک ۷ تا ۸ کیلومتر موضوعات دفاع شده را از نظر مطمئن می سازد .

عملکرد S-300 بین سالهای ۱۹۹۹- ۱۹۹۷ درشوروی سابق مورد آزمایش قرار گرفت که درنتیجه این آزمایش این موشک توانست یک هواپیمای بدون خلبان که ۵۸ متربالای زمین پرواز می کرد و سریعا تغییر ارتفاع می داد (تقریبا به یک کیلومتر) و سرعت نهایی آن ۹۰۰ متر برثانیه مقطع راداری کوچک داشت که تخریب آن را سخت می کرد انهدام کند . و همچنین این موشک دریک آزمایش توانست موشک کروز را نیز مورد اصابت قرار دهد .

متخصصین خارجی می توانند S-300 را بسیار خوب تحصین کرده اند که می توانند با انواع مختلف پدافند زمینی و سیستمهای هوشمند درگیر شود دشمنان خارجی می توانند S-300 را با سیستم پدافند هوایی عملیاتی شان بدون هزینه تلفیق کنند .

جایگزین موشک S-300 PMU2 یک سطح پیشرفته سیستم موشکی هوا به زمین بجای S-300 PMU1 توسط کارشناسان مانند دیگر سیستمهای پدافند هوایی چند منظوره تاکنون در جهان مورد نظر قرار گرفته است که این سیستم می تواند بطور موثر از موانع ثابت واز هرتهاجمی به نیروهای شامل هواپیما و هلیکوپتر ها و موشکهای بالستیک و ... پشتیبانی کند .

دیگر قابلیتهای موشک S-300

اولین نوع بکار گرفته شده موشک دارای قابلیت خوب درگیری با اهداف پایین و تحرک تاکتیکی سریع بود . تمام اجزایش بر روی نیم تریلرها سوار شده بود بطور کلی بوسیله کامیونهای RAJ-375 بکسل گردیده که شباهت فراوانی با پاتریوت ایالات متحده دارد .

می توان گفت که S-300 PMU2 با نام ناتو (SA-10B) که مشتق شده از این سیستم بود که در عرصه نظامی افزایش و عملیاتی گردید در نتیجه دهه ۸۰ وعلنا برای اولین بار در اکتبر سال ۱۹۸۹ درمیدان سرخ موسکو به نمایش گذاشته شد . در این مانور تمام بخش هایی از کامیونهای MAZ-54SM و آرایش کاملی از حاضر به راه تا آمادگی کامل برای این سیستم ۵ دقیقه به طول انجامید .

در این سیستم ۱۲ موشک درعرض ۵ ثاینه بطور همزمان به شش هدف متحرک شلیک می شوند و اخیرا علاوه بر این از S-300 PMU1 که درنمایش دفاعی ارتش مورد استفاده قرار گرفت با توان رزمی بالا وهمچنین قابلیت و توانایی برای حمله سریعتر به هدفی ودارای راداری قویتر و پهنای باند بیشتر برای پیمودن قطاع یا بخش ها از آن درچند گردان بطور مستقل عملیاتی گردید قابل ذکر است که همزمان با توسعه SA-10اداره طراحی ALTAIR درحال آماده کردن این سیستم بر

روی FORT/RIF که نوعی کشتی پایه SHIP BORN بوده و درناتو نام (N-GFOR) SAM معروف است نوع FORT ابتدا روی KIROU-COLASS (نوعی کشتی جنگی) نیز به شکل پرتاب کننده های سلولی در رویتنک سطح به سطح بکار گرفته شد .

شرح تکنیکی S-300

ALMAZ-S-300 چند کانالی می باشد که یک سیستم دفاع هوایی با توان کار بالا و در هر نوع شرایط آب وهوایی قابل عملیاتی می باشد . و توانایی حمله به هواپیما با مانور بالا و همانطور که گفته شد به موشکهای کروز و موشکهای بالستیک و هر هدفی که دارای سرعت بالا باشد می باشد این سیستم دارای ماکزمیم برد ۲۰۰ کیلومتر می باشد که بردی بالغ بر ۹۰ کیلومتر برای اهداف ایرودینامیکی و ۴۰ کیلومتر برای موشکهای بالستیکی می باشد .

این سیستم می تواند ارتفاعی بین حداقل ۱۰ متر وحداکثر ۲۷۰۰۰ متر را پوشش دهد و از دیگر خصوصیات این سیستم عکس العمل سریع می باشد . این سیستم دارای آتش زیاد و همزمان شش هدف را مورد حمله قرار می دهد که برای هر هدف ۲ موشک می فرستد اجزای اصلی آن سیستم رادار چند منظوره 30NoE می باشد که درناتو به نام (SLAP LIP) معروف است . بخشهای دیگر آن حمل و نقل توسط لودر لانچر ، تلفن می باشد و شامل چهار موشک عمود پرتابدرکانتینرپوشیده و لانچر و ایستگاه کنترل آتش رادار بر روی شاسی سوار هستند و قسمت تهیه نیرو مربوط به آنها نیز در این شاسی جایگزین شده است .

یک رادار چند منظوره جهت یابی و هدایت موشک و برای مقابله با ECM های سنگین در این سیستم تعبیه شده است که می تواند به راحتی ECM رااز بین ببرد که آن با علائم رادیویی

دیجیتالی (DATA) بالا می رود و در وضعیت ۵۸ درجه کاری قرار می گیرد و موقع حاضر به راه پایین روی سقف شیلتر جمع می شود .

برای استفاده از این رادار در مناطق جنگی و مناطق ناهموار آن را روی دکلی سوار می کنند که توسط آن می توان رادار را برای پرتاب عمودی موشک تراز کرد .

بطور کلی هر آتشبار شامل رادار ، ماشین ، پست کنترل فرماندهی و بالغ بر ۱۲ تا TZL خودرو و در مجموع ۴۸ موشک آماده دراستاندارد آتشبارروسی قرار دارد. بعلاوه دراستاندارد آتشبار روسی هر لشگر یا هنگ از سه آتشبار بعلاوه یک پست فرماندهی S3M6E و یک سیستم کنترل که توسط اداره ALMAZ ساخته شده است و قادر است بالغ بر ۶ آتشبار S-300 PMU1 را کنترل کند که این سیستم همچنین برای استفاده از تلفیق با گروه آتشبار یا توپخانه موثر است .

یک سایت راداری زا این سیستم توانایی دنبال کردن همزمان ۱۰۰ هدف را بالغ بر ۳۰۰ کیلومتر را دارد . ومی تواند هدف هایی که تا سقف ۱۰۰۰۰ کیلومتر برساعت پرواز می کنند بطورخود کار نشانه گیری کند و روی هدف خطرناک تر لاک کند . دو نوع TEL در دسترس اپراتور می باشد که با نامهای 5PS5SE , 5PS5TE می باشد . نوع اول توسط کامیون 6.6 KRAZ-260B بکسل می شود . درحالیکه نوع دوم توسط کامیون تحرک بالا MAZ-54SM8 بکسل می شود .

موشک S-300 توسط اداره فاکل ساخته می شود که با سوخت جامد و یک مرحله ای کار می کند

و قادر به حرکت با سرعت حداکثر ۶ ماخ می باشد . کلاهک ترکشی () آن ۱۴۳ کیلو وزن دارد و از لانچرهایی که بر روی کانتینر سوار می شوند و به صورت سرپوشیده و هر ۱۰ سال لازم است که یک بار چک شود برای پرتاب موشک استفاده می شود .

S-300 PMU2 Favorit

سیستم Favorit قدرتمندترین و موثرترین سیستم دفاع هوایی دنیا است که برای دفاع موثر از تهدیدات سیاسی – اقتصادی تاسیساتی نظامی – حمله های هوایی کروزهای استراتژیک ایرودینامیک تاکتیکی وموشکهای بالستیک جنگی در نبرد سنگین و محیط ضد اقدامات الکترونیکی در نظر گرفته شده است اساسا این سیستم دفاع هوایی چند کانال متحرک جهانی است و هدفش تامین حفاظت دقیق و کارآمد از حکومتها است و توان دفاع از ضربه با حملات گروهی و هواپیماهای مدرن ، موشکهای کروز استراتژیک به موشکهای بالستیکی صحنه جنگ و سلاحهای هوا پایه است و توانایی پوشش درتمام برد و ارتفاعات و سرعت هدف رادارد . و می تواند در مقابل هر نوع ECM دشمن اقدام متقابل انجام دهد .

این سیستم شامل مشخصات زیر است :

- درگیری با هدفهای ایرودینامیکی تا سقف ۲۰ کیلومتر
- انهدام موشکهای غیر بالستیکی تا برد ۴۰ کیلومتر
- درگیری موثر بر علیه همه نوع هدفها در میان تاسیسات سیستم مدرن ، الکورتیم جدید از هدایت موشک با سرجنگی مدرن شده
- توانایی ECM بالا
- توانایی عملیات مستقل بالا از سیستم SAM
- امکان استفاده از موشک 48N6G استفاده شده توسط سیستم موشکی زمین به هوا - S-300 PMU1

- امکان هماهنگی در داخل سیستم موشکی زمین به هوای خیلی بالا

متلعقات :

- سیستم کنترل و فرماندهی S3M6E2
- پست فرماندهی (CP) 54K6E2
- رادار کشف هدف (PR) 64N6E2
- رادار تعقیب هدف 32N6E2
- نهایت تا 125PS5TE2 و یا 15PS5CE2 لانچر در کانتینر های حامل لانچر که هر کدام با ۴ موشک تغذیه می شوند .

متعلقات اختیاری :

- رادار تعیین ارتفاع هدف بطور مستقل 96L6E
- رادار آشکار ساز ارتفاع پایین 76N6
- برجک بلند 4076m برای ایستگاه آنتن

ویژگیهای اصلی :

- تعیین برد هدف تا ۳۰۰ کیلومتر
- تعداد مسیرهای رهگیری شده بطور همزمان ۱۰۰ عدد
- منطقه مراقبت رادار کشف هدف : (azimuth Xelevation)

هدفهای ایرودینامیکی ۳۶۰ – ۱۴ درجه

هدفهای بالستیکی ۷۵ – ۶۰ درجه

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی – دانشگاه هوایی شهید ستاری

برد قابل درگیری

- هدفهای ایرودینامیکی ۲۰۰ – ۳ کیلومتر
- هدفهای بالستیکی ۴۰ – ۵ کیلومتر
- ماکزیمم و مینیمم ارتفاع هدف ۲۷ – ۰/۰۱ کیلومتر
- ماکزیمم وسرعت هدف ۲۸۰۰ متر بر ثانیه
- تعداد هدفهای درگیر شده بطور همزمان ۳۰
- درگیری همزمان با تعداد موشکهای هوشمند ۱۲
- زمان اجرای آتش ۱۰- ۸ ثانیه
- مدت زمان عملیاتی شدن ۵ دقیقه

از نظر تفکیک منطقه ای

- برد ۲۵ کیلومتر
- ازیموث و درجه ۳۶۰ درجه
- ارتفاع از سطح دریا ۴۴- ۳۲ یا ۳۲ – ۰ درجه

منطقه انهدام هدف

- نزدیکترین فاصله ۱۰۰۰ متر
- دورترین فاصله ۱۲۰۰۰ متر
- بیشترین ارتفاع ۶۰۰۰ متر
- کمترین ارتفاع ۱۰ متر

دانشگاه مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی – دانشگاه هوایی شهید ستاری

- دقت فاصله سلاح هدایت شده بالای ۶۰۰۰ متر

- تعداد سلاح منهدم شده در یک زمان ۲ عدد

احتمال انهدام هدف :

- هواپیما ۰۵ و ۰-۲ و- ۰
- سلاحهای هدایت شونده ۹ و ۰ – ۷۵ – ۰
- موشک کروز ۹و ۰ – ۶ – ۰
- RPVs ۹ و

سایر مشخصات

- وسایل مراقبت ITI2
- SPTA واقع شده در Semi – Trailers

وسایل مورد نیاز نیرو شامل تقسیم کننده نیرو و پوشاننده و سایل و کابلها

- شامل ۱۲ لانچر 5PS5TE و 5PS5SE با چهار موشک در لانچر روی کانتینرهای حمل کننده

(TLC) که هرکدام دارای وسایل زیر می باشد :

- وسایل یدکی ITI2-2M
- SPA مستقر در تریلرها
- تجهیزات S2TS6E برای پشتیبانی تکنیکی و نگهدارنده موشکها
- تجهیزات Loder 22T6E تجهیزات جابجایی 5PS5SE و دیگر وسایل

دانشکده مهندسی ترابلندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

- پشتیبانی تکنیکی

- تجهیزات کنترلی J3M6E

- تفکیک هدف و رهگیری توسط CEZ3M6E2

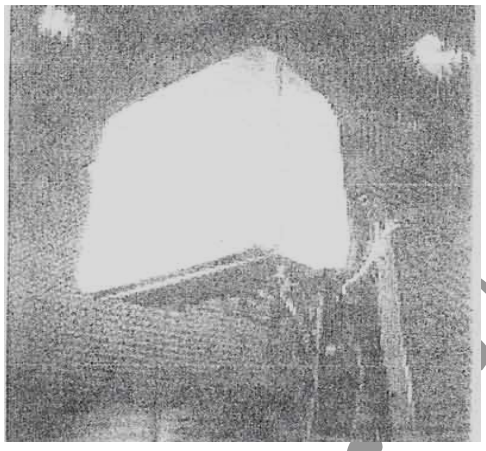
۲-رادارهای آرایه فازی

قبل از رادارهای آرایه فازی از رادارهای مکانیکی استفاده می شد که رادارهـای آرایـه فـازی بعـد از جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفـت . بیـشتر نتـایج تئـوری وپیـشرفت تکنولـوژی در قـرن پانزدهم و شانزدهم به وجود آمد اگر چه رادارهای آرایه فازی در قرنهای بعد از شـانزدهم و هفـدهم عملیاتی گردید . تلاش عمده در توسعه رادارهای آرایـه فـازی آن زمـان عبـارت بـود از تغییـر فـاز وتکنولوژی کامپیوتری برای کنترل آرایه فازی توان اقتصادی برای ساخت این رادارها پـایین بـود و زمانی که ساخت رادارهای آرایه فازی درقرن هیجدهم مورد بحث قرار گرفت در دهه کنونی چندین کمپانی قادر به توسعه و ساخت آن شدند .

شرایط رادارهای آرایه فازی :

رادارهای آرایه فازی در شرایط مختلف می توانند قرار بگیرند . تـصویر ۱ مثـالی از یـک رادار آرایـه فازی ۴ وجهی می باشد . یک نمونه از رادارهای آرایه فازی فعال APAR می باشد کـه آنـتن ایـن رادار شامل یک انعکاس کننده های رادیاتوری فعال آرایشی می باشد . رادیاتور فعـال یعنـی قـدرت انعکاس تولید شده در مدلاسیون رادیاتور که عمل گیرنده تلفیق شده با این طرح مـی باشـد البتـه تمام رادارها یک بخش دیگری برای پردازش و مـدیریت سـیگنال دارنـد کـه یـک نمونـه آن رادار APARمی باشد که در باند X قرار دارد . اندازه آن تقریبا ۱×۱ متر مربع می باشد . اگر چـه اکثـر

رادارها شبیه این رادار می باشند تمام رادارهای آرایه فازی شبیه رادار APAR نیستند . یک نمونه جالب از این گونه رادارهای آرایه فازی که برای مقابله به موشکهای بالستیک اخطار اولیه در ایـالات متحده وجود دارد که بزرگی آن به اندازه ارتفاع یک ساختمان ۱۰ طبقه می باشد .



شکل(۱-۲-۲)

در پنجاه سال اخیر رادارهای هوایی به عنوان یک پیشرفت مهمتر از نظـر عملکـرد و کـارایی بـرای طراحانی که بدنبال فن آوری روز بوده اند مطرح بوده است در معرض خدمات عملیاتی حالتهـای MPRF در تمام جنبه ها و DBS با تفکیک بالا ، نقـاط عطـف قابـل تـوجهی وجـود دارنـد توانـایی عملیـاتی یـک رادار هـوایی چنـد حالتـه جدیـد کـه بـا ECR-90 مربـوط UROFIGHTERITVPHOON ارایه می شود بیانگر این مطلب است که رادار مربوط جایگاه و منزلت خود را به عنوان حساسه اولیه هواپیمای تاکتیکی همچنان حفظ نموده است .

پیشرفتهای فن آوری اخیر خصوصا درزمینه پردازش سیگنال و MMICS وGXA این اطمینان را می دهند که این الگویی پیشرفت مستمر ، همواره حفظ شده است .

معرفی کاوش الکترونیکی :

طراحان سیستم که مزیتهای عملیاتی را طی زمان طولانی کشف کرده اند همواره بر جایگزین کاوش کننده مکانیکی پرتو راداری با روشهای الکترونیکی تاکید دارند . امروز توسعه چنین سیستمهای به طور واقعی می تواند استفاده از این فی آوری های جدید را مطرح کند .

اولین مرحله در طول تکامل آرایه فازی کاوش الکترونیکی غیر عامل ESA بیان شده است این مفهوم سیستمی ، سیستم فرستنده و گیرنده توان بالایی مرکزی را حفظ می کند ولی آنتن کاوش مکانیکی MSA با ارایه آنتن که کنترل الکترونیکی ارتباط فازی را بین عناصر تابشگر منفرد متصل می کند ، جایگزین می شود که این امر با استفاده از مبدل های غیر عامل کنترل الکترونیکی بر اساس دیودهای PIN یا با هیدواکسید آهن مغناطیسی (Magnetics Ferrite) صورت می پذیرد و مزیت اولیه کنترل پرتو الکترونیکی غیر عامل ، کاوش بدون قوه جبری آن می باشد که درجه عملیات با ارزش را در زمینه آزادی در الگوی کاوش و مدیریت انرژی جدید پیشنهاد می کند. اینگونه رادارها در هواپیماهای B1-B نیروی هوایی آمریکا و (Mig – 31(ZASION روسی بکار گرفته شده است و برای هواپیمای رافائل (RBE-2) فرانسوی نیز وجود دارد .

قدم بعدی در تکامل تدریجی توسط آنتن کاوش الکترونیکی آرایه فازی عامل ارائه می شود . این مرحله منبع توان RF برای ارسال و همچنین یک تقویت کننده حساس RF برای دریافت درهر موقعیت حامل تابشگر را تعیین می نماید .

هر ماجول فرستنده و گیرنده شامل یک تقویت کننده توان ، یک تقویت کننده نویز پایین و دستگاههای کنترل فاز ودامنه بر اساس فن آوری GaAs می باشد . این شیوه نیاز به فرستنده توان بالای مرکزی را برطرف می کند . علاوه بر مزیتهای مزبور که از کاوش الکترونیکی غیر عامل ناشی

می شوند چنین سیستمهایی بوسیله تاثیر انرژی بهبود یافته ، کنترل پرتو انطباقی ، افزایش مقاومت برابر پارازیت رسانی و اطمینان زیاد طراحی طبقه بندی می شوند .

اخیرا نسل اولیه چنین سیستمهایی در حال تکمیل وتوسعه برای هواپیمای F22 درآمریکاو FS-X در ژاپن می باشد و این درشرایطی است که در اروپا برنامه سه ملیتی AMSAR (آلمان ، فرانسه و انگلیس) درحال فراهم کردن قابلیت کاوش الکترونیکی جانبی عامل می باشد که منظور آن پشتیبانی الزامات پیش بینی شده آتی اروپایی ، (به عنوان مثال ارتقاء EURO Fighter) است . نقطه اوج تکامل تدریجی که امروزه مورد نظر است آرایه جلو هوشمند (Smartskin) واقعی است این حساسه پیشرفته RF فن آوری کاوش الکترونیکی آرایه عامل را با روزیه های اشتراکی چند کاره ای ترکیب می کند تا آرایه های وفتی چند کاره باند پهن ار ایجاد کند که ممکن است از نظر فیزیکی با ساختار پیکره هواپیما مجتمع شوند.

این آرایه ها بوسیله یک پردازشگر توانا با استفاده از روشهای پردازش منطبق با فاصله زمانی پارازیتهای خارجی و اختلالات ناشی از برگشتی های ناخواسته را بطور موثر حذف کرده و هدفهای مورد نظر را شناسایی می کند . هدف ، تهیه کردن یک حساسه RF باند پهن عامل و غیر عامل با عملکرد بالا می باشد .

تواناییهای عملیاتی :

کاوش الکترونیکی ، برمبنای ESAs های عامل ، مزایایی را برای سیستم های متداول MSA ارایه می نماید.

- تغییر پرتو عملکرد وکارایی فزاینده

- میزان دید (آرایه های چندگانه) مقاومت ECCM فزاینده قابلیت پوشش ، قابلیت اعتماد زیاد ماموریتها .

تغییر متوالی پرتو :

باظاهر شدن قوه جبری مکانیکی ، یک ESA دارای قابلیت تغییر زیادی می باشد ، به عنوان مثال این پرتو در کمتر از یک میلی ثانیه می تواند درهر جایی در یک زاویه مخروطری ۶۰ درجه تغییر مکان یابد . این تغییر شدید چندین مزیت عملیاتی را در بر دارد که عبارتند از :

- الگوی تجسس موثر (بدون اتلاف وقت در هر دور کاوش)
- زمانهای حضور هدف و زمانهای بعدی آن می تواند به تنهایی بهینه شوند تا نیازهای کشف ردیابی را فراهم کند .
- تکنیک های کشف متوالی (هشدار سپس تایید) مورد استفاده و تشخیص در میدان کشف را افزایش می دهد .
- درشکل گیری سریع ردیابی (ردیابی درمیدان کشف اولیه ایجاد می شوند)
- صحت ردیابی (دقت زیاد در ردیابی) فوق العاده روی هدفهای چندگانه (معادل با ردیابی هدفهای منفرد)
- عملیات تعقیب و تجسس مستقل (هدفهای درخارج از حوزه تجسس ردیابی می شوند)
- پیوند داره ای دور بر به موشکهایی که از پرتو اصلی یا پرتوهای جانبی استفاده می کنند .
- عملیات هوا به هوا و هوا به زمین به طور همزمان
- الگوی جستجوی اتفاقی فوق العاده که شانس دشمن را برای کشف کاهش می دهد .

عملکرد و کارایی :

آنتن های کاوشی الکتریکی عامل ،مزیت اجرایی ذاتی و اصلی را بر آنتنهای کاوشی غیر عامل و آنتنهای کاوشی مکانیکی دارا می باشد .

بطور کلی برای بدنه و دماغه هوااپیما یک آنتن کاوشی الکتریکی بزرگتر در قیاس با معادل آنتن مکانیکی آن تطبیق شده ، تا هیچ اجازه ای به میزان تعداد کاوش جاروئی مورد نیاز داده نشود . با هماهنگی عملکرد فرستنده و گیرنده بصورت آرایه ای ، افت امواج مایکروویو به اندازه کافی کاهش پیدا می کند .

مزیت بیشتر حاصل اضافه شدن قدرت موثر بیشتر درتقویت کننده های قدرت GaAs از فن آوری جدید با مقایسه با لامپ های تقویت کننده (TWT) درمورد تجهیزات نصب شده می باشد یک کاوش الکترونیکی عامل می تواند نیرویی به میزان db ۱۰ بیشتر از آنتن های کاوش مکانیکی (۷۵ ٪ فریت) معادل خود ارائه کند . بویژه در جایی که سطح مقطع راداری کاهش پیدا می کند این توانایی باعث پیشرفت زیادی در موثر بودن عملکرد می شود یک ویژگی با ارزش آرایه های مکانیکی الکترونیکی کاوشی ، توانایی کنترل قابل قبول شکل امواج فرستنده و گیرنده می باشد .

قابلیت اطمینان :

سیسمتهای فعال رادار با آرایه کاوش الکترونیکی (ESA) عوامل بالقوه ای را در افزایش قابلیت

اطمینان دارا هستند.

ساختار آرایه الکترونیکی (ESA) فعال به گونه ای است که نیاز به یک سیستم محرک ، سیستمهای اتصال کننده گردان و سیستمهای ارسال کننده پرقدرت را از بین می برد که همه این سیستمها دریک زمینه مشترک هستند و آن هم سیستم آرایه کاوش مکانیکی (MSA) است . اما برعکس آرایش بسیار منظم ماجول ها مشخص در داخل آرایه کاوش الکتریکی (ESA) فعال به گونه ای است که نیاز به یک سیستم محرک ، سیستم های اتصال کننده گردان و سیسمتهای ارسال کننده پرقدرت را از بین می برد که همه این سیستم ها دریک زمینه مشترک هستند و آن هم سیستم آرایه کاوش مکانیکی (MSA) است . اما بر عکس آرایش بسیار منظم ماجولهای مشخصی در داخل آرایه کاوش الکترونیکی (ESA) فعال از کاهش انرژی جلوگیری می کند .برای مثال ساختار آرایه طوری است که تحمل کوچکترین تغییر در عوامل فعال را دارد که ممکن است با اندکی ضعفی در عملکرد بوجود آیند .

قابلیت ضد ضد الکترونیکی (ECCM)

شکل گیری پرتو طراحی شده ، یک ضد اقدام موثر بر پارازیت پرتوهای قسمت کناری و اصلی می باشد این امر باعث می شود که آرایه های کاوش الکترونیکی عامل به تعداد زیر آرایه های فرعی (شاید ۳۰۳) قسمت بندی گردد که هر یک از آنها به یک گیرنده و تبدیل کننده خطی به عددی (آنالوگ به دیجیتال) وصل می شوند خروجی های دیجیتال آرایه های فرعی بصورت سازگار با هم ترکیب می شوند تا یک پرتو آنتن که دارای بازده بالای در مسیر مدخهای مورد نیاز می باشد را تشکیل می دهند درحالیکه سطح پایین در مسیر سیگنالهای پارازیت رسان ناخواسته را مهیا می کند این قابلیت شکل گیری پرتو سازگار در یک آرایه کاوش الکترونیکی عامل ارتقاء عمده در

توانایی راداری می باشد برای اینکه بتواند هنگامیکه در محیط سنگین بخش امواج الکترومغناطیسی دشمن فعالیت می کند بکار خود ادامه دهد .

ویژگیهای دیگر همچون پهنای باند عملیاتی عریض تر عرض باند لحظه ای و همچنین تنوع بیشتر در شکل موج و الگوی کاوشی که در یک آرایه کاوش الکترونیکی فعال لحاظ شده به مزایای اقدامات ضد ضد الکترونیکی افزوده می گردد .

توانمندی رادار :

بطور کلی سطح مقطع راداری توسط آنتن رادار مشخص می گردد . یک آرایه کاوش الکترونیکی (ESA) در این مورد از لحاظ عملیاتی چندین مزیت دارد . اساس عملیات موثر درگیری امواج راداری نظارت بر ارسال امواج راداری بر حسب زمان ، فضا حوزه فرکانسی می باشد .

میزان آزادی عملیاتی که می توان از آن بهره برد شامل توانایی تبادل توان ارسالی بالا درزمان مناسب ،تبادل پرتوهای کناری ارسالی با توان ارسالی بالا و کاهش دادن توان ارسالی بالا به حداقل میزان لازم برای شناسایی اهداف مورد نظر در حداقل برد مجاز می باشد .

پهنای باند عریض لحظه ای در این آرایه ها جهت کاهش حداکثر توان ارسالی به منظور مقابله ، کانالیزه شدن بعدی گیرنده های رهگیری می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

کنترل پرتوهای هماهنگ ، نول ها (سیگنالهای وضعیت حداقل یا صف) را بر اساس الگوی انتقال امواج قادر می سازند تا درجهت هایی که هدف در آن مسیرها شناسایی شدند ، هدایت شوند که از احتمال رهگیری کاهش می یابد . فرکانس های نامنظم و کاذب علائم امواج راداری و الگوی کاوش نیز توانایی دریافت امواج رهگیری رابه منظور تفکیک و شناسایی امواج راداری به ویژه دریک محیط

پرتراکم سیگنالی کاهش می دهد (ضعیف می کند) درمقایسه با یک سیستم کاوش کننده مکانیکی یک آرایه کاوش الکترونیکی (ESA) فعال در بکار گیری از تکنیک هایی که آرایه سطح مقطع رادار (RCS) را کنترل و کاوش می دهد بیشتر اصلاح پذیر است و از آنجایی که خود را با بدنه هدف تطبیق می دهد می تواند در زاویه نصب شود که مزیت پراکندگی (نسبت شدت موج منعکس شده بر شدت موج انتشار یک موج سطحی) را در راستای یک رادار روش به حداقل برساند.

یک کاوشگر آرایه ای الکترونیکی (ESA) با داشتن چند آرایه فرعی و هدایت پرتواهای هماهنگ می تواند چند پرتو دریافت ایجاد کند یعنی پوششی که با آن پرتو های ارسالی میزان تجسس را مشخص کند . اطلاعات مربوط به فرکانس ، زمان و وضعیت پرتوها می توانند از طریق سیستمهای ارسالی مخفی مبادله شوند که این سیستم ها استفاده از اشعه ها کناری عمل منابع ارسالی و دریافتی را هماهنگ سازند . درحالیکه ممکن است منبع ارسالی جذب موارد دیگر از جمله مسیر اختلال اندازه ها گردد . هواپیمای مهاجم می تواند بدون دخالت وهوشیارسازی سیستم شناسایی هدف اطلاعات لحظه ای آن رادار را کسب کنند .

عملکرد سیستم آرایه فازی :

گاهی از رادار فاز آرا انتظار می رود که با یک نوع تجهیزات چند کار انجام دهند . مشکل این رادار این است که باید زمان و منابع انرژی رادار به طور مفید و موثری مورد استفاده قرار گیرد . کامپیوتر اینگونه رادارها به رادار امکان می دهد تا از طریق برنامه ریزی اجرای عملیات مختلف برحسب تقدم از منابع خود بطور موثر استفاده کند .

دانشکده مهندسی فناوری و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

این رادار اعمال زیر را دارا و انجام می دهد :

- تجسس حجم معیینی از فضا با سرعت معیین و کشف هدف
- شروع ردگیری ، با گذار از حالت تجسس به ردگیری بعد از هر کشف جدید
- تدارم ردگیری یا ردگیری لحظه ای از طریق کسب اطلاعات جدید و تلفیق آنها با اطلاعات موجود
- ارائه خدمات به مصرف کننده . هر گاه کاربر نیاز به اطلاعاتی از قبیل جدول مربوط به موقعیت یا راه حل شامل کنترل آتش ، نیاز داشته باشد . که در این موارد باید شکل موج راداری مناسب به همراه پرادازشگر گیرنده مربوط انتخاب گردد که به آن « اداره پیامهای راداری » گویند که یکی از کارهای مهم رایانه است .پ

برای انجام عملیات تجسس و کشف لازم است که کامپیوتر محورهای زاویه ای ناحیه مورد تجسس ، نوع شکل موج ارسالی لازم ، طول دوره توقف روی هدف ، و زمان لازم برای اجرای توقف به وسیله رادار را تولید نماید چون رادار علاوه بر کاوش ، درگیری و اعمال دیگری هم انجام می دهد ، ممکن است در برنامه ریزی رادار یا پردازش گر ، تداخل ایجاد شود . عملیات ردگیری معمولا از نظر زمانی نسبت به کاوش اهمیت حیاتی تری دارد و در صورت بروز تداخل برنامه ای ، از تقدم بالاتری برخوردار می باشد .هنگامی که لازم است برای اجرای یک کار فوری تر ، عملیات کاوش متوقف شود ، باید برنامه کامپیوتر طوری طراحی شود که این کار را با کمترین گسیختگی انجام دهد. در برنامه ریزی اعمال مختلف رادار ، کامپیوتر باید تظمین کند که از حدود توان متوسط فرستند رادار تجاوز نشود .

انعطاف پذیری رادار آرایه فازی در مورد انتخاب معیار آشکار سازی ، آزادی عمل بیشتری فراهم می کند . به عنوان مثال به محض اینکه پیام اکو از حد آستانه کشف بگذرد ، پرتو رادار بسیار سریع تر از حالت کاوش عادی به همان جهت عودت خواهدکرد تا بررسی کند که آنچه آشکار شده یک هدف واقعی است و هشدار دورغین ناشی از نویز نمی باشد این پالس تحقیقی می تواند دارای توان بیشتر و یا پهنای پالس بیشتری باشد تا احتمال رویت را افزایش دهد .

این روند دو مرحله ای (۱- کشف اولیه ، ۲- بررسی) را گاهی کشف مرحله ای می نامند . به علت وجود پالس تحقیقی ، توان پالس کاوشی عادی می تواند کمتر از هنگامی باشد که کشف و تایید هدف تنها بر اساس یک مشاهده انجام می شود .

مقدار اطلاعاتی که به وسیله یک رایانه معمولی کنترل کننده رادار پردازش می شود ، محدود است . مراحل شروع و تداوم ردگیری نیاز شدیدی به منابع کامپیوتری دارد. از این رو لازم است که اطلاعاتی کم اهمیت از سیستم حذف شود . این قبیل اطلاعات ناخواسته ممکن است ناشی از کلاتر ، تداخل ، یا اختلال باشد .

اصولا کامپیوتر می تواند طوری برنامه ریزی شود که بتواند اینگونه پیامهای ناخواسته را شناسایی و دفع نماید اما این هم روش مفیدی برای حذف آنها نیست و بهتر است که در پیام پرداز رادار (SPU) بوسیله پردازنده های غولپیکر آنالوگ ویا تجهیزات دیجیتالی خاص و معادل آن حذف شود .این نوع پردازش پیام ، تصفیه انطباقی ، تصفیه داپلر (MTI)

تصفیه پلاریزاسیون تعیین حد آستانه ویدئویی قابل تطبیق را هم شامل می شود .

حتی اگر تمام کشفیات نامطلوب هم حذف شوند ، باز هم دو مسئله دیگری وجـود دارد کـه باعـث شلوغی شکفیات شده و کامپیوتر را دچار مشکل می سازد :

۱- ظهور چندین هدف جدید

۲- کشف مجدد هدفهای قبلی

و اگر به درستی تشخیص داده نشود ، کامپیوتر سعی می کند که بین آنها و آثار موجود رابطه برقرار کند و ردگیریهای جدید را آغاز نماید که باعث اشغال حافظه کامپیوتر توسط موارد غیر ضروری می

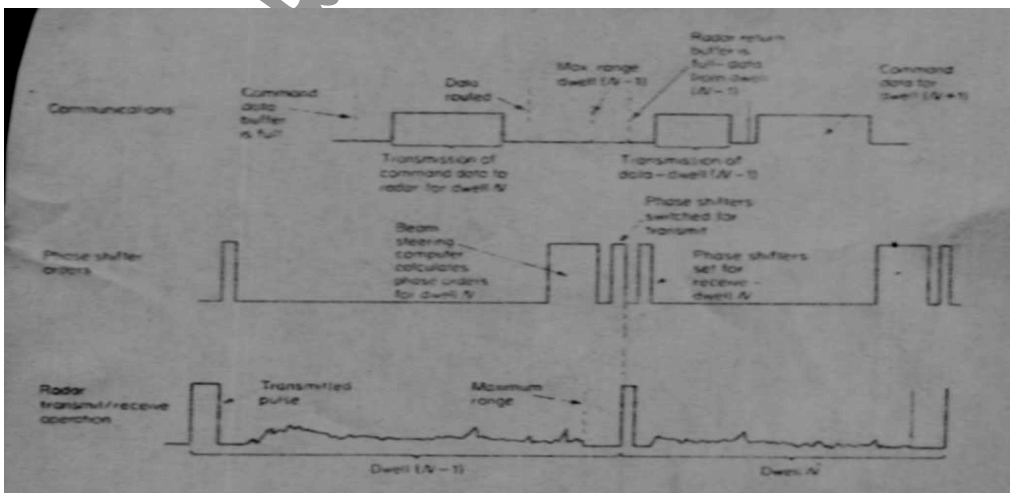
گردد . اگر شدت اکوی برگشتی از حد متعارف بیشتر باشد ، درموقعیت هـای متعـالی پرتـو ، یـک هدف چندین بار ظاهر خواهد شد . اگر پرتویی آنچه در آنتنهای مکانیکی رخ می دهد نمـودار یـک نواختی را مرور نماید ، برخوردهای نا مربوط ناشی از موقعیت های متـوالی آنـتن بـه راحیـت قابـل تشخیص خواهد بود و کاربری که صفحه PPI را نظاره می کند هـیچ مـشکلی را نخواهـد داشـت . درحالی که در یک رادار آرایه فازی قابل انعطاف ، مرور موقعیتهای پرتـو ، یکنواخـت نمـی باشـد و احتمال رویت مجدد یک هدف به نحوه مرور فضا بستگی دارد . برای اجتناب از این مشکل می توان تصمیم گیریر در مورد رویت هدف تا پایان مرور موقعیتهای مجاور به تاخیر انداخت . پس از اتخـاذ تصمیم رویت ، باید آثار بدست آمده با آثار موجود مقایسه گردد تا معلوم شود که آیا مربوط به یک هدف جدید است یا همان هدفی که درحال حاضر تحت تعقیب می باشد . این یکی از جنبـه هـای مهم روند رویت می باشد زیرا آغاز ردگیری پس از کشف یک هدف جدید ، به تعدادی وقفه بر روی

هدف نیاز دارد که منابع رادار و کامپیوتر را اشغال می کند آغاز ردگیری پس از کشف هدف جدید یک روند ارادی است و در یک مدت زمان نسبتا کوتاه باید رادار چندین بار هدف و مشاهده نماید تا بتواند جهت حرکت و سرعت آنرا مشخص نماید . تدام ردگیری مشخص می کند که چه هنگام باید ردهای موجود مورد مشاهده مجدد قرار گیرند تا رودی پرونده ردگیری نو شود .

تدارم ردگیری نه تنها زمان رویت مجدد را مشخص می کند ، بلکه مراحل لازم برای انجام آنرا نیز فراهم یم کند . معمولا انجام این عمل آسان تر از تعیین موقعیت هدف بر حسب مختصات راداری است ، زیرا در این سیستم مختصات ، خطاهای راداری به سادگی قابل محاسبه هستند .

اگر هدف یک هواپیما باشد می توان برای یکنواختی و تخمین مسیر آن ، موقعیت آنرا به سیستم

مختصات قائم تبدیل کرد . یک هدف دارای سرعت ثابت که در مسیری خطی و غیر شعاعی حرکت می کند در سیستم مختصات کروی رادار ، دارای سرعت شعاعی خواهد بود ولی در سیستم مختصات قائم چنین حالیت وجود ندارد .



شکل(۲-۲-۲)

شکل (۲-۲-۲-) نمونه ای از زمان بندی رویدادها است که باید در ارسال و دریافت های راداری رخ دهد شکل پایینی ، زمان بندی حوادث ارسال را نشان مـی دهـد . هنگـامی کـه رادار هنـوز اکـوی مربوط به وقفه ($N-1$) را دریافت می کند ، یک مجوعه ای فرامین برای کنترل وقفه N ام به رادار می رود و کامپیوتر هدایت گر پرتو ، ترتیب فاز گردانهای لازم برای ارسال بعدی را تعیین مـی کند . پس از گذشت مدت متناظر با دور ترین فاصله ، فاز گردانها برای ارسال بعدی را تعیـین مـی کند . پس از گذشت مدت متناظر با دورترین فاصله ، فازگردانها برای ارسال بعدی آماده می شوند . در این هنگام پردازش گر پیام هم برای هماهنگی با وقفه بعدی آماده می شود و اگر آنتن آرایـه ای دارای فاز گردانهای یک طرفه باشد ، درست پس از ارسال فاز ، توزیع فاز مکمل لازم برای دریافـت صورت می گیرد . وقتی که سیستم برای ارسال بعدی آماده می شود اطلاعات دریـافتی مربـوط بـه ارسال قبلی وارد طبقه بافر می شود تا به رایانه کنترل کننده رادار انتقـال یابـد بنـابرای در هنگـام اجرای وقفه N ام ، برگشتیهای مربوط به وقفه ($N-1$) پردازش می شوند و فرامین مربـوط بـه وقفه $N+1$ صادر می گردد .

در رادار آرایه فازی که توسط کامپیوتر کنترل می شود . زمان و انرژی رادار دو منبعی هستند که باید به دقت مورد استفاده قرار گیرند . اعمال مختلفی که قرار است انجام شود باید به دقـت اولیـت بندی شوند تا هیچ یک از منابع تضییع نشوند . درحالـت تجـسس ، زمـان بـه شـدت تحـت تـاثیر دورترین فاصله قرار می گیرد . در حالت ردگیری معمو لا فا صله هدف محدودیت زمانی ا یجاد نمی کند زیرا فا صله هدف معلوم است و بر طبق آن مدت زمان وقفه تعیین مـی گـردد . تـوان ارسـالی رادار ، به نوع کاری که باید انجام شود و همچنین به دورترین فاصله هدف و احتمالا به رفتار قبلـی

هدف بستگی دارد . بنابراین منابع زمانی رادار بیشتر تحت تاثیر هدفهای دور قرار دارد و تـوان رادار هم از اعمال تاکتیکی تاثیر پذیری بیشتری دارد .

داده پرداز و رادار ممکن است باعث شوند که سیستم ، زمان موجود خود را از دسـت بدهـد . زمـان لازم برای پردازش هر وقفه هدف و همین طور مقدار حافظه کامپیوتر لازم برای هـر هـدف معمـولا مستقل از فاصله هدف می باشد .

بنا براین اگر هر واحد زمانی داده های فوق العاده زیادی به کامپیوتر وارد گردد آنرا به حد اشباء می رساند . این حالت غالبا در مورد هدفهای نزدیک رخ می دهد زیرا نسبت به هدفهای دور به سـرعت داده پرداز بیشتری نیاز دارند.

به منظور حفظ حداکثر کارایی رادار و کامپیوتر آن در هنگام بروز حالت اشباء نوع سیـستم اولیـوت بندی مورد نیاز است . کارهای که محدودیت زمانی چندان ندارند باید کنار گذاشته شوند تا کارهای با فوریت بیشتر انجام شوند . جدول (۱-۲-۲) یک نمونه از اولویت بندی مربـوط بـه یـک سیـستم تاکتیکی دفاع هوایی را نشان می دهد که رادار آن کار تجسس و ردگیری خـود کـار را انجـام مـی دهدو همچنین مراحل ردگیری موشک را هدایت مـی کنـد . از حالـت اختـصاصی دارای بیـشترین اولویت قرارگرفته تا آزمایشات استاندارد و اعمال وقت گیر با کمترین اولویت هـشت طبقـه اولویـت وجود دارد . در هر طبقه چند کار مشابه وجود دارد که می توان آنها را بر طبق ترتیـب ورود انجـام داد و یا در نوبت تقدمهای بعدی قرار داد . بیاد داشته باشید که زیر مجموعه های طبقه اولویت صفر ، در طبقات دارای اولویت کمتر نیز ظاهر شده اند .

کامپیوتر باید بتواند به درخواستهای فوری کاریهای پراولویت پاسخ بدهد و نتیجه کارهای پراولویـت را تشخیص داده و به درستی آنرا آغاز نماید . برای اجرای کارهای پر اولویت و کم اولویـت دو روش

وجود دارد . در روش اول کار پراولویت به محض پیدایش ، کنترل امور را به خود اختصاص می دهد و متوقف شده به کنار گذاشته می شوند تا در فرصت دیگر ادامه آن تکمیل شود . این اجرا باید آنقدر کوچک باشند که انتقال فرامین مربوط به کارهای پر اولویت را به تاخیر نیندازد .

رادار آرایه فازی و کامپیوتر آن به روشهای مختلف اشباع می شوند . وقفه بر روی هدفهای دور زمان اجرای بیشتری اشغال می کند اما چون میزان داده های آن کم است لذا وقت کمتری از داده پرداز را به خود اختصاص می دهد ، به عبارت دیگر میزان داده های مربوط به هدفهای نزدیک به اندازه میزان داده های هدفهای دور ، وقت اجرایی رادار را اشغال نمی کنند ، اما پردازش داده های هدفهای دور ، وقت اجرای رادار را اشغال نمی کنند ، اما پردازش داده های آنها یک عامل محدود کننده است . ردگیری چندین هدف نزدیک ، تمامی ظرفیت پردازنده را به خود اختصاص می دهد و باعث می شود که اعمال تجسسی که نسبت به ردگیری از اولویت کمتری برخوردار است کاهش یابد یا متوقف شود بنابراین روشهای اشباع سیستم به وضعیت و شرایط هدف بستگی دارد . ارزش سخت افزاری و نرم افزاری کامپیوتر یک سیستم راداری ، بخش مهم از کل هزینه سیستم را تشکیل می دهد . طرح سیستم کامپیوتری باید به عنوان جزئی از سخت افزار رادار مورد توجه قرار گیرد توسعه نرم افزار هم باید مورد توجه خاص قرارگیرد و نباید آنرا دسته کم گرفت

pedical mde

burnthrougf previously scheduled events that capure Rar long perduse of time

special test .

ENGEGMENTS

ENGEGED BOSTILE

OWN MISSILE

PREENGAED HOSTILE

جدول (۱-۲-۲-)

کنترل رایانه رادار :

رایانه یکی از بخشهای جداناشدنی این رادار می باشد و در تجهیزات چند منظوره و قابل انعطاف از قبیل سیستمهای دفاع هوایی ، دفاع موشکهای بالستیک ، دارای اهمیت چند منظوره می باشد . کامپیوتر از طریق کنترل موثر رادار و برنامه ریزی عملکردهای آن انعطاف پذیری یک آرایه را چندین برابر می کند اما هزینه برخورداری از این قابلیت کم نیست و یکی از مهم ترین عوامل گرانی این گونه رادارها همین امر می باشد . در این گونه رادارها نقش کامپیوتر عبارت است از : فراهم کردن فرامین هدایت پرتو برای هر یک از بازگردانها ، اداره پیامها از طریق تعیین نوع و شکل موج تعداد مشاهدات ، سرعت تردد داده ها ، قدرت و فرکانس آنها ، پردازش پیامهای مربوط و داده پردازی متناسب با حالت کاری ، ارائه داده های پردازش شده به مصرف کننده از جمله ایجاد نشانه ها ، اجرای عملیات مقدماتی برای مشاهده و ارزیابی ، عیب یابی ، ثبت داده ها و مشابه سازی و اداره عملکرد رادار از طریق تعیین فوریت کارهای مختلف و نحوه اجرای آنها به گونه ای که بین کارهای خواسته شده از رادار و منابع موجود در رادار هماهنگی ایجاد گردد . علاوه بر این ، رایانه تسهیلاتی فراهم می کند که به کاربر امکان می دهد تا بطور ارادی در عملکرد رادار دخالت کند .

رایانه هدایت کننده پرتو :

گرچه می توان از یک رایانه چند منظوره معمولی هم برای اجرای تمام محاسبات و کنترلهای لازم اینگونه رادار ها استفاده نمود اما غالبا بهتر است که از یک رایانه تک منظوره خاص برای هدایت پرتو استفاده بشود . این رایانه ممکن است بخشی از سخت افزار رادار را تشکیل دهد تا بتواند مشکل ارتباط بین ترتیبهای فراوان فازگردانها را به حداقل برساند .

کامپیوتر چند منظوره کنترل کننده رادار زوایای سمت و ارتفاع لازم را در اختیار رایانه هدایت کننده پرتو قرار می دهد و کامپیوتر هدایت کننده پرتو ، این زاویه را به فرامین لازم برای فازگردانها ترجمه می کند . در برخی آرایه ها که فازگردانها وابسته به فرکانس دارند ، علاوه بر دو زاویه سمت و ارتفاع ، فرکانس هم باید به کامپیوتر هدایتگر پرتو داده شود .

در برخی موارد ، تهیه و توزیع تعداد زیادی فرامین مستقل برای هر فاز گردان از نظر اقتصادی غیر ممکن است ، اما در الگوریتمهای محاسباتی ابداعی و سخت افزار کامپیوتر ، می توان از این حقیقت بهره گرفت که مقدار اختلاف فاز Qmn لازم برای عنصر mn ام در یک آرایه شطرنجی را می توان بر حسب ردیف و ستون جدا نمود زیرا :

$$Qmn = mQy + nQx$$

که m , n اعداد صحیحی هستند که معرف ردیف m و ستون n می باشند و Qy مقدار اختلاف فاز لازم بین ردیفهای مجاور برای هدایت پرتو در ارتفاع می باشد . و Qx مقدار اختلاف فاز بین ستونهای مجاور می باشند که برای هدایت پرتو در سمت لازم است . این روش را گاهی « هدایت ستونی – ردیفی » گویند .

استفاده از آرایکها معمولا مشکل رایانه های هدایت گر را ساده می کند . بجای اینکه برای هر عنصر

=

آرایه یک فرمان لازم باشد روش هدایت آرایکها ، برای هر زاویه دید فقط به تعدادی $p + q$ فرمـان نیاز دارد که p عبارت است از تعداد عناصرموجود در آرایک و q عبارت است از آرایکهای موجود در یک آرایه می باشد . به هر حال در q آرایک یکسان کـه هـر کـدام دارای p عنـصر مـی باشـند ، معمولا باید تغییرات حاصل در هر یک از فاز گردانها ، بهتر از آرایـه معمـولی مـشابه کـه دارای pq عنصر است ، باشد زیرا در آرایکها خطاهای موجود در کل سطح آنتن دیگر مستقل نیستند .

۳-آنتن رادار آرایه فازی :

آنتن آرایه شامل تعداد زیادی عناصر تابشی که با فاصله های مناسب کنارهم چیده شده اند . فـاز و دامنه سیگنالهای وارده به هر یک از این عناصر به نحوی کنترل می شود کـه از مجموعـه عملکـرد آنها ، نمودار تابشی دلخواه بدست آید دو شکل هندسی متداول از آنتهای آرایه ای در رادار استفاده می شود که عبارتند از :

۱- آرایه خطی

۲- آرایه سطحی

یک آرایه خطی از قرار گرفتن عناصر تابشی بر روی یک خـط مـستقیم تـشکیل مـی شـود . آرایـه سطحی ، یک ترکیب دو بعدی از عناصر تابشی است که بطور مرتب در یـک صـفحه کنـار یکـدیگر چیده شده اند . آرایه های سطحی را می توان به صورت یک آرایه خطی از آرایه های خطـی تـصور کرد.

آرایه Broadside آرایه ای است که جهت تابش آن از صفحه و یا خطی که آرایـه هـا در آن قـرار دارند ، عمود و یا تقریبا عمود می باشد . آرایه Endfire آرایه ای است که جهت تـابش آن مـوازی

سطح آرایه ها می باشد . آنتنی که رادار موشک PMU2 از نوع آرایه سطحی می باشد. هنگامی که نسبتهای فازی آرایه خطی به گونه ای باشد که جهت تابش بر سطح آرایه عمود باشد یک پرتو پره ای شکل ایجاد می کند . و هنگامی که جهت تابش به سطح آرایه زاویه غیر عمود داشته باشد ، نمودار تابشی آن به صورت یک پرتو مخروطی خواهد بود . از آرایه خطی Broadside در مواردی که بخواهیم در یک سطح پرتو باریک و در سطح دیگر پرتو پهن داشته باشیم استفاده می نماییم . آنتن اینگونه رادارها (آنتنهای سطحی) شاید مفید ترین نوع آرایه برای مصارف راداری باشد زیرا انعطاف پذیرترین نوع آنتنهای رادار می باشد . اشکال مستطیلی آن ، پرتو های مدادی شکل تولید می کنند . آنتنهای آرایه ای را می توان وادار نمود تا از یک سطح مقطع بطور همزمان چندین پرتو ردگیری و یا مراقبت و تولید نماید .

آرایش در یک سطح غیر مسطح توزیع شده باشند را آرایه تطبیقی می گویند .

به آرایش اختلاف فازی نسبی بین عناصر آن به وسیله ابزار الکتریکی کنترل شوند آرایه الکترونیکی می گویند . در یک آرایه الکترونیکی ، عناصر آنتن ، فرستنده ها ، گیرنده ها و داده پردازهای رادار ، معمولا به صورت یک مجموعه طراحی می شوند . یک رادار ممکن است با آرایه های مکانیکی ، آنتنهای بازتابنده و یا آنتنهای عدسی هم بخوبی و بطور یکسان کار کند بشرطی که نمودار تابشی آنها یکسان باشد . اما چنین راداری به دلیل وابستگی ذاتی بین آرایه و سایر قسمتهای رادار نمی تواند با تعویض ساده آنتن به یک آرایه الکترونیکی مفید تبدیل شود .

نمودار تابشی :

یک آرایه خطی شامل N عنصر که به فاصله یکنواخت از یک دیگر قرار دارنـد را در نظـر بگیریـد . این منابع نقطه ای عناصری هستند که انرژی را با فاز و دامنه مـساوی و بطـور یکنواخـت در تمـام جهات منتشر می سازند .

این عناصر وجود خارجی ندارند اما در تئوری آرایه ها بخصوص برای محاسبه نمـودار هـای تابـشی بسیار مفید است . برای سهولت ، آرایه را بصورت یک آنتن گیرنده نشان می دهنـد امـا بنـابر اصـل تقابل نتایج حاصل ، درباره آنتن فرستنده هم بخوبی صدق می کند .خروجی تمام عناصـر از طریـق خطوط انتقال هم اندازه به پیوسته و با هم جمع می شوند تا ولتاژ مجمـوع یـا Ea را در خروجـی فراهم کنند . عنصر شماره یک را به عنوان پیام مبنا یا فاز صفر در نظـر مـی گیـریم . اخـتلاف فـاز عناصر مجاور هم برابر :

$$Q = L\pi(d/\lambda)\sin\theta$$

می باشد که ×× نشاندهنده جهت ورود اشعه می باشد . همچنین فرض بر این است که فاز و دامنـه پیامهای تمام عناصر ، دارای ارزش یکنواخت باشند بنابر این دامنه ولتاژ تمام عناصر یکسان اسـت و برای سادگی آنها را برابر یک در نظر می گیریم . در صورتی که اختلاف فاز عناصر مجـاور برابـر Q بصورت زیر خواهد بود :

که ω همان فرکانس زاویه ای پیام است این مجموعه را بصورت زیر می توان نوشت :

$$E_a = \sin[\omega t + (N-1)\varphi/2]\frac{\sin(N\varphi/2)}{\sin(\varphi/2)} \qquad (۲-۳-۱)$$

معادله اول رابطه فوق یک موج سینوسی با فرکانس ω و اختلاف فازی برابر $(N-1)\varphi/2$

می باشد در حالیکه دومی یک عامل دامنه بصورت $\sin(N\varphi/2)/\sin(\varphi/2)$

می باشد . نمودار تابشی هم برابر رابطه (۱-۳-۲) یا بصورت زیر خواهد بود :

$$\|E_a(\theta)\| = [\frac{\sin[N\pi(d/\lambda)\sin\theta}{\sin[\pi(d/\lambda)\sin\theta} \qquad (۲-۳-۲)$$

اگر صورت کسر برابر صفر باشد نمودار دارای کمترین مقدار خواهد بود این حالت هنگـامی رخ مـی دهد که $N\pi(d/\lambda)\sin\theta$ برابر صفر $(\pi, 2\pi, 3\pi, \ldots, N\pi)\pm$ باشد یاد آوری مـی شـود که وقتی مخرج کسر برابر صفر باشد صورت کسر نیز برابر صفر خواهد بـود امـا بـا بکـارگیری روش هوپیتال یعنی دیفرانسیل گیری جداگانه از صورت و مخرج کـسر ، معلـوم مـی شـود کـه هـر گـاه $\sin\theta = \pm n\lambda/d$ باشد ا Ea ا ماکزیمم خواهد بود . تمام مقادیر ماکزیمم با هم مساوی و براب یک می باشد . مقدار پیشینه ای که در $\sin\theta = 0$بدست می آید ، مربوط به پرتو اصلی و سایر مقـادیر پیشینه مربوط به لوپهای شبکه می باشد که قالبا نامطلوب بوده و باید حذف شوند :

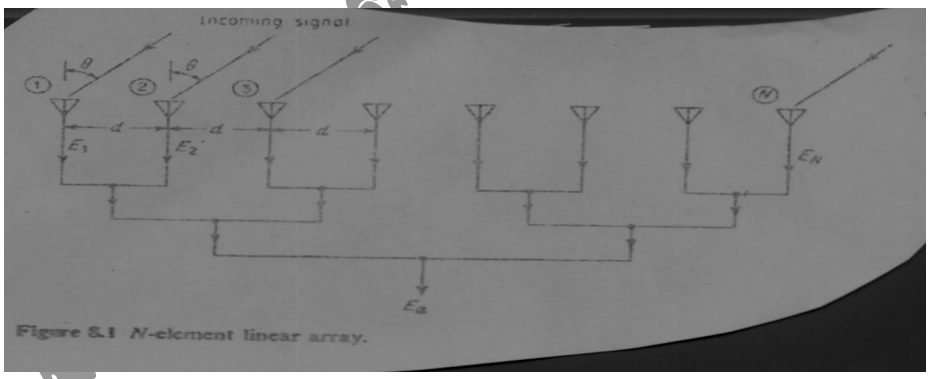


Figure 8.1 *N*-element linear array.

(شکل ۳-۳-۲)

اگر فاصله بین عناصر برابر نصف طول موج باشد (d/λ = ۰/۵) اولین لـوب شـبکه ای (n=± ۱) در فضای خارجی ظاهر نخواهد شد زیرا $\sin\theta > 1$ می شود که غیر ممکن است . هنگامی که d=λ

باشد لوبهای شبکه ای در ۹۰ ± درجه ظاهر خواهد شد . در یک آرایه بدون اسکن این حالت $d=\lambda$ برای حذف لوبهای شبکه ای مفید است .

رابطه (۲-۳-۲) درباره عناصر تابشی ایزوتروپ صادق است اما عناصر عملی آن به گونه ای طراحی شده اند تا در $\theta = \theta.$ بیشترین تابش را داشته باشند معمولا در جهت $\theta = \pm 90$ تابش ناچیزی دارند بنابر این در راستای $\theta = \pm 90$ لوبهای شبکه ای حذف می شوند به همین دلیل است که در آرایه های فاقد اسکن فاصله بین عناصر را برابر طول موج انتخاب می کنند .

هدایت پرتو آنتن آرایه فازی :

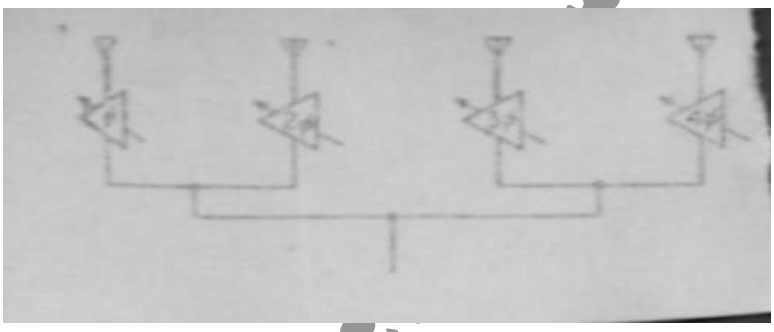
پرتو آنتن آرایه فازی را می توان بدون حرکت قطعات عظیم مکانیکی ، با تغییر فاز مناسب پیامهای وارد بر هر عنصر ، بسرعت در فضا هدایت نمود . آرایه دارای عناصر با فواصل یکسان را در نظر بگیرید فاصله بین عناصر مجاور برابر $d=\lambda$ و دامنه پیامهای وارد بر تمام عناصر یکسان فرض شده است اگر پیامهای وارد بر تمام عناصر هم فاز باشند اختلاف فاز بین عناصر مجاور برابر صفر بوده و پرتو اصلی با زاویه $\theta = 0$ در سطح آرایه گسترده خواهد بود اگر اختلاف فاز نسبی بین عناصر برابر صفر نباشد ، جهت پرتو اصلی در راستای سطح آرایه نخواهد بود و اگر اختلاف فاز برابر $\varphi = 2\pi(d/\lambda)\sin\theta.$ باشد پرتو اصلی در جهت زاویه $\theta.$ و بنابراین فاز هر عنصر برابر $\varphi_c + m\varphi$ خواهد بود که m=0,1,2,.....(N-1) و φ_C مقدار اختلاف فاز ثابت وارد بر تمام عناصر می باشد در صورتی که اختلاف فاز بین عناصر مجاور برابر φ باشد نمودار تابشی نرمال از رابطه زیر بدست می آید .

$$G(\theta) = \frac{\sin^2[N\pi(d/\lambda)(\sin\theta - \sin\theta.)]}{N^2\sin^2[\pi(d/\lambda)(\sin\theta - \sin\theta.)]} \qquad (۲-۳-۳)$$

=

در حالتی که $\sin\theta = \sin\theta.$ باشد ، نمودار تابشی دارای بیشترین مقدار خواهد بود رابطه (۳-۳-۲) بیان می کند که پرتو اصلی نمودار آنتن را می توان با وارد کردن اختلاف فاز مناسب φ به هر یک از عناصر آرایه ، به سمت زاویه $\theta.$ هدایت نمود .

برای اینکه بتوان پرتو را در هر سمت در این رادار هدایت کرد بجای فازگردان ثابت در رادار از فازگردان متغییر استفاده شده است که با تغییر فاز نسبی بین عناصر پرتو به سمت مورد نظر هدایت خواهد شد .



شکل(۴-۳-۲)

تغییر پهنای پرتو در اثر تغییر زاویه هدایت پرتو :

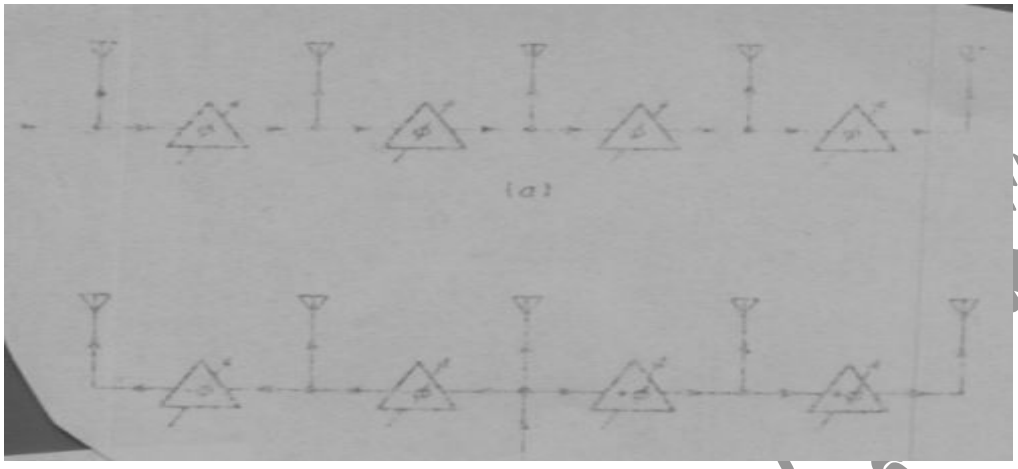
با عبور پرتو از راستای خط نرمال آنتن ، پهنای پرتو در سطح مرور شونده افزایش می یابد ، پهنای پرتو تقریبا با $\cos\theta.$ نسبت عکس دارد که $\theta.$ زاویه است که نسبت به خط نرمال آنتن سنجیده می شود بنابراین اگر زاویه $\theta.$ از راستای نرمال آنتن منحرف شود پهنای پرتو در صفحه مرور شونده متناسب با $(\cos\theta.)^{-1}$ افزایش خواهد یافت اگر پرتو آنتن خیلی به سمت لبه های آنتن نزدیک شود دیگر معادلاتی که برای زوایای دیگر بکار می رود برای این زاویه صادق نخواهد بود .

تغذیه گرهاییکه در این رادار به کار می رود :

برای اینکه پرتو اصلی نمودار تابش در راستای زاویه θ. قرار گیرد ، باید اختلاف فاز نسبی بین عناصر مجاور یک آرایه برابر $\varphi = 2\pi(d/\lambda)\sin\theta$. باشد اختلاف فاز لازم بین عناصر را می توان به یکی از دو صورت تغذیه موازی یا تغذیه متوالی ایجاد نمود . در تغذیه متوالی ممکن است انرژی از یک انتهای آرایه وارد گردد (شکل ۵a-۳-۲) و یا از میان خط وارد شوند و به سوی دو انتهای آن منتشر شوند (شکل ۵ b-۳-۲) در بین عناصر مجاور یک فاز گردان قرار دارد که میزان گردش فاز هر یک از آنها برابر φ می باشد . تمام فاز گردان های مشابه بوده و اختلاف یکسانی را اعمال می کنند که کمتر از 2π رادیان است . در ترکیب متوالی شکل(۵ b-۳-۲)که انرژی از یک انتها وارد می شود موقعیت پرتو متناسب با فرکانس تغییر می کند بنابر این از دیگر حالتهای تغذیه آرایه پهنای باند محدود تری دارد که همین باعث می گردد تا رادار در حال کاوش نویز کمتری را دریافت نماید . در شکل (۵b-۳-۲)که تغذیه گر در وسط آرایه قرار دارد این مشکل وجود ندارد در آرایه با تغذیه موازی شکل(۴-۳-۲)انرژی تابش به وسیله یک تقسیم کننده قدرت بین عناصر مختلف توزیع می شود . اگر از چندین تقسیم کننده انرژی استفاده شود بطوری که یک شبکه توزیع تشکیل دهند آنرا تعاونی توزیع می نامند .

انرژی از خطوط هم اندازه به عناصری می رسد تا اختلاف ناخواسته ایجاد نشود . اگر طول خطوط برابر نباشند مقدار نابرابری آنها باید توسط فاز گردانها جبران شود . تغییر فاز لازم بوسیله فازگردانها برای هدایت پرتو در خطوط تغذیه عناصر ایجاد می شود . اگر فاز اولین عنصر به عنوان

مبنا در نظر گرفته شود ، اختلاف فاز لازم برای عناصر بعدی برابر φ خواهدبود $\varphi,2\varphi,.....(N-1)\varphi$



شکل(۵-۳-۲)

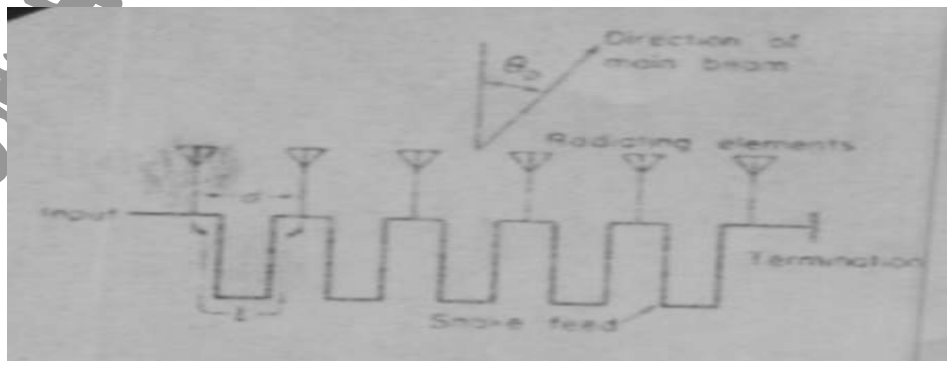
بیشترین تغییر فاز لازم در هر یک از فاز گردانهای آرایه های دارای تغذیه موازی چندین برابر 2π رادیان می باشد . چون تغییر فاز بصورت تناوبی و با دوره تناوب 2π می باشد در بسیاری از کاربردها می توان از یک فاز گردان گردش فاز بیشینه ای برابر 2π رادیان استفاده نمود درحالیکه اگر پهنای پالس نسبت به زمان پاسخ آنتن باریک باشد ، ممکن است پاسخ سیستم تضعیف شود . مثلا اگر انرژی در جهات عمود بر صفحه آرایه بر آن وارد نشود تمام آرایه ها بطور همزمان برانگیخته نخواهد شد . و مجموعه خروجی های عناصر دارای تغذیه موازی برهم منطبق نبوده ویا هم پوشانی نخواهد داشت و پالس دریافتی ضایع خواهد شد . باقرار دادن خطوط تاخیر بجای فازگردانهای2π ، می توان این حالت را برطرف کرد . در آرایه های با تغذیه متوالی هم در صورتی که انرژی در راستای نرمال آرایه و یا نزدیک به یک انتهای آرایه فرستنده دارای تغذیه متوالی یک پالس باریک وارد شود . ممکن است قبل از آنکه باقیمانده انرژی به آخرین عنصر برسد ، تابش انرژی اولین عنصر کامل گردد . و در هنگام دریافت ممکن است پالس برگشتی تخریب و یا ضایع گردد . در آرایه های دارای تغذیه متوالی در صورتی که طیف پیام وسیع باشد می توان با قرار

دادن خطوط تاخیر جداگانه و با طول مناسب به طور متوالی با عنصر تابشی ، مقدار تاخیر موجود را جبران نمود و از تقریب پرتو اصلی جلو گیری نمود .

در یک آرایه تغذیه متوالی که N فازگردان داشته باشد پیام تا N برابر تلافات ادغام مربوط به فـاز گردان را تحمل می کند در حالیکه در آرایه دارای تغذیه موازی ، تلافات ادغام فازگردان یک باره و بطور موثر اعمال می شود . بنابر این فازگردانهای موجود در آرایه های متوالی دارای اتلاف کمتـری نسبت به فاز گردانهای آرایه موازی باشند و اگر فاز گردانهای متوالی دارای تلایفات زیادی باشند می توان برای جبران مقدار کاهش پیام در هر یک از عناصر تابشی یک تقویت کننده قرار داد.

۴-آرایه های مرور فرکانس در رادار :

هرگونه تغییر در فرکانس پیام که از طریق یک خط انتقال منتشر می شود موجب تغییرفاز آن مـی گردد که روش ساده ای برای تغییر فاز الکترونیکی فراهم می کند . اگر چه می توان یک آرایه مرور گر فرکانس را به روش موازی تغذیه نمود . اما راحت تر آن است که از روش تغیذیه متـوالی ماننـد شکل (۲-۴-۲) استفاده شود چون مقدار تضعیف خطوط انتقالی که عناصر مجاور را به هـم متـصل کند ، در مقایسه با تضعیف فاز گردانهای معمولی کم است ، می توان بدون مواجه با تلفـات زیـاد از تغذیـــــه متـــــوالی در آرایـــــه هـــــای مـــــرور فرکـــــانس اســـــتفاده نمـــــود .



شکل(۱-۴-۲)

در آرایه های تغذیه متوالی شکل (۲-۴-۲)اختلاف فاز بین دو عنصر مجاور برابر است با

$$\varphi = \frac{2\pi f \ell}{v} = \frac{2\pi f}{\lambda} \qquad (۲-۴-۱)$$

اگر

f = با فرکانس پیام الکترمغناطیسی ،

l = طول خط انتقالی که دو عنصر مجاور را به هم وصل می کند

v = سرعت انتشار در خط انتقال ،

λ = طول موج

برای سهولت سرعت انتشار برابر c یعنی سرعت انتشار نور در نظر گرفته شده است و این درمورد خطوط هم محور و ساختارهای مشابه آن که انتشار آنها به روش TEM است هم قابل اطلاق است . اگر بخواهیم که پرتو در جهت $\theta.$ منتشر شود ، اختلاف فاز بین عناصر باید برابر $\varphi = 2\pi(d/\lambda)\sin\theta.$ باشد . معمولا در آرایه های مرور فرکانس لازم است که مضرب صحیحی از2π رادیان به اختلاف فاز نسبی اضافه گردد . این عمل امکان می دهد تا با کمی تغییر فرکانس بتوان یک زاویه معین را مرور نمود . اگر مضربهای 2π رادیان اضافه شده را با m نشان دهیم اگر این اختلاف فاز را به همراه اختلاف فازی که خواهیم داشت :

$$2\pi(d/\lambda)\sin\theta. + 2\pi m = 2\pi f/\lambda \qquad (۲-۴-۲)$$

$$\sin\theta. = -\frac{m\lambda}{d} + \frac{f}{d} \qquad (۲-۴-۳)$$

ا

=

وقتی که پرتو در راستای خط نرمال آنتن $\theta_{.} = 0$ منتشر شود ، رابطه (۳-۴-۲) نشان می دهد که $m = \frac{f}{\lambda_{.}}$ که $f_{.}$ طول موج فرکانسی است که پرتو در راستای عمود بر سطح آرایه قرار می دهد این فرکانس را با $f_{.}$ نشان می دهند . جهت پرتو هم به صورت زیر به دست می آید

$$\sin\theta_{.} = \frac{1}{d}(l - \frac{\lambda}{\lambda_{.}}) = \frac{1}{d}(l - \frac{f_{.}}{f}) - \qquad (۲-۴-۴)$$

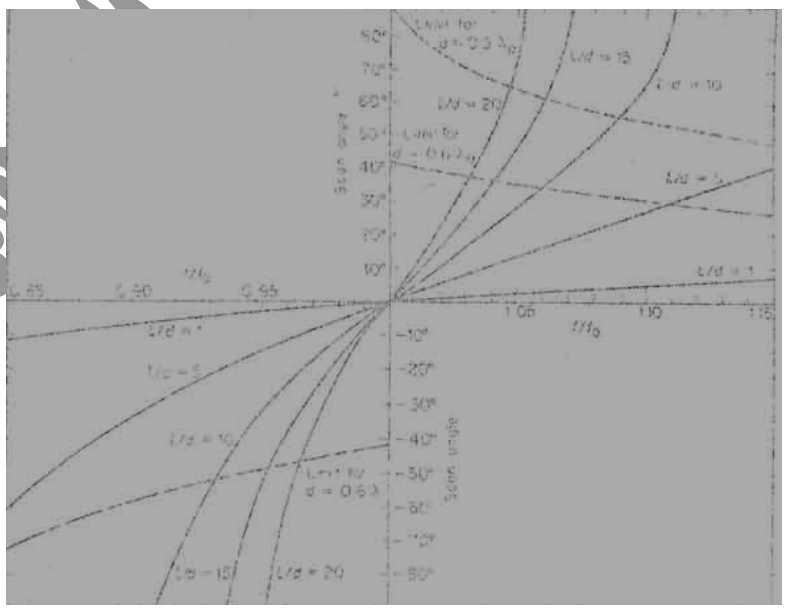
اگر پرتو در بین دو حد $\pm\theta_{.}$ هدایت شود ، مقدار تغییرات طول موج $\Delta\lambda$ از رابطه زیر بدست می آید :

$$\sin\theta_{.} = \frac{l\Delta\lambda}{2d\lambda_{.}} \qquad (۲-۴-۵)$$

بنابرین بین تغیرات طول موج وطول خط وصل کننده عناصر ، یک نوع زقابت وجود دارد . شکل ۵-۱ نموداری از جهت پرتو را بصورت تابعی از فرکانس به ازای مقادیر مختلف ضریب پیچش l/d نشان میدهد . باید در نظر داشته باشیم که پرتو بر حسب فرکانس متقارن نیست . برای ا ینکه پرتو بتواند زاویه ۱۵ +- درجه را حول محور عمود بر سطح ارا به مرور کند ،به پهنای باندی حدود ۳۰درصد برای ضریب پیچش برابر ۵وپهنای باندی برابر ۷درصد برای ضریب پیچشی برابر ۲۰ نیاز دارد .

در این نوع رادار لازم است که بخش عمده ای از باند فرکانس رادار به هدایت پرتو اختصاصی یابد اگرچه این روش ساده ای برای هدایت پرتو می باشد . اما به باند فرکانس اجازه نمی دهد که برای اهداف دیگر از قبیل افزایش دقت فاصله یابی یا تعویض سریع فرکانس مورد استفاده قرار گیرد . اگر یک پالس خیلی باریک در یک آرایه مرور گر فرکانس مورد استفاده قرار گیرد نمودار آن غیر نرمال خواهد شد . از دو دیدگاه می توان این موضوع را مورد بررسی قرار داد در قلمرو فرکانس ، هر مولفه

طیف فرکانس نشان دهنده جهت انتشار متفاوتی است . اگر پیام دارای مولفه های فرکانسی دور از هم باشند به جای اینکه پرتو در محدوده پهنای باند ، مطابق انچه بر اساس فریضه پـراکنش تـایین شده است ، محصور گردد . در یک قطاع وسیعی پخش خواهد شد یا از دیدگاه تاخیر زمـانی ، یـک پالس باریک ورودی آرایه دارای تغذیه متوالی شکل (۲-۴-۲)قرار گیرد ، در مدت زمان معینی طول خط انتقال را طی می کند . زمان معیین ، مشخص کننده پهنای باند معین است . هر چـه ضـریب پیچش بیشتر باشد طیف فرکانس لازم برای حرکت پرتو در یک ناحیه معین کوچک تر خواهد بود . اما به هر حال مدت بیشتری طول می کشد تا تمام آرایه را پر کند و پهنـای بانـد قابـل ارسـال بـه وسیله آرایه کمتر خواهد بود . مثلا اگر آرایه دارای سطحی برابر ۵ متر و ضریب پیچـشی برابـر ۱۵ باشد ، ۰/۲۵ میکروثانیه طول خواهد کشید تا آرایه پرشود و اگر بخـواهیم کـه پرتـو دچـار انحـراف نشود باید پهنای پالس نسبت به مدت زمان لازم پهن باشد .



شکل(۲-۴-۲)

اگر فاصله الکتریکی عناصر خیلی زیاد باشند ، رادار مرور گر فرکانس هم مانند سایر آرایه ها ، لـوب های شبکه ناخواسته ای منتشر می کند که یکی از معایب سیستم می باشد .

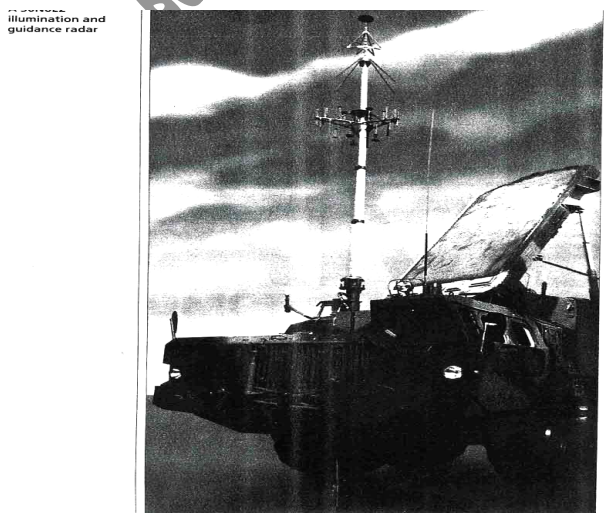
اگر ما فرض کنیم که لوبهای شبکه ای واقع در $90 \pm$ قابل صرفه نظر باشد آنگاه :

$$\lambda / d \le |1 \pm \sin \theta.| \qquad (۲-۴-۶)$$

راریه محدود کننده مرور به دلیل بروز پره های شبکه ای به صـورت منحنـی خـط چـین بـرای دو حالت $d = ./5\lambda.$ و $d = ./6\lambda.$ در شکل (۲-۴-۲) نشان داده شده است .

ظاهر شدن لوپهای فرعی نشان دهنده بیشترین حد زاویه مرور است . ظهور پرده های فرعی در دو طرف زاویه $\theta. = 0$ به صورت متقارن نیست . مثلا اگر فاصله بـین عناصـر برابـر $\frac{1}{d} = 15$ و $./5\lambda.$ باشد پرتو می تواند بین $\theta. = 0$ و د $\theta. = 62$ رجه مرور شود .

اگر مرور فرکانس بتواند برای تابش پرتو در یک ناحیه معین از فرکانسهای مختلفی اسـتفاده کنـد ، به شرطی که باند تغذیه گر آنتن و عناصر تابشی به اندازه کافی وسـیع باشـند . آنـتن رادار موشـک PMU2 از این آنتنها است .

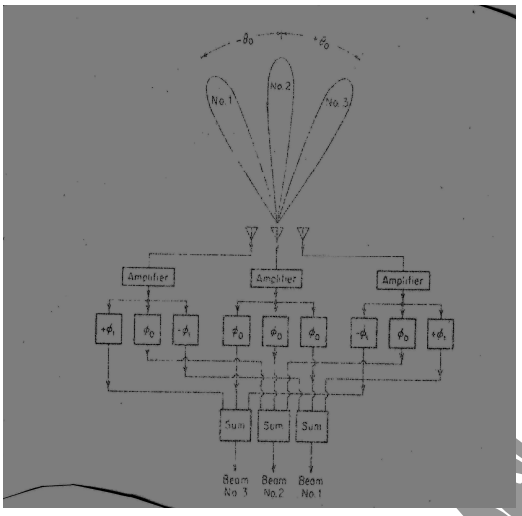


شکل(۳-۴-۲)

تولید هم زمان چند پرتو از آنتن این رادار :

یکی از ویژه گی های این آنتن توانایی ایجاد چند پرتو مستقل و همزمان از یک سطح است . در اصل یک آرایه N عنصری می تواند N ایجاد کند . پرتوهای چند گانه امکان اجرای عملیات همزمان و تبادل سریع اطلاعات را فراهم می کنند . پرتوهای چند گانه می توانند در فضا ثابت باشند ، یا بصورت مستقل هدایت شوند یا بطور گروهی هدایت گردند . پرتوهای چندگانه برای ارسال و دریافت می توانند ایجاد گردند . در بعضی مواقع فقط برای دریافت از پرتوهای چندگانه استفاده می شود و عمل ارسال توسط یک پرتو پهن که تمام فضا را پوشش می دهد توسط پرتوهای چندگانه مورد پوشش قرار گرفته اند . ایجاد چندین پرتو برای دریافت آسان تر از ایجاد آنها برای ارسال است و این یک روش مفید برای استفاده از یک آرایه برای چندین منظور می باشد عمل ایجاد چندین پرتو توسط قرار دادن چند فاز گردان اضافی در خروجی هر عنصر می تواند یک آرایه خطی را که یک پرتو ایجاد می کند به یک آنتن چند پرتوی تبدیل کرد . همانطوری در شکل (۴-۴-۲) دیده می شود برای ایجاد هر پرتو یک فازگردان نیاز است در این شکل یک آرایه ساده از این آنتن که تنها سه عنصر دارد و هر عنصر دارای مجموعه ای شامل سه فاز گردان است نشان داده شده است . یکی از مجموعه های فاز گردان ، پرتو ایجاد می کند که در راستای عمود بر سطح آرایه است $(\theta_0 = 0)$ و مجموعه شامل سه فاز گردان دیگر ، پرتوی درجهت $\theta = \pm\theta_0$ ایجاد می کند θ_0 ازرابطه $\theta_0 = \sin^{-1}(\Delta\varphi\lambda / 2\pi d)$ بدست میآید و همان اختلاف فازی است که در فاصله بین عناصر ایجاد می شود . در بین هر یک از عناصر مجاور و شبکه پرتوساز می توان آمپلی فایرهای قرار داد تا پیام ورودی را تقویت نموده و تلفات ناشی از شبکه پرتوسازی را هم جبران نماید . خروجی هر

فزاینده به تعداد پیام جداگانه تقسیم می شود که بطور جداگانه و مانند اینکه از انتهای جداگانه دریافت شده باشند ، پردازش می شود .



شکل(۴-۴-۲)

خطاهای ناشی از دامنه و فاز جریان و هر یک از عناصر آرایه این آنتن :

علاوه بر خطای فازی که این آنتن دارد ممکن است خطاهای دیگری نیز در عناصر آرایه این آنتن وارد شود و نمودار تابش آنتن را تضعیف کند که این خطاها عبارتند از دامنه و فاز جریان هر یک از عناصر آرایه ، عناصر جامانده ، چرخش یا جابجایی یک عنصر از محل مناسب خودش و بروز تغییرات در نمودار تابشی هر یک از عناصر می تواند موجب کاهش خطا و یا موجب کاهش بهره ، افزایش پره های فرعی و یا تغییر مکان پرتو اصلی گردند .

چون همیشه این خطاها در همه آنتنها به طور یکسان رخ نمی دهد بنابراین مشخصه یک آنتن باید به صورت آماری بیان شود . یعنی اینکه مقادیر متوسط و یا مورد انتظار از نمودار تابشی یک مجموعه از آنتنهای مشابه را می توان بر مبنای آماری از خطاهای ناشی محاسبه کرد . توصیف

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

آماری خواص آنتن نمی تواند در مورد تمام آنتنها صادق باشد . اما در مجموعه ای از آنتنهای مشابه که خطاهای آنها با پارامترهای آماری یکسان مشخص می شوند صادق است . نمودار تـوان متوسـط آماری مربوط به یک آرایه این آنتن که تعداد آرایه های آن N*N عنصر ایزوتروپ که بر روی یک شبکه مستطیلی چیده شده اند به صورت زیر می باشند :

$$\left|f(\theta,\varphi)\right|^2 = p_e{}^2 e^{-\sigma^2}\left|f.(\theta,\varphi)\right|^2 + [(1+\Delta^2)p_e - P_e{}^2 e^{-\partial}]\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} i^2{}_{mn} \qquad (۲-۴-۷)$$

که Pe احتمال فعال بودن یک عنصر یا احتمال اینکه بخشی از عناصر فعال باقی بمانند .

σ = خطای فاز

$\left|f.(\theta,\phi)\right|^2$=نمودار توانی بدون خطا

i_{mn}=جریان بدون خطا در عنصر nm

با توجه به عبارت بالا خطاهای آنتن آن است که نمودار توانی متوسط ایجاد می کند که برابر مجموعه دو عبارت است . عبارت اول معرف نمودار توانی بدون خطا که در مجذور عناصر فعال و همچنین در عاملی متناسب با خطای فاز ، ضرب شده است . عبارت دیگر هم به خطای فاز و هم به خطای دامنه و همین طور به تعداد عناصر فعال و هم چنین به توزیع انرژی در سطح بستگی دارد که بوسیله جریانهای i_{mn} ارائه شده است . باید توجه داشته باشیم که عبارت دوم به محورهای زاویه ای θ وφ بستگی ندارد . و می توان آنرا به صورت یک نمودار آماری بی جهت در نظر گرفت . که این امر باعث می شود تا لوبهای فرعی دور در حضور خطا در لوبهای فرعی مربوط به نمودار بدون خطا متفاوت باشد . باتوجه به اینکه لوبهای فرعی نمودار بدون خطا معمولا با افزایش زاویه نسبت به خط نرمال آنتن به سرعت کاهش می یابد . بنابر این اگر این زاویه از یک حدی بیشتر

شود ، نمودار تابشی تحت الشعاع پرهای فرعی ناشی از خطا قرار خواهد گرفت . شکل پره های اصلی و لوبهای فرعی نزدیک تقریبا تحت تاثیر خطا قرار نمی گیرند اما دامنه آنها تغییر می کند . ما می توانیم عامل Pe را برای ارزیابی تاثیر کاهش شانسی تعداد عناصر آرایه نیز بکار ببریم . اگر Pe = 1 و خطاها هم کوچک باشند نمودار نرمال شده حاصل از تقسیم رابطه ۲۴ - ۸ بر مقدار $|f.(\theta,\varphi)|^2$ خواهد بود با

$$|f_n(\varphi,\theta)|^2 = |f(\theta,\varphi)|^2 + (\bar{\Delta}^2 + \sigma^2)\frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} i_{mn}{}^2}{(\sum_m \sum_n i_{mn})^2} \qquad (۲-۴-۸)$$

عبارت دوم این رابطه نشان می دهد که هر چه تعداد عناصر بیشتر باشد ، میزان آماری لوبهای فرعی کمتر خواهد شد . شدت پرتو اصلی هم که یک کمیت هم بسته است متناسب با مجذور تعداد عناصر افزایش می یابد اما لوبها ناشی از خطاها که ناهم بسته هستند فقط متناسب با تعداد عناصر افزایش می یابند . بهره یک آرایه پهن تاب دارای عناصر ایزوتروپ تقریبا برابر :

$$G_0 = \frac{(\sum_m \sum_n i_{mn})^2}{\sum_n \sum_n i_{mn}^2} \qquad (۴۰۲-۹)$$

اگر چه i_{mn}برابر مقدار ثابت $G_0 = nm$ خواهد بود وبنابرین نمودار نرمال بصورت زیر بیان میشود:

$$|f_n(\theta,\varphi)|^2 = |f_{on}(\theta,\varphi)|^2 + \frac{(\Delta^2 + \delta^2)}{G_0} \qquad (۲-۴-۱۰)$$

هر چه بهره آنتن بیشتر باشد تاثیر نسبی خطا بر لوبها فرعی کمتر خواهد بود با توجه به اینکه بهره آنتن رادار $30N_6E_2$ برابر ۴۳ db می باشد که تقریبا بهره بالای می باشد بنابر این لوبها فرعی وکناری این آنتن با توجه به مطالب بالا به طور چشم گیری کاهش می یابد . با جایگزین کردن

رابطه ۱۰ – ۱ در تعریف بهره می توان نوشت :

$$\frac{G}{G_O} = \frac{p_e}{(1+\Delta^2)\exp(-\delta^2)} = \frac{P_e}{1+\Delta^2+\delta^2} \qquad (۲—۴-۱۱)$$

با توجه به این نکته توجه داشته باشیم که کاهش نسبی بهره ، مستقل از تعداد عناصر مـی باشـد و فقط به تعداد عناصر فعال و مقدار میـانگین مجـذور خطـا بـستگی دارد . اگـر $Pe = 1$ و $D = 0$ باشند برای خطاهای فاز کوچک این عبارت مشابه عبارت مربوط به سطوح پیوسته می باشد . علاوه بر میزان بالابردن لوبهای فرعی خطاهای شانسی فاز و دامنه درتوزیع سطحی انرژی باعث بروز خطا در موقعیت پرتو اصلی هم می گردد . خطای ناشی RMS در سطح یک آرایه مربع M*M برابـر است با :

$$\delta\theta = (\theta)^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3\delta}}{(kde)M^2} \qquad (۲-۴-۱۲)$$

δ=مقدار RMSخطای جریان نرمال شده

$k = 2\pi / \lambda$

de=فاصله بین غناصر

M=تعداد عناصر موجود در یک ضلع آرایه مربعی

بنابر این از مطالعه خطاهای مشروع فوق چندین نتیجه بدست می آید که در مورد آنتن های آرایـه ای صادق است . چون رادار موشک S-300 نیز یک آنتن آرایه ای می باشد بنابراین در مـورد ایـن آنتن نیز این نتایج صدق می کند :

۱ – هرچه تعداد عناصر (MN) در آرایه بیشتر باشد برای یک مقـدار معـین خطـا و یـک میـزان لوبهای فرعی معین ، مقدار تابش جعلی کمتر خواهد بود . به عبارت دیگر لوبهای فرعی کـوچکتری

ایجاد می شود . علت این امر آنست که پرتو اصلی ، متناسب با مجذور تعداد عناصر $(MN)^2$ افزایش می یابد ، در حالی که تابشهای جعلی فقط بصورت خطی افزایش می یابد زیرا معرف تجمع ناهمبسته چندین عامل است .

۲ – میزان افزایش لوبهای ناشی از خطا به زاویه مرور بستگی ندارد .

۳ – هرچه میزان لوبهای فرعی کمتر باشد تعداد افزایش لوبهای فرعی بیشتر خواهد بود .

۴ – در این آنتن شدیدترین خطا مربوط به جابجایی عناصر دو قطبی میباشد و در رده بعدی خطاهای جریانی که از عناصر می گذرد قرار دارد ، و مو قعیت زاویه ای عناصر تقریبا فاقد اهمیت می باشد .

۵-دیگر پارامترهای رادار :

تراکم پالس :

رادار تعقیب این سیستم از تراکم پالس استفاده می کند که این تکنیک به این رادار اجازه می دهدکه برای ارسال انرژی بیشتری از پالس پهن استفاده کند و در عین حال از قدرت تفکیک پالس باریک بر خوردار باشد . این کار از طریق بکارگیری تلفیق پالس یا تلفیق فرکانس به منظور وسیع تر کردن پهنای باند انجام می شود . سیگنال دریافتی در یک فیلتر که پالس پهن را به قدری فشرده می سازد که پهنای آن برابر 1/B شود پردازش می گردد که B پهنای باند پالس تلفیقی است . تراکم پالس در مواردی برای این رادار مفید است که دارای پالس باریک نباشد .

به کارگیری پالس باریک مزایای زیر را خواهدداشت :

- تفکیک فاصله ای

- دقت فاصله ای : اگر رادار از تفکیک خوبی برخوردار باشد از دقت فاصله ای خوبی نیز برخوردار است .
- تضعیف کلاتر : پالس باریک از طریق کاهش کلاتر موجود در سلول تفکیک که با هدف رقابت می کند . نسبت هدف به کلاتر را افزایش می دهد .
- کاهش تغییرات لحظه ای هدف : این رادار ضمن افزایش قدرت تفکیک ، خطاهای فاصله ای و زاویه ای هدف را هم کاهش می دهد زیرا امکان بررسی مراکز بازیابی مستقل را فراهم می سازد.
- تفکیک مسیرهای غیر مستقیم : تفکیک فاصله ای مناسب در این رادار امکان جدا سازی اکوی هدف واقعی را از اکویی که از طریق بازتاب مسیرهای دور تر ویا مسیرهای غیر مستقیم وارد می شوند فراهم می سازد .
- کمترین فاصله قابل رویت : پالس باریک کمترین فاصله قابل رویت را کاهش می دهد .
- طبقه بندی هدفها : اگر شاخص های اکوی دریافتی از یک هدف غیر نقطه ای با پالس باریک مورد ارزیابی قرار گیرند ، برای شناسایی هدف هم مفید خواهدبود .
- مبارزه با اختلال ECCM : این رادارچون دارای پالس باریک می باشد می تواند مانع عملکرد انواع خاصی از ECM از قبیل ربایندە سلول فاصله و اختلالگرهای تکرار شونده گردد به شرطی که زمان پاسخ ECM از پهنای پالس رادار بیشتر باشد . طیف وسیع این رادار پالس باریک در مقابل اخلالگرهای نوری نیز دارای برتری های است .

علی رغم آنکه این رادار از تراکم پالس استفاده می کند ولی این امر خالی از ایراد نمی باشد . زیرا

این رادار به باند وسیعی نیاز دارد که با سایر مصرف کننده های آن باند تداخل مـی کنـد. هـر چـه پالس پایین تر باشد ، اطلاعات بیشتری از رادار بدست مـی آیـد کـه پـردازش و نمـایش آنهـا هـم تمهیدات بیشتری را میطلبد و چون این رادار از قدرت تفکیک بالای برخـوردار مـی باشـد بنـابراین ممکن است که تعداد سلولهای تفکیک بیشتر از حد توان نشانگرهای معمولی بـرای ارائـه اطلاعـات باشد بنابراین باعث تلافات انقباض می گردد . و همچنین عرض باند وسیع برد دینامیکی ایـن رادار را کم می کند .

تراکم پالس در این رادارها راهی برای بهروری از تمام مزایای پالس باریک است و در عین حال توان اوج هم در محدوده موانع کاربردی حفظ می شود .تراکم پالس معمولا جایگزین خوبی بـرای پـالس باریک است .چون تراکم پالس در این رادار علاوه بر غلبه بـر مهـدودیت تـوان اوج ، از نظـر EMC (سازگاری الکترو مغناطیسی)هم بخاطر انعطاف پذیری بیشتری که در تـداخل متقابـل دارد دارای امدتیاز وبرتری میباشد .این کار بخاطر این انجام میشود که این رادار دارای تراکم پالس میتوانـد در محدوده یک باند معین که دارای تلفیق خاص خود ونیز صافی انطباقی مخصوص بخـود باشـد کـار کند .

نسبت تراکم پالس معیاری است که میزان فشردگی پالس را نـشان مـی دهـد و عبـارت اسـت از ، نسبت پهنای پالس بدون تراکم یا عبارت از حاصلـضرب پهنـای بانـد پـالس Bدر پهنـای پـالس نـا متراکم Tبطور کلی $BT>>1$ است .

در این راداربرای تراکم پالس از پالس دارای رمـز فـازی اسـتفاده میـشود . ضـریب تـراکم آن بـین ۲۰۰۰-۶۰۰ میباشد .

عدد نویز:

عدد نویز یک کیرنده راداری بیانگر معیار برای اندازه گیری نویز ایجاد شده توسط یک گیرنده عملی نسبت به یک گیرنده آرمانی می باشد .اگر عدد نویز را Fn بنامیم عبارت میشود :

$$F = \frac{\frac{S_{in}}{N_{in}}}{\frac{S_{out}}{N_{out}}} = \frac{N_{out}}{KT_O B_n G} \qquad (۲-۵-۱)$$

که در آن

S_{in} = توان قابل دسترسی سیگنال ورودی

N_{in} = توان قابل دسترسی نویز ورودی

S_{OUT} = توان قابل دسترسی سیگنال خروجی

N_{out} = توان قابل دسترسی نویز خروجی

توان قابل دسترسی (Available Power) به توانی گفته می شود که به بار تطبیق داده شود . بهره قابل دسترسی G برابر است S_{OUT} / S_{in} و $T_0 = 1.3*10^{-23}$ درجه حرارت استاندارد K ۲۹۰ و Bn = پهنای باند نویز می باشد که طبق معادله $B = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 df}{|H(f_.)|^2}$ که در آن H(f) مشخصه پاسخ فرکانسی تقویت کننده IF و $f_.$ فرکانس حداکثر پاسخ معمولا در وسط باند است به دست می آید . حاصلضرب KT_0 تقریبا برابر $4*10^{-21}$ وات بر هرتز می باشد . عدد نویز را به صورت دیگیری نیز می توان تعریف کرد که عبارت است از

$$F = \frac{KT_o B_n G + \Delta N}{KT_o B_n G} = 1 + \frac{\Delta N}{KT_o B_n G} \qquad (۲-۵-۲)$$

=

که در آن ΔN نویز اضافه ایجاد شده توسط خود شبکه می با شد .

عدد نویز برای این رادار ۶ db – ۵ در نظر گرفته شده است .

قابلیت دید در کلاتر :

گرچه هدفهای ثابت نظیر ساختمانها و برجکها و کوهها به عنوان هدف ثابت در نظر گرفته می شود که سیگنال برگشتی از آنها در دامنه و فاز ثابت قرار دارد . لیکن بسیاری از هدفهای ثابت نمی توانند کاملا ثابت باشند بنابراین در روی صفحه PPI رادار کلاتر ایجاد می کنند که این مشکل را در رادار ها با بکار گیری تکنیک MTI تا حدودی حل کرده اند ولی با این حال در بعضی موارد MTI نیز اشباع می شود و با وجود MTI در رادار باز اپراتور کلاترهایی را در صفحه رادار خود مشاهده می کند که وجود این کلاترها برحسب MTI آن متفاوت می باشد برای مقایسه این کلاترها در رادار از پارامتری به نام قابلیت دید در کلاتر استفاده می کنند که برای رادار $30N_6E_2$ برابر Subcluter Visibility >= 90 db می باشد بنابراین با توجه به رابطه 10logA=x میتوان چنین محاسبه کرد

$$10\log A = 90 \Rightarrow \log A = 9 \Rightarrow A = 10^9 \qquad (۲-۵-۳)$$

یعین اگر کلاتر توانی 10^9 برابر سیگنال برگشتی داشته باشد این رادار می تواند این سیگنال را شناسایی کند که رابطه آن به شکل زیر می باشد :

$$\omega(f) = |g(f)|^2 = |g_o|^2 \exp\left|-a(\frac{f}{f_.})\right|^2 \qquad (۲-۵-۴)$$

که در این رابطه$w(f)$ طیف توان کلاتر به عنوان تابعی از فرکانس $g(f)$ تبدیل فوریه موج ورودی و سیگنال برگشتی

.f فرکانس حامل رادار

a پارامتر مربوط به نوع کلاتر می باشد که مقادیر a برای بعضی از طیف توان هدفها به شکل زیـر است :

۱- تپه های پردرخت با وزش باد ۲۰ مایل در ساعت $a=2.3*10^{6}$

۲- تپه های کم درخت و روز آرام بدون باد $a=3.9*10^{19}$

۳ – اکوی برگشتی از دریا در روز با وزش باد $a=1.4*10^{16}$

۴ – ابرهای باران زا $a=2.8*10^{15}$

۵ – چف $a=2.8*10^{16}$

همچنین طیف کلاتر را می توان به صورت بسط فرکانس کلاتر موثر δ_c به هرتـز یـا بـسط سـرعت موثر δ_v به متر بر ثانیه نشان داد .

$$\omega(f) = \omega_{.}\exp(-\frac{\ell^2}{2\delta^2}) = \omega_{.}\exp(-\frac{\ell^2\lambda^2}{8\delta_v^{\,2}}) \qquad (۲-۵-۵)$$

که در آن $\delta_c = 2\delta_v / \lambda$ و $\omega_{.} = |g|^2$ و $\lambda = \frac{c}{f}$ و سرعت انتشار موج از این فرمول نتیجه گیری مـی شود که $a = \frac{c^2}{8\delta_v^2}$ است .

معمولا بسط سرعت موثر δ_v روش موثر قبولی برای توصیف تغییرات طیف کلاتر محـسوب شـده و ضریب بهبود به صورت زیر به دست می آید .

$$I = \frac{\frac{S_o}{C_o}}{\frac{S_i}{C_i}})_{av} = (\frac{S_o}{S_i})_{av} * \frac{C_i}{C_o} = (\frac{S_O}{S_i})_{av} * CA \qquad (۲-۵-۶)$$

=

که در آن s_o / c_o برابر است با نسبت سیگنال کلاتر خروجی s_i / c_i برابر است با نسبت سیگنال به کلاتر وردی و CA نیز تضعیف کلاتر می باشد . مقدار متوسط روی تمام فرکانسهای داپلر دلخواه در نظر گرفته می شود .

CA از رابطه زیر به دست می آید

$$CA = \frac{\int_0^\infty w(f)df}{\int_0^\infty w(f)|H(f)|^2 df} \qquad (۲-۵-۷)$$

که در آن H(f) تابع فرکانس حذف کننده است با توجه توضیحات و فرمولهای بالا ضریب بهبود برای رادار $30N_6E_2$ ۹۰ db در نظر گرفته می شود .

شکل بیم این رادار به صورت Peancil Beam می باشد که به همین جهت قادر است هدفهای بسیار کوچک را با قابلیت دید خوبی از هم تفکیک کند .

عرض بیم :

عرض بیم این رادار کمتراز یک درجه می باشد به همین خاطر این رادار می تواند از قدرت تفکیک خوبی برخوردار باشد . عرض بیم این رادار بر تعداد پالسهای رفت و برگشت و محاسبه فاصله بدون ابهام تاثیر می گذارد .

حداکثر برد رادار :

حداکثر برد رادار R_{max} ، فاصله ای است بالاتر از آن هدف قابل آشکار سازی نباشد و آن موقعی است که توان دریافتی رادار در سمت برابر حداقل توان قابل آشکار سازی S_{min} باشد با توجه به این تعریف معادله R_{max} به صورت زیر می باشد :

$$R_{\max} = [\frac{P_r G A_e \delta}{(4\pi)^2 S_{\min}}]^{\frac{1}{4}} \qquad (۲-۵-۸)$$

باید توجه داشته باشیم که مهمترین پارامترهای این معادله بهره فرستندگی و سطح موثر گیرندگی رادار می باشد .-

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \qquad (۲-۵-۹)$$

که از تلفیق دو رابطه بالا رابطه کلی زیر به دست می آید :

$$R_{\max} = [\frac{PG\delta^2\lambda^2}{(4\pi)^3 S_{\min}}] \qquad (۲-۵-۱۰)$$

رادار $30N_6E_2$ هداف با سطح مقطع راداری را به شکل زیر ظاهر می کند :

با توجه به اینکه همانطوری که در بخشهای قبل توضیح داده شد آنتن این رادار آرایه فازی بوده و بهره آن برابر db ۴۳ می باشد .

الف – فاصله کشف هدف برای یک هدف با $\delta = 1m^2$ R=160km

با توجه به رابطه (۸-۵-۲)چون Rبا δ نسبت $R \approx \sqrt[4]{\delta}$

بنابراین چون برد رادار $30N_6E_2$ برابر ۳۰۰Km می باشد می توان بدست آورد

$1m^2$ 160km

$$\Rightarrow \sqrt[4]{\delta} * 160 = 300km \Rightarrow \delta = 16m^2$$

$\sqrt[4]{\delta}$ 300

قدرت تفکیک در فاصله برای اشیاء راداری :

عرض پالس این رادار $10^{vs}/1-$ /تغییر می کند بنابراین با توجه به فرمول $RR = \frac{PW * C}{2}$

می توان برای این رادار نتیجه های زیر را به دست آورد :

الف – اگر رادار با عرض پالس $1/$کار کند بنابر این دقت در فاصله برابر :

$$RR = \frac{./1*10^{-6}*3*10^{8}}{2} \qquad (۲-۵-۱۱)$$

ب – اگر رادار با عرض پالس $10^{\mu s}$ کار کند بنابراین دقت در فاصله برابر خواهد بود با :

$$RR = \frac{10*10^{-6}*\ 3*10^{8}}{2} = 1500 \qquad (۲-۵-۱۲)$$

بنابراین هر چه ما از عرض پالس باریکتر استفاده کنیم این رادار دارای تفکیک فاصله بهتری خواهد بود ولی هر چه عرض پالس باریکتر شود عرض باند باید پهن تر گردد که هر چه قدر عرض باند بیشتر گردد هم نویز های بیشتری وارد سیستم می گردد و هم اینکه توانایی مقابله با ECM دشمن در این سیستم کاهش خواهد یافت بنابراین برای رفع این مشکل همانطور که در بخشهای پیشین توضیح داده شد از تکینک تراکم پالس استفاده می کنند .

توان متوسط رادار :

توان این رادار با توجه به اینکه PRF رادار از ۲۰۰ KHz – ۱۰۰ تغییر می کند بنابراین توان آن نیز با توجه به مصرف مورد نیاز رادار تغییر می کند . توان Pp این رادار ۷۵ Kw می باشد بنابراین

$$\text{Peak power} = \frac{meanPower}{PRF*PW} \qquad (۲-۵-۱۳)$$

در این رادار از سیستم MTI جهت حذف انعکاسهای ناخواسته استفاده می شود بنابراین یک PRF کافی نیست . PRF های زیادی لازم است تا خاصیت مطلوب را به فیلتر MTI بدهد . این رادار با چندین PRF کار می کند و PRF های آن به صورت استگر می باشد . این امر رادار را به یک قابلیت ECCM علیه پارازیت رسانهای که سعی می کنند که هدفهای کاذبی در بردهای کمتر

از برد خود پارازیت رسان ایجاد نمایند مجهزکنند . در این صورت پارازیت رسان فاقد توانایی ایجاد پالسهایی با برد متوسط می باشد مگر اینکه بتواند سطوح و توالیهای طبقه بندی را کشف و از آنها استفاده نماید . همچنین این سیستم توانایی مقابله با جنگ الکترونیک یک سیستمی که PRF متغییر دارد را دارا می باشد . مانند مقابله با سرعت کور ، سرعت کور در رادار زمانی پیش می آید که هدف به اندازه ۰ ، ۰/۵ ، ۱ ، ۱/۵ طول موج بین پالسهای متوالی جابجا شده باشد یا زمانی که سرعتهای نسبی هدفی را که پاسخ فرکانسی MTI آن صفر باشد . برای غلبه بر این مشکل رادار با استفاده از چندین PRF در یک محدوده زمانی معین و اغلب از یک پالس به پالس دیگر یک PRF را به PRF دیگر سویچ می کند .

کاهش سطح مقطع راداری آنتن آرایه فازی :

RCS آنتن می تواند قسمت اصلی مشخصه این رادار باشد . RCS آنتن طبق یک تعریف کلی ، RCS نسبت به قدرت سیگنال مجددا تشعشع شونده در جهت مشاهده بر چگالی قدرت تابش می باشد . قدرت سیگنال مجددا تشعشع شونده اساسا دو جزء تشکیل دهنده دارد . قدرت Ps که توسط ساختار آنتن پخش می شود و به راحتی قابل پیش بینی نیست و قدرت Pfr که به علت سازگاری ناقص بین آنتن و خط دریافت کننده از انعکاس سیگنال دریافتی ناشی می شود . قدرت مجدد با بهره آنتقال G_T تشعشع خواهد گردید . اگر تراکم قدرت تابشی P و بهره آنتن هنگام دریافت GR باشد قدرت ورودی خط دریافت کننده چنین خواهد بود :

$$p_i = p\frac{G_r\lambda^2}{4\pi} \qquad (۲-۵-۱۴)$$

توان منعکس شده توسط خط برای یک r نسبت پایداری موج ولتاژ (VSWR) چنین خواهد بود

$$P_i = P(\frac{1-r}{1+r})^2 = p^2 p_i \qquad (۲-۵-۱۵)$$

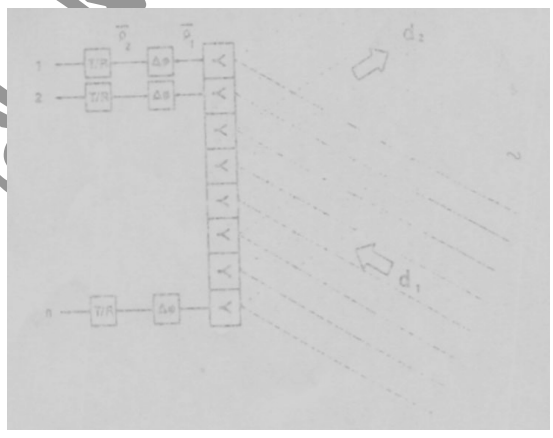
که در اینجا p ضریب انعکاس مشتق ا زr می باشد بنابراین می توان چینین نوشت:

$$(RCS) = \frac{P_r G_T}{P} = \frac{P G_T G_R \lambda^2}{4\pi} \qquad (۲-۵-۱۶)$$

اگر $G_T=G_R=C$ باشد خواهیم داشت

$$(RCS) = \frac{C^2 P^2 \lambda^2}{4\lambda} \qquad (۲-۵-۱۷)$$

باید یادآور شد که G بهره آنتن در جهت مشاهده است نه حداکثر بهره آنتن به منظور به حداقل رساندن RCS آنتن فقط می توان f را تغییر داد یعنی ناسازگاری خط دریافت کننده را اصلاح کرد . بنابراین به حداقل رسانی RCS آنتن معمولا توسط طراحی و تولید دقیق حاصل می شود . با توجه به مطالب بالا اگر آنتن با RCS کم لازم باشد آنتن آرایه فازی با توجه با کارایی متغییر ترجیح داده می شود که آنتن رادار$30N_6E_2$ نیز از این قاعده مستثنا نمی باشد. با توجه به شکل زیر مطالب زیرا می توان در مورد این آنتن نوشت :



شکل(۵-۴-۲)

فرض کنیم که ضریب انعکاس با اهمیت ρناشی از عدم تطبیق عنصر تشعشع کننده با دستگاه « مولد اختلاف فاز » می باشد و فرض کنید که سیگنالی که مجددا توسط هر عنصر آرایه ساطع شده

دست خوش همان تغییر فاز شود . سپس تشعشعی که از جهت معیـین وارد مـی شـود مجـددا در جهت انعکاس کامل ساطع می شود . در نتیجه RCS آنتن آرایه فازی در تمام جهات بجـز جهـات مشاهده عمود بر سطح آرایه بطور چشم گیری کم خواهد شد .

فرض کنیم که مهمترین ρ ناشی از عدم تطبیق ماوراء تغییر دهنده فاز باشد ، سپس تجزیه و تحلیل رفتار تغییر دهنده فاز ضروری خواهد بود . این امر ممکن است مستقل از فرکانس باشد یا می تواند توسط خطوط با طول متفاوت همراه با وابستگی فرکانس به شکل زیر باشد .

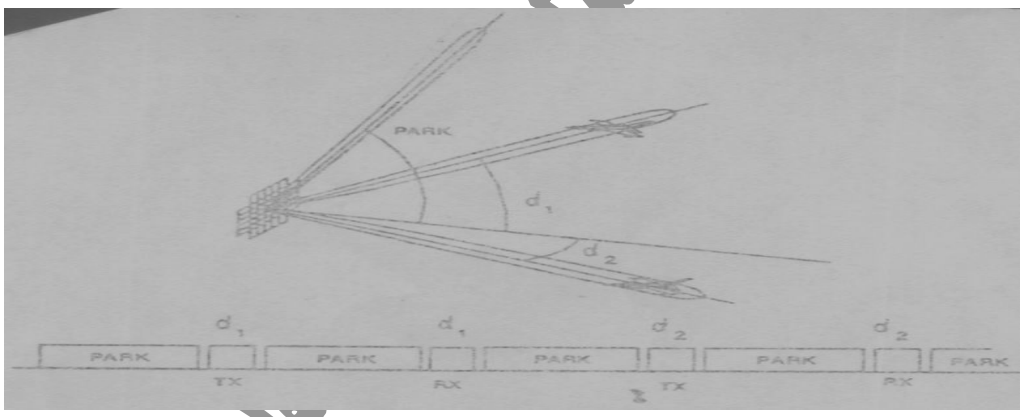
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} l$$

که در اینجا L طول خط تاخیر با تاخیر زمانی $\Delta_{,} = \frac{l}{c}$ است . ممکن است تغییر دهنده فاز از نـوع معکوس یا غیر معکوس باشد . در حالت دوم تغییر فاز به جهت انتشار بستگی دارد . برخی از تغییر دهنده فاز غیر معکوس فقط در جهت انتخاب شده افت را دخالت می دهند. اکنـون مطـرح کـردن G_TوG_R برای این مورد آسان است . اگر تغییر دهنده فـاز غیـر معکـوس باشـد ، سـیگنال دوبـاره ساطع شده برابر با مجموعه سیگنالهای که بطور نامنظم از نظر تغییر یافته اند خواهد بود . به طوری که G_T به طور متوسط برابر با بهره لوبهای کناری بجز در « خط دید » عمود به آرایه خواهد بـود . G_R به جهت نشانه روی آنتن بستگی دارد تا آنجه به متغییر های فاز کاوش کننده فاز ، مربوط می شود به فرکانس نیز بستگی خواهد داشت .

برای تغییردهنده ها فاز معکوس ، به طور کلی هنوز رابطه$G_R=G_T$ فوق معتبر است و در زمانی که آنتن در راستای « خط دید » است RCS آنتن حداکثر خواهد بود باید توجه شود که در حالی کـه برای متغیر های فاز معکوس کاوش کننده فرکانس RCS در تمام فرکانسها حداکثر خواهد بود ، در

مورد متغییرهای فازی کاوش کننده فاز ، این مورد فقط در فرکانس عمل کننده آنتن خواهد بود به منظور به حداقل رساندن RCS یک تغییردهنده فاز کاوش کننده فرکانس می توان از این حقیقت استفاده کرد که پرتو فقط برای مدت زمانی که صرفا برای انجام نشانه روی در سمت مورد نظر لازم می باشد (که می تواند چند میلیونیوم ثانیه باشد) این نشانه روی را انجام خواهد داد بعد جای دیگر را کاوش می کند و در نتیجه RCS با متوسط بسیار پایین به بیننده نشان می دهد .

این امر می تواند با یک رهگیری هوایی اتفاق بیفتد که به عنوان مثال می تواند هدف را نشانه روی پرتوش بر روی آن هدف فقط برای ارسال یک پالس درآن جهت ردگیری کند و سپس مجددا پرتو را برای حداقل زمان لازم برای دریافت پژواک نشانه روی کند.



شکل(۵-۴-۲)

نتیجتا RCS آنتن آرایه فازی می تواند حتی در زمانی که ρ قابل ملاحظه ای وجود دارد بسیار کم است .

گیرنده هشدار دروغین :

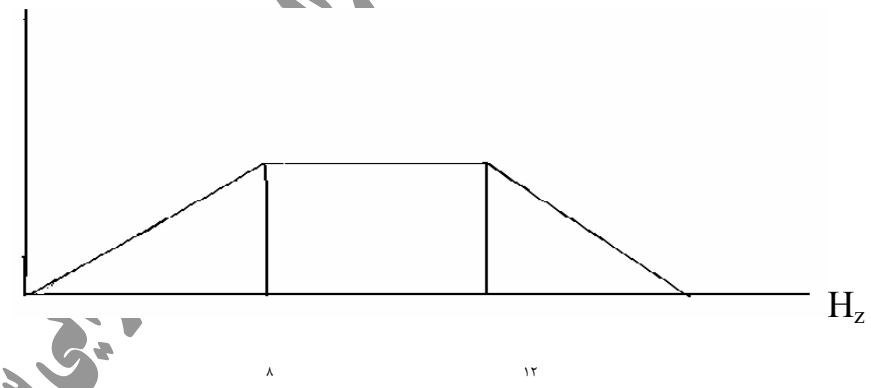
در هر رادار برای جلوگیری از ورود هدفهای دروغین یک حد آستانه برای آن تایین می شود که این حد آستانه با توجه به کاربرد رادار مقتضی مشتری صورت می گیرد . در یک سیستم راداری ردگیر مانند $30N_6E_2$ حداکثر افزایش هدفهای دروغین در حد db ۱ می باشد .

وجود هشدار های دورغین فراوان در یک سیستم ADT (درگیری و کشف خودکار هدف) باعث پر شدن حافظه کامپیوتر در حین ربط دادن هشدارهای دروغین با آثار موجود و یا موجب ایجاد آثار نادرست می گردد . برای حفظ میزان هشدارهای دروغین نوعی وسیله خودکار موقتی در این رادار به نام CFAR (تثبیت کننده هشدارهای دروغی) قرار می دهند .

CFAR را در این رادار می توان از طریق بررسی نویز یا کلاتر زمینه مجاور هدف و تنظیم حد آستانه بر طبق مقدار نویز زمینه ای ایجاد نمود . شکل(۵ – ۴-۲)یک مدار تثبیت هشدار دروغی را که بر اساس معدلگیری سلولها کار می کند و دارای یک خط تاخیر انشعابی برای نمونه برداری از سلولها فاصله دو طرف سلول مورد نظر یا سلول آزمون است نشان می دهد . خروجی سلول آزمون همان خروجی رادار است و فاصله بین انشعابها هم بیانگر دقت فاصله ای است خروجی انشعابات خط تاخیر با هم جمع می شوند که این مجموعه حد آستانه لازم برای دستیابی به احتمال هشدار دروغین مورد نظر را تعیین می کند. بنابراین حد آستانه پیوسته بر اساس نویز کلاتر زمینه موجود در قطعات فاصله اطراف سلول آزمون تغییر می کند . احتمال هشدار دورغی در رادار 10^{-5} و $30N_6E_2$ 10^{-6} می باشد یعین احتمال اینکه این رادار یک هدف را به عنوان یک هدف دروغی بشناسد می باشد .

نقاط فرکانسی :

یکی از مواردی که در جنگ الکترونیک کاربرد دارد نقاط فرکانسی یک رادار می باشد که بسیار مهم است اگر نقاط فرکانسی که رادارها استفاده می کنند بیشتر باشند بنابراین هواپیمای جمینگ برای مختل کردن فرکانس این رادارها باید تلاش بیشتری را انجام دهد و اگر هم یکی از نقاط فرکانسی را مورد جم قرار دهد رادار می تواند ازیک نقطه دیگر فرکانسی استفاده کند . در یک گردان آتشبار S-300 –PMU2 تقریبا ۴ آتشبار که در هر آتشبار یک رادار Track وجود دارد که در کل گردان این رادارها می تواند از هشت نقطه فرکانسی استفاده کند و با توجه به اینکه این رادارها در باند X کار می کنند بنابر این عرض باند آن عبارت است از ۱۲ GHz – ۸ در نتیجه عرض باند آن ۴ GHz می باشد . اگر این رادار از هشت نقطه فرکانسی استفاده کند . بنابراین نمودار پاسخ فرکانسی آن به شکل زیر خواهد بود .



با توجه به اینکه فاصله دو نقطه فرکانسی در این رادار بسیار زیاد می باشد (تقریبا ۰/۵ گیگا هرتز) بنابراین رادار می تواند در یک زمان از دو نقطه فرکانسی استفاده کند .

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

فصل سوم

روش اجرای تحقیق

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

تعیین روشها جمع آوری اطلاعات مورد نیاز :

۱ – استفاده از کتاب جلد ۱ و۲ اسکولینک

۲ – استفاده از ماهنامه های نهاجا

۳ – استفاده از کتاب رادار ۱ و۲ مهندس دستجردی

۴- استفاده از اطلاعات اساتید صاحبنظر در مورد این سیستم

۵ – استفاده از کتابهای سیستمهای الکترونیکی جلد ۱ و ۲

۶ – ترجمه مقالات اینترنتی دراین زمینه

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

فصل چهارم

تجزیه و تحلیل اطلاعات

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

مسلما بیشتر تهدیداتی که یک کشور می تواند داشته باشد از جانب همسایگان خود می تواند باشد بنابرای تمامی کشورهایی که استراتژی آنها بر این بنا شده که فقط از کشور خود درمقابل تهدیدات دفاع کنند باید تجهزات و سلاحهای کشورهای همسایه را شناخته و توان رزمی آنها را بررسی کرده تا اینکه سلاحها و تجهزات و در کل توان رزمی خود را با کشور های همسایه متعادل یا قوی تر گردانند .

جمهوری اسلامی ایران بیشتر تهدیداتی را که دارد از جانب کشور های عربستان ، کویت ، پاکستان، افغانستان می باشد . کشور عراق نیز به دلیل اینکه اکنون یک حکومت و دولت ثابت نداشته ما نیم توانیم برروی آن برنامه ریزی کرده و در مورد آن بحث کنیم ولی درکل عراق نیز به عنوان یکی از تهدیدات مهم بشمار می رود که در جای خود قابل بحث است .

تهدید یک کشور بر یک کشور دیگر از آنجا ساطع می شود که یک کشور در منطقه خریداری کرده یا خود ساخته باشد و توسط این سلاح خود ، تعادل منطقه را برهم بزند ، اکنون کشورهای عربستان و کویت دارای رادارهای آرایه فازی بوده و پاکستان نیز دارای سیستم پاتریوت می باشد . با توجه به این موضوع این کشورها تهدیدهای مهمی برای جمهوری اسلامی ایران به حساب می آید.

سیاست مداران و دولت مردان ایران نیز این موضوع را بررسی کرده ، و به این نتیجه رسیده اند که باید با توجه به توان رزمی کشورهای همسایه تعادل منطقه را حفظ کنند به همین خاطر تصمیم به خریداری سیستم موشکی S-300 نموده است . که به گفته خود روسها در مقابل سیستم پاتریوت ساخته شده است . اگر مسائل سیاسی حل گردد و کشور های ابر قدرت توان هضم چنین

معامله ای را داشته باشند و این سلاح خریداری گردد و چون یک سلاح استراتژیک و ضد موشک می باشد . که تقریبا می تواند تعادل منطقه خاورمیانه را به هم بزند و توان رزمی کشور را به نحو قابل چشم گیری بالاببرد . با توجه به اینکه کشور جمهوری اسلامی ایران دارای سلاح ارتفاع پایین ، ارتفاع متوسط ، و ارتفاع بالا می باشد . ولی با این حال زمانی که آسمان کشور توسط موشک و هواپیماهای مختلف مورد حمله قرار گیرد بطور قابل ملاحظه ای توان مقابله با آن را ندارند . موشک S-300 در وحله اول به عنوان موشک ضد موشک مورد استفاده قرار می گیرد و در وحله دوم به عنوان سلاح ارتفاع بالا که در مقایسه با S-200 که جابجایی و استفاده آن واقعا مشکل می باشد ، استفاده آن بسیار آسان بوده طوری که می توان این سیستم را در عرض یک ساعت عملیاتی نمود و عملیات خود را انجام داد و بعد از یک ساعت منطقه را ترک کرد .

این سیستم توانایی ECCM بالا با توجه به پیشرفتهای اخیر در زمینه ECCM و پیش بینی پیشرفت آینده ECM ، زمان عکس العمل و یا واکنش خیلی کوتاه ، جنبش رزمی خوب ، قابلیت رد یابی چندین هدف حتی در ارتفاعات پایین و حمله به آنها توسط رادار چند منظوره با قدرت مانور بالا را دارد . این سیستم دارای رادار تحصیل هدف $30N_6E_2$ می باشد که بطور اتوماتیک سرعت ، فاصله ، ارتفاع و جهت را مشخص و دوست از دشمن را تشخیص می دهد . این رادار در مقایسه با رادارهای قدیمی که فقط یک هدف را لاک می کردند می تواند شیش هدف را در آن واحد لاک کرد و موشک را به سمت هدف شلیک کند .

از جمله خصوصیات و مزایای این سیستم این است که حمل و نقل و نگهداری این سیستم بسیار آسان است که طبق گفته خودشان این سیستم به مدت ده سال هیچگونه سرویس یا تنظیم و یا

بازرسی احتیاج ندارد و می تواند در هر نوع شرایط آب و هوایی فعال باشد .

در فصل ادبیات تحقیق ما به این موضوع پی بردیم که یکی از بخشهای مهم سیستم رادار آرایه فازی آن می باشد که این رادار همانگونه که اشاره شد در هر گونه شرایط آب و هوایی می تواند فعال باشد . و یکی از رادارهای است که منابع انرژی را به طور مفید و موثری مورد استفاده قرار می دهد و کارهای مهم این رادار به شرح زیر می باشد :

- تجسس حجم معین از فضا
- تداوم ردگیری از طریق کسب اطلاعات جدید و تلفیق آنها
- ارائه خدمات به مصرف کننده

یکی از کارهای که این رادار را از رادارهای دیگر متمایز ساخته پردازش سریع اطلاعات توسط کامپیوتر می باشد که کامپیوتر محورهای زاویه ای و ناحیه ای مورد تجسس ، نوع شکل ارسالی و زمان لازم برای اجرای آتش را به دست می آورد .

از مشکلات دیگر که کامپیوترهای رادار های معمولی دارند این است که ، کامپیوتر این رادارها بر اثر نویز ، تداخل ، کلاتر اشباع می شود و کامپیوتر را دچار مشکل می سازد و کامپیوتر نمی تواند آنها را حذف کند . ولی کامپیوتر این رادار ، تصمیم گیری در مورد رویت هدف را تا پایان مرور موقعیت های مجاور به تاخیر می اندازد. پس از اتخاذ تصمیم رویت ، آثار به دست آمده با آثار موجود را مورد مقایسه قرار می دهد تا معلوم گردد که آیا مربوط به هدف جدید است یا همان هدفی که در حال حاضر تحت تعقیب می باشد . این یکی از جنبه های مهم رویت می باشد زیرا آغاز ردگیری پس از کشف یک هدف جدید به تعداد وقفه بر روی هدف نیاز دارد که منابع رادار و کامپیوتر را اشغال می کند . آغاز درگیری پس از کشف هدف جدید یک روند راداری است و در مدت زمان نسبتا کوتاه باید رادار چندین بار هدف را مشاهده نماید تا بتواند جهت حرکت و سرعت آن را مشخص نماید .

هنگامی که رادار هنوز اکوی مربوط به وقفه N-1 را دریافت می کند ، یک مجموعه فرامین برای کنترل وقفه N ام به رادار می آید و کامپیوتر هدایت گر پرتو ، ترتیب فاز گردانهای لازم برای ارسال بعدی را تعیین می کند . پس از گذشت مدت متناظر با دور ترین فاصله فازگردانها برای ارسال بعدی آماده می شوند. در این هنگام پردازش گر پیام هم برای هماهنگی با وقفه بعدی آماده می شود و اگر آنتن آرایه ای دارای فازگردانها یکطرف باشند درست پس از ارسال پالس بعدی آماده می شود . اطلاعات مربوط به ارسال قبلی وارد طبقه بافر می شود ، تا به رایانه کنترل کننده رادار انتقال

یابد . بنابراین در هنگام اجرای وقفه N ام ، برگشتی مربوط به وقفه (N-1) پردازش می شوند و فرامین مربوط به وقفه (N+1) صادر می گردد .

دو مسئله مهمی که در اینگونه رادارها باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد زمان و انرژی رادار می باشد . بنابراین اعمال مختلفی که قرار است انجام شود کامپیوتر باید آنهارا به دقت مهم بودن طبقه بندی نموده ، تا هیچ یک از منابع تضیع نشوند . به عنوان مثال در حالت تجسس زمان به شدت تحت تاثیر دورترین فاصله قرار می گیرد . و یا توان ارسالی رادار به نوع کاری که باید انجام شود و همچنین به دورترین فاصله هدف و احتمالا به رفتار قبلی هدف بستگی دارد . بنابراین منابع زمانی اینگونه رادارها بیشتر تحت تاثیر هدفهای دور قرار دارد و توان رادار هم از اعمال تاکتیکی ، تاثیر پذیری بیشتری دارد . به منظور حفظ حداکثر کارایی رادار و کامپیوتر آن درهنگام بروز حالت اشباع

، نوع سیستم اولویت بندی مورد نیاز است .

به طور کلی ، کامپیوتر در اینگونه رادار ها کارهای زیر را انجام می دهد :

- فراهم کردن هدایت پرتو برای هر یک از فاز گردانها
- اداره پیامها از طریق تعیین نوع و شکل موج تعداد مشاهدات
- سرعت تردد داده ها
- قدرت و فرکانس آنها
- پردازش پیامهای مربوط و داده پردازی مناسب با حالت کاری
- ارائه داده های پردازش شده به مصرف کننده

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

علاوه بر این کارها رادار به کاربر امکان می دهد تا بطور ارادی در عملکرد رادار دخالت کند . ولی یکی از معایب عمده این رادار و کامپیوتر آن بالا بودن هزینه آن می باشد .

آنتن رادار

همانطور که در بخشهای قبلی گفته شد یکی از اجزای مهم وکارامد این سیستم آنتن این رادار می باشد ، که آرایه فاز بوده و می تواند قسمت عمده از فضا را مورد پوشش قرار دهد . آنتن این رادار در حقیقت متشکل از چندین آنتن مکانیکی می باشد که می تواند فقط یک هدف را رد گیری کنند ، این آنتن می تواند در آن واحد ۶ هدف را ردگیری نماید این آنتن از المانهای زیادی تشکیل شده است که هر کدام از این المانها به یک فاز گردان متصل می شوند که این آنتن به وسیله این فاز گردان ها می تواند تغییر فاز ایجاد نموده و جهت بیم را به صورت الکترنیکی تغییر دهد . این آنتن از نظر جنگ الکترونیک نیز کاربرد زیادی دارد زیرا می تواند زمانی که قسمتی از آنتن مورد jam قرار گرفت از قسمت دیگر آنتن پرتو به فضا بفرستد . تغذیه گرهایی که در این نوع رادار مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از تغذیه گرهای موازی و متوالی . ولی بهتر است که در این نوع آنتن از تغذیه متوالی استفاده گردد زیرا انرژی از یک انتها وارد می شود و موقعیت پرتو متناسب با فرکانس تغییر می کند ، بنابراین از دیگر قابلیتهای تغذیه آرایه پهنای باند محدود تری دارد ، که همین باعث میشود آنتن در حال کاوش نویز کمتر را دریافت نماید .

خطاهایی که این آنتن می تواند داشته باشد عبارت است از خطاهای دامنه ، فاز ، جریان ، چرخش یا جابجایی یک عنصر از محل مناسب خودش و بروز تغییرات در نمودار تابشی هر یک از عناصر .

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی – دانشگاه هوایی شهید ستاری

فصل پنجم

نتیجه و بیان پیشنهادات و محدودیتها در عمل

دانشکده مهندسی برق، مکانیک و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری

نتیجه :

با توجه به مطالب گفته شده در متن و با توجه به نظریات اساتید و صاحبنظران و متخصصین

درباره این سیستم به این نتیجه می رسیم که وجود چنین سلاحی در کشور ضروری است و هیچ

سلاحی هم اکنون جایگزین این سلاح نمی باشد و با خریداری این سیستم و مستقر کردن آن در کشور توان رزمی کشور بطور چشم گیری افزایش می یابد .

محدودیتها :

محدودیت این سیستم مسائل سیاسی و هزینه آن در حال حاضر می باشد .

پیشنهادات :

پیشنهاد می شود دانشجویان با مطالعه این تحقیق سعی در افزایش آگاهیهای خود درباره این سیستم موشکی داشته باشند و با ارائه مقالاتی در مورد این سیستم سعی نمایند راه را برای دستیابی به این سیستم هموار کنند .

پایان

دانشکده مهندسی فرماندهی و کنترل هوایی - دانشگاه هوایی شهید ستاری