



فصلنامه علمی ((دفاع هوافضایی))
دوره ۱، شماره ۱، خرداد ۱۴۰۱



مقاله پژوهشی

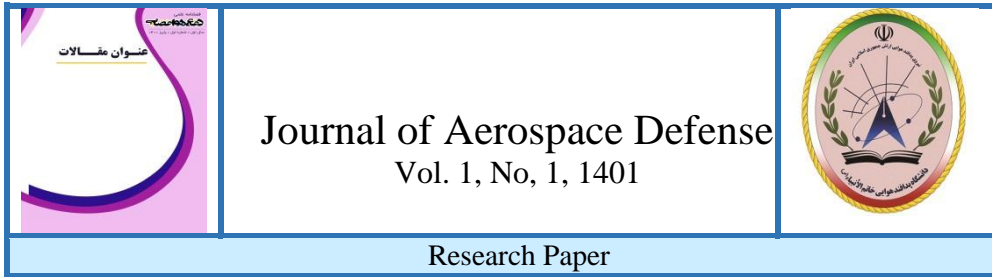
تحلیل عملکرد و روش‌های مکان‌یابی در رادارهای غیرفعال در کاربردهای پدافند هوایی

احمدرضا طالبیان

۱. دکترای مدیریت راهبردی نظامی، دانشگاه و پژوهشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳</p> <p>کلمات کلیدی: رادار غیرفعال، پدافند هوایی، طراحی سیستمی، سیگنال‌های در دسترس.</p>	<p>رادارهای غیرفعال خود فرستنده ندارند و می‌توانند از منابع سیگنالی مختلفی استفاده کنند. این منابع شامل رادیو AM و FM، تلویزیون دیجیتال و آنالوگ، سیگنال‌های تلفن همراه، سیگنال‌های ماهواره‌ها و غیره است. استفاده از هر یک از این منابع مزایا و معایب خاص خود را دارد. در میان سیگنال‌های اخیر، سیگنال تلویزیون دیجیتال (DVBT) و رادیو FM دارای مزایای عمده‌ای هستند و توجه بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. در این مقاله نحوه محاسبات سیستمی و مکان‌یابی اهداف در یک رادار غیرفعال با استفاده از سیگنال‌های تلویزیونی بررسی می‌گردد. همچنین استخراج بازه دینامیکی این رادار بررسی شده و برخی ملزومات در این رابطه مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهند که این رادارها علیرغم مسائل لجستیکی و وابستگی به منابع ارسال سیگنال، دارای مزایای قابل توجهی هستند.</p>
<p>نویسنده مسئول: احمدرضا طالبیان ایمیل: merat100@gmail.com</p>	
<p>استناد به مقاله: احمدرضا طالبیان، تحلیل عملکرد و روش‌های مکان‌یابی در رادارهای غیرفعال در کاربردهای پدافند هوایی، مجله علمی دفاع هوافضایی دوره ۱، شماره ۱، خرداد ۱۴۰۱.</p>	





Performance analysis and location methods in passive radars in air defense applications

Ahmad Reza Talebian

1.University and Higher National Defense Research Institute, Tehran, Iran.

Article Information

Accepted: 1400/09/20

Received: 1400/07/23

Keywords:

Passive Radar, Air Defense, System Design, Available Signals.

Abstract

Inactive radars do not have a transmitter and can use different signal sources. These sources include AM and FM radio, digital and analog television, cell phone signals, satellite signals, and more. Using each of these resources has its own advantages and disadvantages. Among the recent signals, digital TV signal (DVBT) and FM radio have major advantages and have received more attention. This paper examines how to systematically calculate and locate targets on a passive radar using television signals. Also, the extraction of the dynamic range of this radar is studied and some requirements in this regard are examined.



Corresponding author:

Ahmad Reza Talebian

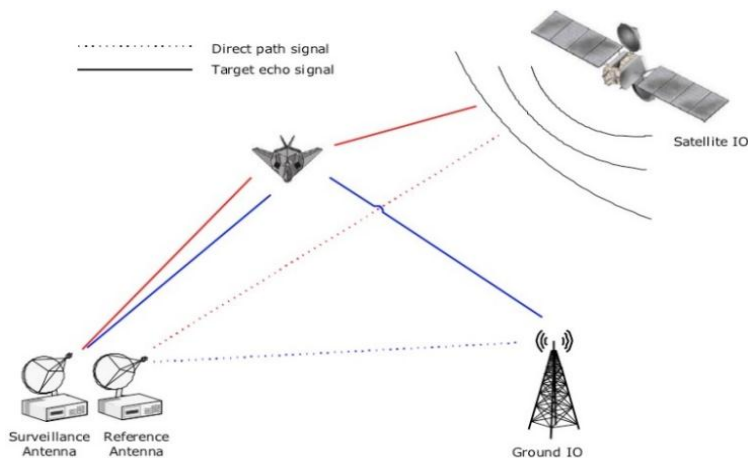
Email:

merat100@gmail.com

HOW TO CITE: Ahmad Reza Talebian, Performance analysis and location methods in passive radars in air defense applications, Journal of Aerospace Defense, Vol. 1, No. 1, 1401.

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر رادارهای غیرفعال نظر بسیاری از محققین و نیز نیروهای عملیاتی را به خود جلب کرده است. رادارهای غیرفعال با دریافت سیگنال بازتابی اهداف از فرستنده‌های تجاری به شناسایی و ردگیری اهداف می‌پردازند. (شکل ۱)



شکل ۱: شمای کلی هندسه عملکردی یک رادار غیرفعال

ایده رادار پسیو قدمتی معادل ۷۰ سال دارد، آن زمان که نخستین آزمایش رادار بریتانیایی در دونتری^۱ در فوریه ۱۹۳۵ انجام شد. در این آزمایش رابرت واتسون-وات و همکارش، آرنولد ویلکینز توانستند یک بمبافکن **Heyford** را در فاصله تقریبی ۱۲ کیلومتری با استفاده از امواج رادیویی **BBC** آشکارسازی کنند [۱]. اما طبیعت موج پیوسته فرستنده که باعث مشکل کردن آشکارسازی بازتاب‌های کوچک از هدف در حضور سیگنال مستقیم قوی فرستنده می‌شد، به شدت فاصله آشکارسازی^۲ سیستم را محدود می‌کرد. در سیستم‌های راداری غیرفعال، اساس کاربر استفاده از فرستنده‌های تلویزیونی و رادیویی **FM** به عنوان منبع ارسال قدرت و اندازه‌گیری اکوی بازگشتی از هدف استوار است، که با انجام این اندازه‌گیری‌ها و پیاده‌سازی الگوریتم‌های آشکارسازی، مشخصات هدف استخراج می‌گردد. یک سیستم ساده گیرنده تلویزیون و یا رادیو **FM** را در نظر بگیرید. این سیستم بسیاری از بخش‌های اصلی یک رادار را داراست. این بخش‌ها عبارت‌اند از: فرستنده رادیویی و یا تلویزیونی که از یک آنتن و فرستنده قدرت تشکیل شده است و به ارسال سیگنال‌های **FM** که شکل موجی شبیه به رادار دارند می‌پردازد. دستگاه رادیو **FM** که به عنوان گیرنده است، بخش دیگر این سیستم است و به عنوان آنتن

¹ Daventry

² Detection range

دوم عمل می‌کند. بنابراین می‌توان این سیستم را به صورت مدل یک رادار دوپایه^۳ در نظر گرفت. در سیستم‌های معمولی، سیگنال مستقیم بسیار قوی‌تر از سیگنال‌های اکوی دریافتی از اهداف است. به این سیگنال مستقیم، سیگنال مرجع می‌گوییم. سیگنال‌های اکوی دریافتی از اهداف که همان سیگنال‌های FM هستند، پس از برخورد با اهداف بازتابیده شده و از چندین مسیر مختلف به گیرنده می‌رسند که با انجام پردازش‌های مناسب بر روی آن، پارامترهای اهداف استخراج می‌گردد. با توجه به اینکه رادار غیرفعال رادیویی و یا تلویزیونی نوعی رادار دوپایه هستند، آشنایی با اصطلاحات و عبارات این سیستم و نیز مختصاتی که در این سیستم مورداستفاده قرار می‌گیرد، ضروری به نظر می‌رسد. تا اوایل دهه نود این رادارهای زیاد مورد توجه محققین راداری نبودند، تا اینکه در اوایل این دهه با پیشرفت دنیای دیجیتال و ظهور A/D های ارزان قیمت با محدوده دینامیکی بالا و نرخ نمونه‌برداری مطلوب، این رادار دوباره مورد توجه قرار گرفت [۲]. از آغاز قرن بیست و یکم تکنولوژی رادارهای دیجیتال از جمله این رادار خاص دچار تحول شگرفی شده است که دلیل عمده آن پیشرفت تکنولوژی پردازش و گیرنده‌های دیجیتال هستند. دلیل دیگر توجه به این رادار، افزایش تقاضا برای مراقبت (surveillance) همراه با امنیت بیشتر است. رادارهای پسیو ارزان قیمت را، که هیچ باند فرکانسی‌ای اشغال نمی‌کنند، و هزینه مراقبت پایینی به دلیل نداشتن فرستنده دارند. از نظر نظامی نیز مزیت فوق العاده آن‌ها غیرقابل شناسایی بودنشان است.

محققین، امواج مختلفی از جمله امواج رادیویی FM [۳]، تلویزیون آنالوگ [۴]، تلویزیون دیجیتال (DVB) [۵] و [۶]، سیگنال‌های ماهواره‌ای [۷] و سیگنال‌های مخابراتی موبایل (GSM) [۸] را برای امکان‌سنجی استفاده در رادار پسیو تحلیل کرده‌اند و تحقیقات بیشتر بر روی سیگنال‌های دیجیتال که به احتمال قوی آینده را از آن خود می‌کنند، ادامه دارد.

۲. اصول عملکردی و هندسه رادارهای دوپایه غیرفعال

در رادار معمولی زمان ارسال پالس و شکل موج ارسالی معلوم است و با استفاده از این اطلاعات فیلتر منطبق برای حداکثر کردن SNR طراحی شده و با مقایسه زمان ارسال و دریافت پالس فاصله هدف تعیین می‌شود. ولی در رادار پسیو گیرنده به هیچ‌یک از این اطلاعات دسترسی مستقیم ندارد. به همین دلیل از دو آنتن استفاده می‌شود. یک آنتن (Reference Antenna) را به دریافت سیگنال مخابراتی موردنظر (مانند FM) اختصاص می‌دهیم (اصطلاحاً به این آنتن، آنتن مرجع می‌گویند)، به طوری که گلبرگ اصلی این آنتن به سمت ایستگاه فرستنده مخابراتی باشد و تنها سیگنال خالص

³ Bistatic

فرستنده را مستقیماً از ایستگاه رادیویی (بدون باز تابش‌های آن از اهداف مختلف) دریافت کند. به این سیگنال **Reference signal** نیز گفته می‌شود.

۳. شکل دهی الگوی تشعشعی و استخراج زاویه ورود سیگنال هدف^۴

استفاده از روش‌های شکل دهی الگوی تشعشعی آنتن می‌تواند برای تضعیف مؤلفه‌های مسیر مستقیم و یا چندمسیره فرستنده به کار رود که البته به کارگیری این روش‌ها سبب ایجاد خطوط کور در صفحه خواهد شد. همچنین با استفاده از این تکنیک‌ها زاویه ورود هدف قابل استخراج است. از آنجاکه استفاده از این تکنیک‌ها به پیچیدگی و قیمت بالای رادار غیرفعال منجر می‌شود در بسیاری از سیستم‌های ساخته شده به دو آنتن اکتفا شده و زاویه ورود هدف به روش تداخل سنجی استخراج گردیده است.

۳-۱ آماده‌سازی شکل موج‌ها^۵

در مورد بعضی از فرستنده‌ها باید نوعی پیش‌پردازش بر روی سیگنال‌های دریافتی صورت گیرد که می‌تواند شامل موارد زیر باشد:

- جبران‌سازی^۶ سیگنال مرجع

- حذف مؤلفه‌های چندمسیره از سیگنال مرجع

- فیلتر کردن قسمت‌هایی از شکل موج

- حذف قسمت‌های غیرتصادفی از ساختار سیگنال‌های دیجیتال مانند بازه‌های محافظ^۷ برای بهبود ویژگی‌های تابع ابهام

- دمدولاسیون و دوباره مدوله کردن سیگنال مرجع برای بازسازی دقیق آن.

۳-۲ حذف کلاتر و تداخل مسیر مستقیم

محدودیت اصلی عملکرد یک سیستم، تداخل دریافتی از فرستنده هنگام آشکارسازی هدف است. این سیگنال مستقیم ناخواسته کاملاً با سیگنال مرجع همبستگی نشان داده و گلبرگ‌های فرعی فاصله و داپلری ایجاد می‌کند که چندین برابر بزرگ‌تر از اکوهای هدف است. نقطه شروع بررسی عملکرد یک رادار پسیو، رابطه معروف رادار دونقطه‌ای است [۹]:

⁴ Beam forming

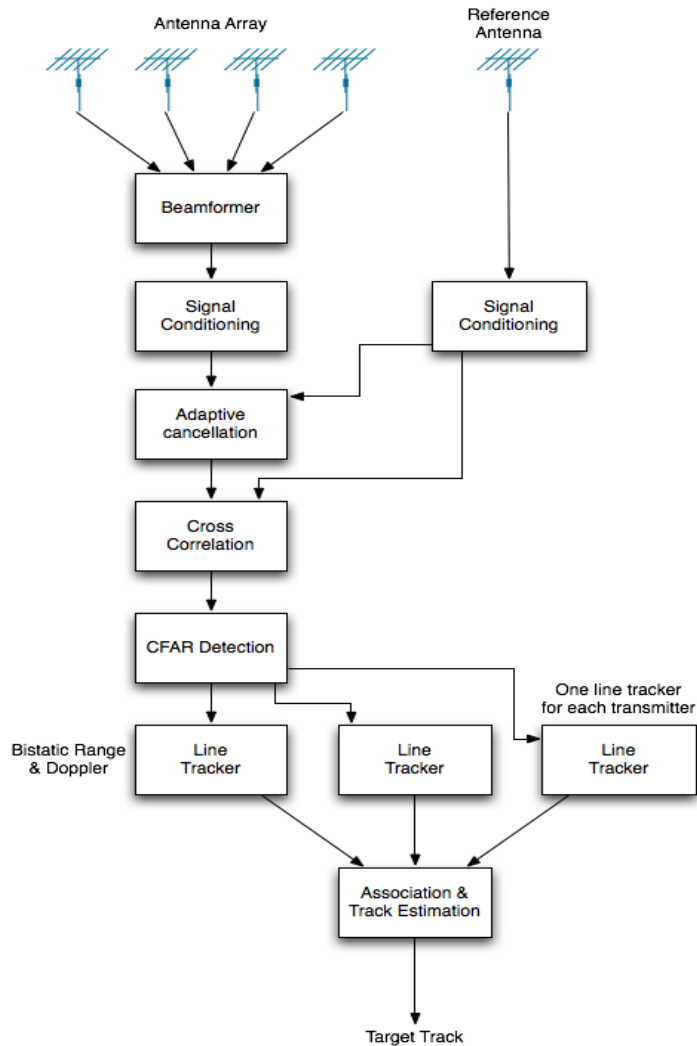
⁵ Signal Conditioning

⁶ Equalizing

⁷ Guard Interval

$$\frac{P_r}{P_n} = \frac{P_t G_t}{4\pi r_1^2} \cdot \sigma_b \cdot \frac{1}{4\pi r_2^2} \cdot \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{k T_0 B F} \cdot L \quad (1)$$

که در آن P_r توان سیگنال دریافتی، P_n توان نویز دریافتی، P_t توان ارسالی، G_t بهره آنتن فرستنده، r_1 فاصله فرستنده تا هدف، σ_b سطح مقطع راداری دونقطه‌ای، r_2 فاصله هدف تا گیرنده، G_r بهره آنتن گیرنده، λ طول موج سیگنال، k ثابت بولتزمان، T_0 دمای نویز مرجع، B پهنای باند مؤثر، F عدد نویز مؤثر و L ($L \geq 1$) تلفات سیستم است.

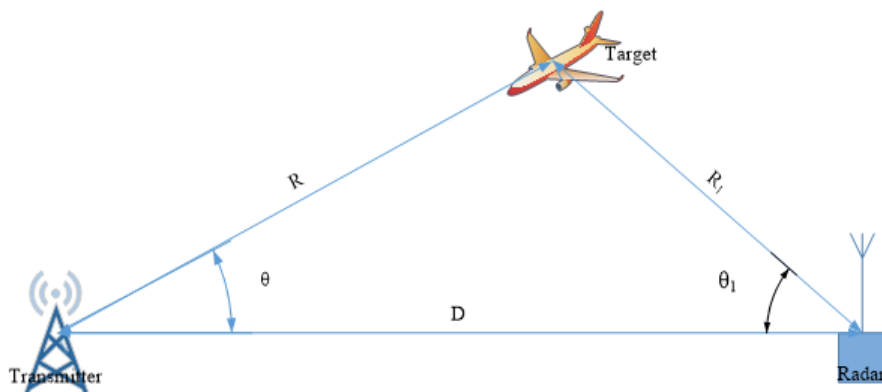


شکل ۲: بلوک دیاگرام رادار غیرفعال [۱۰]

۴. روش های مکان یابی اهداف

۴-۱ مکان یابی تک سایت

در صورتی که فقط از یک گیرنده استفاده کنیم می توان با استفاده از اطلاعات اختلاف زمان ورود (که از همبستگی سنجی به دست می آید) و اطلاعات زاویه (که با تداخل سنجی به دست می آید) مکان هدف را محاسبه کنیم. این مسئله در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: مکان یابی اهداف به کمک یک سامانه

در اینجا اطلاعات زیر اندازه گیری می شود [۱۱]:

$$\delta R = R + R_1 - D = c \times \text{TDOA} \quad (2)$$

بر اساس این اطلاعات باید دو پارامتر نادانسته R و θ را به دست آوریم. برای این منظور می توان به صورت زیر عمل کرد:

$$\begin{aligned} \delta R &= R - D + \sqrt{R^2 + D^2 - 2DR \cos \theta} \\ \rightarrow (\delta R + D - R)^2 &= R^2 + D^2 - 2DR \cos \theta \\ \rightarrow \delta R^2 + D^2 + R^2 + 2D\delta R - 2R\delta R - 2RD &= R^2 + D^2 - 2DR \cos \theta \\ \rightarrow \delta R^2 + 2D\delta R - 2R\delta R - 2RD &= -2DR \cos \theta \\ \rightarrow \delta R^2 + 2D\delta R &= 2R(\delta R + D - D \cos \theta) \\ \rightarrow \delta R^2 + 2D\delta R &= 2R(\delta R + D - D \cos \theta) \\ \rightarrow R &= \frac{\delta R^2 + 2D\delta R}{2(\delta R + D - D \cos \theta)} \end{aligned} \quad (3)$$

علاوه بر این از قانون سینوس‌ها داریم:

$$\frac{R}{\sin \theta_1} = \frac{D}{\sin(\pi - \theta - \theta_1)} \Rightarrow \sin(\theta + \theta_1) = \frac{D}{R} \sin \theta_1 \quad (4)$$

با ترکیب دو رابطه داریم:

$$\begin{aligned} \sin(\theta + \theta_1) &= \frac{2D}{\delta R^2 + 2D\delta R} (\delta R + D - D \cos \theta) \sin \theta_1 \\ \Rightarrow \sin \theta \cos \theta_1 + \cos \theta \sin \theta_1 &= \frac{2D}{\delta R^2 + 2D\delta R} (\delta R + D - D \cos \theta) \sin \theta_1 \\ \Rightarrow \sin \theta \cos \theta_1 + \cos \theta \left(\frac{\sin \theta_1 + 2D^2 \sin \theta_1}{\delta R^2 + 2D\delta R} \right) &= \frac{2D(\delta R + D)}{\delta R^2 + 2D\delta R} \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (5)$$

این معادله دارای شکل زیر است:

$$A \sin \theta + B \cos \theta = C \quad (6)$$

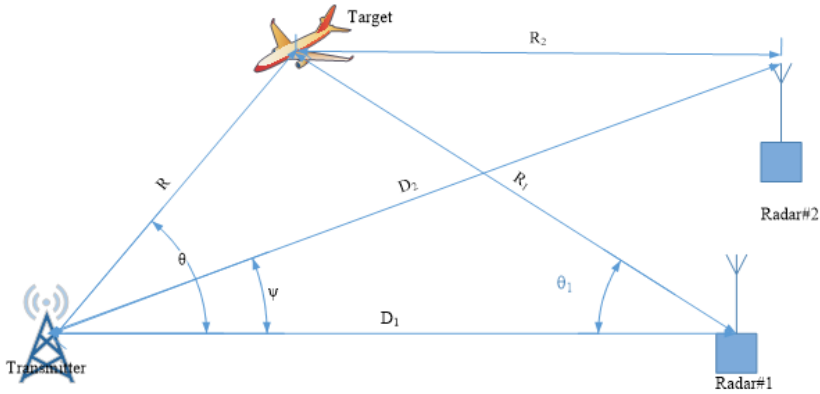
برای حل به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \sin \theta + \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \cos \theta &= \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \\ \Rightarrow \sin \left(\theta + \tan^{-1} \frac{B}{A} \right) &= \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \Rightarrow \theta = \sin^{-1} \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}} - \tan^{-1} \frac{B}{A} \end{aligned} \quad (7)$$

با محاسبه θ و اعمال آن در معادلات قبل \mathbf{R} هم به صورت مشابه به دست می‌آید.

۲-۴ مکان‌یابی با دو سایت

روش مکان‌یابی به کمک دو سایت در شکل ۴ نشان داده شده است:



شکل ۴: مکان‌یابی اهداف به کمک دو سایت راداری

در این حالت دیگر لزومی به اندازه‌گیری فاصله نیست و معادلات **RDOA** به صورت زیر هستند:

$$\begin{aligned} \delta R_1 &= R + R_1 - D_1 = R - D_1 + \sqrt{R^2 + D_1^2 - 2RD_1 \cos \theta} \\ \Rightarrow \delta R_2 &= R + R_2 - D_2 = R - D_1 + \sqrt{R^2 + D_2^2 - 2RD_2 \cos(\theta - \psi)} \end{aligned} \quad (۸)$$

از این دو رابطه **R** را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$(۹)$$

$$R = \frac{\delta R_1^2 + 2D_1 \delta R_1}{2(\delta R_1 + D_1 - D_1 \cos \theta)} \Rightarrow R = \frac{\delta R_2^2 + 2D_2 \delta R_2}{2(\delta R_2 + D_2 - D_2 \cos(\theta - \psi))}$$

این دو رابطه را با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$(\delta R_2 + D_2 - D_2 \cos(\theta - \psi))(\delta R_1^2 + 2D_1 \delta R_1) = (\delta R_1 + D_1 - D_1 \cos \theta)(\delta R_2^2 + 2D_2 \delta R_2) \quad (۱۰)$$

این رابطه نیز یک رابطه مثلثاتی است که مشابه روش قبل محاسبه می‌گردد.

مزیت عمده روش دو سائیتی بر تک سائیت آن است که در روش دو سائیت صرفاً از اطلاعات زمان استفاده می‌کنیم. اطلاعات زمانی بسیار دقیق‌تر از اطلاعات زاویه هستند. به همین دلیل در صورت استفاده از دو سائیت دقت سامانه در هر دو راستای X و Y در حدود رزولوشن سیستم (۲۵ متر) خواهد بود. ولی در صورت استفاده از یک سائیت خطا فقط در راستای برد در حد ۲۵ متر است و در راستای سمت با افزایش فاصله افزایش خواهد یافت. باین‌حال باید توجه داشت که سیستم دو سائیتی مشکلاتی نیز دارد. از جمله اینکه نیاز به هم‌زمان‌سازی دقیق داریم و اینکه هدف باید هم‌زمان در دید هر دو گیرنده باشد.

۳-۴ دقت جهت‌یابی

در ارائه‌های بزرگ، برای جهت‌یابی از تکنیک مونوپالس استفاده می‌شود که دقت زاویه‌سنجی از رابطه ۱۱ حاصل می‌شود:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\theta_{3dB}}{k_m \sqrt{2SNR}} \quad (11)$$

که در این رابطه $k_m = 1/6$ عددی ثابت است. بنابراین، اگر حداقل SNR دریافتی را برابر با 14 dB فرض کنیم، خطای زاویه‌سنجی برابر با $1/25$ درجه است که مطلوب است. البته در سامانه فعلی، با توجه به تعداد کم آنتن‌ها، می‌توان روش‌های بهتری به کار برد. به‌طور مثال، تخمین گر ML برای این سامانه مؤثر است. به این صورت که بازه 80 درجه سمت را شبکه‌بندی کرده و با توجه به خروجی تخمین گر به ازای زوایای مختلف، زاویه هدف تخمین زده شود. برای حصول دقت تخمین گر ML باید از کران کرامر راتو و یا شبیه‌سازی استفاده کرد. نکته‌ای که در این میان وجود دارد، بحث نحوه جاروب کردن زاویه سمت است. همان‌طور که بعداً اشاره می‌شود، برای جاروب فضا، باید میان بیم‌های متوالی همپوشانی وجود داشته باشد. این کار، هم از لحاظ دقت زاویه‌سنجی و هم از لحاظ کاهش تلفات شکل پرتو (**Beam shape loss**) کمک‌کننده است. با توجه به پهنای بیم حداقلی، جاروب زاویه سمت را با فاصله $3/7$ درجه انجام می‌دهیم و با توجه به سیگنال محاسبه‌شده، آشکارسازی در زاویه انجام می‌شود.

۴-۴ محاسبات سطح نویز

سطح نویز معادل سامانه وابسته به عدد نویز و نیز زمان پردازش همدوس است. در مورد باند فرکانسی موردنظر ما (UHF) مقدار عدد نویز قابل حصول از LNA ها می تواند به کوچکی 1 dB باشد. با در نظر گرفتن تلفات و همچنین نویز سماوی و تداخل، عدد نویز کلی سیستم را برابر با 8 dB فرض می کنیم. همچنین دیدیم که زمان پردازش همدوس سیستم برابر 40 ms است. در این صورت توان معادل نویز برابر است با:

$$P_n = \frac{kT_0 F_n}{T_{CPI}} = \frac{1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 10^{0.8}}{0.04} = 6.3 \times 10^{-19} \text{ W} = -152 \text{ dBm} \quad (12)$$

برای محاسبه حداقل توان دریافتی از هدف ابتدا پارامترهای زیر را در نظر می گیریم: (جدول ۱)

جدول ۱: پارامترهای مورداستفاده در محاسبه حداقل سیگنال دریافتی

مقدار	پارامتر	ردیف
۸ dB	عدد نویز گیرنده	۱
۲ dB	تلفات گیرنده	۲
۳ dB	تلفات پردازش	۳
۱۴ dB	حداقل SNR موردنیاز	۴

بر این اساس حداقل توان موردنیاز برای آشکارسازی هدف برابر است با:

$$P_{\text{Min}} = -152 \text{ dBm} + 2 + 3 + 14 = -133 \text{ dBm} = 5 \times 10^{-17} \text{ W} \quad (13)$$

۴-۵ بازه پویایی^۸ موردنیاز

که اگر فاصله فرستنده تا گیرنده را با D و فاصله هدف تا فرستنده را با R و زاویه بین دو خط واصل فرستنده - هدف و فرستنده - هدف را با θ نمایش دهیم، توان دریافتی از فرستنده (توان مسیر مستقیم) برابر خواهد بود با:

$$P_D = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{16\pi^2 D^2} \quad (14)$$

⁸ Dynamic Range

توان دریافتی از هدف:

$$P_t = \frac{P_T G_2 G_R \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^2 R_1^2} = \frac{P_T G_2 G_R \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^2 (R^2 + D^2 - 2DR \cos \theta)} \quad (15)$$

در این صورت نسبت توان مسیر مستقیم به توان سیگنال بازتابی از هدف برابر است با:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{P_D}{P_t} = \frac{P_T G_1 G_R \lambda^2}{16\pi^2 D^2} \times \frac{(4\pi)^3 R^2 (R^2 + D^2 - 2DR \cos \theta)}{P_T G_2 G_R \lambda^2 \sigma} \\ \Rightarrow \gamma &= D^2 \times \frac{G_1}{G_2} \times \frac{4\pi}{\sigma} \times r^2 \times (1 + r^2 - 2r \cos \theta) \end{aligned} \quad (16)$$

$$r = \frac{R}{D} \quad (17)$$

کانتورهای با نسبت توان ثابت:

$$r^2 (1 + r^2 - 2r \cos \theta) = \gamma_1 \Rightarrow r^4 - 2r^3 \cos \theta + r^2 - \gamma_1 = 0 \quad (18)$$

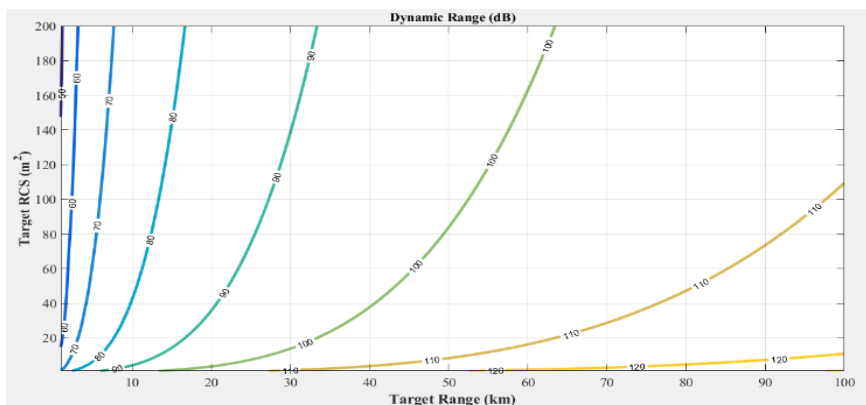
در این صورت داریم:

$$\gamma = 4\pi \gamma_1 \times \frac{G_1}{G_2} \times \left(\frac{D}{\sqrt{\sigma}} \right)^2 \quad (19)$$

مطابق با این رابطه مقدار تفاوت توان به نسبت فاصله فرستنده و گیرنده به ابعاد هدف وابسته است. اگر فرض کنیم که بهره آنتن در هر دو راستا برابر است.

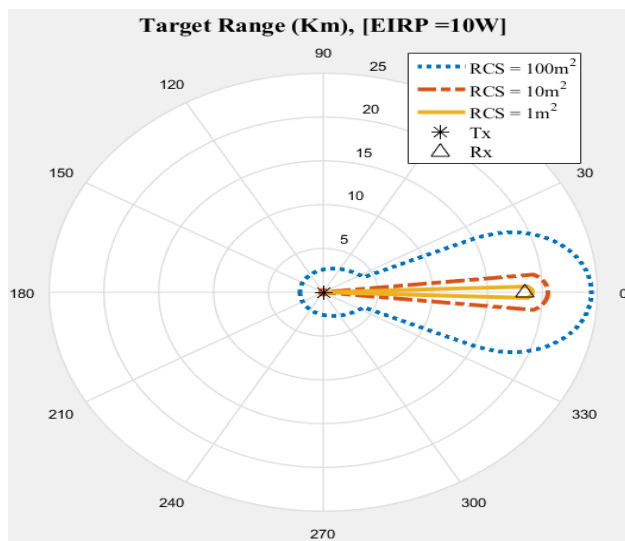
۵. نتایج شبیه‌سازی‌ها

شکل ۵ نشان می‌دهد که هر چه فاصله فرستنده و گیرنده بیشتر شود بازه پویایی بزرگ‌تر خواهد بود. بر این اساس همواره باید از نزدیک‌ترین فرستنده به عنوان منبع استفاده کنیم. بازه پویایی علاوه بر نسبت مجذور فاصله فرستنده-گیرنده به سطح مقطع راداری هدف، به چیدمان هدف-فرستنده-گیرنده نیز بستگی دارد که این پارامتر یک بازه پویایی اضافی به سیستم تحمیل می‌کند.



شکل ۵: بازه دینامیکی برای سطح مقطع‌ها و بردهای مختلف

شکل ۶ نشان می‌دهد که سیستم طراحی شده قادر است اهداف با سطح مقطع راداری ۱ مترمربع را تا فاصله ۲۰ کیلومتر آشکارسازی نماید.



شکل ۶: برد آشکارسازی رادار برای فرستنده با قدرت ارسالی ۱۰ وات

۶-تشکر و قدردانی

از تمامی دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء^(ص) که در این پژوهش به عنوان نمونه پژوهش حضور داشتند، تشکر و قدردانی می‌نماییم

۷- نتیجه گیری

در این مقاله ضمن معرفی مختصر رادارهای غیرفعال، مسئله روش‌های مکان‌یابی در این رادار برای اهداف با سطح مقطع راداری کم بررسی گردید و پارامتر بازه دینامیکی این رادار به صورت مشخص بررسی شده و نتیجه شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که این سامانه می‌تواند اهداف با سطح مقطع راداری ۱ مترمربع را تا برد ۲۰ کیلومتر آشکارسازی نماید. همچنین شبیه‌سازی رنج دینامیکی نشان داد که مقدار موردنیاز رنج دینامیکی در بازه قابل ساخت قرار دارد و به صورت عملی قابل پیاده‌سازی است.

۷- مراجع

- [1] H. Griffiths and C. Baker, "Passive coherent location radar systems. Part 1: performance prediction," IEE Proceedings, Radar, Sonar and Navigation, vol. 152, no. 3, pp. 153–159, Jun. 2005.
- [2] H. Griffiths, "New directions in bistatic radar," in IEEE Radar Conference, May 2008, pp. 1–6.
- [3] R. Saini and M. Cherniakov, "DTV signal ambiguity function analysis for radar application," IEE Proceedings, Radar, Sonar and Navigation, vol. 152, no. 3, pp. 133–142, Jun. 2005.
- [4] A.M. Haimovich, R.S. Blum, L.J. Cimini, "MIMO radar with widely separated antennas", IEEE Signal Processing Magazine, 2007, 25, (1), pp. 116–129.
- [5] M. Radmard, M. Bastani, F. Behnia, and M. Nayebi, "Feasibility analysis of utilizing the '8k mode' DVB-T signal in passive radar applications," Scientia Iranica, Elsevier, Jan. 2012.
- [6] H. Griffiths, "Developments in bistatic and networked radar," in IEEE CIE International Conference on Radar, vol. 1, Oct. 2011, pp. 10–13.
- [7] D. Tan, H. Sun, Y. Lu, M. Lesturgie, and H. Chan, "Passive radar using Global System for Mobile communication signal: theory, implementation and measurements," in IEE Proceedings- Radar, Sonar & Navigation, vol. 152, no. 3, 2005, pp. 116–123.

- [8] Auslander, L.; Tolimieri, R.; , "Characterizing the radar ambiguity functions," Information Theory, IEEE Transactions on , vol.30, no.6, pp.832- 836, Nov 1984.
- [9] Liu, C.C.; Xu, H.; He, X.Z.; Chen, W.D.; , "The distributed passive radar 3-D imaging and analysis in wavenumber domain," Signal rocessing (ICSP), 2010 IEEE 10th International Conference on , vol., no., pp.2051-2054, 24-28 Oct. 2010.
- [10] Kim, S.J.; Koh, K.; Lustig, M.; Boyd, S.; Gorinevsky, D.; , "An interiorpoint method for large-scale l1-regularized least squares," Selected Topics in Signal Processing, IEEE Journal of , vol.1, no.4, pp.606-617, Dec. 2007.
- [11] Huggins, P.S.; Zucker, S.W.; , "Greedy basis pursuit," Signal Processing, IEEE Transactions on , vol.55, no.7, pp.3760-3772, July 2007.