مجله علمی-پژوهشی «علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل»
سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰: ص۲۴۷- ۲۴۱

طراحی و شبیه‌سازی یک سامانه رادار مولتی استاتیک و بهینه‌سازی محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار با استفاده الگوریتم ژنتیک چند منظوره

شهرام مهنا[1*]، سیدسعید توکلی افشاری[2]، لاله سیدکلانتری[3]

۲،۱- دانشیار، ۳- کارشناس ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۲۲، پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰)

چکیده

امروزه، استفاده از رادارهای مولتی استاتیک کاربرد فراوانی در تامین امنیت مرزها، سامانه‌های ناوبری کشتی، کنترل ترافیک، موقعیت‌یاب محلی و تشخیص اهداف زمینی یافته است. در این مقاله یک رادار مولتی استاتیک طراحی و شبیه‌سازی شده است که در فضای سه‌بعدی قادر به آشکارسازی اجسام پرنده در ناحیه تحت پوشش، محاسبه مکان و سرعت، مسیر و تشخیص نوع با محاسبه سطح مقطع راداری آن است. با توجه به تأثیر محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار در میزان سطح سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار، در این مقاله محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار نیز با استفاده از بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک چندمنظوره بهینه‌سازی شده است، به‌گونه‌ای که با کمترین تعداد ایستگاه فرستنده و گیرنده، بیشترین میزان سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار در فضای سه‌بعدی دست یابد.

کلیدواژه‌ها: اثر داپلر، الگوریتم ژنتیک چندمنظوره، رادار بای‌استاتیک، رادار مولتی استاتیک.

Design and Simulation of a Multistatic Radar System and Optimizing the Radar Sites Positions Using Multiobjective Genetic Algorithms

S. Mohanna[*], L. S. Kalantari, S. Tavakoli
Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan
(Received: 05/14/2011, Accepted: 03/10/2012)

Abstract

Multistatic radar systems have many applications such as homeland security, anti-air defense, anti-missile defense, and ground target detection. In this article, a multistatic radar system, capable of detecting a flying object within the coverage area and computing its position and velocity in a three-dimensional coordinate system, is simulated. Calculating the radar cross section, the kind of the object is recognized. If the object's path follows a specific equation of motion, the path can be estimated only after the first detection. Otherwise, the simulation procedure estimates the object's path by tracking it. Simulation results show that the proposed method can effectively be applied to applications such as anti-air defence systems. To increase the signal to noise ratio and vastness of the coverage area around a specific point, a solution to optimally locate the radar sites, is presented. As the design parameters are conflicting, this is achieved using a multiobjective design technique.

Keywords: Multistatic Radar, RCS, Radar Optimization, Genetic Algorithm.

[*] Corresponding Author E-mail: mohana@hamoon.usb.ac.ir

۱. مقدمه

سامانه‌های رادار متداول امروزی، رادارهای مونو استاتیک هستند. رادارهای بای استاتیک نوع دیگری از رادارها هستند که در آنها فرستنده و گیرنده در فاصله‌ای قابل قیاس با بیشترین مسافت آشکارسازی شیء پرنده قرار گرفته‌اند[۷-۱]. اگر تعداد ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده دو یا بیشتر گردد، رادار مولتی استاتیک[1] گفته می‌شود[۸ ،۲۰]. افزایش تعداد ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده مزایای بسیاری دارد که استفاده از رادارهای مولتی استاتیک را توجیه می‌کند[۱۰، ۹، ۱]. زمینه‌های کاربرد فراوانی از این سامانه‌ها به‌طور نمونه استفاده در مصارف امنیتی [۱۴-۱۱]، سامانه‌های ناوبری کشتی‌ها [۱۵]، سامانه‌های کنترل ترافیک [۱۶]، سامانه‌های موقعیت‌یابی سراسری[2] [۱۷، ۱۵] و تشخیص اهداف زمینی [۱۹، ۱۸] گزارش شده است. در [۲۷-۲۰, ۱۰] ردیابی اهداف توسط رادارهای بای استاتیک و مولتی استاتیک بررسی شده است.

در این مقاله یک رادار مولتی استاتیک که در فضای سه‌بعدی قادر به آشکارسازی اجسام پرنده در ناحیه تحت پوشش، محاسبه مکان، سرعت، مسیر و تشخیص نوع شیء پرنده با محاسبه سطح مقطع راداری[3] آن است، شبیه‌سازی خواهد شد و در نهایت محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار به کمک الگوریتم ژنتیک چند منظوره، به منظور بیشینه کردن سطح سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار با کم‌ترین تعداد ایستگاه رادار لازم، بهینه‌سازی خواهد شد.

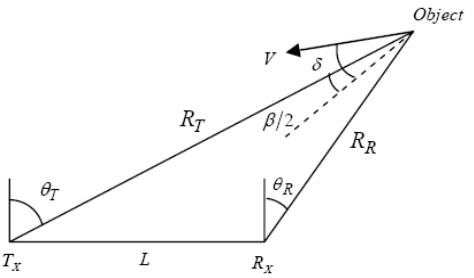
در برخی از مقالات نظیر [۲۵]، اساس ردیابی شیء با فرض مدل ثابت بودن سرعت است. در حالی‌که سرعت در حالت عمومی ثابت نیست. این فرض استفاده از الگوریتم را به اشیاء حاضر در مسافت‌های کم محدود می‌کند. در حالی‌که در الگوریتم شبیه سازی شده در این مقاله سرعت در هر بار آشکارسازی شیء قابل به‌دست آمدن است.

همچنین ویژگی مهم توانایی تشخیص نوع شیء پرنده وارد شده به منطقه تحت پوشش از طریق محاسبه پارامتر سطح مقطع رادار قابلیتی است که بسیاری از پژوهش‌ها نظیر [۸، ۱۷، ۲۲] توانایی تشخیص آن را ندارند و آن را به‌صورت پارامتر ورودی در نظر می‌گیرند.

در زمینه بهینه‌سازی سامانه‌های رادار مقالاتی از قبیل بیشینه‌سازی دقت برد [۲۸] و بهینه‌سازی سیگنال ارسالی رادارهای مولتی استاتیک در حوزه زمان [۲۹] انجام شده است. در این مقاله مسئله بهینه‌سازی مکان ایستگاه‌های رادار مولتی استاتیک به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی چند منظوره جهت بیشینه ساختن سطح پوشش رادار و سیگنال به نویز انجام شده است.

۲. تئوری و تحلیل حل مسئله

برای تحلیل رادار مولتی استاتیک باید آن را به اجزای بای استاتیک تجزیه کرد. در رادار بای استاتیک محل فرستنده (T_X) ، گیرنده (R_X) و هدف صفحه بای استاتیک را تشکیل می‌دهند. شکل (۱) ساختار یک رادار بای استاتیک را نشان می‌دهد. در این شکل R_T فاصله فرستنده تا هدف، R_R فاصله هدف تا گیرنده. L فاصله بین فرستنده و گیرنده، β زاویه بای استاتیک V سرعت هدف، δ زاویه ظهور، θ_T زاویه ساعت‌گرد خط عمود با R_T و θ_R زاویه ساعت‌گرد خط عمود با R_R است[۱، ۸، ۲۱].



شکل ۱. ساختار کلی رادار بای استاتیک

۲-۱. محاسبه توان

اگر یک سیگنال باند باریک با توان P_T توسط فرستنده ارسال گردد، توان دریافتی هر گیرنده، P_{R_i} ، بعد از پراکندگی موج از شیء با استفاده از رابطه (۱) بدست می‌آید[۱]. در این رابطه λ طول موج فرکانس ارسالی، G_T و G_{R_i} گین توان آنتن فرستنده و آنتن‌های گیرنده، σ_B سطح مقطع راداری، L_T ، L_{R_i} و L_P به‌ترتیب تلفات سامانه فرستنده، گیرنده و انتشار در هر صفحه بای استاتیک هستند. همچنین در کلیه روابط زیر $i = ۱,۲,....,n$ است و معرف شماره ایستگاه گیرنده است[۷].

$$P_{R_i} = \frac{P_T G_T G_{R_i} \lambda^2 \sigma_B}{(4\pi)^3 R_T^2 R_{R_i}^2 L_T L_{R_i} L_P} \qquad (۱)$$

۲-۲. تخمین محل شیء

جهت یافتن مکان شی، هر گیرنده زمان بین ارسال سیگنال و دریافت سیگنال بازگشتی (ΔT_{TT_i}) را محاسبه و به کمک آن $R_{Ri} + R_T$ در هر صفحه بای استاتیک بدست می‌آید[۱, ۷].

$$(R_{Ri} + R_T) = c.\Delta T_{TT_i} \ , \ c = ۲.۹۹۸ \times ۱۰^8 \qquad (۲)$$

[1] Multistatic Radar
[2] Global Positioning System (GPS)
[3] Radar Cross Section (RCS)

سپس در هر صفحه بای استاتیک موقعیت شیء از طریق رابطه‌های زیر یافته می‌شود[۱].

$$R_{T_i} = \frac{\left(R_T + R_{R_i}\right)^2 - L_i^2}{2\left(R_T + R_{R_i} - L_i \sin(\theta_{T_i})\right)} \quad (۳)$$

$$R_{R_i} = \sqrt{\left(R_{T_i}^2 + L_i^2 - 2R_T L_i \sin(\theta_{T_i})\right)} \quad (۴)$$

برای بدست آوردن موقعیت در مختصات دکارتی، اگر ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده در موقعیت (x_T, y_T, z_T) و $(x_R.y_R, z_R)_i$ باشند، داریم:

$$R_T = \sqrt{\left((x-x_T)^2 + (y-y_T)^2 + (z-z_T)^2\right)} \quad (۵)$$

$$R_{R_i} = \sqrt{\left((x-x_{R_i})^2 + (y-y_{R_i})^2 + (z-z_{R_i})^2\right)} \quad (۶)$$

با ترکیب معادلات (۵) و (۶) با روابط(۳) و (۴) و (۲) و حل سه معادله سه مجهولی (x, y, z) که مختصات شیء پرنده در فضای سه بعدی هستند بدست می‌آید.

۲-۳. محاسبه سرعت جسم

برای تخمین سرعت در هر صفحه بای استاتیک، فرکانس داپلر در هر صفحه بای استاتیک محاسبه می‌شود[۸, ۱].

$$f_{d,b_i} = \frac{1}{\lambda}\left[\frac{dR_T}{dt} + \frac{dR_{R_i}}{dt}\right] \quad (۷)$$

که در این رابطه:

$$\frac{dR_T}{dt} = V_i \cos(\delta_i - \beta/2) \quad (۸)$$

$$\frac{dR_{R_i}}{dt} = V_i \cos(\delta_i + \beta_i/2) \quad (۹)$$

سرعت‌های استفاده شده در روابط بالا، سرعت در هر یک از صفحات بای استاتیک می‌باشند. برای رسیدن به‌سرعت کلی جسم، برنامه MATLAB نوشته شده، با استفاده از روابط (۸) و (۹) و مشتق‌گیری جزئی از روابط (۵) و (۶)، $\partial x/\partial t$ ، $\partial y/\partial t$ و $\partial z/\partial t$ را یافت.

$$\frac{dR_T}{dt} = \frac{\partial R_T}{\partial x}\times\frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial R_T}{\partial y}\times\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial R_T}{\partial z}\times\frac{\partial z}{\partial t} \quad (۱۰)$$

$$\frac{\partial R_{Ri}}{\partial t} = \frac{\partial R_{Ri}}{\partial x}\times\frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial R_{Ri}}{\partial y}\times\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial R_{Ri}}{\partial z}\times\frac{\partial z}{\partial t} \quad (۱۱)$$

برای یافتن موقعیت سه مجهول (x, y, z) و برای یافتن سرعت سه مجهول $\partial x/\partial t$ ، $\partial y/\partial t$ و $\partial z/\partial t$ را داریم. یعنی با داشتن یک ایستگاه فرستنده و دو ایستگاه گیرنده همه مجهولات بدست می‌آید. استفاده از تعداد بیشتر ایستگاه‌های گیرنده صرفاً منطقه تحت پوشش را می‌افزاید.

۲-۴. محاسبه RCS

روش‌های مختلف تحلیلی برای محاسبه RCS نظیر[۳۰] و [۳۱] وجود دارد که در آنها RCS یک مخروط و موشک محاسبه شده است. RCS بسیاری اشیاء متداول در منابع علمی نظیر [۳۳، ۳۲، ۱۶] قابل یافتن است. RCS برخی از این اشیا در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱. مقدار RCS بر برخی اشیا[۳۳]

شیء پرنده	RCS($dBsm$)
جامبو جت مسافربری	۲۰
هواپیمای بمب‌افکن	۱۰
هواپیمای جنگی بزرگ	۷.۷۸
هواپیمای جت چهار سرنشین	۳
موشک بال‌دار	-۳

۳. نتایج شبیه سازی

۳-۱. الگوریتم شبیه‌سازی

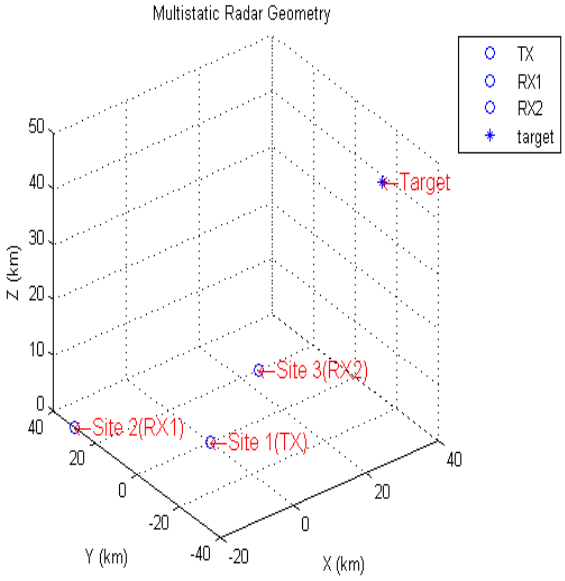
در فرایند شبیه‌سازی، ابتدا یک سیگنال با فرکانس و توان مشخص ارسال و سپس در صورت وجود شیء پرنده سیگنال بازتابیده شده از شیء به گیرنده بر می‌گردد و با استفاده از روابط (۱ تا ۶) مکان شیء مشخص می‌شود. سپس با اندازه‌گیری فرکانس‌های دریافتی و روابط (۷ تا ۱۱) سرعت شیء بدست می‌آید. در نهایت بعد از مشخص شدن R_T و R_R با یافتن مکان شیء و با اندازه‌گیری توان سیگنال‌های دریافتی، پارامترهای تلفاتی و استفاده از رابطه (۱)، RCS شیء به‌دست می‌آید. در نهایت با مقایسه RCS محاسبه شده با مقادیر موجود در جداولی نظیر جدول (۱)، نوع شیء مشخص می‌شود.

۳-۲. نتایج

فرض کنید ایستگاه فرستنده و دو گیرنده با G_T و G_{R_i}، برابر $40dB$ در مکان‌های $(19,34,0)km$، $(15,0,0)km$ و $(-23,-31,0)km$ قرار گرفته باشد. فرستنده سیگنالی با توان $35dBW$ در فرکانس $2GHz$ ارسال می‌کند، در صورتی که مقادیر ΔT_{TT}، θ_{T1} و θ_{T2} به‌ترتیب برابر با $0.194ms$، $63.5\deg$ و $75.15\deg$ باشد و همچنین:

$\delta_1 = -136\deg$، $\delta_1 = -88.5\deg$، f_{R1}، $2.000002298GHz$ و f_{R2} $1.999999628\,GHz$.

در این صورت مکان و سرعت محاسبه شده برای هدف $(x_t, y_t, z_t) = (0,0,10)km$ و $321/71\,m/s$ است. در شکل‌های (۲ و ۳) مکان هدف در مختصات دکارتی و قطبی نشان داده شده است.



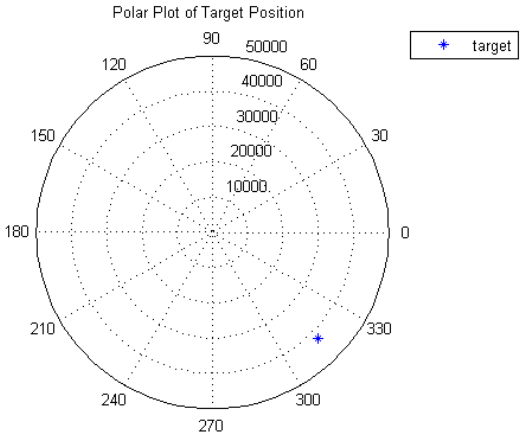
شکل۲. موقعیت هدف در مختصات کارتزین

جهت محاسبه RCS شیء پرنده نیاز به اندازه‌گیری توان‌های دریافتی گیرنده‌ها و ارسالی فرستنده‌ها داریم. اگر P_{R1} و P_{R2}، $-106.8dBW$ و $-113.7dBW$ باشند و L_T، L_R و L_p هریک $1dB$ باشد، با استفاده از رابطه (۱)، مقدار RCS، $7/78dBsm$ به‌دست می‌آید. که با توجه به جدول (۱)، شیء پرنده یک هواپیمای جنگی بزرگ است.

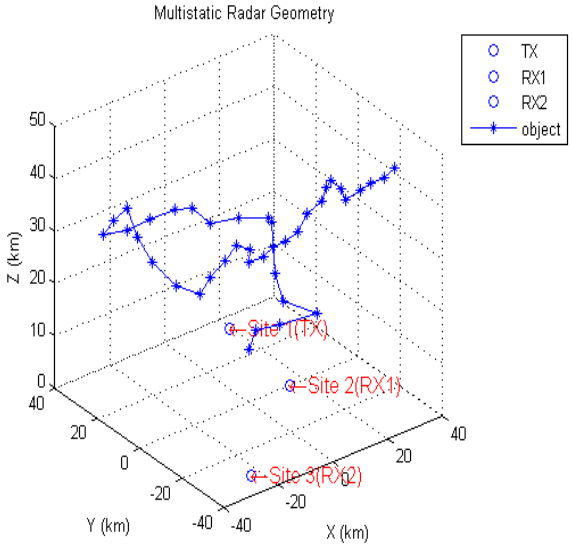
با نمونه برداری‌های متوالی مسیر حرکت شیء در فضای سه بعدی به دست می‌آید که در شکل (۴)، نمایش داده شده است.

۴. بهینه‌سازی نتایج

فرآیند آشکارسازی بیان شده در صورتی‌که سطح سیگنال به نویز به حد کافی نباشد یا شیء خارج از سطح پوشش رادار باشد، مؤثر نخواهد بود.



شکل۳. موقعیت هدف در مختصات قطبی



شکل ۴. مسیر حرکت هدف در فضای سه‌بعدی

برای افزایش سطح سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار در اطراف یک نقطه خاص یک روش متداول افزودن تعداد ایستگاه‌های رادار است که از نظر اقتصادی به‌صرفه نیست.

با توجه به تأثیر محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار در سطح سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار، روش ارائه شده در این پژوهش بهینه‌سازی محل قرار گرفتن ایستگاه‌های رادار جهت بیشینه کردن این دو پارامتر با استفاده از کمترین تعداد ایستگاه رادار لازم برای آشکارسازی شیء در فضای سه بعدی است. از آنجا که این دو تابع هدف با یکدیگر در جنگ هستند، بهینه‌سازی به روش الگوریتم ژنتیک چند منظوره برای رسیدن به این مقصود استفاده شد.

۴-۱. بهینه‌سازی چند منظوره

بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در دنیای مهندسی بهینه‌سازی مسائل چند منظوره می‌باشند که در آنها چندین تابع هدف وجود دارد که باید به طور هم‌زمان بهینه شوند. با تحقیقات به‌عمل آمده در طی سال‌های گذشته روش‌های مختلفی برای حل مسائل بهینه‌سازی چند منظوره به وجود آمده‌اند[۳۴]. در حقیقت یک تعریف پذیرفته شده عمومی از بهینه‌سازی به‌عنوان یک بهینه‌سازی تک هدفه که مقایسه‌ای با بقیه پاسخ‌ها ایجاد کند، وجود ندارد. زیرا عموماً تصمیم اینکه کدام جواب بهتر است بستگی به نظر طراح دارد[۳۶، ۳۵]. بهینه‌یابی چند منظوره، به‌دست آوردن برداری از متغیرهای طراحی است که قیود را تأمین و اعداد مطلوبی را برای همه توابع هدف نتیجه دهد [۳۸، ۳۷].

۴-۲. تحلیل مسئله بهینه‌سازی

با توجه به اهداف ذکر شده، توابع هدف به‌صورت زیر تعریف می‌شوند. در این روابط SNR سیگنال به نویز و CA سطح پوشش رادار در هرصفحه بای استاتیک است.

$$Objective1 = 1/\sum_{i=1}^{2} SNR_i \qquad (13)$$

$$Objective2 = 1/\sum_{i=1}^{2} CA_i \qquad (14)$$

۴-۳. محاسبه سیگنال به نویز

سیگنال به نویز رادار بای استاتیک از رابطه (۱۵) به‌دست می‌آید. در این رابطه F_T و F_R فاکتور انتشار پترن فرستنده تا هدف و گیرنده تا هدف[۳]، $k = 1.38007\times10^{-23}$، T_s و B_n ثابت بولتزمن، دمای نویز و پهنای باند نویز گیرنده می‌باشند.

$$\frac{S}{N} = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2 \sigma_B F_T^2 F_R^2}{(4\pi)^3 R_T^2 R_R^2 L_T L_R k T_S B} \qquad (15)$$

۴-۴. محاسبه سطح پوشش

سطح پوشش رادار بای استاتیک، به‌واسطه بیشترین مسافت آشکارسازی که میزان توان ارسالی و سیگنال به نویز اعمال می‌کند و به‌وسیله خط دید مستقیم بین فرستنده و گیرنده که هندسه قرار گرفتن فرستنده، هدف، گیرنده و جهت آنتن‌ها آن را ایجاد می‌کند، محدود می‌گردد[۱۰،۱].

از آنجا که محدودیت ایجاد شده به واسطه خط دید مستقیم به سیگنال به نویز ربطی ندارد در اینجا محدودیت ایجاد شده به واسطه توان و سیگنال به نویز درنظر گرفته می‌شود که در روابط (۱۶ تا ۱۸) آمده است[۲۲، ۱]. در این روابط L_i فاصله بین فرستنده و هر گیرنده است.

$$A_{B1} \approx \pi\kappa\left[1-\left(\frac{1}{64}\right)\left(\frac{L_i^4}{k^2}\right)-\left(\frac{3}{16384}\right)\left(\frac{L_i^8}{k^4}\right)\right] \qquad (16)$$
$$for\ L_i < 2\sqrt{R_T.R_R}$$

$$A_{B2} \approx \frac{2\pi k^2}{L_i^2}\left[1+\frac{2k^2}{L_i^4}+\frac{12k^4}{L_i^8}+\frac{100k^6}{L_i^{12}}\right] \qquad (17)$$
$$for\ L_i > 2\sqrt{R_T.R_{R_i}}$$

$$A_{B3} = 2\kappa,\ for\ L_i = 2\sqrt{R_T.R_{Ri}} \qquad (18)$$

۵. قیود تعیین محل ایستگاه‌های رادار

فاصله ایستگاه‌های رادار بای استاتیک باید به‌گونه‌ای باشد که با بیشینه برد آشکارسازی هدف قابل قیاس باشد. بنابراین در تعیین محل بهینه ایستگاه‌های رادار باید قیودی بر روی L قرار داد تا رادار مولتی استاتیک محسوب شود. در هر صفحه بای استاتیک $L_i \le R_T + R_{Ri}$ اما اگر L_i بسیار کوچک‌تر از $(R_T + R_{Ri})$ گردد، از نقطه دید شیء، رادارها در یک مکان قرار گرفته‌اند و تبدیل به مونواستاتیک می‌گردند. بنابر این L_i باید بزرگ‌تر از $\frac{R_T + R_{Ri}}{\alpha}, \alpha > 1$ باشد که در آن α عدد بزرگی نیست. در این مقاله آن را در حدود ۳-۴ در نظر گرفتیم.

۵-۱. نتایج بهینه‌سازی محل ایستگاه‌های رادار

در اینجا جهت بیشینه کردن نسبت سیگنال به نویز و سطح پوشش اطراف یک نقطه خاص برنامه متلب نوشته شد. در این برنامه نقطه مورد نظر km(۰،۰،۱۰) و پارامترهای اولیه را مشابه بخش ۳:

P_T ، $35dBW$ و G_T و G_R ، $40dB$ ، $f_T = 2GHz$ ، F_T و F_R هر یک $T_s = 300^\circ K$ ، $1dB$ هر یک L_T و L_R ، $\sigma_B = 7.78dBsm$ ، $-3dB$ و $B_n = 520MHz$ در نظر گرفته شد. در نهایت با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک چند منظوره، شکل (۵) بدست می‌آید که رابطه بین سیگنال به نویز و سطح پوشش را نشان می‌دهد. در این شکل نقاط برتر با نقطه و نقطه غیر برتری که بدون بهینه‌سازی مکان ایستگاه‌های رادار در بخش ۳ بدست آمد با دایره نشان داده شده است که در آن $SNR = 11.02dB$ و $CA = 5.9\times10^{9}(m^2)$ است. در جدول (۴) تعدادی از نقاط بهینه آمده است.

۵-۲. انتخاب نقطه برتر

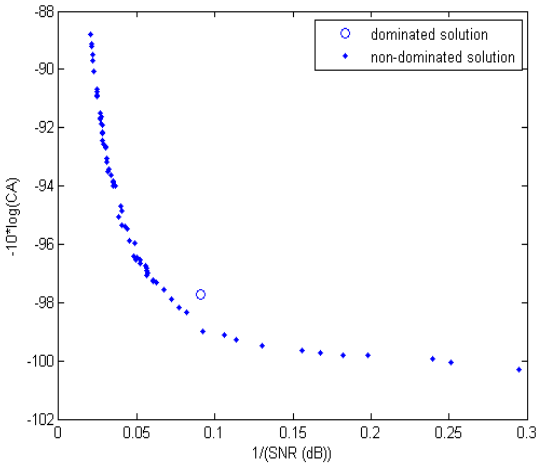
بعد از بدست آمدن نقاط بهینه مسئله‌ای که مطرح می‌شود این است که کدام یک از نقاط بالا را انتخاب کنیم. همان‌طور که از نتایج مشهود است، به‌ازای نقاطی که بیشترین مقدار تابع هدف اول را داریم، به کمترین مقدار تابع هدف دوم می‌رسیم و بالعکس. بنابراین این دو تابع هدف با هم ناسازگار هستند. ایجاد یک مصالحه بین جواب‌های برتر مسئله و انتخاب یکی از آنها به طرز تفکر تصمیم گیرنده بستگی دارد[۳۶].

بنابراین جواب نهایی مسئله از فرایند بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری تعیین می‌گردد[۳۵]. جواب نهایی با انتخاب پاسخی که به‌طور مناسب اهداف طراحی را تأمین می‌کند، تعیین می‌شود. برای مثال در شکل (۵) پاسخ‌هایی که $SNR < A$ و $CA > B$ را می‌دهند از سطح‌های بهینه انتخاب می‌شوند. مقدار A و B به طور مناسب توسط طراح انتخاب می‌شوند.

به‌طور مثال، اگر پوشش دادن یک سطح وسیع برای طراح اهمیت دارد و تعیین دقیق نوع شیء از اهمیت کمتری برخوردار است، از نقاطی که CA بزرگ‌تری دارند استفاده می‌کنیم و بالعکس در مواردی که تشخیص دقیق نوع شیء دارای اهمیت است، نقاطی که SNR بزرگ‌تری دارند انتخاب می‌شوند. در واقع ارائه مجموعه جواب به‌جای جواب تک، امکان آزادی انتخاب را برای طراح فراهم می‌آورد که این از مزایای حل مسئله با روش‌های بهینه‌سازی چند منظوره در مقابل روش‌های بهینه‌سازی تک هدفه است.

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک رادار مولتی استاتیک با قابلیت تخمین مکان، سرعت، مسیریابی و تشخیص نوع شیء پرنده در فضای سه‌بعدی شبیه‌سازی گردید. جهت افزایش میزان سیگنال به نویز و سطح پوشش اطراف نقطه خاص مورد نظر به‌جای افزودن تعداد ایستگاه‌های راداری، مسئله تعیین موقعیت ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده در مکان بهینه شبیه‌سازی شد. هدف بهینه‌سازی رسیدن به بیشترین میزان سیگنال به نویز و سطح پوشش رادار بود. از آنجا که این دو تابع هدف با یکدیگر در تضاد بودند، برای دست یابی به این هدف، الگوریتم ژنتیک چند منظوره به‌کار گرفته شد. در بخش پایانی با استفاده از مکان‌های ایستگاه‌های فرستنده و گیرنده رادار که در مرحله بهینه‌سازی بدست آمد رادار دوباره شبیه‌سازی گردید و در فرآیند تخمین سرعت، مکان و مسیر شیء پرنده، نشان داده شد که میزان سیگنال به نویز و سطح پوشش نسبت به حالت قبل از بهینه‌سازی، افزایش یافته است.



شکل۵. جواب‌های برتر رابطه بین سیگنال به نویز و سطح پوشش

۷. مراجع

[1] Willis N. J. "Bistatic Radar."; Artech House, 1995.

[2] "IEEE Standard Radar Definitions, 2008."; www.ieee.org

[3] Skolnik M. I. "Radar Hand Book."; Second Edition, New York: McGraw-Hill, 1990.

[4] Mahafza B. R. "Radar Systems Analysis and Design Using Matlab."; Second Edition: Chapman & Hall 2005.

[5] Skolnik, M. I. "Introduction to Radar Systems."; 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

[6] Skolnik M. I.; "Introduction to Radar Systems."; 3rd Ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

[7] Kalantari, L. S.; Mohanna S.; Tavakoli S. "Detection, Identification and Tracking of Flying Objects in Three Dimensions Using Multistatic Radars."; Int. J. Com. Net. Sys. 2009, 2, 486-490.

[8] Paolini, E.; Giorgetti, A.; Chiani, M.; Minutolo, R.; Montanari, M. "Localization Capability of Cooperative Anti-Intruder Radar Systems."; EURASIP J. Ads. Sig. Proc. 2008, 1-14.

[9] Kalantari, L. S. "Simulation and Optimization of Multistatic Radars."; MSc Thesis, University of Sistan and Baluchestan, Zah., Iran, 2009.

[10] Chang, W. "System Level Investigations of Television Based Bistatic Radar."; MSc. Thesis, University of Cape Town, S. A., 2005.

[11] Wang, W. "Application of Near-Space Passive Radar for Homeland Security."; Sensing Imaging Inter. J. 2007, 8, 39-52.

[12] Griffiths, H. D.; Baker, C. J. "Fundamentals of Tomography and Radar: Bistatic and Multistatic Sensors for Homeland Security."; Springer, 2006.

[13] Byrnes, J.; Ostheimer, G. “Advances in Sensing with Security Applications.”; Springer, 2005.
[14] Withington, P.; Fluhler, H.; Nag, S. “Enhancing Homeland Security with Advanced UWB Sensors.”; IEEE Microwave Magazine 2003, 4, 55-58.
[15] Theo, J.; Mazaheri, M.; Balaei, A. T.; Dempster, A. G. “The Application of a Multicorrelator Receiver in Bistatic Radar.”; IGNSSS Conf., Australia, 2007.
[16] Abdullah, A.; Ismail, A. “Forward Scattering Radar Current and Future Application.”; Int. J. Eng. Tech. 2006, 3, 61-67.
[17] Glennon, E. P.; Dempster, A. G.; Rizos, C. “Feasibility of Air Target Detection Using GPS as a Bistatic Radar.”; Journal of Global Positioning Systems 2006, 5, 119-126.
[18] Mishra, A.; Mulgrew, B. “Ground Target Classigication for Airborne Bistatic Radar.”; EMRS DTC Tech. Conf. 2004, Edinburgh.
[19] Cherniakov, M.; Sizov, V.; Antoniou, M.; Rashid, E.; Jankovic, P.; Myakinkov, A.; Kuzin, A. “Easily Deployable, Multi-Functional Radar Network.”; 5th EMRS DTC Technical Conference 2008, Edinburgh.
[20] Soares, G. L.; Arnold-Bos, A.; Jaulin, L.; Maia, C. A.; Vasconcelos, J. A. “An Interval-Based Target Tracking Approach for Range-Only Multistatic Radar.”; IEEE Transactions on Magnetics 2008, 44, 1350-1353.
[21] Johnsen, T.; Olsen, K. E. “Bi- and Multistatic Radar.”; Ad. Radar Signal and Data Processing 2006, 4, 1-36.
[22] Teo C. L. “Bistatic Radar System Analysis and Software Development.”; MSc. Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 2003.
[23] Nag, S.; Barnes, M. “A Moving Target Detection Filter for an Ultra-Wideband Radar.”; IEEE Radar Conference 2003, 147-153.
[24] Farina, A. “Tracking Function in Bistatic and Multistatic Radar Systems.”; IEE Proceedings 1986, 133, 630-637.
[25] Chongyu, W.; Shanjia, X.; Dongjin, W. “Analysis of Target Tracking Based on Range Difference Measurement of Multistatic Radar System.”; Journal of Electronics 2000, 17, 297-303.
[26] Derham, T. E.; Doughty S.; Woodbridge, K.; Baker, C. J. “Design and Evaluation of a Low-Cost Multistatic Netted Radar System.”; IET Radar Son. Nav. 2007, 1, 362-368.
[27] Kong, C. Y.; Hadzer, C. M.; Mashor, M. Y. “Radar Tracking System Using Neural Networks.”; International Journal of the Computer, the Internet and Management 1998, 6, 1-7
[28] Chen, B.; Liu, H.; Bao, Z. “An Efficient Kernel Optimization Method for Radar High-Resolution Range Profile Recognition.”; EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2007, 1, 1-10 .
[29] Deeonda, A. T. “Optimal Space-Time Transmit Signal Design for Multi-Static Radar.”; MSc. Thesis, University of Kansas, 2005.
[30] Mosayebi-Dorcheh, T.; Kalantari, L. S.; Mohanna, S.; Tavakoli, S. “Electromagnetic Scattering from an Infinite Dielectric Cone.”; PIERS, Russia, 2009.
[31] Kalantari, L. S.; Mosayebi-Dorcheh, T.; Mohanna, S.; Tavakoli, S. “Missile Radar Cross Section Calculation and Its Use in 3-D Anti-Missile Defense System.”; PIERS, Russia, 2009.
[32] Wiesbeck, W. “Radar System Engineering.”; 13th Edition, IHE, 2007.
[33] Balanis, C. A. “Antenna Theory: Analysis and Design.”; 3rd Ed., John Wiley, 2005.
[34] Carlos, A.; Coello, C. “A Comprehensive Survey of Evolutionary-Based Multiobjective Optimization Techniques.”; Knowledge Inf. Sys. Int. J. 1999, 269-308.
[35] Tavakoli, S. “Multivariable PID Control with Application to Gas Turbine Engines.”; PhD Thesis: University of Sheffield, Sheffield, 2005.
[36] Tavakoli, S.; Griffin, I.; Fleming, P. J. “Multi-Objective Optimization Approach to the PI Tuning Problem.”; Presented at IEEE Cong. Evol. Comp. 2007.
[37] Coello, C. A.; Christiansen, A. D. “Multi Objective Optimization of Trusses Using Genetic Algorithms.”; Computers and Structures 2000, 75, 647-660.
[38] Osyezka, A. “Multi Criteria Optimization for Engineering Design.”; Academic Press, New York, 1985.