

روشی جدید برای تخمین همزمان تأخیر و داپلر از تابع ابهام: تلفیق فرآیندهای تصادفی و پردازش‌های مکانی برای حذف کلاتر و نوفه

سید وهاب شجاع الدینی^۱ و رحمن کبیری^۲

^۱ استادیار مهندسی برق، پژوهشکده برق و کامپیوتر، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

^۲ دانشگاه امام حسین(ع)، دانشکده و پژوهشکده جنگ الکترونیک

چکیده

در این مقاله یک روش جدید برای تخمین همزمان تأخیر و داپلر در رادارهای مبتنی بر تابع ابهام ارایه می‌شود. در این روش ابتدا هر سلول از تابع ابهام در قالب یک متغیر تصادفی در نظر گرفته شده و با توجه به تغییرات مقدار آن طی اسکن‌های متوالی رادار، یک فرآیند تصادفی برای آن تخمین زده می‌شود. با استفاده از پارامترهای فرآیندهای تصادفی فوق، تابع ابهام رادار به بخش‌های با اختلال بالای وجود هدف و با احتمال بالای وجود کلاتر و نوفه افزایش می‌شود. سرانجام با استفاده از پردازش‌های مکانی، مقادیر تأخیر و داپلر مربوط به اهداف اصلی از تابع ابهام افزایش شده فوق استخراج و بدین ترتیب اهداف مزبور آشکارسازی و تفکیک می‌شوند. عملکرد روش پیشنهادی این مقاله در دو حالت جداگانه و برای آشکارسازی اهداف با حرکت سریع و اهداف با حرکت کند آزموده می‌شود. نتایج حاصل از آزمون‌های فوق حاکی از برتری روش پیشنهادی این مقاله نسبت به روش‌های موجود در آشکارسازی هر دو نوع فوق از اهداف می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌شود که روش پیشنهادی این مقاله در مقایسه با روش‌های موجود، بهبود چشم‌گیر تری را در آشکارسازی اهداف کند نسبت به آشکارسازی اهداف سریع ایجاد می‌نماید.

وازگان کلیدی: رادار، تابع ابهام، تأخیر، داپلر، حذف کلاتر و نوفه، فرآیندهای تصادفی، آشکارسازی.

توان سیگنال بازگشتی از اهداف مختلف نیز متفاوت است. بنابراین مسایلی نظیر ایجاد قله‌های کاذب در تابع ابهام که به آشکارسازی اهداف کاذب و هشدار غلط^۳ منجر و یا ضعیف‌بودن قله‌های مربوط به برخی اهداف که به گم‌کردن یک هدف در برخی زمان‌ها منجر می‌شود، از مهم‌ترین مشکلاتی می‌باشند که این قبیل رادارها با آنها مواجه هستند (Jiangun, et al., 2010) (Magraner, et al., 2010). با توجه به این مشکلات، یکی از مراحل اصلی پردازش سیگنال در این رادارها استخراج اطلاعات اهداف از میان عوامل مزاحم پیش‌گفته است. بهدلیل تغییرات قابل توجه توان عوامل فوق در طی زمان فعالیت رادار، استفاده از آستانه ثابت برای تفکیک هدف از عوامل مزاحم فوق منجر به آشکارسازی اهداف کاذب و یا از دستدادن هدف اصلی در زمان‌های مختلف ردیابی شده و به همین علت در این

۱- مقدمه

بسیاری از رادارها برای ردیابی اهداف، دو پارامتر تأخیر و شیفت داپلر را از سیگنال دریافت شده توسط گیرنده راداری استخراج می‌نمایند. برای این کار ابتدا برای هر اسکن راداری یک تابع ابهام^۱ با متغیرهای تأخیر و داپلر به دست می‌آید که هر نقطه (سلول) از این تابع می‌تواند یک هدف بالقوه باشد (Dzvonkovskaya, et al., 2008). سپس اهداف موجود در هر اسکن راداری در قالب قله‌های تابع ابهام آن اسکن آشکارسازی می‌شوند. سیگنال دریافتی توسط یک رادار علاوه‌بر داشتن اطلاعات مربوط به هدف، شامل سیگنال‌های بازگشتی از اهداف کاذب و یا سیگنال‌های محیطی تولید شده توسط منابع مختلف رادیویی (کلاتر)^۲ و همچنین نوفه گیرنده راداری است (Magraner, et al., 2010).

^۱. Ambiguity Function (AF)

^۲. Clutter



دسته از روش‌ها بر خلاف دستهٔ قبلی، عملکرد بهتری را در برابر کلاترهای غیرهمگن نشان داده‌اند (Ebrahimian, 2005). اما خود با مشکلات دیگری مواجه هستند. برخی از این روش‌ها فقط می‌توانند تعداد ثابتی از کلاترها را در هر بازه زمانی حذف کنند و بر این اساس در برخی بازه‌های زمانی که تعداد کلاترهای واقعی از تعداد کلاترهای حذف شده توسط روش مورد نظر کمتر است، آشکارسازی اهداف کاذب را خواهیم داشت (Xiangwei, 2010). از طرفی اغلب این روش‌ها دارای بار محاسباتی قابل توجهی بوده و برخی دیگر نیز نیازمند اطلاعات اولیه از هدف و محیط ردیابی هستند که البته در بسیاری از موارد این اطلاعات در دسترس نیست. مشکل دیگر این روش‌ها نیز محدودیت آنها در ردیابی اهداف گند است که به پدیدهٔ خودپوشانی اهداف^۱ منجر می‌شود (Ebrahimian, 2005).

علاوه‌بر موارد فوق، این روش‌ها بیشتر بر روی سیگنال‌های راداری یک‌بعدی آزموده شده‌اند، در حالی که به موازات پیشرفت‌های حاصل شده در ساخت افزارها، استفاده از رادارهای مبتنی بر تابع ابهام در سال‌های اخیر رشد و توسعهٔ بسیاری یافته است (Dzvonkovskaya, et al., 2008).

(Wei and Weibo, 2009), (Magraner, et al., 2010) تاکنون تحقیقات متعددی در مورد انواع کلاترهای راداری انجام و نشان داده شده که بسیاری از کلاترها دارای ماهیت آماری بوده و به صورت پدیده‌های تصادفی قابل بیان می‌باشند (Watts, 1991). از طرفی در همین اوخر در برخی تحقیقات برای جداسازی هدف از کلاتر در رادارهای مبتنی بر تابع ابهام از روش‌های پردازش تصاویر دو‌بعدی استفاده شده است که مبتنی بر مفاهیم آماری ساده‌ای مانند هیستوگرام‌های کلی یا محلی بوده‌اند (Li, et al., 2009).

در این مقاله روشی جدید برای تفکیک کلاتر و نوافه از اهداف، در رادارهای مبتنی بر تابع ابهام و در محیط‌های غیر همگن ارایه می‌شود که بر تلفیق مدل سازی کلاتر مبتنی بر فرآیندهای تصادفی و بخش‌بندی تصاویر استوار است. این روش شامل دو مرحله است که در اولین مرحله، با توجه به تطابق مناسبی که فرآیندهای تصادفی در بیان رفتار کلاترها نشان داده‌اند (*Watts, 1991*），هر سلول از تابع ابهام در قالب یک متغیر تصادفی مدل شده و برای توصیف ریاضی این مدل، یک فرآیند تصادفی مبتنی بر سابقه زمانی همان سلول تسکیل داده می‌شود. این فرآیند تصادفی برای تمام سلول‌های تابع ابهام در طی اسکن‌های متوالی راداری مرتبأ

رادارها آستانه مزبور به صورت وفقی در طول زمان ردیابی محسوبه می شود (Jiangun, et al., 2010). تکنون برای (al., 2010, Turley, 1997) روش هایی را که تاکنون استفاده شده اند را می توان به دو گروه تقسیم کرد. در دسته اول روش ها، آستانه مربوط به هر سلول از تابع ابهام به شیوه های مختلفی از روی سلول های همسایه آن حاصل می شود. این شیوه ها می توانند شامل استفاده از انواع مختلفی از محاسبه میانگین یا میانه روی سلول های همسایه (Vito and Moretti, 1989)، (Rohlling, 1983) بزرگ ترین یا کوچک ترین آنها (Daojing and Guilong, 1989)، (Vito and Moretti, 2001) و یا مرتب سازی سلول های همسایه و استفاده از k امین سلول مرتب شده باشند (Mingyan, et al., 2008). در برخی تحقیقات جدیدتر، از تلفیق کردن برخی از این شیوه ها نیز استفاده شده است (Jiangun, et al., 2010). اگرچه این گونه روش ها می توانند احتمال هشدار غلط را در طول زمان ردیابی ثابت نگه دارند، ولی در صورت بروز کلاترهای غیر همگن، مانند باران های شدید، جمینگ و تداخل سیگنال سایر رادارها، میزان آشکارسازی های غلط در آنها افزایش می یابد. همچنین تحقیقات گذشته نشان داده اند در مواردی که چند هدف نزدیک به هم داریم، عملکرد این روش ها به طرز قابل ملاحظه ای افت می نماید (Xiangwei and Fuyong, 2010). برای آشکارسازی اهداف در شرایط وجود کلاترهای غیر همگن، دسته دوم روش ها ارایه می شوند که در آنها آستانه مربوط به هر سلول تابع ابهام به شیوه های مختلفی از سابقه زمانی آن حاصل می شود (Musicki, et al., 2005). برای انجام این کار در برخی از روش ها از میانگین گیری زمانی متحرك برای حصول آستانه مورد نظر استفاده شده است. در روش های دیگری از فیلتربنگ، سابقه زمانی هر سلول به منظور تفکیک هدف از کلاتر استفاده (Nitzberg, 1986). گردیده است (Xiangwei and Fuyong, 2010) در تعداد دیگری از روش ها ویژگی هایی نظری (Lopes, 1996) موجک به منظور تفکیک کلاتر و هدف مورد استفاده قرار گرفته اند (Jangal, et al., 2009). و در پاره ای روش ها رفتار زمانی کلاتر در قالب بعضی شبکه های عصبی مصنوعی مدل شده است (Leung, et al., 2002). تلفیق ویژگی موجک با شبکه عصبی، به منظور تفکیک کلاتر و هدف نیز در برخی مقالات گزارش شده است (Lin, et al., 2000). اگرچه این



تأخیر- داپلر از I_t که برای اختصار از این پس آن را سلول می‌نامیم، داریم:

$$I_{t_{0j}} = I_t(l, j) \quad (1)$$

$I_{t_{0j}}$ اندازه سلولی است که در تأخیر t و داپلر z از تابع I_t قرار گرفته است. L و J نیز به ترتیب ابعاد افقی و عمودی صفحه I_t و T نیز حداکثر طول زمانی دنباله I هستند. در هر قاب t_0 و برای هر سلول واقع در تأخیر t و داپلر z خواهیم داشت:

$$\{I_{t_{0j}}\} = \{I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{klj}\} \quad (2)$$

که $\{I_{t_{0j}}\}$ یک سری زمانی است که از اندازه‌های سلول واقع در تأخیر t و داپلر z در تمام فریم‌های دنباله توابع I تا قاب t_0 تشکیل شده است. اکنون می‌خواهیم احتمال تعلق این سلول در قاب $t_0 + 1$ را به هدف یا کلاتر و نوفه تعیین کنیم. برای این کار طبق آزمون فرض‌ها، دو فرض H_0 و H_1 را به صورت (۳) تعریف می‌نماییم.

$$\begin{cases} H_0 : & I_{(t_0+1)lj} = |c_{(t_0+1)lj} + n_{(t_0+1)lj}| \\ H_1 : & I_{(t_0+1)lj} = |s_{(t_0+1)lj} + c_{(t_0+1)lj} + n_{(t_0+1)lj}| \end{cases} \quad (3)$$

در رابطه فوق $I_{(t_0+1)lj}$ نشان‌گر سلول واقع در تأخیر t و داپلر z از تابع ابهام در قاب $t_0 + 1$ بوده و H_0 و H_1 به ترتیب فرض تعلق سلول فوق را به کلاتر و هدف نشان می‌دهند. همچنین $c_{(t_0+1)lj}$ و $n_{(t_0+1)lj}$ به ترتیب مؤلفه‌های نوفه و کلاتر را در این سلول و در قاب $t_0 + 1$ نشان می‌دهند.

۲-۱- تشكیل مدل مبتنی بر فرآیندهای تصادفی
برای تعیین تعلق سلول $I_{(t_0+1)lj}$ به یکی از فرض‌های رابطه (۳)، سابقه زمانی آن یعنی $\{I_{t_{0j}}\}$ را یک فرآیند تصادفی فرض نموده و بر این اساس یک مدل ریاضی مبتنی بر احتمالات برای بیان تغییرات زمانی سلول فوق تا قاب t_0 تشکیل می‌دهیم. در این تحقیق برای تشکیل مدل فوق از تابع توزیع $F(\cdot)$ در قالب رابطه (۴) استفاده می‌نماییم.

$$f_{I_{t_{0j}}} (I_{t_{0j}}) = F(I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{klj} | \alpha_{1t_{0j}}, \alpha_{2t_{0j}}, \dots, \alpha_{kt_{0j}}) \quad (4)$$

در رابطه فوق $\alpha_{kt_{0j}}$ پارامترهای تابع توزیع $F(\cdot)$ هستند که تعداد آنها K می‌باشد. به طور معمول برای تابع توزیع معروف، K بین ۱ تا ۳ در نظر گرفته می‌شود. برای هر (\cdot) انتخاب شده، مشخص کردن مدل تصادفی $f_{I_{t_{0j}}} (I_{t_{0j}})$ منوط به یافتن پارامترهای $\alpha_{kt_{0j}}$ می‌باشد.

به روز می‌شود. با بررسی نحوه تغییر پارامترهای فرآیند تصادفی مربوط به هر سلول در هر اسکن، احتمال تعلق سلول مزبور به نویز و کلاتر تعیین و در صورت بالا بودن این احتمال، سلول مورد نظر به عنوان نوفه و کلاتر لحاظ شده و در غیر این صورت، به عنوان جزیی احتمالی از یک هدف متحرک منظور می‌شود. عواملی مانند محدودیت پهنای باند سیگنال راداری و وضوح برد و یا مسایلی نظیر اعوجاجات چندمسیری در رادارها باعث می‌شوند تا هدف در تابع ابهام به صورت یک ناحیه از سلول‌ها مشخص شود. بر همین اساس استفاده از فرآیندهای تصادفی مزبور موجب استخراج ناحیه‌های پراکنده‌ای از اهداف (و نه چند هدف مجزا) در تابع ابهام خواهد شد. لذا در مرحله دوم روش پیشنهادی این مقاله، با انجام پردازش‌های مکانی مبتنی بر ناحیه‌بندی تصاویر، اهداف مجزا که هر کدام دارای یک تأخیر و داپلر مشخص هستند از میان نواحی حاصل از فرآیندهای تصادفی استخراج می‌شوند. روش پیشنهادی به دلیل مدل کردن کلاتر با فرآیندهای تصادفی دارای تطبیق بیشتری با ماهیت فیزیکی کلاتر است. از طرفی در این روش برای هر سلول یک فرآیند تصادفی جداگانه در نظر گرفته می‌شود و لذا هر سلول برای تعیین تعلق به کلاتر یا هدف صرفاً با سابقه زمانی خودش مقایسه می‌شود. لذا محدودیت‌های روش‌های پیشنهادی نظیر ناتوانی در ردیابی اهداف گند و پوشاندهشدن یک هدف به وسیله اهداف دیگر در روش پیشنهادی، کمتر بروز خواهد نمود.

ساختار مقاله به صورت زیر است. در بخش ۲، نحوه تشکیل مدل مبتنی بر فرآیندهای تصادفی برای هر سلول بیان شده و آزمون فرض‌های مبتنی بر این مدل به منظور تفکیک هدف و کلاتر نیز ارایه می‌شود. در همین بخش چگونگی استفاده از ناحیه‌بندی تصویر در تفکیک اهداف احتمالی در تابع ابهام نیز تشریح می‌گردد. در بخش ۳، عملکرد روش پیشنهادی این مقاله آزموده می‌شود. در این بخش دو سناریو بر اساس شرایط واقعی شبیه‌سازی شده و عملکرد روش پیشنهادی در هر دوی این سناریوها بررسی می‌گردد. در بخش ۴، نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها مورد بررسی قرار گرفته و کارایی روش پیشنهادی با کارایی روش موجود از جهات مختلف مقایسه می‌شود. بخش پایانی مقاله نیز به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲- تشریح روش پیشنهادی

یک دنباله زمانی I از توابع ابهام را در نظر بگیرید که I_t تابع ابهام مربوط به این دنباله در قاب t است. برای هر سلول

$$Z(I_{(t_0+1)lj}) \sum_{H_1}^{H_0} \eta_{t_0lj} \quad (12)$$

بر اساس رابطه (۱۲)، سلول های تابع ابهام I_{t_0+1} به دو دسته افزایش می شوند که بر اساس آنها می توان تابع ابهام I'_{t_0+1} را متناظر با I_{t_0+1} و مطابق رابطه (۱۳) حاصل نمود. رابطه (۱۳) هر سلول از تابع ابهام در قالب $t_0 + 1$ را با مدل تصادفی کلاتر و نوفه که بر اساس دادگان همان سلول از اولین قالب تا قالب t_0 تشکیل شده است، مقایسه کرده و صفحه جدیدی مانند I'_{t_0+1} را تشکیل می دهد. در صورت صدق نمودن سلول فوق در مدل تصادفی کلاتر و نوفه، مقدار آن در صفحه I'_{t_0+1} صفر قرار داده شده و بدین ترتیب از روند استخراج اهداف حذف می گردد. در غیر این صورت مقدار آن در تصویر ابهام I'_{t_0+1} برای ادامه پردازش به منظور استخراج اهداف احتمالی حفظ می شود.

$$\begin{cases} I'_{(t_0+1)lj} = 0 & Z(I_{(t_0+1)lj}) > \eta_{t_0lj} \\ I'_{(t_0+1)lj} = I_{(t_0+1)lj} & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

-۲-۲-پردازش مکانی روی سلول های هدف احتمالی
بر اساس رابطه (۱۳) تابع ابهام $I'_{(t_0+1)}$ فقط شامل سلولهایی از $I_{(t_0+1)}$ خواهد بود که احتمال تعلق آنها به هدف بیشتر از احتمال تعلق آنها به کلاتر و نوفه باشد. بنابراین ممکن است که $I'_{(t_0+1)}$ شامل سلول هایی غیر از هدف اصلی و به خصوص همسایگان آن باشد که به افت عملکرد آشکارسازی منجر می شود. در ادامه با انجام پردازش های مکانی، تلاش می شود تا سلول اصلی متعلق به هدف از صفحه شبه تصویر $I'_{(t_0+1)}$ استخراج شود. بدین منظور از الگوریتم مبتنی بر ناحیه بندی تصویر استفاده می کنیم که با استفاده از پیوستگی و همسایگی پیکسل ها، اشیای یک پارچه^۱ موجود در تصویر را استخراج می نمایند. در این مقاله با استفاده از روشی که شاپیرو و همکاران برای Nahiye-Bendi تصاویر ارایه نموده اند (Shapiro and Haralick, 1992) مطابق رابطه (۱۴) و با استفاده از پیوستگی همسایه ۸ تایی^۲ استخراج می شوند.

$$\{O_{(t_0+1)}\} = \{O_{(t_0+1)1}, O_{(t_0+1)w}, \dots, O_{(t_0+1)W}\} \quad (14)$$

که $\{O_{(t_0+1)}\}$ مجموعه اشیای پیوسته موجود در قالب $O_{(t_0+1)w}, t_0 + 1$ شیء w ام از این مجموعه و W تعداد کل اشیای مستخرج از تابع ابهام این قالب است. متناظر با

^۱. Connected Objects
^۲. Eight-Connected

بنابراین در ادامه کار باید این پارامترها برای تابع (۱) و از روی رشتة معلوم $\{I_{t_0lj}\}$ تخمین زده شوند. برای رعایت اختصار پارامترهای توزیع فوق را در قالب رشتہ ای به صورت (۵) نشان می دهیم.

$$\infty = \{\infty_{t_0lj}, \infty_{2t_0lj}, \dots, \infty_{kt_0lj}\} \quad (5)$$

طبق قضایای فرآیندهای تصادفی (Degroot and Schervish, 2002) می توان روابط (۴) و (۵) را به صورت (۶) تلفیق و بازنویسی نمود.

$$F(I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj} | \infty) = \quad (6)$$

$$F(I_{0lj} | \infty).F(I_{1lj} | \infty) \dots F(I_{klj} | \infty)$$

تابع (۶) L را موسوم به تابع شباهت مطابق رابطه (۷) تعریف می کنیم (Degroot and Schervish, 2002).

$$L(\infty | I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj}) = \quad (7)$$

$$F(I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj} | \infty) = \prod_{k=0}^{t_0} F(I_{klj} | \infty)$$

با محاسبه لگاریتم از طرفین رابطه (۷) فرم لگاریتمی تابع شباهت به صورت مجموعی از جملات توزیع و مطابق با رابطه (۸) به دست می آید.

$$\ln(L(\infty | I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj})) = \sum_{k=0}^t \ln(F(I_{klj} | \infty)) \quad (8)$$

اکنون، مطابق روابط (۹) و (۱۰) متغیر \hat{L} را به عنوان متوسط لگاریتم تابع شباهت تعریف می نماییم. پارامترهای رشتة ∞ از بیشینه کردن این تابع از تخمین بیشنه شباهت (Myung, 2003)، (Degroot and Schervish, 2002) به صورت $\hat{\infty}$ حاصل می شوند.

$$\hat{L} = \frac{1}{t_0 + 1} \ln(L(\infty | I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj})) \quad (9)$$

$$\hat{\infty} = \arg \max(\hat{L}(\infty | I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj})) \quad (10)$$

با تخمین پارامتر از رابطه (۱۰) و قراردادن این پارامترها در توزیع رابطه (۴)، مدل تصادفی سلول واقع در تأخیر l و داپلر r بر اساس مقادیر آن در طی تمام صورت های اول تا t_0 مشخص می شود. اکنون برای تعیین تعلق سلول $I_{(t_0+1)lj}$ به کلاتر یا هدف، میزان تعلق آن به مدل آماری بیان شده در رابطه (۴) به صورت $Z(I_{(t_0+1)lj})$ تعریف شده و بر اساس رابطه (۱۱) به دست می آید.

$$\begin{aligned} Z(I_{(t_0+1)lj}) &= P(I_{(t_0+1)lj} | F(I_{0lj}, I_{1lj}, \dots, I_{t_0lj} | \infty)) \\ &= f_{I_{t_0lj}}(I_{(t_0+1)lj}) \end{aligned} \quad (11)$$

در رابطه فوق، P احتمال تعلق سلول $I_{(t_0+1)lj}$ به (۱۲) است. بر اساس رابطه (۱۲)، اگر مقدار تعلق فوق از آستانه η_{t_0lj} بیشتر باشد، سلول به کلاتر و نوفه (H_0) و در غیر این صورت به هدف (H_1) تعلق می یابد.



$$P_{fa} = P(I_{(t_0+1)lj} \in O''_{(t_0+1)} | H_0) \quad (22)$$

۳- اجرا و آزمایش روش پیشنهادی

روش پیشنهادی مقاله با استفاده از بسته نرم افزاری Matlab2009 پیاده سازی شد. نرم افزار پیاده سازی شده شامل سه بخش اساسی و مجزا می باشد. بخش اول مربوط به شبیه سازی اهداف است که در این مرحله ابتدا منحنی حرکت اهداف در بازه زمانی مشخصی شبیه سازی شده و منتظر با آن توابع ابهام قالب های مختلف تولید و ذخیره سازی می شوند. پارامترهای اصلی این بخش از شبیه سازی عبارتند از: تعداد اهداف فعال در هر قالب، تأخیر و داپلر مربوط به هر هدف، کلاتر و نوفة اضافه شده به هر تابع ابهام که در قالب نسبت سیگنال به کلاتر و نوفة^۱ بیان می شود، نسبت بزرگی قله هر هدف نسبت به سایر اهداف در هر صفحه (میزان غیر هم توان بودن اهداف) که به صورت تصادفی طی قالب های مختلف تغییر می نماید، پهنای قله هر هدف که به معنای تعداد سلول های همسایه و به طور تقریبی هم اندازه سلول آن است (پهن شدگی اطراف هر هدف در تابع ابهام)، سرعت هر هدف، زمان های شروع و خاتمه حرکت هر هدف در طی بازه زمانی شبیه سازی و قالب های گمشده هر هدف.

در بخش دوم و اصلی نرم افزار، الگوریتم تشریح شده در (بخش ۲) این مقاله بر روی دادگان شبیه سازی شده فوق، اجرا و اهداف مربوط به هر قالب آشکار سازی شدند. در این بخش برای استخراج فرآیند تصادفی مربوط به هر سلول از تابع ابهام از تابع توزیع رایلی استفاده شد. در همین بخش روش آشکار سازی مبتنی بر الگوی کلاتروفوکسی^۲ (ACM) (Xiangwei and Fuyong, 2010) از میان روش های موجود به منظور مقایسه با روش پیشنهادی این مقاله پیاده سازی شده و نتایج حاصل از آن برای دادگان شبیه سازی به دست آمد. سرانجام در بخش سوم، اهداف آشکار شده در هر قالب با اهداف اصلی شبیه سازی مقایسه شده و احتمالات آشکار سازی و هشدار غلط که در بخش قبلی معرفی شدند، هم برای الگوریتم پیشنهادی این مقاله و هم برای روش ACM حاصل گردیدند. بدین ترتیب امکان مقایسه و بررسی بهتر عملکرد روش پیشنهادی با روش های موجود فراهم گردید. به منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی این مقاله سناریوهای مختلفی شبیه سازی شدند.

¹. Signal to Clutter and Noise Ratio (SCNR)

². Adaptive Clutter Map (ACM)

مجموعه فوق، رشتة λ را به صورت رابطه (۱۵) تعریف می کنیم که هر یک از عبارات $\lambda_{(t_0+1)w}$ تعداد سلول های متعلق به شیء $O_{(t_0+1)w}$ است.

$$\{\lambda_{(t_0+1)}\} = \{\lambda_{(t_0+1)1}, \lambda_{(t_0+1)w}, \dots, \lambda_{(t_0+1)W}\} \quad (15)$$

در مرحله بعدی پردازش، اعضای $\{O_{(t_0+1)}\}$ را بر حسب تعداد سلول های متعلق به آنها (عنی $\{\lambda_{(t_0+1)}\}$) مرتب کرده و مطابق رابطه های (۱۶) و (۱۷) مجموعه جدید اشیاء $\{O'_{(t_0+1)}\}$ را با استفاده از آن B عضوی از $\{O_{(t_0+1)}\}$ تشکیل می دهیم که تعداد سلول های متعلق به آنها از آستانه مشخصی مانند α بیشتر باشد.

$$\{O'_{(t_0+1)}\} = \{O'_{(t_0+1)1}, \dots, O'_{(t_0+1)b}, \dots, O'_{(t_0+1)B}\} \quad (16)$$

$$O'_{(t_0+1)b} = O_{(t_0+1)w}, \quad \lambda_{(t_0+1)w} > \alpha \quad (17)$$

سپس با انجام پردازش محلی روی اعضای $\{O'_{(t_0+1)}\}$ مجموعه $\{O''_{(t_0+1)}\}$ را تشکیل می دهیم به گونه ای که بین اعضای آن با اعضای $\{O'_{(t_0+1)}\}$ روابط (۱۸) و (۱۹) برقرار باشد.

$$\{O''_{(t_0+1)}\} = \{O''_{(t_0+1)1}, \dots, O''_{(t_0+1)b}, \dots, O''_{(t_0+1)B}\} \quad (18)$$

$$O''_{(t_0+1)b} = \max(O'_{(t_0+1)b}) \quad (19)$$

بر اساس روابط اخیر مجموعه نقاط تأخیر- داپلر $I'_{(t_0+1)}$ بیشینه های محلی اشیای موجود در $I'_{(t_0+1)}$ هستند که برای هر هدف فقط یک زوج تأخیر- داپلر منحصر به فرد از تابع ابهام را مشخص می سازد.

با تلفیق روابط (۱۸) و (۱۹) می توان وضعیت هر سلول از تابع ابهام I'_{t_0+1} را طبق رابطه (۲۰) معین نمود.

$$\begin{cases} H_0: & I_{(t_0+1)lj} \notin O''_{(t_0+1)} \equiv \\ & I_{(t_0+1)lj} = |C_{(t_0+1)lj} + n_{(t_0+1)lj}| \\ H_1: & I_{(t_0+1)lj} \in O''_{(t_0+1)} \equiv \\ & I_{(t_0+1)lj} = |S_{(t_0+1)lj} + C_{(t_0+1)lj} + n_{(t_0+1)lj}| \end{cases} \quad (20)$$

دو معیار برای بررسی و مقایسه عملکرد روش پیشنهادی تعریف می شود. اولی بیان گر توانمندی روش پیشنهادی در آشکار سازی درست سلول های متعلق به هدف بوده و با احتمال انتساب درست یک سلول به هدف و مطابق (۲۱) تعریف می شود.

$$P_D = P(I_{(t_0+1)lj} \in O''_{(t_0+1)} | H_1) \quad (21)$$

معیار دوم خطای هشدار غلط است که احتمال تشخیص غلط سلول را به عنوان هدف بیان می کند و مطابق (۲۲) تعریف می شود.

به عنوان یک آشکارسازی درست منظور و گرنه به عنوان هشدار غلط محسوب می‌گردد. با این معیار برای نتیجه نشان داده شده در (شکل ۲-الف) از میان ۱۲۴۹ قله مربوط به اهداف سه گانه در طی ششصد قالب، ۱۲۳۲ قله به درستی آشکار شده و پنج آشکارسازی نادرست نیز انجام شده است. همین مقادیر برای نتیجه حاصل از الگوریتم ACM که در (شکل ۲-ب) نشان داده شده است، به ترتیب برابر با ۱۲۲۹ و هفت هستند.

۲-۳- سناریوی دوم شبیه‌سازی

(جدول ۲) شرایط شبیه‌سازی سناریوی دوم را نشان می‌دهد.

(جدول ۲): مشخصات سناریوی دوم شبیه‌سازی

مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی
۴۰٪	بیشینه اختلاف بزرگی سلول‌های اهداف (بدون اثر نویه)	۵۲۳۰۵	تعداد کل قالب‌های شبیه‌سازی
(-۱۲) تا (-۲۴)	محدوده نسبت سیگنال به کلتر و نویه (دسیبل)	۳ هدف	بیشینه اهداف همزمان
هدف: ۱۰٪	درصد مشاهدات گمشده	هدف: ۱: ۰/۰۷	میانگین نرخ تغییر داپلر
هدف: ۱۰٪		هدف: ۲: ۰/۰۳	اهداف بر قالب (نمونه)
هدف: ۱۰٪		هدف: ۳: ۰/۱۱	بر قالب
تأخیر: ± 4 داپلر: ± 3	هالة همسایگی هر هدف در محورهای تأخیر و داپلر (سلول)	هدف: ۱: ۱/۰۲	میانگین نرخ تغییر داپلر
		هدف: ۲: ۰/۸۹	اهداف بر قالب (هرتز بر قالب)
		هدف: ۳: ۱/۲۴	

در این سناریو، سه هدف با حرکت گند، شبیه‌سازی شدند که منحنی حرکت آنها در صفحه دو بعدی تأخیر داپلر در (شکل ۳) ملاحظه می‌شود. تعداد اهداف در این سناریو نیز در طی شبیه‌سازی همانند (شکل ۱-ب) از سناریوی اول است. نمونه‌ای از توابع ابهام این سناریو در (شکل ۴) ملاحظه می‌شود. این تابع ابهام در یک SCNR میانی برابر با شانزده-دسیبل شبیه‌سازی شده و متناظر با قالب ۳۷۶ از رد نشان داده شده در (شکل ۳) است. (شکل ۵-الف و ۵-ب) رد اهداف یافت شده توسط نرم افزار مبتنی بر روش این مقاله و مبتنی بر ACM، را نشان می‌دهند. برای نتیجه نشان داده شده در (شکل ۵-الف) از ۱۲۵۶ قله مربوط به اهداف سه گانه در طی ششصد قالب، ۱۲۳۷ قله به درستی آشکار شده و هشت آشکارسازی نادرست نیز انجام شده است. این مقادیر برای الگوریتم ACM که در (شکل ۵-ب) نشان داده شده است به ترتیب برابر با ۱۱۸۳ و ۲۶ هستند.

۳-۱- سناریوی اول شبیه‌سازی

در این سناریو سه هدف با حرکت سریع شبیه‌سازی شدند. جدول (۱) پارامترهای مهم شبیه‌سازی در این سناریو و شکل ۱-الف منحنی حرکت اهداف این سناریو را در صفحه تأخیر-داپلر و در طی بازه‌ای شامل ششصد قالب نشان می‌دهند. برای واقعی تر شدن شرایط، تعداد اهداف در طول شبیه‌سازی متغیر فرض شده که نحوه تغییر تعداد آنها در (شکل ۱-ب) نشان داده شده است. بنابرآنچه در قبل ذکر شد، هر قالب از (شکل ۱-الف) دارای یک تابع ابهام است که علاوه بر هدف، شامل نویه و کلتر بوده و اهداف قالب مورد نظر از پردازش این تابع آشکارسازی می‌شوند. در طی این شبیه‌سازی، هر هدف در تعداد مشخصی از قالب‌ها به طور کلی حذف می‌گردد که مشاهدات گم شده،^۱ نامیده می‌شوند. از آنجا که مشاهدات متوالی گمشده برای هر هدف در کیفیت آشکارسازی آن مؤثر است، یک چهارم از مشاهدات گمشده هر هدف به مشاهدات گمشده متوالی اختصاص یافته است.

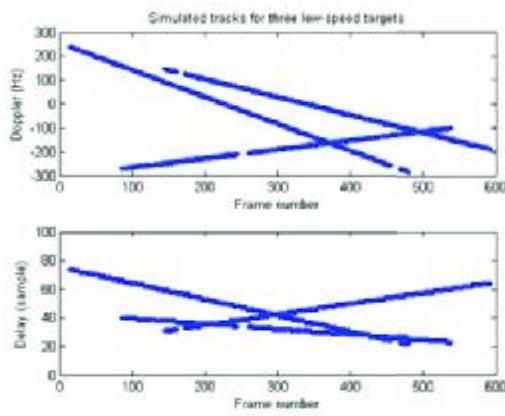
(جدول ۱): مشخصات سناریوی اول شبیه‌سازی

مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی
۴۰٪	بیشینه اختلاف بزرگی سلول‌های اهداف (بدون اثر نویه)	۵۱۵۳۵	تعداد کل قالب‌های شبیه‌سازی
(-۱۲) تا (-۲۴)	محدوده نسبت سیگنال به کلتر و نویه (دسیبل)	۳ هدف	بیشینه اهداف همزمان
هدف: ۱۰٪	درصد مشاهدات گمشده	هدف: ۱: ۰/۰۷	میانگین نرخ تغییر داپلر
هدف: ۱۰٪		هدف: ۲: ۰/۰۳	اهداف بر قالب (نمونه)
هدف: ۱۰٪		هدف: ۳: ۰/۱۱	بر قالب
تأخیر: ± 4 داپلر: ± 3	هالة همسایگی هر هدف در محورهای تأخیر و داپلر (سلول)	هدف: ۱: ۱/۰۲	میانگین نرخ تغییر داپلر
		هدف: ۲: ۰/۸۹	اهداف بر قالب (هرتز بر قالب)
		هدف: ۳: ۱/۲۴	

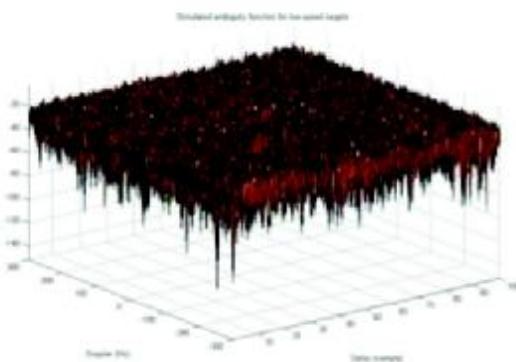
برای پرهیز از پیچیدگی، از مدل سوتلینگ صفر بهره برده‌ایم که به مفهوم فرض RCS ثابت می‌باشد. شکل‌های ۲-الف و ۲-ب منحنی حرکت اهداف (۱-الف) که توسط نرم افزار مبتنی بر روش این مقاله و نرم افزار مبتنی بر ACM آشکار شده‌اند، را نشان می‌دهند. برای ارزیابی هر یک از دو روش مورد بررسی، چنانچه در هر قالب اختلاف سلول، رد آشکار شده و سلول رد اصلی در محور داپلر بیشینه ۲ و در محور تأخیر بیشینه یک سلول بود، سلول آشکار شده

^۱. Missed

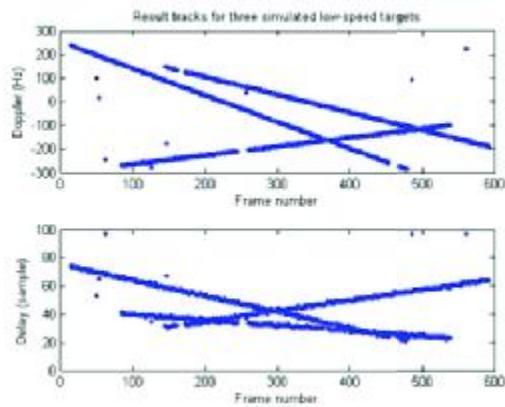




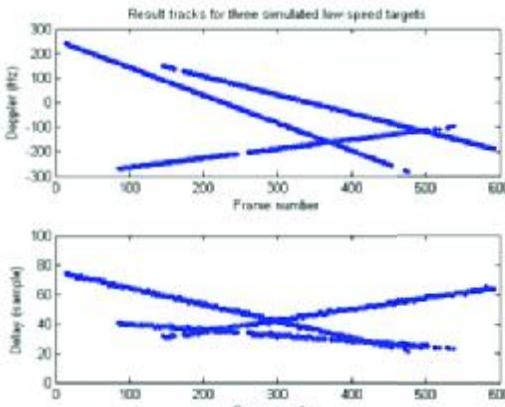
(شکل ۳): ردھای اصلی اهداف کند در سناریوی اول



(شکل ۴): تابع ایهام برای قالب ۳۷۴ از (شکل ۳)

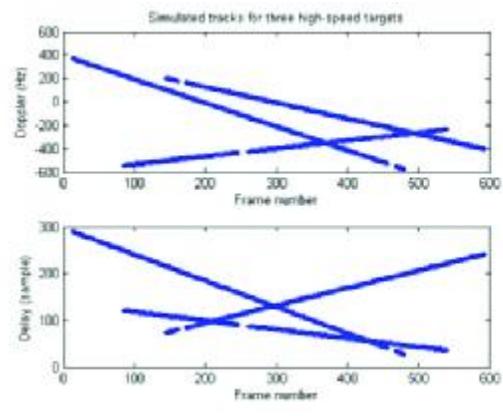


(شکل ۵-الف): نمونه‌ای از نتایج آشکارسازی اهداف کند با استفاده از روش پیشنهادی این مقاله

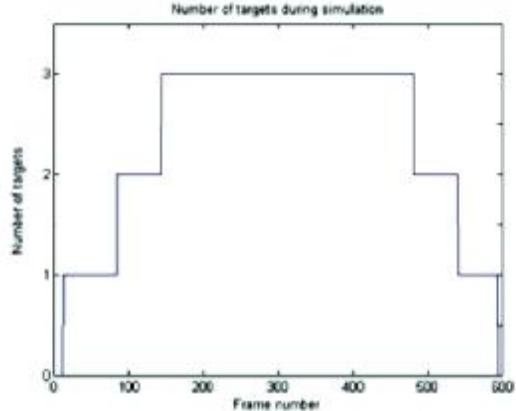


(شکل ۵-ب): نمونه‌ای از نتایج آشکارسازی اهداف کند با استفاده از روش ACM

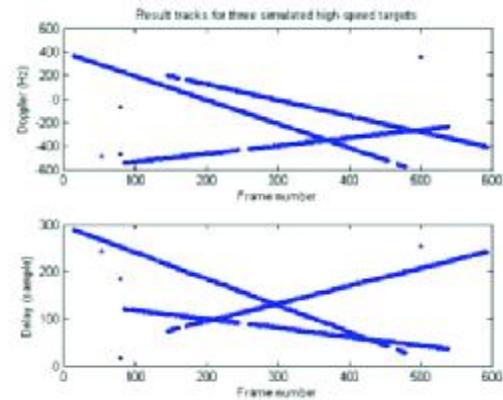
سال ۱۳۹۰ شماره ۲ پیاپی ۱۶



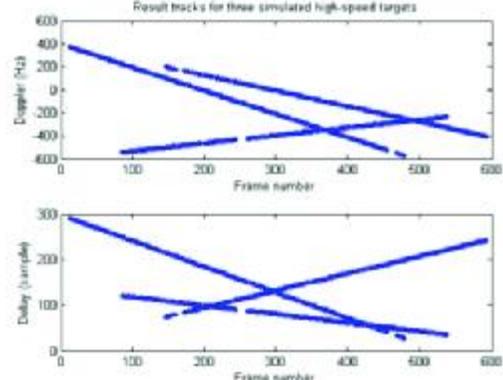
(شکل ۱-الف): ردھای اصلی اهداف سریع در سناریوی اول



(شکل ۱-ب): نحوه تغییر تعداد اهداف طی شبیه‌سازی



(شکل ۲-الف): نمونه‌ای از نتایج آشکارسازی اهداف سریع با استفاده از روش پیشنهادی این مقاله



(شکل ۲-ب): نمونه‌ای از نتایج آشکارسازی اهداف سریع با استفاده از روش ACM

۴- تفسیر نتایج

(جدول ۳): مقایسه عملکرد روش پیشنهادی و روش ACM در مقادیر مختلف نویه و کلاتر (SCNR)

سنتاریوی دوم (اهداف گند)	سنتاریوی اول (اهداف سریع)		روش	SCNR (dB)
	احتمال هشدار غلط $\times 10^{-4}$	آشکار سازی (درصد)		
۰	۹۵/۸	۰	۹۸/۸ ACM	-۱۲
۰	۱۰۰	۰	۹۰ روشن پیشنهادی	
۰/۲	۹۶/۱	۲/۲	۹۸/۳ ACM	-۱۵
۰	۹۷/۷۵	۲/۴	۹۹/۵ روشن پیشنهادی	
۰	۸۸/۵	۳/۱	۹۳/۱ ACM	-۱۸
۰/۲	۹۷/۶	۲/۳	۹۷/۱ روشن پیشنهادی	
۰/۸	۹۹	۱/۷	۷۳/۷ ACM	-۲۱
۱/۲	۹۹/۹	۱/۷	۸۶/۱ روشن پیشنهادی	
۰/۴	۹۹	۱/۷	۷۲/۸ ACM	-۲۴
۰/۶	۸۸/۹	۲/۰/۸	۷۶/۶ روشن پیشنهادی	

اما در SCNR های پایین برتری روش پیشنهادی نسبت به ACM در این سنتاریو نسبت به سنتاریوی اول به شدت افزایش می یابد، به گونه ای که در SCNR برابر با ۲۱- دسیبل می توان بیش از ۲۵ درصد بهبود را در آشکارسازی روش پیشنهادی این مقاله نسبت به ACM ملاحظه کرد. مقدار اخیر، بیش از دو برابر بهبودی است که در همین SCNR در سنتاریوی اهداف سریع به دست آمده بود. در مورد احتمال هشدار غلط نیز جدول اخیر، به خوبی نشان می دهد که پارامتر اخیر در حالات مختلف، برای هر دو روش پیشنهادی و ACM در یک حدّ بوده و تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد و این بدان معناست که افزایش چشم گیر در آشکارسازی به وسیله روش پیشنهادی این مقاله نه تنها به بدتر شدن پارامتر هشدار غلط منجر نشده است، بلکه در اغلب موارد آن را اندازی نیز بهبود داده است.

علاوه بر دقیقت حاصل از روش پیشنهادی پارامتر دیگری که در مقایسه آن با سایر روش ها می تواند مؤثر باشد، سرعت اجرای آن است. مقایسه متوسط سرعت اجرای نرم افزار مبتنی بر روش های پیشنهادی و ACM برای تابع ابهام یک قالب در (جدول ۴) انجام پذیرفته است. زمان های فوق برای اجرای الگوریتم ها روی یک رایانه با پردازنده از نوع Intel Core i7 870 و با رم های جمعاً به حجم ۴GB و از نوع Kingston 1GB DDRII 667 به دست آمده اند.

(جدول ۴): زمان اجرای روش های پیشنهادی و ACM برای

پردازش تابع ابهام حاصل از یک قالب

زمان اجرا (ثانیه)	روشن
۰/۲	روشن پیشنهادی
۰/۱۳	ACM

دو نوع اساسی از اهداف متحرک با نحوه حرکت گند و تند در شبیه سازی ها به طور جداگانه بررسی شدند. در هر نوع حرکت نیز به طور بیشینه سه هدف به طور همزمان ظاهر شده اند. بر اساس آنچه در (شکل های ۱ و ۳) نشان داده شده است، نحوه حرکت نسبی این اهداف، هم شامل مسیر حرکت موازی و هم مسیر حرکت متقطع بوده است. به منظور انجام مقایسه، علاوه بر روش پیشنهادی این مقاله روش ACM از میان روش های موجود انتخاب شده و تمامی آزمون ها برای هر دوی این روش ها انجام پذیرفت. نتایج به دست آمده نشان دادند که اگرچه هر دو الگوریتم فوق قابلیت آشکارسازی داشته اند، اما این الگوریتم ها در شرایط هدف را در سنتاریوها داشته اند، لذا برای ارزیابی این عملکردهای متفاوت، با کلاتر و نویه مختلف عملکردهای متفاوتی از خود نشان داده اند. لذا برای ارزیابی این عملکردهای متفاوت، شبیه سازی در SCNR های مختلف انجام شد. در هر شبیه سازی و برای هر دو الگوریتم، رده ای آشکار شده با رده ای اصلی شبیه سازی مقایسه شدند. به عنوان معیار این مقایسات نیز از دو پارامتر احتمال آشکارسازی P_D و احتمال هشدار غلط P_{fa} که در بخش دوم این مقاله معرفی شدند، استفاده گردید. این دو پارامتر به منظور سنجش عملکرد آشکارسازی در اغلب تحقیقات مرتبط با رادار استفاده شده اند. نتایج حاصل از این شبیه سازی ها در (جدول ۳) آمده اند. نتایج فوق گویای این هستند که روش پیشنهادی این مقاله در هر دو سنتاریو و برای تمام SCNR های آزموده شده نسبت به روش موجود ACM برتری قابل ملاحظه ای از خود نشان می دهد.

بررسی نتایج سنتاریوی اول نشان می دهد که در مقادیر بالای SCNR تفاوت چندانی میان نتایج حاصل از روش پیشنهادی و روش ACM وجود ندارد، به گونه ای که در SCNR برابر با دوازده- دسیبل روش پیشنهادی تنها ۱/۲ درصد بهتر از ACM آشکارسازی را انجام می دهد و لیکن در SCNR های پایین، روش پیشنهادی نسبت به ACM برتری بیشتری می یابد به گونه ای که در SCNR برابر با ۲۱- دسیبل می توان دوازده درصد بهبود را در آشکارسازی روشن پیشنهادی این مقاله نسبت به ACM ملاحظه کرد. همین وضعیت به نحو چشمگیر تری در سنتاریوی دوم و آشکارسازی اهداف گند، ملاحظه می شود. بر اساس آنچه در (جدول ۳) دیده می شود، در این سنتاریو حتی در بالاترین SCNR نیز روش پیشنهادی ۴/۲ درصد بهتر از ACM آشکارسازی انجام می دهد.

سال ۱۳۹۰ شماره ۲ پیاپی ۱۶



شد. از طرفی نتایج شبیه‌سازی‌های مزبور به خوبی نشان دادند که بهبود حاصل از روش پیشنهادی این مقاله در ردیابی اهداف کنند بسیار قابل ملاحظه‌تر بوده است. این بهبود برای اهداف کنند در مقادیر SCNR بالا بیشینه به ۴/۲ درصد و در SCNRهای پایین به ۲۵ درصد بالغ گردیده است که بیش از دو برابر بهبود را نسبت به آنچه در اهداف سریع بود، نشان داده است. سرانجام باید به این نکته مهم توجه کرد که بهبودهای فوق در آشکارسازی با روش پیشنهادی این مقاله باعث ایجاد تغییر معنی‌داری در پارامتر احتمال هشدار غلط نگردیده است. بنابراین می‌توان روش پیشنهادی این مقاله را به عنوان یک شیوه مناسب برای آشکارسازی اهداف در رادارهای مبتنی بر تابع ابهام، به خصوص در محیط‌های با نویه و کلاتر قوی مورد استفاده قرار داد.

۶- منابع

- Daojing, L., Guilong, Y., 2001. 2D-OS-CFAR detector for cloud clutter suppression, Proceedings International Conference on Radar, pp.350-353, Beijing, China.
- Degroot, M., Schervish, M., 2002. Probability and Statistics, Boston: Addison-Wesley Pub. Co.
- Dzvonkovskaya, A., Gurgel, K., Rohling, H., Schlick, T., 2008. Low power high frequency surface wave radar application for ship detection and tracking, Proceedings of International Conference on Radar, pp. 627-632, Hamburg, Germany.
- Ebrahimian, Z., 2005. Complex spatial temporal CFAR, Proceedings of IEEE/ACES International Conference on Wireless Communications and Applied Computational Electromagnetic, pp.1045-1049, Hawaii, USA.
- Jangal, F., Saillant, S., Helier, M., 2009. Ionospheric clutter mitigation using one-dimensional or two-dimensional wavelet processing, IET Radar Sonar Navigation, Vol. 3, No. 2, pp. 112-121.
- Jiangun, C., Mengjun, H., Fu, Q., 2010. A novel CFAR detector for terminal guidance coherent radar, Proceedings of IEEE 10th International Conference on Signal Processing, pp. 2253-2256, Beijing, China.
- Magraner, N., Bertaux, E., Refregier, P., 2010. Detection in gamma-distributed non-homogeneous backgrounds, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems., Vol. 64, No. 3, pp. 1127-1139.
- Mingyan, C., Jianmin, X., Wei, Z., Xuegang, W., 2008. Study on simulation of signal processing system of space surveillance radar, Proceeding of

بر این اساس ملاحظه می‌شود که متوسط زمان اجرای روش پیشنهادی این مقاله در حدود ۱/۵ برابر زمان اجرا برای الگوریتم ACM بوده است. این مقدار بیان‌گر آن است که بهبود قبل ملاحظه در دقیقت روش پیشنهادی (مطابق آنچه در مقایسه‌های جدول ۳ دیدیم) به بهای افزایش حجم پردازشی آن حاصل شده است. باید توجه داشت که با توجه به این که زمان‌های مزبور مربوط به اجرای بسته نرم‌افزاری MATLAB بوده و اختلاف آنها فقط به میزان ۰/۰۷ ثانیه است، لذا حجم بهنجه بیشتر پردازش الگوریتم پیشنهادی مانع از اجرای بلادرنگ آن در پیاده‌سازی عملی نخواهد شد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روشی جدید برای تخمین همزمان تأخیر و داپلر ناشی از اهداف متحرک غیر هم‌توان در تابع ابهام ارایه شد. در این روش ابتدا هر سلول از تابع ابهام در قالب یک فرآیند تصادفی مدل شده و با بررسی احتمالات ناشی از این فرآیند تصادفی، سلول مورد نظر به هدف و یا کلاتر منتبه گردید. با استفاده از مدل‌سازی تصادفی فوق، تابع ابهام به نواحی با احتمال شمول هدف و نواحی با احتمال شمول کلاتر افزار شد. سپس با انجام پردازش‌های مکانی مبتنی بر ناحیه‌بندی تصاویر، اهداف مجزا از میان نواحی افزار شده از پردازش آماری استخراج شدند.

به‌منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی این مقاله، روش فوق به همراه روش متداول ACM پیاده‌سازی و طی دو سناریو شامل در جمع ۱۰۳۸۴۰ قالب بر روی دادگان حاصل از شبیه‌سازی اهداف در دو نوع اهداف کنند و سریع آزموده شدند. شبیه‌سازی‌ها به‌ازای مقادیر مختلف نویه و کلاتر انجام پذیرفت، به‌گونه‌ای که نسبت سیگنال به کلاتر و نویه در قالب‌های پیش‌گفته محدوده‌ای از ۱۲-۱-۲-۲۴ دسیبل را شامل می‌گردید. در هر سناریو اهدافی که با هر یک از دو روش فوق آشکار شده‌اند، با اهداف اصلی شبیه‌سازی مقایسه شده و احتمالات آشکارسازی و هشدار‌غلط برای هر دو روش در مقادیر مختلف SCNR حاصل گردیدند. نتایج به‌دست آمده از این آزمون‌ها حاکی از آن هستند که روش پیشنهادی این مقاله توانسته است آشکارسازی بهتری را نسبت به روش ACM در کلیه شرایط انجام دهد. این بهبود در شرایط حضور نویه و کلاتر قوی که باعث آفت SCNR می‌شوند، چشم‌گیرتر بوده است. در آشکارسازی اهداف تند برتری روش پیشنهادی نسبت به روش ACM در SCNRهای بالا بیشینه به ۱/۲ درصد می‌رسید در حالی که برای همین اهداف در SCNRهای پایین بیشینه بهبود دوازده درصد توسط روش پیشنهادی ملاحظه

Xiangwei, M., 2010. Performance analysis of Nitzberg's clutter map for weibull distribution, Digital Signal Processing, Vol. 20, pp. 916-922.

Xiangwei, M., Fuyong, Q., 2010. Adaptive clutter map detector in non-homogeneous environment, Proceedings of IEEE 10th International Conference on Signal Processing, pp. 2231-34, Beijing, China.



سید وہاب شجاع الدینی

تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی مهندسی مخابرات در سال ۱۳۷۷ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر و در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی بیوالکترونیک به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ در دانشگاه تربیت مدرس به پایان رسانده است. وی هم اکنون استادیار گروه مخابرات و فناوری‌های فضایی پژوهشکده مهندسی برق و فناوری اطلاعات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران می‌باشد. نامبرده قبل از پیوستن به سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران با تعدادی از مراکز تحقیقاتی و صنعتی از جمله پژوهشکده فناوری اطلاعات دانشگاه تربیت مدرس و سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران همکاری داشته است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: پردازش سیگنال و تصویر، فرآیندهای تصادفی، تئوری آشکارسازی، محاسبات نرم و کاربردهای آن، بازناسی الگو و فیلترهای وفقی.

نشانی رایانمک ایشان عبارت است از :

shojadini@irost.ir



رحمان کبیری تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات به ترتیب در دانشگاه علم و صنعت ایران و دانشکده فنی دانشگاه تهران به پایان رساند. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: پردازش سیگنال و تئوری آشکارسازی.

نشانی رایانمک ایشان عبارت است از :

pardazinfo@gmail.com

International on Radar, pp. 474-477, Adelaide, Australia.

Musicki, D., Suvorova, S., Morelande, M., Moran, B., 2005. Clutter map and target tracking, Proceedings of 8th International Conference on Information Fusion, pp. 69-76, Philadelphia, USA.

Myung, I., 2003. Tutorial on maximum likelihood estimation, Journal of Mathematical Psychology, Vol. 47, pp. 90-100.

Nitzberg, R., 1986. Clutter map CFAR analysis, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.AES-22, No. 4, pp. 419-421.

Leung, H., Dubash, N., Xie, N., 2002. Detection of small clutter using GA-RBF neural network, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.38, No.1, pp. 98-118.

Li, Y., Zhang, N., Yang, Q., 2009. Detection scene analysis for high frequency radar, Proceedings of IEEE Youth conference on Information Computing and Telecommunication, pp. 315-318, Beijing, China.

Lin, C., Sano, M., Sayama, S., Sekine, M., 2000. Detection of radar targets embedded in sea ice and sea clutter using fractals, wavelets and neural networks, IEICE Transactions on Communications, Vol.E83B, No.9, pp.1916-1929.

Lops, M., 1996. Hybrid clutter map/L-CFAR procedure for clutter rejection in non-homogeneous environment, IEEE Proceedings on Radar Sonar and Navigation, Vol. 143, No. 4, pp. 239-245.

Rohling, H., 1993. Radar CFAR thresholding in clutter and multiple target situations, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol.AES-19, No. 4, pp.608-621.

Shapiro, L., Haralick, R., 1992. Computer and Robot Vision, Boston: Addison-Wesley Pub Co.

Turley, M., 1997. Hybrid CFAR techniques for HF radar, Proceedings of Radar Conference, pp. 36-40, Edinburg, UK.

Vito, A., Moretti, G., 1989. Probability of false alarm in CA-CFAR device downstream from linear-law detector, Electronics Letters, Vol.25, pp.1692-93.

Watts, S., 1991. Special issue on radar clutter and multipath propagation, IEE Proceedings of Radar and Signal Processing, Vol. 138, No. 2, pp. 890-800.

Wei, J., Weibo, D., 2009. Characteristic study of ionospheric clutter in high frequency over the horizon surface wave radar, Proceedings of IEEE Youth conference on Information Computing and Telecommunication, pp. 154-157, Beijing, China.