

## استخراج کشتی از تصاویر راداری سنتینل-۱ با استفاده از الگوریتم بهبودیافته نرخ هشدار اشتباه ثابت

مهدی حسنلو<sup>۱\*</sup>، پژمان رشیدی<sup>۲</sup>، صالح شاه حسینی<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران  
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران

### چکیده :

در طی سال‌های اخیر، گسترش و استفاده از تصاویر رادار (RADAR) با توجه به کاربردهای گسترده‌ی آن رو به افزایش بوده است. به طوری که امروزه شاهد افزایش تعداد سنجنده‌های راداری و استفاده از آن‌ها در حوزه‌های مختلف هستیم. تصاویر راداری به صورت ابزاری بسیار مهم برای کاربردهای علوم زمین به کار گرفته می‌شود. در این سیستم ابتدا پالس راداری به تارگت فرستاده و سپس برگشت ناشی از آن دریافت می‌شود. یکی از این کاربردها را می‌توان تشخیص کشتی‌ها در دریا و یا اقیانوس‌ها نام برد که در نظارت‌های دریایی و هدایت کشتی‌ها و ... کاربرد دارد. از عکس‌های راداری مختلفی برای این امر می‌توان استفاده کرد که یکی از جدیدترین و باکیفیت‌ترین آن‌ها استفاده از تصاویر راداری سنتینل-۱ (Sentinel-1) است که تصاویر راداری با روزهی مصنوعی (SAR) ایجاد می‌کند. در این مقاله، با استفاده از این تصاویر به تشخیص کشتی بر روی دریا پرداخته شده است. همچنین با استفاده از الگوریتم نرخ هشدار اشتباه ثابت (CFAR) در سه مرحله شامل پیش‌پردازش و کالیبراسیون، طبقه‌بندی دریا و خشکی و تشخیص کشتی عمل تشخیص کشتی انجام شده است. یکی از مشکلات روش CFAR حساسیت به نویز می‌باشد، در این مقاله نسخه بهبودیافته این الگوریتم مورد استفاده قرار گرفته است (MCFAR). در روش پیشنهادی (MCFAR) با اعمال فیلتر لی بهبود یافته (Refined Lee) به تصاویر، باعث بهبود استخراج کشتی شده‌ایم. نتایج بدست آمده کارایی بالای الگوریتم پیشنهاد شده و بهبود دقت استخراج کشتی به میزان ۷٪ را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی : سنجنده راداری، سنتینل-۱، الگوریتم MCFAR، پردازش تصویر، نویز راداری



## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر بحث مربوط به نظارت‌های دریایی موضوعی است که زیاد مورد توجه قرار گرفته است [1]. نیاز به ایجاد یک حوزه امن در دریا و کشتیرانی باعث افزایش علاقه به ایجاد الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای مختلف برای تشخیص و شناسایی کشتی‌ها در دریا شده است. یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌ها برای انجام این کار الگوریتم نرخ هشدار اشتباه ثابت (CFAR)<sup>۱</sup> است به این صورت که در هم ریختگی سطح دریا براساس یک توزیع مناسب مدل سازی می‌شود و یک حدآستانه برای به دست آوردن یک احتمال هشدار اشتباه (PFA)<sup>۲</sup> به دست می‌آید و بعد از آن می‌توان کشتی‌ها را شناسایی کرد [2] که در ادامه به بررسی دقیق‌تر الگوریتم می‌پردازیم. نظارت و تشخیص کشتی‌ها با استفاده از تصاویر رادار با روزهی مصنوعی (SAR)<sup>۳</sup> در طی چند سال گذشته مورد توجه قرار گرفته است به‌ویژه با توجه به پوشش گسترده و قابلیت استفاده از سیستم‌های SAR در شب و روز و تمامی آب و هواها استفاده از این نوع تصاویر گسترش پیدا کرده است [3]. کشتی‌ها را می‌توان در تصاویر SAR شناسایی کرد چون تمایل به بازگشت امواج راداری از کشتی‌ها نسبت به سطح دریا بیشتر است [4]. از این رو در این مقاله از تصاویر راداری سنتینل-۱ استفاده شده است. یکی از جدیدترین تصاویر راداری برای کاربردهای سنجش از دوری، تصویر سنتینل-۱ است که توسط سازمان فضایی اروپا در سال ۲۰۱۴ در مدار قرار داده شده است. تصاویر سنتینل-۱ با تکنیک SAR اخذ می‌شود و تصاویری در باند C در شب و روز و وضعیت‌های مختلف آب و هوایی فراهم می‌کند. تصاویر این سنجنده‌ی با فناوری روز، مولتی پولارایز، با توان تفکیک زمانی و مکانی مناسب و همچنین رایگان است، این موارد از جمله مزایای استفاده از این نوع تصاویر به حساب می‌آیند.

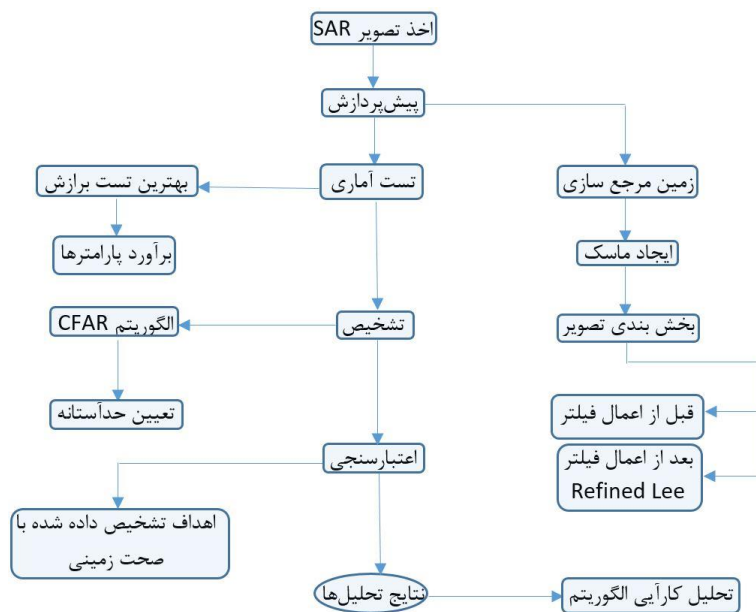
یکی از مواردی که در به وجود آمدن اشتباه در پیدا کردن کشتی‌ها در سطح دریا نقش ایفا می‌کند، وجود خشکی‌ها است به خصوص وجود جزایر کوچک که می‌توان آن‌ها را با استفاده از ماسک زمینی حذف کرد. اما گاهی اوقات به صورت ناقص و تخمینی اعمال می‌شوند [4]. همچنین یکی از مشکلاتی که در این الگوریتم وجود دارد عدم حذف نویز است که این مسئله باعث بروز خطا در تشخیص و شناسایی کشتی‌ها می‌شود. از این رو در این مقاله ما با استفاده از یک فیلتر نویز راداری "Lee بهبود یافته"<sup>۴</sup> [5] نویزهای موجود در تصویر را فیلتر و با قبل از اعمال آن مقایسه کرده‌ایم. همچنین بکارگیری فیلتر Refined Lee علاوه بر افزایش دقت به تشخیص بهتر کشتی‌ها هم کمک می‌کند. الگوریتم تشخیص CFAR براساس جست‌وجو برای پیکسل‌هایی است که در مقایسه با اطرافشان در سطح دریا دارای سطح غیر عادی هستند. ابهامات تصاویر SAR یا درهم ریختگی سطح دریا در این شرایط ممکن است ایجاد شود. امروزه تحقیقات بسیاری نسبت به دقت و صحت توزیع شدت پیکسل‌ها در حال بررسی است [6]. در این مقاله در قسمت دوم، مدل پیشنهادی برای تشخیص کشتی را در سه مرحله ارائه خواهیم کرد. همچنین نحوه‌ی انجام کار و نمایش آن را در قسمت سوم مورد بررسی قرار می‌دهیم و در نهایت نتیجه‌گیری آمده است.

<sup>1</sup> Constant False Alarm Rate

<sup>2</sup> Probability of False Alarm

<sup>3</sup> Synthetic Aperture Radar

<sup>4</sup> Refined Lee



شکل ۱: فلوجارت روند پردازش‌های انجام شده روی داده‌ی SAR برای تشخیص کشتی [7]

## ۲-۲-۱ ارائه مدل پیشنهادی:

کلیات روش پیشنهادی در شکل ۱ آمده است. برای تشخیص و شناسایی کشتی‌ها بر روی سطح دریا با استفاده از الگوریتم مورد نظر باید سه مرحله را به ترتیب زیر اجرا کنیم.

### ۲-۱-۱-۲ پیش پردازش

اولین مرحله پیش پردازش است و شامل کالیبره کردن تصاویر سنتینل-۱ است. به این صورت که باید کالیبراسیون را به تصویر مرجع اعمال کنیم که دلیل آن سادگی و دقیق تر شدن مراحل بعد مانند طبقه بندی، نمایش و تشخیص است. در کالیبراسیون تصاویر سنتینل-۱ برای تبدیل مقادیر پیکسل دیجیتالی به مقادیر رادیومتریک برگشتی کالیبره شده، تمام اطلاعات مورد نیاز در پوشه‌ی مربوط به تصاویر سنتینل-۱ که دانلود شده است وجود دارد. هدف از کالیبراسیون تصاویر SAR ارائه‌ی تصاویری است که در آن مقادیر پیکسل بتواند به طور مستقیم مرتبط با بازگشت موج میکروویو از منطقه مورد نظر باشد. کالیبراسیون رادیومتریک با استفاده از معادله‌ی زیر اعمال می‌شود:

$$\text{Value}(i) = \frac{DN_i}{A_i^2} \quad (1)$$

که در این فرمول DN مقدار شدت پیکسل نام است. [7]

### ۲-۲-۲ طبقه بندی

مرحله‌ی بعد از پیش پردازش و کالیبراسیون، طبقه بندی دریا و خشکی است. به این صورت که مناطق خشکی را با استفاده از یک ماسک جدا کرده و پیکسل‌های آن به پیکسل‌های خالی از داده تبدیل می‌شوند. این کار باعث افزایش دقت و سرعت در مراحل بعدی برای تشخیص کشتی‌ها می‌شود. اما باید این را هم در نظر داشت که این کار گاهی اوقات به صورت تخمینی و ناقص اعمال می‌شود.



## ۲-۳- اجرای الگوریتم CFAR

پس از انجام دو مرحله‌ی قبل، تصویر برای اجرای الگوریتم مورد نظر برای تشخیص و شناسایی کشتی آماده است. هسته اصلی الگوریتم تشخیص کشتی در بیشتر آشکارسازهای رایج بر پایه‌ی الگوریتم CFAR که در آن درهم‌ریختگی دریا براساس یک توزیع آماری مناسب مدل‌سازی شده و سپس استفاده از یک حدآستانه مانند  $T$  و یک مقدار احتمال مانند PFA، جداسازی انجام می‌شود [4]. که به صورت فرمول دو نوشته می‌شود:

$$PFA = 1 - \int_{-\infty}^T f(x) dx = \int_T^{\infty} f(x) dx \quad (2)$$

در این فرمول  $f(x)$  توزیع درهم‌ریختگی دریا و  $T$  مقدار حدآستانه است. بنابراین طراحی یک آشکارساز براساس CFAR شامل حل معادله‌ی (۲) برای یک حدآستانه  $T$ ، در شرایط یک PFA است. توزیع مدل CFAR تنها براساس توزیع شدت صورت می‌گیرد به عنوان مثال  $x$  تنها در محدوده‌ی مقادیر شدت پیکسل‌ها است [2]. معیار تشخیص بالا به شرح زیر می‌باشد:

$$\int_{x_t}^{\infty} f(x) dx < PFA \Leftrightarrow TARGET \quad (3)$$

اگر توزیع گاوس برای درهم‌ریختگی دریا فرض شود معیار تشخیص بالا می‌تواند به صورت معادله چهار بیان شود:

$$x_t > \mu_b + \sigma_b t \Leftrightarrow TARGET \quad (4)$$

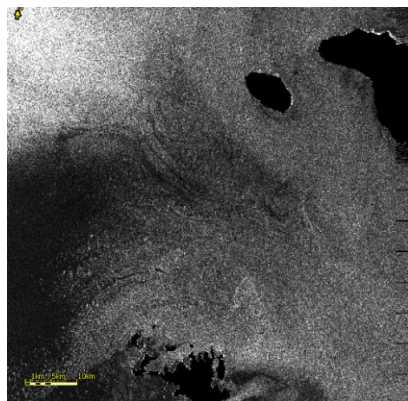
که در آن  $\mu_b$  برابر میانگین پس زمینه و  $\sigma_b$  برابر انحراف استاندارد پس‌زمینه است و  $t$  پارامتر آشکارساز است که توسط معادله‌ی پنج به دست می‌آید:

$$PFA = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right) \quad (5)$$

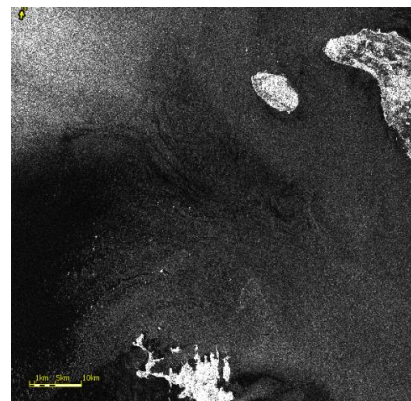
مقدار PFA در بازه‌ی  $[0,1]$  معتبر است.

## ۳- پیاده سازی و نتایج

همان‌طور که گفته شد در مرحله‌ی اول برای تشخیص کشتی باید تصویر را کالیبره کرد، که این کار به افزایش سرعت، کیفیت و دقت در مراحل بعدی کمک می‌کند. در این مقاله از یک تصویر سنتینل-۱ که از منطقه‌ی تنگه‌هرمز و نزدیک به دریای خلیج فارس است برای انجام این کار استفاده شده است. در شکل (۲-الف) می‌توان تصویر کالیبره شده از این منطقه را ملاحظه کرد.



ب

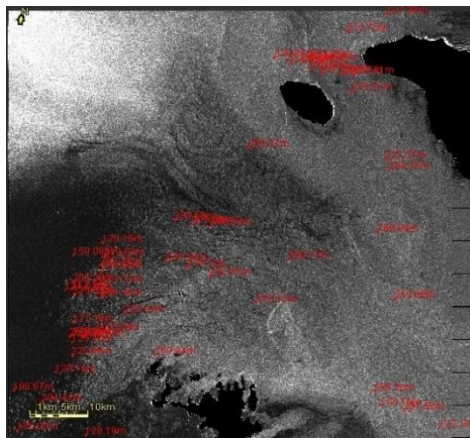


الف

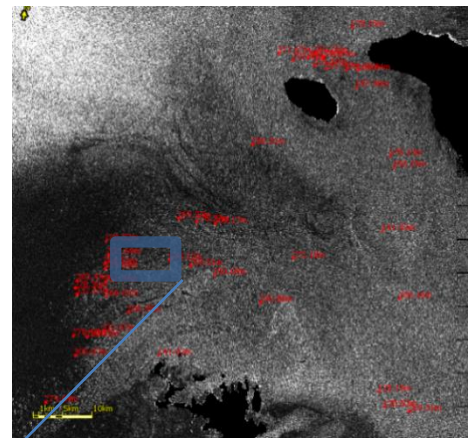
شکل ۲: الف) تصویر کالیبره شده‌ی، ب) تصویر طبقه بندی شده دریا و خشکی در تصویر سنتینل-۱



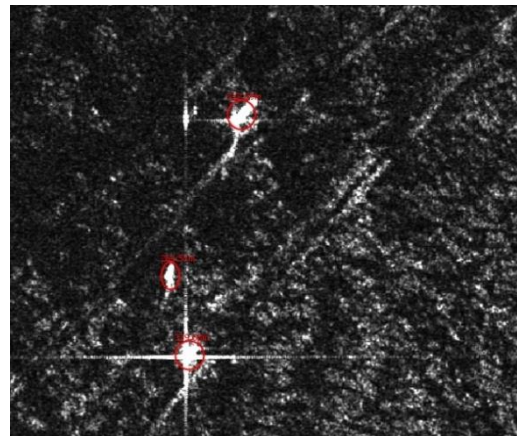
در مرحله‌ی بعد باید خشکی‌ها را از دریا جدا کرد. این کار باعث افزایش سرعت و دقت در تشخیص و شناسایی کشتی‌ها روی سطح دریا می‌شود. در این روش مقادیر پیکسل خشکی از داده خالی می‌شود. در شکل (۲-ب) می‌توان طبقه‌بندی دریاها و خشکی را ملاحظه کرد. در این مقاله به منظور بررسی تاثیر اعمال فیلتر Refined Lee روی عملکرد الگوریتم CFAR یک بار تصویر طبقه‌بندی شده‌ی مرحله‌ی قبل را بدون اعمال فیلتر و بار دیگر این تصویر را با اعمال فیلتر Refined Lee به عنوان ورودی به الگوریتم CFAR معرفی می‌کنیم. در این الگوریتم (MCFAR<sup>5</sup>) با استفاده از یک توزیع آماری که درهم‌ریختگی دریا را مدل‌سازی کرده و استفاده از یک حدآستانه T می‌توان هسته‌ی اصلی الگوریتم که PFA است را محاسبه کرد [8]. در شکل (۳) کشتی‌های تشخیص داده شده نشان داده شده است.



ب



الف



ج

شکل ۳: الف) کشتی‌های شناسایی شده در تصویر Sentinel-1 قبل از اعمال فیلتر Refined Lee (ب) کشتی‌های شناسایی شده در تصویر Sentinel-1 بعد از اعمال فیلتر Refined Lee (ج) کشتی‌های تشخیص داده شده (مسیر حرکت قابل رویت است).

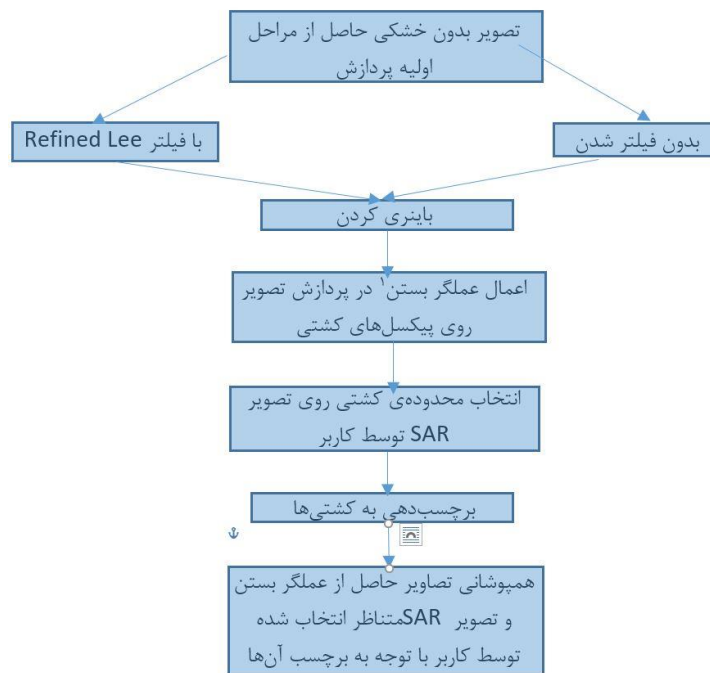
در این قسمت با توجه به تصویر اصلی و تصویر طبقه‌بندی شده قبل و بعد از اعمال فیلتر Refined Lee، ارزیابی اولیه‌ای نسبت به عملکرد الگوریتم CFAR انجام شد، معیارهای استفاده شده در این قسمت "تشخیص اشتباه"، "تشخیص درست" و "عدم تشخیص" کشتی توسط الگوریتم است. نتایج ارزیابی الگوریتم MCFAR در جدول ۱ آورده شده

<sup>5</sup> Modified Constant False Alarm Rate



است. همچنین طبق شکل ۴، تصویر بدون فیلتر و تصویر تاثیر گرفته از فیلتر Refined Lee، چند مرحله پردازش صورت گرفت که نتایج آن در ادامه خواهد آمد.

تشخیص کشتی‌ها در تصاویر sentinel-1 با چشم انسان نیز میسر است، اولین خاصیت کشتی‌ها در این تصاویر مقدار بازگشت بیشتر نسبت به سطح دریا به دلیل وجود corner reflector ها در ساختار کشتی است، مسیر پیموده شده توسط کشتی‌های در حال حرکت نیز در تصاویر قابل رویت است (شکل ۳-ب)، این امر به تشخیص کشتی از عارضه-های دیگر دریایی کمک فراوانی می‌کند.



شکل ۴: فلوجارت پردازش‌های انجام شده روی تصویر SAR برای ارزیابی دقت (نتایج در جدول ۲ قابل مشاهده است)

جدول ۱: عملکرد الگوریتم MCFAR

	تشخیص اشتباه	عدم تشخیص	تشخیص درست	عملکرد
تعداد مورد رویت شده در الگوریتم CFAR	۱	۵	۴۲	٪۸۷.۵
تعداد مورد رویت شده در الگوریتم MCFAR	۶	۰	۴۷	٪۸۸.۶

یکی از مشکلاتی که در الگوریتم CFAR مشاهده شد، عدم تشابه بصری کامل پیکسل‌های انتخاب شده توسط این الگوریتم با یک کشتی است (شکل ۵-د). این امر باعث خطا در انتخاب تعداد کشتی‌ها و تشخیص کشتی از سایر عارضه‌ها می‌شود. در این مقاله به بررسی مقدار این خطا پرداخته شده است.



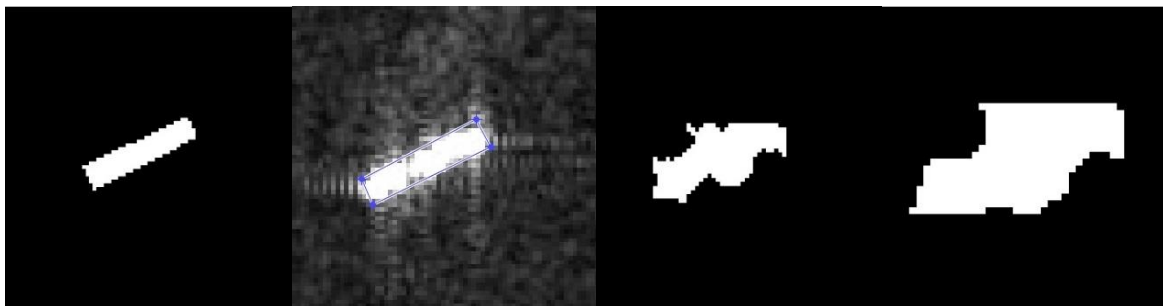
ج

ب

الف

شکل ۵: الف) کشتی در تصویر راداری ب) پیکسل‌های کشتی تشخیص داده شده توسط الگوریتم CFAR، ج) پیکسل‌های کشتی تشخیص داده شده توسط الگوریتم MCFAR.

برای ارزیابی مقدار خطا ابتدا با تکنیک‌های پردازش تصویر پیکسل‌های گسسته‌ی هر کشتی به هم متصل شدند<sup>۶</sup> و یک شکل واحد برای هر کشتی به دست آمد (شکل ۶-الف). سپس محدوده‌ی بصری قابل تشخیص هر کشتی در تصویر راداری sentinel-1 با یک پلیگون مشخص شد (شکل ۶-ب)، این محدوده‌ها در یک عکس باینری (۱ و ۰) ذخیره گردید (شکل ۶-ج). در ادامه پیکسل‌های محدوده‌ی هر کشتی، حاصل شده از الگوریتم MCFAR با محدوده‌ی انتخاب شده توسط چشم انسان برای کشتی‌ها مقایسه شد و همپوشانی پیکسل‌ها در دو تصویر به دست آمد. نتایج این ارزیابی در جدول ۲ آورده شده است. معیار ما برای ارزیابی، فراوانی پیکسل‌های مشترک بین تصویر انتخاب شده توسط عامل انسانی و تصویر حاصل از الگوریتم MCFAR است. محدوده‌های انتخاب شده توسط انسان به عنوان تصویر مرجع در نظر گرفته شده است. درصد همپوشانی بین دو تصویر نشان دهنده‌ی صحت عملکرد الگوریتم MCFAR در جانمایی کشتی‌ها است.



د

ج

ب

الف

شکل ۶: الف) تصویر کشتی حاصل از فیلترهای پردازش تصویر روی تصویر، الگوریتم CFAR، ب) تصویر کشتی حاصل از فیلترهای پردازش تصویر روی تصویر، الگوریتم MCFAR، ج) محدوده‌ی متناظر تصویر راست انتخاب شده توسط انسان، د) تصویر ۰ و ۱ حاصل از پلیگون‌های رسم شده برای هر کشتی

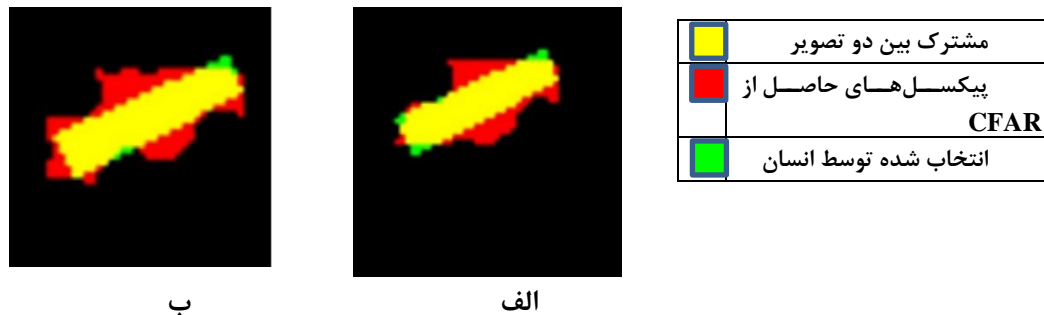
جدول ۲: ارزیابی همپوشانی بین تصویر اندازه‌گیری شده توسط عامل انسان و تصویر در الگوریتم CFAR و MCFAR

	پیکسل اشتباه در تصویر	پیکسل جامانده در تصویر	پیکسل صحیح (مشترک بین دو تصویر)	کل پیکسل‌های تصویر مرجع	درصد همپوشانی بین پیکسل‌های دو تصویر
تعداد پیکسل‌ها در الگوریتم CFAR	۸۲۶	۱۳۸۶	۲۱۰۷	۳۴۹۳	٪۴۸.۷
تعداد پیکسل‌ها در الگوریتم MCFAR	۱۰۸۴	۸۰۶	۲۱۴۲	۲۹۴۸	٪۵۳.۱

<sup>6</sup> Closing in Image processing



پژوهش اخیر علاوه بر دادن یک ارزیابی عددی می‌تواند یک دید بصری نیز برای استفاده کننده از تصویر فراهم نماید، همانطور که در شکل ۷ مشخص شده است، می‌توان به صورت بصری بین منطقه‌ی مشخص شده توسط کاربر و منطقه‌ی حاصل از الگوریتم MCFAR تمایز قائل شد و نتایج عددی را بیشتر درک کرد.



شکل ۷: نمایشی از همپوشانی پیکسل‌های مشخص شده توسط انسان و پیکسل‌های به دست آمده از الف) الگوریتم CFAR، ب) الگوریتم MCFAR

#### ۴- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله شناسایی کشتی‌ها بر روی سطح دریا با استفاده از تصاویر راداری بود که از آن می‌توان برای نظارت‌های دریایی و برنامه‌ریزی و هدایت کشتی‌ها استفاده نمود. در همین راستا به بررسی الگوریتم CFAR و روش‌های محاسبه‌ی آن و نحوه مشخص کردن کشتی‌ها پرداختیم. الگوریتم معمول شامل سه مرحله‌ی اساسی می‌باشد. که ابتدا شامل مرحله‌ی پیش‌پردازش و کالیبره کردن تصویر ماهواره‌ای، سپس طبقه‌بندی تصویر به مناطق دریایی و خشک می‌باشد. که این کار دقت و سرعت را در مرحله‌ی بعدی افزایش می‌دهد، زیرا داده‌های پیکسل مناطق خشکی حذف شده و دیگر برای تشخیص کشتی مورد بررسی قرار نخواهند گرفت. همچنین در این مقاله نسخه بهبود یافته الگوریتم CFAR یعنی MCFAR ارائه و مورد بحث قرار گرفت. در این نسخه بهبود یافته با به کارگیری فیلتر Refined Lee روی الگوریتم علاوه بر بهبود دقت، نتیجه‌ی محاسبات به تشخیص بهتر کشتی‌ها هم کمک شایانی نمود که در جداول (۱ و ۲) مشهود است. این تاثیر به صورت بصری هم در پیکسل‌های آشکار شده توسط الگوریتم قابل مشاهده است. بعد از اعمال فیلتر پیکسل‌های هر کشتی پیوستگی بیشتری با هم دارند. لازم است به عنوان مطالعات آینده، تغییراتی نیز در نحوه استخراج محدوده کشتی‌ها، به کارگیری پارامترهای مختلف پلاریزه به عنوان ورودی‌های مختلف نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

#### مراجع:

- [1] J. Stastny et al., "A novel adaptive synthetic aperture radar ship detection system," in Proc. OCEANS, Waikoloa, HI, USA, Sep. 2011, pp. 1-7.
- [2] S. Hwang and K. Ouchi, "On a novel approach using MLCC and CFAR for the improvement of ship detection by synthetic aperture radar," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 7, no. 2, pp. 391-395, May. 2010.
- [3] R. Shirvany, M. Chabert, and J.-Y. Tournet, "Ship and Oil-Spill Detection Using the Degree of Polarization in Linear and Hybrid/Compact Dual-Pol SAR," IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens., vol. 5, no. 3, pp. 885-892, Jun. 2012.





[4]J. K. E. Tunaley, "Algorithms for ship detection and tracking using satellite imagery," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International, 2004, vol. 3, pp. 1804–1807 vol.3.

[5]J.-S. Lee, M. R. Grunes, and G. De Grandi, "Polarimetric SAR speckle filtering and its implication for classification," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 37, no. 5, pp. 2363–2373, Sep. 1999.

[6]X. Leng, K. Ji, K. Yang, and H. Zou, "A Bilateral CFAR Algorithm for Ship Detection in SAR Images," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 12, no. 7, pp. 1536–1540, Jul. 2015.

[7]R. L. P. João A. Lorenzetti, "A PERFORMANCE COMPARISON OF A CFAR SHIP DETECTION ALGORITHM USING ENVISAT, RADARSAT, COSMO-SKYMED AND TERRASAR-X IMAGES," 2010.

[8] Rosich, B. , Meadows, " P. Absolute Calibration of ASAR Level 1 Products Generated with PF-ASAR"; ESA-ESRIN: Frascati, Italy, 2004.



## Ship Detection from Sentinel-1 RADAR Imagery Using Modified Constant False Alarm Rate (MCFAR) Algorithm

Hasanlou, M.\*<sup>1</sup>, Rashidi, P.<sup>2</sup>, Shahhoseini, S.<sup>2</sup>

1- Assistant professor in School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Ms.c student of Photogrammetry, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

### Abstract

In recent years, incorporating and using radar imageries are widespread. On the other hand, many different radar sensors available for different applications especially for earth science usage. One of these applications is monitoring and detecting ship in seas and ocean area using radar images. Recently, the Sentinel-1 radar imagery was successfully launched on 2014 and deployed into orbit with dual polarization mode and in C channel. In this paper, using this imagery to detect ships on the sea and ocean area. We used, the constant false alarm rate (CFAR) algorithm in three steps including preprocessing and calibration, sea and land classification and identifying ships. One issues related to CFAR method is the high sensitivity to noise. In this paper, we proposed improved and modified version of the CFAR algorithm (MCFAR). In this regards, by incorporating Refined Lee filter and some morphological operators the ship detection application is investigated. The results show high efficiency the proposed algorithm and data used with improvement to extract ships as much as 7 percent.

**Keywords:** Ship Detection, Noise Filter, CFAR, Morphology operators.

Correspondence Address: School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. **Tel: +98 21 61114525.**

**Email:** [hasanlou@ut.ac.ir](mailto:hasanlou@ut.ac.ir)