دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

شناسایی خودکار هدف در تصاویر راداری SAR

سجاد رضایی فر

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر پویان

استاد مشاور:

دکتر حمید حسن‌پور

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکئه : مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه : هوش مصنوعی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای سجاد رضایی فر

تحت عنوان: شناسایی خودکار هدف در تصاویر راداری SAR

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی وبا درجه

..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
آقای دکتر علی‌اکبر پویان		آقای دکتر حمید حسن‌پور	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم . . .

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس از آن خداوند بزرگ است. خداوندی که مارا در مسیر تحصیل علم و دانش قرار داد و اساتید فرزانه‌ای چون دکتر علی‌اکبر پویان ، دکتر حمید حسن‌پور و دکتر مرتضی زاهدی را در مسیر راهم قرار داد. تشکر می‌کنم از تمام محبت‌ها و بزرگواری‌های شما اساتید محترم. شمایی که وجودتان نعمتی بود برای این بنده حقیر.

تشکر و قدردانی می‌کنم از زحمات پدر و مادر عزیزم در تمام مراحل زندگی. از همراهی‌ها و پشتیبانی‌هایشان در سختی‌ها و مشکلات. خداوند سایه پرمهرشان را بر سرم پاینده بدارد.

تعهد نامه

اینجانب **سجاد رضایی‌فر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر – گرایش هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **شناسایی خودکار هدف در تصاویر راداری SAR** تحت راهنمایی آقای **دکتر علی‌اکبر پویان** متعهد می‌شوم :

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش دیگران به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود و یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا استفاده نشده است
- کلیه حقوق معنوی این اثر مربوط به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.

تاریخ

امضاء

چکیده

سیستم‌های نظارتی در دنیای پر تهدید کنونی نقش بسیار پررنگی برای ایمن سازی سیستم‌ها از آسیب‌های ممکن دارند. سازمان‌ها و مراکز نظامی بدلیل حساسیت و اهمیت ماموریتشان نیازمند بهترین و بادقت‌ترین سیستم‌های نظارتی هستند. استفاده از سیستم‌های خودکار با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی در این مراکز به سرعت در حال گسترش است. یکی از شاخه‌های تحقیق در مورد سیستم‌های نظارتی نظامی شامل سلسله تحقیقاتی می‌شود که از آن به عنوان شناسایی خودکار هدف نام برده می‌شود. هدف از این سیستم‌ها بدست آوردن اطلاعات از تجهیزات نظامی دشمن با دقت و سرعت بالا و همچنین کاهش مخاطرات ناشی از فعالیت‌های شناسایی برای عامل انسانی است. در این پایان‌نامه ما به بررسی روش‌های موجود برای پیاده‌سازی یک سیستم شناسایی خودکار هدف پرداخته و با ارائه یک روش جدید ، مزایای روش پیشنهادی خود را نسبت به روش‌های گذشته بیان می‌کنیم. در این پایان‌نامه از تصاویر راداری SAR به عنوان داده‌های مورد نیاز برای شناسایی استفاده شده است. سنسورهای SAR توانایی تصویر برداری در هر شرایط آب و هوایی را دارند. مطالب این پایان‌نامه در دو بخش کلی پردازش تصویر و شناسایی الگو دسته‌بندی می‌شوند. در بخش پردازش تصویر با استفاده از تبدیل ویولت و عملیات مورفولوژی ، هدف موجود در تصویر را تشخیص داده و آنرا از پس‌زمینه جدا می‌کنیم. اما در بخش شناسایی الگو با استفاده از ۸ ویژگی از ساختار هندسی هدف و با استفاده از الگوریتم‌های دسته‌بندی مختلف ، اقدام به شناسایی نوع هدف میکنیم. روش پیشنهادی ما برای دسته‌بندی داده‌ها در این پایان نامه استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ترکیبی است. برای بررسی کارایی روش پیشنهادی با استفاده از داده‌ها مجموعه داده MSTAR الگوریتم‌های مورد نظر را پیاده‌سازی نموده‌ایم. نتایج پیاده‌سازی الگوریتم‌های مطرح شده در این پایان‌نامه با سه مورد از مقالات معتبردر زمینه شناسایی خودکار هدف مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داد که روش پیشنهادی این مقاله از نظر دقت شناسایی اهداف بهتر از روش‌های دیگر عمل کرده است.

فهرست

عنوان **صفحه**

۱-مقدمه

۱-۱-مقدمه‌ای بر شناسایی خودکار هدف: ۱

۱-۱-۱- معماری ATR ۲

۱-۱-۲- چرا ATR؟ ۲

۱-۱-۳- کاربردهای ATR ۳

۱-۲- مروری برATR /تشخیص هدف: ٤

۱-۲-۱- نشان دهنده هدف متحرک ۴

۱-۲-۲- رادار دریچه ترکیبی..... ۵

۱-۲-۳- MTIدر مقایسه با SAR ۷

۲- مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲-پیش‌پردازش و کاهش نویز ۱۰

۲-۲-۱- فیلتر کوان ۱۱

۲-۲-۲- فیلتر لی ۱۱
۲-۲-۳- فیلتر گاما ۱۲
۲-۲-۴- فیلتر فراست ۱۳
۲-۳- قطعه‌بندی و تشخیص هدف ۱۳
۲-۳-۱- نرخ هشدار غلط ثابت ۱۵
۲-۴- دسته‌بندی ۱۷
۲-۴-۱-روش‌های مبتنی بر الگو ۱۷
۲-۴-۲- روش‌های مبتنی بر ساختار هندسی هدف ۱۹

۳- کاهش نویز و تشخیص هدف در تصویر

۳-۱- مقدمه ۲۱
۳-۲- مجموعه داده‌ها ۲۱
۳-۲-۱- مجموعه داده‌های عمومی MSTAR ۲۲
۳-۳- پیش‌پردازش ۲٤
۳-۳-۱- تبدیل ویولت ۲۴
۳-۳-۲- کاهش نویز بوسیله تبدیل ویولت ۲۶
۳-۴- مورفولوژی ۲۸
۳-۵- تشخیص هدف بوسیله مورفولوژی ۳۰
۳-۶- اعمال کاهش نویز بوسیله ویولت و عملیات مورفولوژی به صورت همزمان ۳۳
۳-۷- نتیجه گیری ۳۵

۴- شناسایی هدف

۴-۱- مقدمه ۳۷
۴-۲- ویژگی ۳۷
۴-۲-۱- مساحت هدف ۳۸
۴-۲-۲- نسبت طول به عرض هدف: ۳۹
۴-۲-۳- پیکسل‌های هدف: ۴۰
۴-۲-۴- نقاط قله: ۴۰
۴-۳- بردار ویژگی: ٤٢
۴-۴- الگوریتمهای دستهبندی ٤٣
۴-۴-۱- روش K نزدیکترین همسایه ۴۴
۴-۴-۲- روش یادگیری پرسپترون ۴۵
۴-۴-۳- ماشین بردار پشتیبان ۴۷
۴-۵- یادگیری ترکیبی ٤٩
۴-۶- نتیجه‌گیری ٥٢

۵- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

۵-۱- مقدمه ٥٥
۵-۲- پایگاه داده ٥٦
۵-۳- پیاده‌سازی بوسیله‌ی الگوریتم k نزدیکتزین همسایه ٥٦
۵-۴- پیاده‌سازی بوسیله‌ی الگوریتم پرسپترون ٥٨
۵-۵- پیاده‌سازی بوسیله الگوریتم SVM ٦٠
۵-۶- پیاده‌سازی بوسیله‌ی الگوریتم AdaBoost ٦١
۵-۷- مقایسه و تحلیل نتایج پیاده‌سازی‌های مختلف ٦٢
۵-۸- جمع‌بندی ٦٣

۶- نتیجه گیری و کارهای آتی

۶-۱- نتیجه‌گیری ٦٦
۶-۲- پیشنهادات ٦٨

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ - فلوچارت مراحل یک سیستم شناسایی خودکار هدف ۲
شکل ۱-۲ - نحوه تصویربرداری حسگر SAR ٦
شکل ۲-۱ - انواع سطوح موجود بر روی سطح زمین که تاثیر گذار بر تصویر SAR هستند ۱۵
شکل ۲-۲ - نحوه کار روش CFAR ۱۶۱٦
شکل ۳-۳ - کاهش نویز نمونه‌هایی از تصویرهای SAR بوسیله‌ی ویولت ۲۷
شکل ۳-۴ - نحوه کار عملیات Dilation ۲۹
شکل۳-۵ - نحوه کار عملیات Erosion ۲۹
شکل ۳-۶ - نحوه کار عملیات Opening و Closing ۳۰
شکل ۳-۷ - تشخیص هدف در تصویر بوسیله‌ی عملیات Opening مورفولوژی ۳۱
شکل ۳-۸ - گسترش شکل (۳-۷) برای پر کردن حفره‌ها بوسیله‌ی عملیات Closing مورفولوژی ۳۲
شکل ۳-۹ - مقایسه بین روش‌های مختلف برای تشخیص هدف - a : تصویر اولیه SAR. b : استفاده از تبدیل ویولت برای کاهش نویز و مورفولوژی برای تشخیص هدف. C : استفاده از ویولت برای کاهش نویز و استفاده از مقدار آستانه برای تشخیص هدف. d : استفاده از فیلتر لی برای کاهش نویز و استفاده از مورفولوژی برای تشخیص هدف ۳٤

شکل ۴-۱ – نمونه‌های از اهداف تشخیص داده شده برای محاسبه مساحت اهداف ۳۹

شکل ۴-۲ - استخراج نقاط قله از هدف. نقاط روشن در تصویر نقاط قله هستند. شکل سمت چپ تصویری از تانک T72 وشکل سمت راست تصویری از نفربر ZSU ۴۲

شکل ۴-۳ - نمایی از یک پرسپترون .ضرب نقطه‌ای بردار ویژگی ورودی در بردار وزن‌ها و اعمال حاصل آن به تابع فعالساز خروجی ۴۵

شکل ۴-۴- نمایی از نحوه عمل ماشین بردار پشتیبان. هدف بیشینه کردن حاشیه‌ها است ۴۸

جدول ۵-۱- پیکره‌بندی شبکه عصبی پرسپترون به ازای ۱۰ نرون در لایه مخفی ۵۸

فهرست جداول

جدول ۵-۱ - نتایج پیادهسازی الگوریتم K نزدیکترین همسایه به ازای Kهای مختلف..... ۵۷

جدول ۵-۲ - نتایج پیادهسازی شبکه عصبی به ازای تعداد نرونهای مختلف در لایه مخفی..... ۵۹

جدول ۵-۳ - نتایج پیادهسازی الگوریتم SVM به ازای کرنلهای مختلف..... ۶۱

جدول ۵-۴- نتایج الگوریتم AdaBoost در بهترین شرایط..... ۶۲

جدول ۵-۵ - نتایج الگوریتمهای مختلف استفاده شده و سه مقاله مختلف به ازای دو درجه تورفتگی متفاوت ۶۳

فصل اول

۱- مقدمه

۱-۱- مقدمه‌ای بر شناسایی خودکار هدف:

شناسایی خودکار هدف با استفاده از رادار یک شاخه تحقیقاتی فعال و وسیعی را شامل می‌شود. با ارتقا در تکنولوژی کامپیوتر ، شناسایی و دسته‌بندی بلادرنگ هدف به یک مشخصه مهم و ضروری سیستم‌های راداری مخصوصاً در کاربردهای نظامی تبدیل شده است. اطلاعات سنسورهای راداری برای مکان‌یابی ، ردیابی و شناسایی قوای دشمن فواید تاکتیکی بسیاری برای قوای خودی در بر دارد.

شناسایی خودکار هدف فرآیندی است که در آن یک الگوریتم کامپیوتری انواع بخصوصی از اهداف و اشیای نظامی را در داده‌های بدست آمده تشخیص می‌دهد و شناسایی می‌کند. این داده‌ها معمولاً تصاویر با رزولوشن بالا و با پوشش وسیع سطح زمین هستند که از تکنولوژی‌هایی مانند SAR[1] ، FLIR[2] و غیره حاصل می‌شوند. شناسایی خودکار هدف یک زمینه تحقیقاتی است که برای انجام آن نیازمند دانش در بخش‌هایی مانند تکنولوژی سنسور ، پردازش تصویر و سیگنال ، شناسایی الگو ، برنامه‌نویسی کامپیوتری و معماری سیستم هستیم. اصلی ترین چالش یک سیستم شناسایی خودکار هدف دستیابی به اهداف زیر است:

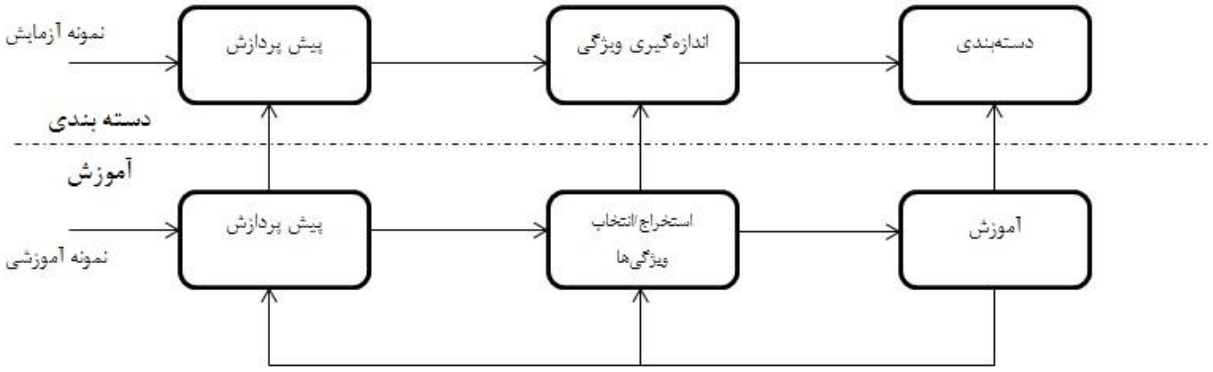
- دستیابی به دقت شناسایی بالای هدف (شناسایی هدف در کلاس صحیح) با وجود تغییرات مشخصات هدف مانند پیکره‌بندی و ساختار اهداف ، کیفیت پایین حسگرها ، تعاملات و برهم کنش میان هدف و پس‌زمینه و تغییرات محیطی.
- جلوگیری از شناسایی اشیای غیر هدف به عنوان هدف حتی در پس‌زمینه‌های متغیر و پیچیده
- بلادرنگ بودن در انجام عملیات

البته چالش بزرگ دیگری که برای سیستم‌های شناسایی خودکار هدف بسیار مهم است ، ارزیابی موفقیت سیستم بوسیله‌ی مجموعه داده‌های آموزشی ای است که تفاوت چندانی با دنیای واقعی نداشته باشند.

[1] Synthetic Aperture Radar
[2] Forward Looking Infra-Red

۱-۱-۱- معماری ATR[3]

معماری یک سیستم ATR پایه در شکل (۱-۱) نمایش داده شده است. بخش تشخیص باید محدوده-هایی از داده را مشخص کند که احتمال وجود هدف در آنها است. در واقع باید محدوده‌هایی که شبیه هدف هستند را مشخص نماید. سپس مجموعه‌ای از ویژگی‌ها برای هر بخش تشخیص هدف داده شده محاسبه می-شود. این ویژگی‌ها پارامترهایی نظیر اندازه ، شکل ، ساختار و یا مقادیر سیگنال دریافتی هستند که باید به گونه‌ای انتخاب شوند که توانایی جداسازی کلاس‌های مختلف اهداف از یکدیگر را داشته باشند. در نهایت ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به یک دسته‌بند ارسال می‌شود تا بر اساس آنها کلاس هدف تعیین گردد. البته پیش‌پردازش‌هایی برای بالابردن کیفیت تصویر و کاهش نویز قبل از مراحل تشخیص موقعیت هدف و همچنین استخراج ویژگی می‌تواند صورت پذیرد.



شکل ۱-۱ - فلوچارت مراحل یک سیستم شناسایی خودکار هدف

۱-۱-۲- چرا ATR؟

ATR به دو دلیل توانایی بالایی برای افزایش کارایی و تاثیرگذاری سیستم‌های جنگی که بر بسترهای مختلفی عمل می‌کنند ،دارد: اول اینکه بدلیل وجود داده‌های سنسوری بسیار زیاد در سیستم‌های جنگی و نظامی ، ارزیابی و آنالیز تمام این داده‌ها توسط عامل انسانی امری بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر است. در این شرایط ATR می‌تواند حتی در سیستم‌هایی که کاملاً خودکار نیستند نیز نقش بسزایی در کاهش داده‌های مورد بررسی عامل انسانی داشته باشد. در واقع می‌توان در چنین کاربردهایی از ATR برای استخراج داده‌های مهم از میان حجم انبوه داده‌های ورودی استفاده کرد.

[3] Automatic Target Recognition

دوم اینکه وسایل هوشمند نظامی که با درک بلادرنگ از محیط اطراف خود قابلیت تطبیق‌پذیری با شرایط محیط را دارند، نیازمند ارزیابی و آنالیز خودکار داده‌ها هستند. در واقع احساس نیاز به چنین وسایل هوشمندی نظیر روبات‌ها که نقش تاثیرگذاری در تمام زمینه‌های نظامی دارند روزبروز بیشتر و گسترده‌تر می-شود و این مسئله نیاز به سیستم‌های ATR را بیش از پیش مشخص می‌کند.

۱-۱-۳- کاربردهای ATR

کاربردهای بسیار گسترده‌ای از ATR می‌توان انتظار داشت. در سیستم‌های نظارتی نیاز به سیتسم‌های سریع و با دقت بالا روزبروز افزایش می‌یابد. می‌توان گفت که در تمام زمینه‌های نظارتی نظامی ، ATR می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. کاربردهای ATR طیف وسیعی از سیستم‌های بلادرنگ نظامی را شامل می‌شود. نمونه‌ی این کاربردها که بسیار مورد توجه است ، موشک‌های کروز است. در این سیستم‌ها باید قیل از اینکه موشک به مواضع هدف خود برسد ، هدف مورد نظر شناسایی شده و مشخصات آن بررسی گردد.

دیگر کاربردی که اخیراً بسیار مورد توجه محققان و کارشناسان نظامی قرار گرفته است ، اسلحه‌های هوشمند است. این سلاح‌ها با استفاده از سنسورهایی که دارند و محیط اطراف خود را رصد می‌کنند ، با استفاده از آنالیز و بررسی اطلاعات این سنسورها ، بصورت بلادرنگ هدف مورد رصد را شناسایی کرده و به کاربر معرفی می‌کنند. به این وسیله کاربر می‌تواند برای نبرد با هدف مورد نظر خود را بهتر آماده کند.

البته در شاخه سیستم‌های غیر بلادرنگ هم کاربردهایی از ATR می‌تواند بوجود آید. یکی از گسترده-ترین این کاربردها هواپیماهای بدون سرنشین است. بخشی از این هواپیماها ماموریت‌های کسب اطلاعات و عکس‌برداری را از مواضع دشمن بر عهده دارند. در این گونه هواپیماها می‌توان با استفاده از روش‌های ATR تجهیزات و ادوات نظامی دشمن را شناسایی نمود.

در کل می‌توان اینگونه گفت که کسب اطلاعات از تجهیزات دشمن با دقت و سرعت بالا و کمینه کردن خطرات ناشی از ماموریت‌های شناسایی برای عوال انسانی از اهداف ATRاست. با چنین هدفگذاری گسترده‌ای طبیعی است که کاربردهای وسیعی از ATR هم می‌توان انتظار داشت.

۱-۲- مروری برATR /تشخیص هدف:

هدف اصلی و عمومی از ATR تحلیل داده‌های تصویر توسط کامپیوترهای دیجیتالی برای تشخیص ، دسته‌بندی و شناسایی مشخصات هدف به صورت خودکار با کمترین میزان کمک توسط انسان است. این داده-های تصویر می‌توانند توسط یک یا چند سنسور تصویری نظیر رادار ، سنسور نوری (optical) ، مادون قرمز و غیره حاصل شوند. بنابراین شناسایی هدف یکی از پرچالش‌ترین زمینه‌های تحقیق فعلی است به این دلیل که توسعه دهندگان سیستم ،کنترل کمی نسبت به سناریوهای ممکن برای اهداف وشرایط تصویربرداری عملی دارند. همچنین درقیاس با تنوع در تصاویر ممکن در عمل ، تنها یک زیرمجموعه کوچک از تصاویر ممکن در مرحله توسعه یا آموزش در دسترس هستند.

به طور سنتی ، اکتساب اطلاعات راداری توسط یک سیستم هوا به زمین به دو دسته عمومی تقسیم می‌شود[۱و۳]: ۱- نشان دهنده هدف متحرک[۴] ۲-رادار دریچه ترکیبی. دلیل استفاده از این تکنولوژی‌های رادار رسیدن به تصویربرداری در تمام شرایط آب و هوایی و در تمام طول روز و شب بوده است.

۱-۲-۱- نشان دهنده هدف متحرک

اغلب سیستم‌های راداری سطحی و هوابرد در محیطی عمل می‌کنند که معمولاً تصویر برگشتی از هدف مورد نظر پوشیده شده و مبهم است. اگر هدف نسبت به سطح متحرک باشد، امکان فیلتر کردن قسمت‌های ناخواسته سطح بوسیله محاسبه تفاوت فرکانس تصاویر پی در پی وجود دارد. سیستم‌هایی که از این روش استفاده می‌کنند ، نشان‌دهنده هدف متحرک نام دارند.

MTI توانایی تشخیص اهدافی رادارد که نسبت به سطوح ناخواسته [۵] ، متحرک هستند . سطح پس زمینه می‌تواند زمین ، دریا و یا هوا باشد. MTI می‌تواند برروی بسترهای ثابت یا متحرک مانند هواپیما و ماهواره عمل کند. فرض کنید هدف شناسایی هواپیمایی است که در ارتفاع پایین پرواز می‌کند و سیستم راداری به صورت سطحی برروی زمین با وجود تمام موانع آب و هوایی قرار دارد. در این شرایط ، MTI تمام بازتاب‌های هوا و زمین را رد می‌کند و تنها بازتاب های هواپیما را نگه می‌دارد. این خاصیت ، قابلیت بسیار بالایی برای تشخیص اهداف هوابرد در اختیار قرار می‌دهد. اما در مواردی که اهداف سطحی هستند و برروی زمین قرار دارند، مانند کاربردهای شناسایی خودکار هوا به زمین ، بازتابش دریافتی از برآمدگی‌های سطح زمین بسیار قوی‌تر از بازتابش از هدف است. در واقع در این شرایط برآمدگی‌ها و درهم و برهمی های سطح زمین سبب می-

[4] Moving Target Indication (MTI)
[5] Clutter

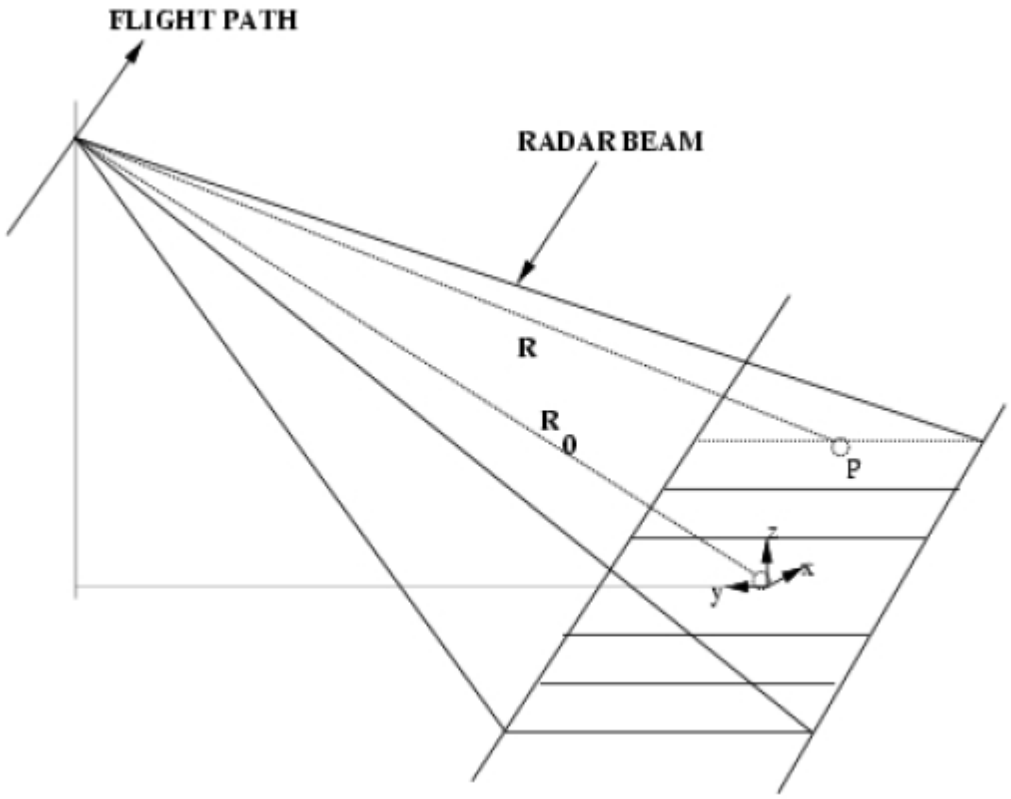
شود که ویژگی‌های زمین پوشیده شود و به عبارت بهتر این گوناگونی شرایط سطح زمین باعث می‌شود که بازتابش از زمین تمام محدوده ممکن برای رادار را در بر گیرد. این امر مانع هر گونه قابلیت شناسایی می‌شود.

MTI یک سیستم راداری قدیمی است که به سنسورهای هوابرد این امکان را می‌دهد که محدوده وسیعی از سطح زمین رارصد کنند. این تکنولوژی می‌تواند در تمایز بین اهداف متحرک و سطوح زمینی بسیار موثر باشد هر چند یک مانع اصلی در تکنولوژی MTI توانایی ضعیف آن در هر گونه قابلیت شناسایی برروی سطح زمین می‌باشد.

۱-۲-۲- رادار دریچه ترکیبی

شکل (۱-۲) نمایی از یک هواپیما را نشان می‌دهد که یک تصویربردار SAR به آن متصل شده و قطعه-ای از زمین را رصد می‌کند. این تصویربردار به گونه‌ای در بدنه هواپیما نصب شده است که امواج ساطع شده از آن در جهت قطری نسبت به جهت حرکت هواپیما قرار می‌گیرد. به جهت انتشار امواج دستگاه SAR جهتِ برد و به جهت حرکت هواپیما جهتِ صلیب برد می‌گویند. در حین حرکت هواپیما ، دستگاه SAR به صورت متناوب بر محدوده‌ای از سطح زمین که شامل هدف است امواج مایکروویو را انتشار می‌دهد. بازتابش هر کدام از این امواج توسط دستگاه دریافت می‌شوند. دستگاه SAR با توجه به زمان و مکان دریافت بازتابش هر موج و نیز

تناوب بازتابش امواج ، دنباله‌ای از آنها را تهیه کرده و آنرا برای ساختن تصویر SAR به یک پردازنده می‌فرستد.



شکل ۱-۲ - نحوه تصویربرداری حسگر SAR

این پردازنده می‌تواند روی زمین باشد یا برروی همان هواپیما قرار داشته باشد. در نهایت این پردازنده تصویری را به عنوان خروجی تولید می‌کند که دو بعدی است که دو بعد آن شامل برد و صلیب برد می‌شود.

اگرچه در نگاه اول ممکن است تصاویر SAR کاملا متفاوت از تصاویر اپتیکال معمولی به نظر برسند اما خصوصیات کلیدی آن بسیار قابل تشخیص است. SAR یک رادار منسجم است که با استفاده از روش‌های پردازش سیگنال و همچنین جبران حرکت سعی در بدست آوردن رزولوشن بالا از بازتابش‌های صحنه دارد. به این روش همچنین بخش ضربدری رادار[6] نیزگفته می‌شود.

حسگرهای حرکتی که برای اندازه‌گیری ویژگی‌های حرکت هواپیما طراحی شده‌اند این قابلیت را دارند که در صورت قرار گرفتن در یک مسیر نامطلوب ، خطاهای فازی تولید کنند که می‌تواند در مرحله ساخت

[6] Radar Cross Section (RCS)