

عملکرد

سامانه‌های تصویربرداری SAR

در حالتهای عملیاتی مختلف

تألیف:

دکتر مجتبی بهزادفلاح‌پور

دکتر حمید دهقانی

دکتر علی جبار رشیدی

سرشناسه:	بهزادفلاح پور، مجتبی، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور:	عملکرد سامانه های تصویربرداری SAR در حالت های عملیاتی مختلف / تألیف مجتبی بهزادفلاح پور، حمید دهقانی، علی جبار رشیدی.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر. انتشارات. ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:	ر. ۳۰۰ ص: مصور، نمودار، جدول.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۷۳۶-۶۲-۳
وضعیت فهرست نویسی:	فپیا.
یادداشت:	واژه نامه.
یادداشت:	کتابنامه: ص. [۲۸۱] - ۲۸۹.
موضوع:	رادار روزه مصنوعی.
شناه افزوده:	دهقانی، حمید.
شناه افزوده:	رشیدی، علی جبار.
حاسبه روده:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر. انتشارات.
رده بندی کنگره:	TK ۶۵۹۲/۲۳۴ ۱۳۹۷
رده بندی دیو:	۶۳۱/۳۸۴۹
کتابشناسی:	۵۲۴۸۰۴



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجمع کتابهای آتیش و آذر

عنوان کتاب:	عملکرد سامانه های تصویربرداری SAR در حالت های عملیاتی مختلف
تألیف:	مجتبی بهزادفلاح پور - حمید دهقانی - علی جبار رشیدی
ناشر:	انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد:	فریناز عسگری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه آرای رایانه ای:	امین پژوهش جهرمی
ویراستار ادبی:	امین پژوهش جهرمی
شمارگان:	۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	اول، تابستان ۱۳۹۷
قیمت:	۲۸۰.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7736-62-3

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، معاونت پژوهش و فناوری،

مدیریت دانش، انتشارات. تلفن: ۳۲۹۳۲۸۹۱

پیش‌گفتار

سامانه^۱های تصویربرداری راداری^۲ SAR^۳ به عنوان مکملی برای سامانه‌های سنجش از دور^۴ الکترواپتیکی ارائه شده و در طی دو دهه اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این نوع سامانه‌ها که جزو سنجنده‌های فعال هستند، کمابیش قادرند در تمامی شرایط آب‌وهوایی و زمانی تصویربرداری نموده و موانعی از قبیل بارش، ابر و شب نمی‌توانند مشکل خرابی برای آنها ایجاد کنند. این ویژگی‌ها SARها را به یکی از مهم‌ترین ابزارهای کسب اطلاعات^۵ پیل کرده است. سامانه‌های SAR با نگاه جانبی^۶ و در حالت‌های مختلف به تصویربرداری از سطح زمین می‌پردازند. دو حالت بسیار مهم در SARها وجود دارد که درک و شناخت درست از نحوه عملکرد SAR در این دو حالت، باعث ایجاد شناخت دقیقی از نحوه عملکرد SARها در حالت‌های دیگر نیز می‌شود. این دو حالت، نواری^۷ و نورافکن^۸ هستند که تقریباً در تمامی حالت‌های دیگر SAR چون روبشی^۹، چرخشی^{۱۰}، Tops^{۱۱} و ...^{۱۲} گریه‌ان مشاهده می‌شوند و حالت‌های دیگر را با تقریب خوبی، می‌توان ترکیبی از این دو حالت دانست.

^۱ System

^۲ Radio Detection and Ranging (RADAR)

^۳ Synthetic Aperture Radar (SAR)

^۴ Remote Sensing

^۵ Side Looking

^۶ Mode

^۷ Stripmap

^۸ Spotlight

^۹ Scan SAR

^{۱۰} Circular

^{۱۱} Terrain Observation by Progressive Scans (TOPS)

با توجه به اهمیت موضوع رادار SAR و همچنین جدید بودن این مبحث در کشور، نویسندگان این کتاب تلاش کردند که اولین مجموعه منسجم و مدون در این زمینه را تألیف نمایند. در تألیف این کتاب ضمن استفاده از مراجع معتبر، مقالات نویسندگان کتاب و پایان‌نامه‌ها و مقالات نوشته شده در حوزه رادارهای SAR در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری نیز (که نویسندگان این کتاب، استادان راهنمای آن‌ها بوده‌اند) استفاده شده است. هدف اصلی این کتاب تشریح کامل دو حالت نواری و زیرافکن است که تقریباً در تمامی رادارهای SAR وجود داشته و بسیار متداول هستند. به طوری که خواننده ضمن آشنایی با نحوه عملکرد SAR در این دو حالت، با الگوریتم‌های تشکیل تصویر موجود در آن‌ها و چگونگی نگاشت از فضای سیگنالی به فضای تصویری نیز به خوبی آشنا شده و می‌تواند به انجام شبیه‌سازی‌ها در این دو حالت بپردازد.

این کتاب مشتمل بر هشت فصل است. در فصل نخست به بیان مفاهیم اساسی رادار پرداخته می‌شود؛ زیرا سامانه‌های SAR نوعی رادار تصویربردار هستند و درک نحوه کارکرد آن‌ها مستلزم شناخت دقیق از مفاهیم اساسی رادار است. در فصل دوم به معرفی انواع سامانه‌های تصویربرداری راداری پرداخته شده و خواننده با روش‌های ¹RAR، ²DBS و SAR و همچنین حالت‌های مختلف تصویربرداری SAR به خوبی آشنا می‌شود. در فصل سوم اصول عملکرد سامانه‌های SAR در حالت نواری بیان می‌شود. در این فصل نحوه نگاشت³ از فضای سیگنالی⁴ به فضای تصویری⁵ توسط الگوریتم‌های تشکیل تصویر⁶ به طور مفصل تشریح می‌شود؛ به طوری که خواننده نحوه

¹ Real Aperture Radar(RAR)

² Doppler Beam Sharpening(DBS)

³ Mapping

⁴ Signal Space

⁵ Image Space

⁶ Image Formation Algorithms

عملکرد الگوریتم‌های ¹ RDA، CSA و Omega-k را می‌آموزد. در فصل چهارم به انجام شبیه‌سازی نحوه عملکرد الگوریتم‌های فوق در دو سطح اهداف گسترده ² واقعی و اهداف نقطه‌ای ³ پرداخته می‌شود. در فصل پنجم اصول عملکرد SAR در حالت نورافکن بیان می‌گردد. فصل ششم به تعیین مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تصاویر SAR می‌پردازد و در فصل هفتم به مدل‌سازی نحوه عملکرد سامانه‌های تصویربرداری SAR در بخش تشکیل تصویر ⁴ پرداخته می‌شود. این مدل‌سازی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا خواننده به صورت تحلیلی و سامانه‌ای با نحوه عملکرد SAR در بخش تشکیل تصویر در دو حالت نواری و نورافکن آشنا می‌شود. در نهایت در فصل هشتم پردازش و تفسیر تصاویر SAR مورد بررسی قرار می‌گیرد و خواننده با انواع روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر SAR به همراه پیش‌پردازش‌های آن‌ها آشنا می‌گردد.

با توجه به موارد بالا، می‌توان گفت که این کتاب یکی از ابزارهای مهم در تحقیقات تصاویر راداری است که با سادگی و شیوا به بیان مفاهیم اساسی رادارهای تصویربرداری SAR می‌پردازد و خواننده با خواندن این کتاب به اهداف زیر می‌رسد: آشنایی مقدماتی با رادار و مفاهیم اساسی آن؛ آشنایی با انواع سامانه‌های سنجش از دور و انواع سامانه‌های تصویربرداری رادار. آشنایی کامل با اصول عملکرد SAR و نحوه عملکرد آن در حالت‌های نواری و نورافکن؛ تبیین مفهوم پردازش در سامانه‌های تصویربرداری SAR و چگونگی تشکیل تصویر در حالت‌های نواری و نورافکن؛ تعیین عوامل تأثیرگذار در تصاویر SAR؛ آشنایی با چگونگی پردازش تصاویر راداری جهت استخراج اطلاعات از آن‌ها؛ مدل‌سازی نحوه عملکرد

¹. Range Doppler Algorithm(RDA)

². Distributed Target

³. Point Target

⁴. Image Formation Section

SAR در بخش تشکیل تصویر در حالت‌های نواری و نورافکن؛ و غیره. این کتاب می‌تواند در دروس سنجش از دور، ژئوماتیک، رادار، جنگ الکترونیک، تهدیدات و آشنایی با انواع حملات به عنوان یک منبع جانبی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مخاطبان این کتاب می‌توانند طیف وسیعی از دانشجویان رشته‌های برق، مخابرات، الکترونیک، سنجش از دور، پدافند غیرعامل و همچنین نیروهای متخصص پدافند غیر-املی، رادار، جنگال، نیروهای نظامی و یا سایر علاقمندان به این زمینه باشند.

امید داریم با تالیف این کتاب گامی هرچند کوچک در جهت ارتقای دانش ایمن مرز و بوم برداشته و بدین وسیله موجبات خشنودی آقا امام زمان (عج) و جانشین برحقش برآورده شود.

وَصَلِّ اللَّهُمَّ بَيْنَهُ وَبَيْنَهُ، وَصَلِّ لَهُ تَوَدُّدِي إِلَى مُرَاقَقَةِ سَلَفِهِ وَاجْعَلْنَا مِمَّنْ يَأْخُذُ
بِحُجْرَتِهِمْ، وَيَمْكُثُ فِي ظِلِّهِمْ، أَعِنَّا عَلَى تَأْدِيَةِ حَقُوقِهِ إِلَيْهِ، وَالْإِجْتِهَادِ فِي
طَاعَتِهِ، وَاجْتِنَابِ مَعْصِيَتِهِ، وَاتَّقِ الْإِسْرَافَ، وَهَبْ لَنَا رَافِقَهُ وَرَحْمَتَهُ، وَدُعَاءَهُ
وَخَيْرَهُ مَا نَسْأَلُ بِهِ سَعَةً مِنْ رَحْمَتِكَ، وَفَوْزاً عِنْدَكَ

خداوند، میان ما و او (امام عصر علیه السلام) چنان بریندیش و قرار ساز که به دوستی و هم صحبتی با پدرانش منجر شود و ما را در زمره کسانی قرار ده که بر دامن آن بزرگواران چنگ زده و در سایه لطفشان اقامت یابند. **اللهم** ما را بر ادای حقوق وی یاری فرما و در کوشش نسبت به اطاعت او را در دوری از نافرمانیش یاری و مساعدت کن و با خشنودی او از ما، بر ما منت گذار. **رأفت**، رحمت، دعا و خیر و خوبی او را بر ما بیخش تا آن اندازه که به این وسیله به سهم گسترده ای از فیض رحمت تو نایل آییم و در پیشگاه تو به رستگاری برسیم.

مجتبیٰ بہزاد فلاح پور؛ حمید دھقانی؛ علی جبار رشیدی

تابستان یک هزار و سیصد و نود و هفت

فهرست مطالب

۳	فصل نخست: رادار و نقش آن در کسب اطلاعات
۳	۱-۱- مقدمه
۸	۲-۱- مقدمه‌ای بر اصول عملکرد رادار
۱۳	۳-۱- سطح مقطع راداری
۱۹	۴-۱- آنتن رادار
۲۵	۵-۱- قدرت تفکیک رادار
۲۷	۶-۱- معادله رادار
۲۸	۷-۱- پراکندگی رادار برای یک هدف ذریع شده
۲۹	۸-۱- شیفیت بسامدی داپلر
۳۴	جمع‌بندی
۳۷	فصل دوم: معرفی سامانه‌های تصویربرداری راداری
۳۷	۱-۲- مقدمه
۳۷	۲-۲- تاریخچه SAR
۴۱	۳-۲- انواع سامانه‌های تصویربرداری راداری
۴۳	۴-۲- نحوه بهبود قدرت تفکیک برد در رادارهای تصویربرداری
۵۲	۵-۲- نحوه بهبود قدرت تفکیک سمت در رادارهای تصویربرداری
۵۹	۶-۲- انواع نگاه در سامانه‌های SAR
۶۰	۷-۲- هندسه تصویربرداری SAR
۶۷	۸-۲- قدرت تفکیک برد زمینی در رادارهای SAR

۶۸	۹-۲- معادله رادار در SAR.....
۷۱	۱۰-۲- SARهای تداخل‌سنج.....
۷۲	۱۰-۲- به دست آوردن مدل ارتفاعی زمین با تداخل‌سنجی راداری.....
۷۴	۱۱-۲- حالت‌های عملکردی SAR.....
۷۶	۱۱-۲- حالت‌های نواری و نورافکن.....
۷۷	۱۱-۲- حالت ترکیبی.....
۸۰	۱۱-۲- حالت روبشی.....
۸۱	۱۱-۲- حالت Tops.....
۸۴	۱-۱-۵- حالت روبشی پرجششی.....
۸۸	جمع‌بندی.....
۹۳	فصل سوم: اصول عملکرد SAR در حالت نواری.....
۹۳	۱-۳- مقدمه.....
۹۳	۲-۳- معرفی ساختار فیزیکی حالت نواری.....
۹۶	۳-۳- رابطه سیگنال‌های ارسالی و درگشی (سیگ:الینگ) SAR.....
۱۰۳	۴-۳- الگوریتم RDA.....
۱۰۵	۳-۴-۱- فشرده‌سازی در جهت برد.....
۱۰۶	۳-۴-۲- اصلاح مهاجرت سلول برد (RCMC).....
۱۱۱	۳-۴-۳- فشرده‌سازی در جهت سمت.....
۱۱۲	۵-۳- الگوریتم CSA.....
۱۱۴	۳-۵-۱- اصول عملکرد CSA.....
۱۱۵	۳-۵-۲- شیفت ثابت.....
۱۱۶	۳-۵-۳- شیفت متغیر با برد به صورت خطی.....
۱۱۸	۳-۵-۴- نحوه انجام RCMC در الگوریتم CSA.....
۱۲۳	۳-۵-۵- روابط سامانه SAR در حالت زاویه کجی بزرگ.....
۱۲۷	۳-۵-۶- پیاده‌سازی الگوریتم CSA.....

۱۳۰	۶-۳- الگوریتم OMEGA_KA (Ω KA)
۱۳۲	۳-۶-۱- نمودار بلوکی الگوریتم Omega_K
۱۳۳	۳-۶-۲- پیاده‌سازی الگوریتم Omega-k
۱۳۷	۷- الگوریتم SPECAN
۱۴۰	۳-۷-۱- انتخاب طول FFT
۱۴۲	۳-۷-۲- انتخاب بین‌های FFT
۱۴۳	۳-۷-۳- فاصله بین اعمال FFT
۱۴۴	جمع‌بندی
۱۴۷	فصل چهارم: پیاده‌سازی نرم‌افزاری الگوریتم‌های تشکیل تصویر در حالت نواری
۱۴۷	۴-۱- مقدمه
۱۴۷	۴-۲- مروری بر الگوریتم‌های تشکیل تصویر
۱۵۱	۴-۳- مشخصات داده خام
۱۵۳	۴-۴- نتایج شبیه‌سازی
۱۵۸	۴-۵- بررسی صحت پیاده‌سازی‌ها
۱۶۲	۴-۶- استخراج تصویر از اهداف نقطه‌ای
۱۶۳	۴-۷- پدیده ماسک در تصاویر SAR
۱۶۶	۴-۸- اثر اعمال پنجره در تصاویر SAR
۱۷۰	جمع‌بندی
۱۷۳	فصل پنجم: اصول عملکرد SAR در حالت نورافکن
۱۷۳	۵-۱- مقدمه
۱۷۵	۵-۲- سیگنالینگ حالت نورافکن
۱۷۹	۵-۳- الگوریتم‌های تشکیل تصویر در حالت نورافکن
۱۸۳	جمع‌بندی
۱۸۷	فصل ششم: تعیین عوامل تاثیرگذار در تصاویر SAR
۱۸۷	۶-۱- مقدمه

۱۸۷	۶-۲- استخراج عوامل تاثیرگذار در تصاویر SAR.....
۱۸۸	۶-۳- پارامترهای رادار.....
۱۹۰	۶-۳-۱- بسامد تصویربرداری (fc).....
۱۹۳	۶-۳-۲- قطبیدگی.....
۱۹۸	۶-۴- پارامترهای سکو حامل سنجنده.....
۱۹۹	۶-۵- پارامترهای بخش پردازش.....
۲۰۰	۶-۸-۱- جبران‌سازی حرکت.....
۲۰۳	۶-۵-۲- حذف نویز.....
۲۰۷	۶-۵-۳- پارامترهای تشکیل تصویر.....
۲۰۸	۶-۵-۱-۱- پارامتر مربع خطا برای اندازه‌گیری کیفیت نگاشت.....
۲۱۰	۶-۵-۲-۳- معیار IRM برای اندازه‌گیری کیفیت نگاشت.....
۲۱۰	۶-۵-۳-۳- معیار ۲۰-۵ برای اندازه‌گیری کیفیت نگاشت.....
۲۱۱	۶-۵-۳-۴- معیار بهره پردازش برای اندازه‌گیری کیفیت نگاشت.....
۲۱۲	۶-۵-۴- تفسیر تصویر.....
۲۱۲	۶-۶- پارامترهای کانال.....
۲۱۳	۶-۷- پارامترهای ناحیه تصویربرداری.....
۲۱۴	۶-۷-۱- ناهمواری سطوح.....
۲۱۷	۶-۷-۲- تاثیر رطوبت بر کیفیت تصاویر.....
۲۲۲	۶-۷-۳- سایه.....
۲۲۴	۶-۷-۴- کوتاه‌نمایی.....
۲۲۶	۶-۷-۵- وارونگی.....
۲۲۹	۶-۸- تعیین مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در تصاویر SAR.....
۲۲۹	جمع‌بندی.....
۲۳۳	فصل هفتم: مدل‌سازی عملکرد سامانه‌های تصویربرداری SAR.....
۲۳۳	۷-۱- مقدمه.....
۲۳۳	۷-۲- بخش تشکیل تصویر.....

۳-۷	گام‌های لازم برای مدل‌سازی نحوه عملکرد SARها در بخش تشکیل تصویر	۲۳۴
۴-۷	مدل‌سازی SARهای نواری در بخش تشکیل تصویر	۲۳۵
۵-۷	مدل‌سازی عملکرد SARهای نورافکن در بخش تشکیل تصویر	۲۳۹
۶-۷	آرائه نمودار بلوکی کلی از نحوه عملکرد SAR	۲۴۱
	جمع‌بندی	۲۴۲
	فصل هشتم: پردازش و تفسیر تصاویر SAR	۲۴۷
۱-۸	مقدمه	۲۴۷
۲-۸	تشریح بخش پردازش‌های لازم در تصاویر SAR برای کاهش نویز لکه‌ای	۲۴۷
۱-۲-۸	فیلتر میانه	۲۴۹
۲-۲-۸	فیلتر Lee	۲۵۰
۳-۲-۸	فیلتر اصلاح شده	۲۵۳
۴-۲-۸	فیلتر Frost	۲۵۵
۵-۲-۸	فیلتر Frost اصلاح شده	۲۵۵
۶-۲-۸	فیلتر Kuan	۲۵۷
۷-۲-۸	فیلتر Gamma	۲۵۹
۸-۲-۸	فیلتر Local Sigma	۲۶۰
۳-۸	تشریح الگوریتم‌های استخراج اطلاعات	۲۶۱
۱-۳-۸	استخراج پارامترهای شیب	۲۶۳
۲-۳-۸	آشکارسازی تغییرات	۲۶۴
۱-۲-۳-۸	آشکارسازی تغییرات با استفاده از تفاضل و نسبت‌گیری دو تصویر	۲۶۶
۳-۳-۸	استخراج پوشش‌های سطح	۲۶۷
۱-۳-۳-۸	استخراج بر اساس یافت	۲۶۸
۲-۳-۳-۸	استخراج بر اساس سطوح روشنایی	۲۷۲
۴-۳-۸	طبقه‌بندی کننده‌ها	۲۷۴
۱-۴-۳-۸	طبقه‌بندی با نظارت	۲۷۵
۲-۴-۳-۸	طبقه‌بندی بدون نظارت	۲۷۸

ر ♦ عملکرد سامانه‌های تصویربرداری SAR در حالت‌های عملیاتی مختلف

۲۷۹	جمع‌بندی
۲۸۱	منابع
۲۹۱	اختصارات
۲۹۳	واژه نامه انگلیسی به فارسی

www.ketab.ir