



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تفسیر تصاویر سنجش از دور نوری و راداری

ترجمه و تألیف:

دکتر علیرضا شریفی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

سرشناسه	: شریفی، علیرضا، ۱۳۶۰-، گردآورنده، مترجم
عنوان و نام پدیدآور	: تفسیر تصاویر سنجش از دور نوری و راداری / ترجمه و تالیف علیرضا شریفی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۸۰ص: مصور، نمودار، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۸-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه بخشی از دو کتاب " Computer Processing of remotely - sensed " "Remote sensing and image nterpretation", " images " است.
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه:ص.۱۳۹.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: سنجش از دور
موضوع	: Remote sensing
موضوع	: سنجش از دور -- داده‌پردازی
موضوع	: Remote sensing -- Data processing
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
شناسه افزوده	: Shahid Rajaei Teacher Training University
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۷ ت ۴/ش/ ۷۰/۴ GV
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۶۷۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۵۲۵۱۹۵



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: تفسیر تصاویر سنجش از دور نوری و راداری
ترجمه و تألیف	: دکتر علیرضا شریفی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
ویراستار علمی و ادبی	: دکتر عباس مالیان
نوبت چاپ	: اول - زمستان ۱۳۹۷
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: رجاء نقشینه
چاپ	: شریف
طراح جلد	: مهندس مجتبی باقری
ناظر چاپ	: محمد معتمدی‌نژاد
صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا/ علی رضایی اهوآنویی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۲۵۰,۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۹۶۶۹-۸-۱
	: ISBN: 978-600-99669-8-1

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفان و مترجمان و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۰۶۰ ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: Publish@sru.ac.ir، وب سایت: http://Publish.sru.ac.ir

تقدیم به

انسان‌هایی که بی‌توقع مهربانند.

فهرست مطالب

ح	پیشگفتار مؤلفان
خ	پیشگفتار مترجم

۱ فصل اول – مقدمه‌ای بر سنجش از دور

۳	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ تابش الکترومغناطیس و خواص آن
۵	۱-۲-۱ ماهیت تابش الکترومغناطیسی
۷	۲-۲-۱ منابع تابش الکترومغناطیسی
۱۰	۳-۲-۱ برهمکنش امواج الکترومغناطیس با جو
۱۴	۳-۱ داده مرجع
۱۷	۴-۱ الزامات تعریف یک پروژه موفق سنجش از دور

۲۱ فصل دوم – سنجنده‌های تصویربرداری نوری

۲۳	۱-۲ مقدمه
۲۳	۲-۲ سنجنده‌های چندطیفی
۲۸	۳-۲ سنجنده‌های فراطیفی
۳۲	۴-۲ ویژگی‌های اصلی سنجنده‌های نوری
۳۲	۱-۴-۲ توان تفکیک مکانی
۳۶	۲-۴-۲ توان تفکیک طیفی
۳۷	۳-۴-۲ توان تفکیک رادیومتریک

۳۸	۵-۲ پیش پردازش
۳۸	۱-۵-۲ تصحیح خطای رادیومتریکی
۴۲	۲-۵-۲ تصحیح خطای هندسی

۵۵ فصل سوم - سنجنده‌های تصویربرداری راداری

۵۷	۱-۳ مقدمه
۵۷	۲-۳ عملکرد سامانه رادار تصویربرداری
۵۹	۳-۳ اثر زاویه بر تصویربرداری راداری
۶۰	۴-۳ توان تفکیک مکانی در تصاویر SAR
۶۲	۵-۳ تابیدگی مقیاس در برد مایل
۶۳	۶-۳ جابجایی برجستگی
۶۵	۷-۳ اثر جو
۶۷	۸-۳ نویز لکه
۶۸	۹-۳ تغییرات روشنایی در راستای برد
۷۰	۱۰-۳ زبری و نرمی سطح
۷۲	۱۱-۳ قطبش
۷۳	۱۲-۳ ثابت دی الکتریک
۷۵	۱۳-۳ رادار تداخل سنجی

۷۹ فصل چهارم - تفسیر تصاویر سنجش از دور

۸۱	۱-۴ مقدمه
۸۱	۲-۴ عناصر تفسیر بصری
۸۷	۳-۴ راهنمای تفسیر تصویر

۸۸	۴-۴ مراحل تفسیر تصویر
۹۰	۵-۴ معیار نرخ تفسیر پذیری تصاویر
۹۲	۶-۴ تفسیر تصاویر پانکروماتیک و فروسرخ نزدیک
۱۰۷	۷-۴ تفسیر تصاویر فروسرخ حرارتی
۱۱۱	۸-۴ تفسیر تصاویر چندطیفی
۱۲۱	۹-۴ تفسیر داده‌های فراطیفی
۱۲۴	۱۰-۴ تفسیر تصاویر SAR

۱۳۹

فهرست منابع و مآخذ

۱۴۹

واژه نامه‌ها

۱۶۳

نمایه

پیشگفتار مؤلفان

این کتاب مرجعی برای محققان سنجش از دور و متخصصانی است که کار تفسیر و تحلیل تصاویر ماهواره ای را انجام می دهند. با توجه به کاربرد وسیع دانش سنجش از دور، این کتاب در سطوح مختلف و رشته‌های گوناگون قابل استفاده است. مطالب این کتاب به گونه‌ای مطرح شده است که دانشجویان هر رشته‌ای بتوانند اطلاعات کاملی از سامانه‌های سنجش از دور و کاربردهای فراوان آنها بدست آورند.

به دنبال استقبال خوانندگان از این کتاب، بر آن شدیم تا در چاپ هفتم آن از تصاویر ماهواره‌ای جدیدتر (بویژه تصاویر راداری) استفاده کنیم و تفسیر و تحلیل آنها را در این ویرایش جدید قرار دهیم. از تمام کسانی که ما را در تهیه چاپ هفتم این کتاب یاری نمودند، سپاسگزاریم. مؤلفان این کتاب سابقه طولانی در تدریس رشته سنجش از دور دارند که طی این سالیان مطالب زیادی درباره تفسیر تصاویر ماهواره‌ای آموختیم و آموزش دادیم.

متخصصان سنجش از دوری که با تفسیر دقیق تصاویر ماهواره‌ای مزایای اجتماعی، تجاری و علمی آنها را کشف می‌کنند، قدم‌های بزرگی برای کاربردی سازی علوم فضایی بر می‌دارند. این اکتشافات منجر به نظارت بهتر بر منابع زمینی و نیز درک بهتر از اثرات مخرب عملکرد بشر بر محیط زیست می‌شود.

توماس م. لیل‌سند، رالف و. کیفر، جان‌اتان چیپمن

پیشگفتار مترجم

ایران با سابقه‌ای بیش از چند دهه در زمینه سنجش از دور ماهواره‌ای، یکی از مستعدترین کشورهای آسیا در این زمینه است. استفاده از فن سنجش از دور در ایران از سال ۱۳۵۱ یعنی همزمان با پرتاب اولین ماهواره فناوری منابع زمین (لندست ۱) آغاز گردید. در سال‌های اخیر پرتاب ماهواره‌های متعدد با سنجنده‌های بسیار پیشرفته به لحاظ توان تفکیک مکانی و رادیومتری این علم و فناوری نو را در وضعیتی ویژه قرار داده است. این روند تا جایی پیش رفته که سنجش از دور را به عنوان راه حلی کارآمد در مسائل بسیاری از علوم مطرح کرده است. با تفسیر و پردازش مناسب این تصاویر می‌توان اطلاعات مورد نیاز برای کاربردهای مختلف را استخراج نمود.

خدا را شاکرم که فرصتی نصیب اینجانب نمود تا بتوانم تجربیات ده ساله خود در زمینه سنجش از دور را گردآوری نمایم و با هدف تدوین مجموعه‌ای برای کمک به تفسیر دقیق تصاویر سنجش از دور همراه با ترجمه فصل اول کتاب *Computer Processing of Remotely-Sensed Images* و ترجمه فصول یک، سه، چهار و پنج ویرایش هفتم کتاب *Remote Sensing And Image Interpretation* که هر دو از معتبرترین کتب سنجش از دور چاپ شده توسط انتشارات Wiley هستند، تکمیل نموده و در اختیار علاقه‌مندان به دانش سنجش از دور قرار دهم. هدف از تدوین این کتاب پر کردن بخشی از خلأ بسیار زیاد کتب فارسی در زمینه تفسیر تصاویر سنجش از دور در کشورمان می‌باشد. با توجه به گسترش روزافزون و اهمیت تصاویر ماهواره‌ای در کاربردهای مختلف علوم مهندسی، علوم زمین، محیط زیست و تمامی تخصص‌هایی که با تفسیر و پردازش داده‌های ماهواره‌ای در ارتباط هستند، امیدوارم این کتاب نقش مفیدی در هدایت کاربران این داده‌ها ایفاء نماید.

در تهیه این کتاب سرکار خانم مریم پیران صبورانه با اینجانب همکاری داشته‌اند، که جا دارد از زحمات ایشان قدردانی و تشکر به عمل آید. همچنین از آقای دکتر عباس مالیان که مشوق بنده برای تألیف و تدوین این کتاب بوده‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. هرچند تمامی تلاش خود را برای نگارش دقیق این کتاب نموده‌ام، اما کتاب مذکور عاری از ایراد نیست و از تمامی اساتید و دانشجویان محترم که به موارد ابهام در متن کتاب برخورد می‌کنند، تقاضا دارم به اینجانب گزارش دهند تا در ویرایش‌های آتی تصحیح گردد. لازم به ذکر است در راستای دستیابی به آرمان

"فارسی: زبان دانش" در تألیف این کتاب تا حد امکان مصوبات فرهنگستان زبان و ادب فارسی رعایت شده است.

کتاب حاضر اصول تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در دو حوزه نوری و راداری را مورد بحث قرار داده است. این کتاب از ۴ فصل تشکیل شده است که فصل اول آن به اصول سنجش از دور می‌پردازد. فصل دوم و سوم در برگیرنده اصول تصویربرداری سنجنده های نوری و راداری به همراه روش‌های پیش پردازش تصاویر آنها است. در نهایت در فصل چهارم اصول تفسیر تصاویر ماهواره‌ای بهمراه مثال‌هایی برای فهم بهتر مطالب عنوان شده در کتاب آمده است. در ضمن علاقه‌مندان می‌توانند جهت دریافت تصاویر رنگی به ایمیل a_sharifi@sru.ac.ir پیام داده و آنها را دریافت نمایند.

فصل اول

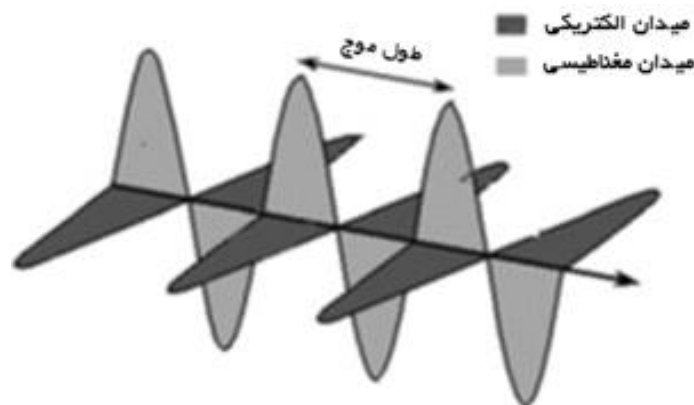
مقدمه‌ای بر سنجش از دور

۱-۱ مقدمه

دانش سنجش از دور شامل تحلیل و تفسیر اندازه‌گیری‌های مربوط به تابش الکترومغناطیسی است که توسط یک جسم، بازتاب و یا ساطع شده و با استفاده از یک ابزار که با آن جسم در تماس مستقیم نیست، اندازه‌گیری می‌شود. در این دانش سعی می‌گردد که بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پدیده‌های موجود بر سطح زمین، سطح اقیانوس و یا در جو ارتباط برقرار شود. پدیده‌های گوناگون، انرژی الکترومغناطیس را با ویژگی‌های مختلف، بازتاب، جذب یا گسیل می‌کنند و یا از خود عبور می‌دهند که این تفاوت‌ها اجازه شناسایی عناصر مختلف را با استفاده از دانش سنجش از دور می‌دهد. سنجنده‌هایی که بر روی هواپیما و یا ماهواره نصب می‌شوند وظیفه اندازه‌گیری شار انرژی بازتابی و یا گسیلی از سطح اجسام را بر عهده دارند.

۲-۱ تابش الکترومغناطیس و خواص آن

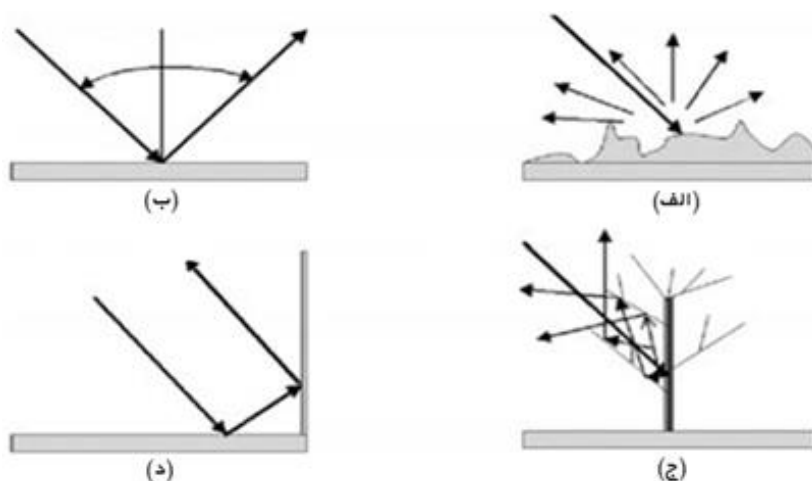
تابش الکترومغناطیس حامل انرژی و شامل دو میدان الکتریکی و مغناطیسی است که هم بر یکدیگر و هم بر مسیر حرکت عمود هستند. مطابق شکل ۱ وضعیت دو میدان الکتریکی و مغناطیسی با قطبش^۱ که می‌تواند عمودی و یا افقی باشد، بیان می‌گردد.



شکل ۱. انرژی الکترومغناطیس شامل دو میدان مغناطیسی و الکتریکی می‌باشد که با یکدیگر زاویه قائم دارند. اگر میدان الکتریکی به حالت عمودی باشد و میدان مغناطیسی به شکل افقی، آنگاه انرژی دارای قطبش عمودی است.

^۱ Polarization

نرخ انرژی انتقالی از یک نقطه به نقطه دیگر به عنوان شار انرژی شناخته می‌شود که بر حسب وات (w) اندازه‌گیری می‌شود. چگالی شار تابشی نشان دهنده مقدار شاری است که از واحد سطح عبور می‌کند. به بیان دیگر چگالی شار، اندازه تابشی است که به واحد سطح وارد و یا از آن خارج می‌شود که واحد آن وات بر متر مربع است. انرژی تابشی که به یک سطح وارد می‌شود را فرتابندگی^۱ می‌نامند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، فرتابندگی پس از برخورد به یک سطح، در تمام جهات پخش^۲ می‌شود.



شکل ۲. انواع مختلف پخش تابش الکترومغناطیسی. (الف) لامبرتین: تابش برخوردی به سطح زمین به طور همگن در تمام جهات پخش می‌شود؛ (ب) آینه‌ای: با برخورد موج به سطح آب، موج در جهت مخالف و به همان میزان زاویه تابش ورودی بازتاب می‌شود؛ (ج) پخش حجمی: شاخه‌ها و برگ‌های گیاهان موجب پخش موج در تمامی جهات می‌شوند؛ (د) بازتاب کننده گوشه‌ای: گوشه‌های ساختمان مانند دو آینه عمود بر هم عمل می‌کنند.

تابندگی عبارت است از میانگین شدت شار تابشی از واحد سطح که از یک زاویه توپر^۳ مشاهده می‌شود (شکل ۳). این زاویه توپر با واحد استرادیان^۴ اندازه‌گیری می‌شود بنابراین واحد تابندگی، وات بر متر مربع بر استرادیان ($w.m^{-2}.sr^{-1}$) خواهد بود. برای حذف تغییرات شار

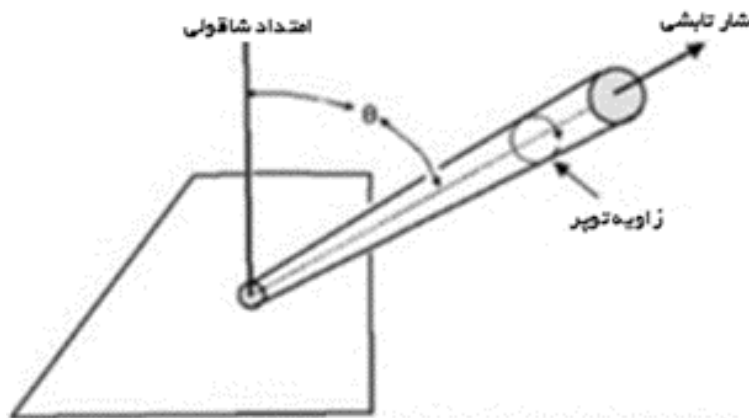
¹ Irradiance

² Diffuse

³ Unit solid angle

⁴ Steradian

تابشی از یک هدف در طول فصول مختلف سال، غالباً مقادیر تابندگی ثبت شده توسط سنجنده به ضریب بازتابندگی^۱ تبدیل می‌شود که عبارتست از نسبت انرژی بازتابی از یک جسم به فرتابندگی آن.



شکل ۳. مفهوم تابندگی.

۱-۲-۱ ماهیت تابش امواج الکترومغناطیس

به کلیه بسامدهای ممکن امواج الکترومغناطیس، طیف الکترومغناطیس گفته می‌شود که شامل امواج بلند رادیویی، فرسرخ، مرئی، فرابنفش، ایکس و گاما می‌باشد (شکل ۴) که با سرعت نور یعنی ۲۹۹۷۹۲۴۵۸ متر بر ثانیه در خلأ منتشر می‌شوند. هر موج الکترومغناطیس با دو مشخصه طول موج (λ) و بسامد (f) مشخص می‌شود و انرژی هر فوتون آن از رابطه $E = h \cdot f$ محاسبه می‌شود که h ثابت پلانک و برابر با $۶/۶۲۶ \times ۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه است. بنابراین امواج با بسامدهای بالا مانند اشعه ایکس دارای انرژی بیشتری نسبت به امواج رادیویی می‌باشند. با توجه به رابطه مستقیم انرژی با خاصیت ذره‌ای موج می‌توان گفت که اشعه گاما با بیشترین مقدار انرژی، دارای بیشترین خاصیت ذره‌ای است و امواج رادیویی با کمترین مقدار انرژی، دارای بیشترین خاصیت موجی است.

^۱ Reflectance