

مبانی فیزیک در

سنجش از دور

و

فناوری ماهواره

چاپ سوم

تألیف:

دکتر محمد رضا مباشری

دانشیار گروه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور

دانشکده نقشه برداری

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

سرشناسه	: مباشری، محمدرضا، ۱۳۳۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره/ تألیف محمدرضا مباشری.
وضعیت ویراست	: ویراست ۳.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۵۹۲ص: مصور، (رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	: ۲۵۰۰۰۰ ریال 978-600-6383-82-8 :
وضعیت فهرست نویسی	: فیا.
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: سنجش از دور
موضوع	: ماهواره ها
موضوع	: فیزیک جوی
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۴/۲/۷۰ GV
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۶۷۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۶۳۳۷۷۶

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره

تألیف: دکتر محمدرضا مباشری عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی نقشه برداری،

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

ویرایش: سوم

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: آبان ۱۳۹۳

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۳۶۸

ISBN: 978-600-6383-82-8

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۸۳-۸۲-۸

چاپ: لیتونقش

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر (عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد،

روبروی ساختمان اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

پیشگفتار

مسئله جهانی شدن بیش از آنکه اقتصاد را تحت تاثیر قرار دهد، بر زندگی مردم تاثیر می‌گذارد. یکی از راه‌های دسترسی به توسعه پایدار و حضور قدرتمند در پهنه اقتصاد جهانی ایجاد شرایط مطلوب برای افزایش بهره‌وری اقتصادی خصوصا در بخش‌های غیردولتی است. افزایش بهره‌وری نیازمند استفاده از اطلاعاتی است که بطور لحظه‌ای در اختیار سطوح مختلف مدیریتی در بخش‌های دولتی و غیردولتی و بنگاه‌های اقتصادی و عامه مردم قرار گیرد. هر چه میزان و سرعت دسترسی به این اطلاعات بیشتر و کیفیت آن بالاتر باشد، تصمیم‌های اخذ شده از ضریب موفقیتی بالاتر برخوردار خواهد بود. در تولید بخش عظیمی از این اطلاعات، بایستی حضور افراد تا حد امکان کاهش یابد تا از هزینه‌ها کاسته شده و در عین حال بر دقت و سرعت افزوده شود. به عنوان مثال در صورتیکه طوفان لحظه‌ای روز دوشنبه ۹۳/۳/۱۳ در تهران برای مدتی طولانی‌تر ادامه می‌یافت شاید به اندازه یک زلزله می‌توانست خسارت ایجاد کند.

بسیاری از این اطلاعات چهار بعدی بوده و به زمان و مکان وابسته‌اند و بایستی بطور همزمان جمع‌آوری شوند. این مهم می‌تواند با استفاده صحیح از فناوری روز به ویژه فناوری سنجش از دور به منصفه ظهور برسد. این فناوری در بسیاری از بخش‌ها بطور مستقیم و یا غیر مستقیم مفید بودن و کارآئی خود را به اثبات رسانیده است. امروزه فناوری سنجش از دور در بخش‌هایی همچون محیط زیست، کشاورزی دقیق، جنگل و منابع طبیعی، شهرسازی، پایش بلایای طبیعی، منابع آبی، آلودگی‌های جوی، برنامه ریزی‌های شهری، ترابری، اسناد و املاک، ارتباطات، پایش اثرات گسترش جمعیت، پایش و نظارت بر مرزها و مسائل امنیتی، آمایش سرزمین، تعیین، پایش و پیش بینی مناطق با پتانسیل شیوع بیماری‌های واگیردار و بسیاری از زمینه‌های دیگر، توانائی خود را بطور چشمگیری در تولید اطلاعات به اثبات رسانیده است. برای استفاده بهینه از این فناوری نیازمند تعریف گرایش‌های بین رشته‌ای و تربیت نیرو در کلیه دانشگاه‌ها و مراکز علمی و پژوهشی کشور هستیم. اهمیت این موضوع با توجه به عضویت کشور در باشگاه فضائی و ساخت و پرتاب ماهواره، بیش از پیش معنی پیدا می‌کند. در این کتاب که چاپ سوم می‌باشد سعی شده است که خوانندگانی که عمدتا از دانشجویانی در سطوح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا تشکیل می‌شوند، با مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره آشنا شوند.

لازم به توضیح است که منابعی جدید که عمدتا ماحصل پژوهش‌های مولف و همکاران وی در فاصله چاپ دوم تا چاپ سوم می‌باشد نیز به مجموعه مراجع اضافه شده است. همچنین لیست

کاملی از مقالات مولف تا این تاریخ نیز در صفحه‌های پایانی کتاب ارائه شده‌است. در مجموع مباحث ارائه شده در این کتاب تا کنون در هیچ مجموعه دیگری خصوصاً در کشور ما بصورت یک‌جا ارائه نشده‌است. این کتاب، حاصل بیش از ۴۳ سال تدریس مولف در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری در دانشگاه‌های داخل و خارج از کشور و همچنین قسمت کوچکی از آن ماحصل پژوهش‌ها و دستاوردهای علمی مولف و همکاران وی می‌باشد. نحوه ارائه مطالب در فصل‌های این کتاب به شرح ذیل است:

در فصل اول، در رابطه با سنجش از دور و تاریخچه و لزوم استفاده از آن توضیحاتی ارائه شده است. فصل دوم به مبانی فیزیک در برهمکنش نور و ماده اختصاص داده شده است. خوانندگانی که قصد ارتقاء دانش خود در علم سنجش از دور را دارند بایستی در درک و فراگیری مطالب این فصل بالاترین سعی خود را بنمایند. بدین معنی که این فصل زیر بنا و مبنای استفاده از این علم در تمامی زمینه‌های کاربردی می‌باشد.

بدون انجام اصلاحات جوی مناسب و دقیق، امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای میسر نخواهد بود. لذا آشنائی با جو و اثر موجودی جو بر امواج الکترومغناطیسی عبوری از آن، از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا در فصل سوم آشنائی با جو و چگونگی جذب امواج الکترومغناطیسی در آن ارائه شده است. فصل چهارم کتاب به مسئله پراکنش نور توسط ذرات معلق در جو (هواویرها) اختصاص داده شده‌است. فصل پنجم کتاب به مبانی فیزیک در برهمکنش امواج الکترومغناطیسی با سطوح اختصاص داده شده است. از آنجا که در سطوح خشکی تنوع مواد و عناصر بسیار زیاد می‌باشد، در این فصل از سطوح آبی استفاده شده‌است. البته این مولف بنا برآن دارد که در تالیفات آتی خود، به برهمکنش سطوح مختلف را با امواج الکترومغناطیسی بصورت کاربردی بپردازد.

فصل ششم به معرفی سکوها و سنجنده‌های مستقر بر ماهواره‌ها اختصاص داده شده‌است. در این فصل سعی شده‌است در رابطه با سنجنده‌هایی که بیشترین کاربرد پژوهشی را دارند، توضیحات بیشتری ارائه شود. معرفی فناوری ریز- ماهواره‌ها، ماهواره‌های جاسوسی و نظامی و ماهواره‌های هواشناسی نیز در این فصل گنجانده شده‌است. همچنین اضافه نمودن برنامه پرتاب ماهواره‌های جدید و سنجنده‌های مستقر بر روی آنها تا سال ۲۰۱۹ میلادی به این فصل از کتاب از دیگر تغییرات چاپ سوم می‌باشد.

در فصل هفتم به تصاویر تولید شده در محدوده باندهای مرئی از سطوح و پدیده‌های آبی پرداخته شده‌است. دلیل استفاده از بهینه‌های آبی، آشنائی با برهمکنش این سطوح با امواج الکترومغناطیسی در فصل پنجم بوده‌است. در همین راستا نیز فصل هشتم به آشنائی با تصاویر تهیه شده در باند فروسرخ اختصاص داده شده‌است. از آنجا که اصول و مبانی برای سطوح با پوشش‌های غیر آبی نیز مشابه است، خواننده می‌تواند پس از کسب اطلاعات کافی و

مهارت استفاده از این اطلاعات در تصاویر، دانش خود را در رابطه با سطوح غیر آبی نیز بکار گیرد.

از آنجا که استفاده از سنجنش‌ازدور در کشاورزی و پوشش‌های گیاهی از اهمیت والایی برخوردار است، در فصل نهم به این مهم پرداخته شده‌است. بالاخره در فصل دهم، آشنایی با مدارهای ماهواره، چگونگی استقرار ماهواره در این مدارها و آشفتگی‌های مداری ممکن به بحث و تجزیه و تحلیل گذاشته شده‌است. با اطلاعاتی که از این کتاب حاصل می‌شود، قادر خواهیم بود که برای یک ماهواره تحقیقاتی- کاربردی از جنبه‌های توانائی‌های سنجنده، مدارمناسب و بخش‌های استفاده کننده از این ماهواره بطور کامل برنامه ریزی کنیم. این مهم در مسئله‌های پایان هر فصل کتاب مد نظر قرار گرفته و کسانی که بتوانند این کتاب را بپایان برسانند قادر به چنین محاسبات و برنامه ریزی‌هایی خواهند بود.

تفاوت این چاپ با چاپ قبلی در اصلاحات و ویرایش‌های ادبی و اضافه نمودن چندین مبحث جدید می‌باشد. این مباحث شامل، قسمت‌هایی از چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور با هدف آشنایی خوانندگان با جایگاه علم و فناوری سنجنش‌ازدور در موفقیت این چشم‌انداز (پیوست ۱)، معرفی مراکز پژوهشی مرتبط با پردازش تصویر در سطح جهان و نوع اندازه‌گیری‌های زمینی مرتبط با این زمینه با هدف آشنایی بیشتر پژوهشگران با عملیات میدانی در سنجنش‌ازدور (پیوست ۲)، پژوهش‌های مرتبط با تامین کتابخانه‌های طیفی و مراکز فعال در این زمینه و در سطح جهان (پیوست ۳)، آشنایی با پژوهش‌های کاربردی و مراکز عمده پژوهش در این زمینه در سطح جهان (پیوست ۴)، تعیین لیست نیازهای تحقیقاتی کشور و اولویت‌دهی آنها در چهار گروه مستقل، گروه اول تا گروه سوم. در این راستا عناوین کلی پژوهشی به‌مراه تعریف مسئله، ضرورت تحقیق، و جامعه کاربر نیز تعریف شده‌است (پیوست ۵). هریک پروژه- هایی که در پیوست ۵ آورده شده‌است می‌تواند مجموعه‌ای از عناوین تحقیقاتی را در خود جای دهد. در اینجا برای هم‌آهنگی در تعریف پروژه‌ها، جلوگیری از تعریف پروژه‌های تکراری، استفاده از نتایج هر پژوهش در پژوهش‌های بعدی، استفاده از داده‌های موجود و بالاخره جهت‌دهی مفید به پروژه‌ها، این مولف در صدد ایجاد پایگاهی مستقل در یکی از دانشگاه‌های کشور می‌باشد که متعاقباً به اطلاع عموم خواهد رساند. لذا لازم است خوانندگان محترم در صورت تمایل، آدرس پست الکترونیکی خود را به این آدرس RemoteSensing.Researchers@gmail.com ارسال نمایند تا اطلاعات پیشرفت کار در اختیارشان قرار گیرد. بالاخره در پیوست (۶)، وضعیت کشور از لحاظ دریافت تصاویر ماهواره- ای تا تاریخ تالیف این کتاب آورده شده‌است. البته اگر اطلاعات این سیاهه کامل نمی‌باشد می‌تواند به این دلیل باشد که ارگانهایی به دلایل خاص اطلاعات لازم را در اختیار قرار نداده- اند. لازم به توضیح است که در تهیه پیوست‌های ۴ تا ۶ از گوشه‌ای از مطالبی که در طرحی تحقیقاتی تحت عنوان "تدوین استراتژی تحقیقات سنجنش‌ازدور" که این مولف با همکاری

آقایان دکتر علوی پناه و دکتر سراجیان از اعضای محترم هیات علمی دانشگاه تهران انجام داده است، استفاده شده است.

در اینجا این مولف در کمال خضوع و فروتنی اعلام می نماید که این اثر مملو از اشتباه های ادبی و علمی بوده که درک آنها از توان وی خارج بوده است. لذا از شما خواننده محترم خاضعانه استعفا دارد، نظرات صائب خود را برای بکارگیری در چاپ های بعدی به آدرس ایمیل mobasheri@kntu.ac.ir در این رابطه مولف پیشاپیش مراتب قدردانی خود را اعلام می نماید.

دکتر محمدرضا مباشری
دانشیار گروه مهندسی سنجش از دور
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

فهرست عناوین

۱	فصل اول: علم سنجش از دور
	فصل دوم: تابش الکترومغناطیسی
۷	مقدمه
۷	طبیعت تابش الکترومغناطیسی
۷	نور چیست؟
۱۱	نور طبیعی
۱۲	شناخت طیف الکترومغناطیسی
۱۸	معادله موج الکترومغناطیسی
۱۹	معادلات حاکم بر برهمکنش نور و ماده
۲۳	امواج همدوس
۲۳	قطبش
۲۶	پراش و شکست امواج
۲۶	اثر داپلر
۲۷	تاریخچه نام گذاری باندهای مختلف
۳۰	اصطلاحات و یکاهای تابش سنجی
۳۰	انرژی تابشی (Q) Radiant Energy
۳۰	شار تابشی $\left(\Phi = \frac{dQ}{dt}\right)$ Radiant Flux
۳۰	چگالی شار Flux Density
۳۱	شدت تابش، تابندگی
۳۶	طبیعت تابش های حرارتی
۳۶	ترمودینامیک کلاسیک
۳۸	تابش جسم سیاه
۴۳	تابش توأمان زمین و خورشید
۴۵	منابع طبیعی تابش
۴۶	قانون کیرشهف
۴۷	گسیلندگی
۵۰	مسائل

فصل سوم: جذب امواج الکترومغناطیسی در جو

۵۷	مقدمه
۵۸	تأثیر گازهای موجود در جو
۶۳	تأثیر یون سپهر
۶۹	معادله انتقال انرژی تابشی
۷۳	عبور اشعه از جو
۷۸	اصلاح عددی اثر جو
۷۸	جذب در ناحیه فرابنفش و مرئی
۸۲	جذب در باند فروسرخ
۹۲	تیرگی جو
۹۷	مسائل

فصل چهارم: پراکنش در جو

۹۹	مقدمه
۱۰۰	تجزیه و تحلیل پیشرفته
۱۰۲	پراکنش از یک ذره منفرد، پراکنش های - پراکنش ریلی
۱۰۸	مجموعه ذرات
۱۱۲	انتقال انرژی یا حضور ذرات معلق در محیط
۱۱۳	تأثیرات تجمیعی ذرات
۱۲۰	مسائل

فصل پنجم: برهم کنش امواج الکترومغناطیسی با سطوح

۱۲۱	مقدمه
۱۲۲	ضریب های بازتاب فرزل
۱۲۶	ثابت دی الکتریک سطوح
۱۳۴	انتقال انرژی در مرز دو محیط
۱۳۶	سطوح ناهموار
۱۳۸	مسائل

فصل ششم: ماهواره ها و سنجنده ها

۱۳۹	مقدمه
۱۴۱	آشنائی با تعاریف مشترک سنجنده ها
۱۴۱	قدرت تفکیک سنجنده

۱۴۱	قدرت تفکیک رادیومتری
۱۴۴	قدرت تفکیک طیفی
۱۴۶	قدرت تفکیک مکانی
۱۴۸	قدرت تفکیک زمانی
۱۴۹	سنجنده های ماهواره ای
۱۴۹	سنجنده های نوری
۱۵۱	سنجنده های تصویربرداری
۱۵۳	سنجنده های عکسبرداری
۱۵۴	سنجنده های پوشش کننده
۱۵۶	سنجنده های میکرو موج (رادار)
۱۵۷	اصول اولیه تصویربرداری راداری
۱۵۷	مزایای سنجنده های میکروموج
۱۵۷	معایب سنجنده های میکروموج
۱۵۸	کاربردهای سنجنده های میکروموج
۱۵۸	آشنائی با ماهواره های عملیاتی
۱۶۰	ماهواره های حامل سنجنده های نوری
۱۶۰	سری ماهواره های NOAA
۱۶۴	ایستگاه های گیرنده NOAA در ایران
۱۶۴	سری ماهواره های Landsat
۱۷۲	سری ماهواره های نیمبوس
۱۷۳	سری ماهواره های SPOT
۱۷۴	ماهواره های EOS Terra
۱۸۰	ماهواره Orbview Quickbird
۱۸۲	ماهواره IKONOS
۱۸۲	سری ماهواره های ERS
۱۸۴	سری ماهواره های IRS
۱۸۸	سری ماهواره های منابع زمینی ژاپنی MOS
۱۸۸	ماهواره مأموریت تهیه نقشه ظرفیت گرمائی
۱۸۹	ماهواره های زیست محیطی عملیاتی زمین آهنگ GOES
۱۹۰	ماهواره EO-1
۱۹۲	ماهواره GeoEye-1
۱۹۴	ماهواره های سنجنش از دور راداری
۱۹۴	ماهواره JERS

۱۹۵	Radarsat
۱۹۸	ریز ماهواره‌ها (Micro-Satellites)
۲۰۷	ماهواره‌های نظامی
۲۱۱	ماهواره‌های جاسوسی (Spy Satellites)
۲۱۳	ماهواره‌های جبران کننده (Gapfiller)
۲۱۳	سایر ماهواره‌های ارتباطی نظامی (MilComSat)
۲۱۵	ماهواره‌های هواشناسی
۲۱۷	لیست کامل ماهواره‌ها از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹
۲۲۷	مسائل

فصل هفتم: مشاهدات با نور مرئی

۲۲۹	مقدمه
۲۳۰	تجهیزات
۲۳۳	مشاهده پدیده‌های اقیانوسی
۲۳۴	مشاهده یخ و برف در اقیانوس
۲۴۰	اندازه‌گیری بادهای سطحی
۲۴۲	رنگ اقیانوس و غلظت کلروفیل
۲۵۰	تأثیر جو بر رنگ اقیانوس
۲۵۷	مشاهدات ماهواره از رنگ اقیانوس
۲۵۹	مسائل

فصل هشتم: مشاهدات با استفاده از فروسرخ

۲۶۱	مقدمه
۲۶۲	تجهیزات
۲۶۸	منابع خطای ناشی از جو
۲۷۱	کاهش تأثیرات جو
۲۷۲	روش ماکزیمم دما
۲۷۳	طول موج دوگانه فروسرخ
۲۷۳	تغییر پذیری فروسرخ
۲۷۴	طول موج دوگانه فروسرخ - مرئی
۲۷۵	تصحیح بخار آب
۲۷۵	تصحیحات تک طول موجی
۲۷۶	تصحیحات دو طول موجی

۲۷۷	تصحیحات چند طول موجی
۲۷۸	خطاهای ناشی از سطح دریا
۲۸۱	اندازه گیریهای ماهواره ای از اقیانوس
۲۸۳	مسائل
	فصل نهم: سنجش از دور پوشش های گیاهی
۲۸۵	مقدمه
۲۸۷	برهم کنش گیاه با طیف الکترومغناطیسی
۲۹۰	شاخص های گیاهی
۲۹۰	شاخص های نشان دهنده ساختار و سبزیگی گیاهان
۲۹۲	شاخص های ساختار و سبزیگی گیاهان با اصلاح اثرات خاک پس زمینه
۲۹۵	شاخص های محتوای آب گیاهان
۲۹۷	شاخص های مرتبط با خصوصیات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی گیاه
۲۹۸	شاخص های رنگدانه برگ ها
۳۰۰	توده گیاهی (بیوماس)
۳۰۲	مسائل
	فصل دهم: مدارهای ماهواره
۳۰۳	مقدمه
۳۰۳	سامانه های مختصات
۳۰۶	حرکت ماهواره های ارتفاع پایین بدور زمین
۳۰۶	ماهواره های با مدار دایره ای
۳۰۸	ماهواره های با مدار بیضوی
۳۱۷	مدارهای ویژه
۳۱۷	مدار زمین آهنگ
۳۱۸	مدار خورشید آهنگ
۳۱۸	مدارهای ماهواره های ارتفاع سنج
۳۲۰	مدارهای تکرار دقیق.
۳۲۱	مدارهای دقیق
۳۲۳	دقت در مدارهای ماهواره
۳۲۵	مسائل

لیست مقالات مولف

۳۴۲

نمایه

۳۴۹

پیوست‌ها

۳۶۱ پیوست ۱: بخش‌هایی از سند چشم‌انداز ۲۰ ساله توسعه کشور

۳۶۳ پیوست ۲: پژوهش‌های مرتبط با پردازش تصاویر

۳۸۵ پیوست ۳: پژوهش‌های مرتبط با تجهیز و تکمیل کتابخانه‌های طیفی

۳۹۱ پیوست ۴: پژوهش‌های مرتبط با تولید اطلاعات کاربردی

۴۸۹ پیوست ۵: مسائل کاربردی، پروژه‌های نمونه

۵۶۳ پیوست ۶: وضعیت کشور از لحاظ دریافت و آرشیو تصاویر ماهواره‌ای