



انتشار امواج ماهواره‌ای

پدیده‌ها، مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری

دکتر محمدرضا کثیری

مهندس رضا بحری

اعضای هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

(مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

سرشناسه	بحری، رضا، ۱۳۵۸
عنوان و نام پدیدآور	انتشار امواج ماهواره ای (پدیده ها، مدل ها و روشهای اندازه گیری)
نویسنده / تألیف	رضا بحری، محمد رضا کشاورزی
مشخصات نشر	تهران: آراد کتاب، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	۲۰۰ ص: مصور
شابک	978-600-186-151-2
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	ماهواره ها
شناسه افزوده	کشاورزی، محمد رضا، ۱۳۵۷
زبان کتاب	الفبا / ۸ الفب / ۳ / ۷۹۶ TL
رده بندی دیسی	۶۲۹/۴۶
شماره ثبت کتاب ملی	۳۵۰۴۰۵۰

انتشار امواج ماهواره ای (پدیده ها، مدلها و روشهای اندازه گیری)

✖ نویسنده: بحری - کشاورزی	✖ ناشر: آراد کتاب
✖ تیراژ: ۲۰۰	✖ تیراژ: ۵۰۰
✖ چاپ: مدیران	✖ قیمت: ۲۴۵۰۰۰ ریال
✖ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۸۶-۱۵۱-۲	✖ ISBN: 978-600-186-151-2

حق چاپ برای پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران) با رعایت به قانون حمایت مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مقرر در ۱۲ ماده محفوظ است و متخلفین تحت پیگرد قانون قرار می گیرند.

با همکاری و حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)

مرکز پخش و فروش:

آراد کتاب تلفن: ۶۶۴۸۲۲۲۶ - ۶۶۹۷۵۲۸۵ - ۰۹۱۲۳۰۶۲۴۵۸

www.aradbook.com

از جمله مولفه‌های مهم و تأثیرگذار در توسعه پایدار و متوازن کشورها، صنایع فضایی و ماهواره‌ها هستند که از آنها به عنوان مولفه قدرت ملت‌ها در قرن جدید نیز یاد می‌شود. این موضوع، باعث بوجود آمدن نقش کلیدی فن‌آوری فضایی در حل مشکلات جهانی شده است. نقش این فن‌آوری در توسعه اقتصادی و اجتماعی از طریق جمع‌آوری اطلاعات صحیح در زمان مقتضی، برای آن دسته از افرادی است که وظیفه تصمیم‌گیری برای مسائلی مربوط به توسعه اجتماعی و اقتصادی کشورها را بر عهده دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است. در زمینه توسعه اقتصادی می‌توان به مواردی نظیر مخابرات (به کارگیری ماهواره برای برقراری تماس‌های تلفنی و انتقال داده در معاملات تجاری و همچنین استفاده از تلویزیون ماهواره برای مفاصل مسیحی و آموزشی، برقراری ارتباط با مناطق دورافتاده جهت بهبود وضع اقتصادی)، درمیان زمین (نظارت بر منابع طبیعی نظیر جنگل‌ها، معادن و منابع آبی توسط ماهواره‌های سنجنده از راه دور)، غنای یک کشور (بروزی‌ترین ابزار مدیریت بر منابع) اشاره کرد. ناوبری، بهداشت، کاربردهای دفاعی و پیش‌بینی اقلیم از دیگر زمینه‌ها و کاربردهای ماهواره است.

کشورهای مختلف جهان به صورت گسترده خود را با همکاری سایر کشورهای صنعتی و برخی دیگر از کشورها، صرفاً به عنوان بهره‌بردار سیستم‌های فضایی، توانسته‌اند حضور خود در فضا را تثبیت نموده و سهمی از فضای مأموریت خود را داشته باشند. جمهوری اسلامی ایران نیز باید آمادگی مواجهه با چالش‌های مربوط به قرن جدید را عرضه فضا داشته باشد تا بتواند ضرورت‌ها و اولویت‌های خود را درک کند و در پیشبرد آنها به‌موقع و در این راستا باید فن‌آوری‌های فضایی به عنوان فن‌آوری‌های قوی، برای افزایش ثروت ملی و رشد اقتصادی و فناوری به‌کار گرفته شوند. مطمئناً عقب‌ماندگی در صنایع فضایی و ماهواره‌ای برای هر کشوری، علمی و بین‌المللی و بی‌شک‌ها، گوناگونی در ابعاد مختلف امنیتی، سیاسی، علمی، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی در پی خواهد داشت. به‌عنوان غیرقابل جبران می‌باشند.

از جمله الزامات مهم در برقراری ارتباط مطمئن در مخابرات ماهواره‌ای، مطالعه نحوه انتشار امواج ماهواره‌ای در باندهای فرکانسی، برای استخراج و ارزیابی پارامترهای مؤثر در کارایی یک ماهواره و ایجاد مدل مناسب برای پیش‌بینی اثرات عوامل مؤثر بر انتشار امواج بر اساس پارامترهای به‌دست آمده، برای مناطق مختلف است. در مسیر انتشار امواج ماهواره‌ای، وجود گازهای جری، بخار آب، مولکول‌های اکسیژن، ابرها، بارش باران، طوفان و مه گرفتگی در لایه‌های مختلف فضا، اعم از تروپوسفر و یونوسفر می‌تواند سبب تضعیف و یا قطع امواج رادیویی انتشاری شوند که به نوبه خود، باعث افت کیفیت یا در برخی موارد عدم دریافت سرویس شود. این پدیده‌های طبیعی، باعث به وجود

آمدن خطاها و مشکلاتی مانند تضعیف، تغییر پلاریزاسیون، محوشدگی، تأخیر و پاشندگی و... در سیگنال شده و کیفیت یک ارتباط ماهواره‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد که اثرات آن‌ها باید به نحو مناسب در بودجه‌بندی و محاسبات لینک ماهواره در نظر گرفته شود.

در سال‌های اخیر، بحث توسعه ارتباطات ماهواره‌ای در کشور ما اهمیت زیادی داشته و پروژه‌های مختلفی در این راستا اجرا شده و یا در حال اجرا هستند. اما متأسفانه در محاسبات لینک‌های ماهواره‌ای از اطلاعات بومی مربوط به اثرات پدیده‌هایی مانند گازهای جوی، بخار آب، مولکول‌های اکسیژن، ابرها، بارش باران، طوفان و مه گرفتگی و... استفاده نمی‌شود. همچنین الگوهای جهانی که برای مدل‌سازی این اثرات وجود دارند هنوز برای مناطق مختلف کشور بومی‌سازی نشده‌اند.

تجربه نشان در راه‌اندازی و بهره‌برداری از پایلوت انتشار امواج ماهواره‌ای که با توجه به امکانات موجود برای این کار در کشور راه‌اندازی و بهره‌برداری شد و همچنین تجربیات کسب شده در سال‌های اخیر در زمینه طراحی، ساخت و بهره‌برداری از محموله‌های مخابراتی ماهواره‌ها و عنایت به نیازی که در این خصوص در جامعه علمی کشور احساس می‌شد، انگیزه اصلی تألیف کتاب حاضر است. بسیاری از محققان و مهندسان در کشور، مانند رویکردهای تحلیلی در ارائه مدل‌ها و روش‌های مدل‌سازی، روش‌های عددی و اجرایی اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای، راه‌اندازی و بهره‌برداری از پایلوت اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای، برای اولین بار در کشور در این کتاب مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. رویکرد مؤلفان در ارائه مطالب کتاب، تحلیلی و آموزشی به گونه‌ای است که فصول مختلف آن قابل استفاده برای کارشناسان، محققان، دانشجویان، صاحب‌نظران و علاقه‌مندان به موضوع انتشار امواج ماهواره‌ای است.

کتاب حاضر در پنج فصل تدوین شده است. در فصل اول لازمی‌های مختلف از زمین تا مدار زمین‌آهنگ، پدیده‌های تأثیرگذار و نمای کلی از اثرات انتشار امواج ماهواره‌ای بیان شده است. در فصل دوم مدل‌های پیش‌بینی اثرات پدیده‌های جوی بر سیگنال ماهواره شامل اثرات پدیده‌هایی مانند باران، برف، کریستال‌های یخی، طوفان‌های خنایی و شنی، گازهای اتمسفری، پراش، خمش موج و تلف ناشی از پهن‌شدگی بیم آنتن، تغییر طول موج موثر مسیر رادیویی و در نهایت سیتیلیشن بررسی می‌شوند. در فصل سوم روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای از جمله سیگنال (روش‌های رادیومتری، راداری و سیگنال بیکس) و هواشناسی ارائه شده است. در فصل چهارم به معرفی پایلوت اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای که برای اولین بار در کشور راه‌اندازی و بهره‌برداری شد معرفی می‌شود. در فصل پنجم نیز استانداردها و کانورهای جهانی مرتبط با انتشار امواج ماهواره‌ای معرفی و ارائه می‌شوند.

در انتها لازم است تا از همکاری صمیمانه آقایان مهندسان حسین یارمحمدی، مجتبی خسروی، سید مهدی مقدسی، حسین مفتولی، محمد محمدی و سرکار خانم مهندس فرخنده کیایی در به نتیجه رسیدن نتایج تحقیقات، تقدیر و تشکر به عمل بیاوریم. همچنین از آقایان مهندس سیدهاشم مداح حسینی، مدیر محترم گروه ارتباطات رادیویی و مخابرات بی سیم، دکتر غلامرضا مرادی، استاد محترم دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مهندس منصور رحمانیان مدیر کل اداره هواشناسی استان البرز و سرکار خانم دکتر برگین توری عضو محترم هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات به ذیل ارائه مشاوره‌های علمی ارزشمند نیز سپاس گزاریم.

بدین جهت، از اندیش اولین پایلوت اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای بدون همکاری صمیمانه شرکت آریین ماهواره در زمینه اندازه‌گیری پارامترهای سیگنال ماهواره و شرکت پارایه در زمینه اندازه‌گیری امواج هواشناسی، امکان‌پذیر نبود که به این وسیله از آقایان مهندس رسول شوییری و مهندس اکبر آری از شرکت آریین ماهواره و آقایان مهندس بهزاد یوسف‌زادی و مهندس محسن عادل‌خانی از شرکت پارایه و سایر کارشناسان محترم که در راه‌اندازی پایلوت اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای کمک و همکاری فنی و اجرایی را داشتند قدردانی می‌شود.

با تشکر

محمد رضا کشاورزی

رضا بحری

Mrkeshavarzi@aut.ac.ir

Raza-bahri@aut.ac.ir

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱۵	فصل اول: جو زمین و پدیده‌های مؤثر بر انتشار امواج ماهواره‌ای
۱۶	۱-۱ بررسی لایه‌های مختلف از زمین تا مدار زمین هنگام
۱۶	۱-۱-۱ اتمسفر زمین
۳۱	۱-۱-۲ مدل‌های استاندارد برای شناسایی لایه یونوسفر و اتمسفر زمین
۲۶	۲-۱ پدیده‌های تأثیرگذار بر انتشار امواج ماهواره‌ای
۳۶	۲-۱-۱ اثرات اتمسفر غیر یونیزه شده
۳۷	۲-۱-۲ اثرات یونوسفر
۳۸	۲-۱-۳ اثرات تروپوسفر
۴۱	۲-۱-۴ مدل‌های طوفان‌های خسی و خاکی
۴۱	۲-۱-۵ دمای
۴۲	۲-۱-۶ اثرات پلاریزاسیون
۴۳	۲-۱-۷ تأخیرهای استاری
۴۳	۲-۱-۸ محدودیت‌های پهنای باند
۴۳	۲-۱-۹ زاویه ورود
۴۵	مراجع
۴۷	فصل دوم: مدل‌های پیش‌بینی اثرات پدیده‌های جوی در سیگنال ماهواره
۴۹	۲-۱ تأثیر بارش‌های جوی، ابر و مه، طوفان‌های خاکی و شبنم بر سیگنال ماهواره‌ای
۴۹	۲-۱-۱ تضعیف باران در باندهای فرکانسی Ku و Ka
۵۵	۲-۱-۲ اهمیت بررسی تضعیف باران و تأثیر آن در طراحی لینک ماهواره‌ای
۵۸	۲-۱-۳ محاسبه تضعیف یک قطره
۶۱	۲-۱-۴ مدل‌های ارائه شده جهت تخمین تضعیف باران
۶۱	۲-۱-۵ مقایسه مدل‌ها
۹۰	۲-۱-۶ اصلاح مدل تضعیف ITU برای مناطق ساحلی با بارش‌های سنگین سالانه
۹۲	۲-۱-۷ تضعیف ناشی از دیگر نزولات جوی
۹۶	۲-۱-۸ تضعیف ناشی از ابر و مه
۹۹	۲-۱-۹ اثر دی‌پلاریزاسیون باران و دیگر نزولات جوی

- ۳-۳ اندازه‌گیری با استفاده از سیگنال بیکن ماهواره
- ۳-۳-۱ اندازه‌گیری سیگنال بیکن
- ۳-۳-۲ خطاهای بالقوه در اندازه‌گیری سیگنال بیکن ماهواره
- ۳-۳-۳ نتایج تجربی و چیدمان اندازه‌گیری توسط سیگنال بیکن
- ۳-۳-۴ اندازه‌گیری همزمان سیگنال بیکن و رادیومتری و چیدمان اندازه‌گیری
- ۳-۳-۵ طرح چیدمان اندازه‌گیری توسط سیگنال بیکن
- ۳-۳-۶ اندازه‌گیری سینتیلیشن با استفاده از سیگنال بیکن
- ۳-۳-۷ اندازه‌گیری دیپلایزاسیون
- ۳-۶ مراجع
- فصل چهارم: روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۴-۱-۱ اندازه‌گیری پارامترهای انتقال ماهواره
- ۴-۱-۱-۱ ماهواره INTELSAT 15
- ۴-۱-۲ مشخصات فنی تجهیزات اندازه‌گیری سیگنال ماهواره
- ۴-۱-۳ نمونه اندازه‌گیری
- ۴-۲-۱ اندازه‌گیری پارامترهای هوائی
- ۴-۲-۲ مشخصات فنی تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای هوائی
- ۴-۳ نرم افزار محاسباتی انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۴-۳-۱ مروری بر نمونه نرم‌افزارهای انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۴-۳-۲ مشخصات نرم‌افزار بومی استاندارد
- ۴-۶ مراجع
- فصل پنجم: استانداردها و کاتوره‌های مرتبط با انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۵-۱ بررسی استانداردهای مرتبط با انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۵-۱-۱ معرفي ITU-R
- ۵-۱-۲ معرفي گروه مطالعاتی انتشار امواج (SG3)
- ۵-۱-۳ توصیه‌نامه‌های عمومی مرتبط با انتشار امواج
- ۵-۱-۴ توصیه‌نامه‌های مرتبط با اثرات تروپوسفر (هوائ صاف) بر انتشار امواج
- ۵-۱-۵ توصیه‌نامه‌های مرتبط با اثرات تروپوسفر (ذرات آبدار) بر انتشار امواج

- ۳۵۳ ۲-۵ بررسی کانتورهای استاندارد برای انتشار امواج ماهواره‌ای
- ۳۵۳ ۱-۲-۵ محتویات ستونی آب مایع ایر (ITU-R P.840-4)
- ۳۵۵ ۲-۲-۵ میانگین دمای سالانه سطح (ITU-R P.1510.0)
- ۳۵۵ ۳-۲-۵ نرخ ریزش باران (ITU-R P.837-5)
- ۳۵۷ ۴-۲-۵ ارتفاع میانگین هم دمای 0°C بالای سطح دریا (ITU-R P.839-3)
- ۳۵۸ ۵-۲-۵ چگالی سطح و محتوای ستونی کل بخار آب (ITU-R P.836)
- ۳۶۲ ۶-۲-۵ جمله رطوبت شکست سطح (ITU-R P.453)
- ۳۶۴ ۷-۲-۵ افزایش طول مسیر (ناشی از شکست ترویسفر) (ITU-R P.834-6)
- ۳۶۶ ۸-۲-۵ دایرمانه نویز رادیویی اتمسفری زمینه (ITU-R P.372)
- ۳۶۸ مایع
- ۳۷۱ دانه