

مهندسی انتشار امواج رادیویی

Radio Waves Propagation Engineering

مهندس حمیده نوری مهتاج

(دانشجوی دکتری مهندسی برق دانشگاه شهید بهشتی تهران)

مهندس شهریار کوزه کنانی

(مدرس سابق گروه برق-مخابرات دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تهران)

جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی

سرشناسه	: نوری مهتاج، حمیده، ۱۳۶۸ -
عنوان و نام پدید آور	: مهندسی انتشار امواج رادیویی /
مشخصات نشر	: حمیده نوری مهتاج، شهریار کوزه کنانی.
مشخصات ظاهری	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی، ۱۴۰۰.
شابک	: ۴۹۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۱۹۵-۶
یادداشت	: فیپا
یادداشت	: ص.ع. به انگلیسی: Hamideh Noori Mahtaj, shahriyar kouzekanani.
یادداشت	: Radio Waves propagation engineering.
موضوع	: کتابنامه.
موضوع	: امواج رادیویی -- Radio waves
موضوع	: امواج رادیویی -- انتشار -- Radio wave -- propagation
موضوع	: مخابرات -- سیستمها -- Telecommunication -- systems
شناسه افزوده	: کوزه کنانی، شهریار، ۱۳۳۰.
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی
رده بندی کنگره	: QC۶۷۶/۴
رده بندی دیویی	: ۵۳۷/۵۳۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۶۵۵۰۰۱
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

مهندسی انتشار امواج رادیویی

تألیف: مهندس حمیده نوری مهتاج، مهندس شهریار کوزه کنانی

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۱۵۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۱۹۵-۶

حق چاپ و نشر محفوظ است.



واحد شهید بهشتی

نشانی: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی - صندوق پستی: ۱۹۸۵۳-۳۷۱

پست الکترونیکی: sbuisba@gmail.com

نمبر: ۲۲۴۳۱۹۳۸

تلفن: ۲۲۴۳۱۹۳۳

www.16book.ir

۱.....	فصل اول مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابراتی.....
۲.....	۱-۱- مقدمه فصل اول.....
۲.....	۲-۱- اجزای مختلف یک سیستم ارتباطی.....
۳.....	۳-۱- محدودیت‌های طراحی یک سیستم ارتباطی.....
۴.....	۴-۱- مدوله‌سازی (تعدیل فرکانس) و مزایای آن.....
۴.....	۴-۱-۱- مدوله‌سازی جهت انتقال کارآمد.....
۶.....	۴-۱-۲- مدوله سازی جهت غلبه بر محدودیت های سخت افزاری.....
۶.....	۴-۱-۳- مدوله‌سازی جهت اختصاص فرکانس.....
۶.....	۴-۱-۴- مدوله‌سازی جهت کاهش نویز.....
۶.....	۴-۱-۵- مدوله‌سازی جهت تسهیم.....
۶.....	۵-۱- اعوجاج - افت - نویز - تداخل.....
۷.....	۵-۱-۱- اعوجاج.....
۹.....	۵-۱-۱-۱- روش مقابله با اعوجاج خطی و مدارات متعادل کننده (متعادل سازی).....
۱۱.....	۵-۱-۱-۲- روش مقابله با اعوجاج غیرخطی و مدارات فشرده-باز، سازی.....
۱۲.....	۵-۱-۲- افت انتقال و دسیبل.....
۱۴.....	۵-۱-۲-۱- سیستم ارتباطی رادیویی در شرایط دید مستقیم.....
۱۶.....	۵-۱-۳- نویز.....
۱۶.....	۵-۱-۳-۱- انواع نویز.....
۱۷.....	۵-۱-۳-۲- انتقال سیگنال رادیویی همراه با نویز.....
۱۸.....	۵-۱-۴- تداخل سیگنال‌ها.....
۱۹.....	تمرینات فصل اول.....
۲۱.....	فصل دوم کلیات و مشخصات عمومی سیستم‌های مخابراتی.....
۲۲.....	۱-۲- مقدمه فصل دوم.....
۲۲.....	۲-۲- مدوله‌سازی‌های آنالوگ و دیجیتال.....
۲۳.....	۳-۲- بررسی ارتباط رادیویی به صورت یک سیستم میان‌گذر.....
۲۳.....	۳-۲-۱- سیستم‌های میان‌گذر.....
۲۵.....	۴-۲- گیرنده‌های رادیویی جهت دریافت سیگنال‌های با مدوله‌سازی مختلف.....
۲۵.....	۴-۲-۱- گیرنده‌های سوپرهتروداین.....
۳۰.....	۵-۲- بررسی عملکرد سیستم های رادیویی با مدوله‌سازی (CW) همراه با نویز.....

۳۱	۲-۵-۱- بررسی عملکرد گیرنده‌های مدوله‌ساز CW همراه با نویز
۳۳	۲-۶- نویز در گیرنده‌های مخابراتی
۳۴	۲-۷- پارامترهای مهم رادیوهای مخابراتی در طراحی یک سیستم ارتباطی رادیویی
۳۶	تمرینات فصل دوم
۳۹	فصل سوم نویز در سیستم‌های رادیویی
۴۰	۳-۱- مقدمه فصل سوم
۴۱	۳-۲- نویز خارجی
۴۱	۳-۲-۱- نویز ناشی از اتمسفر
۴۱	۳-۲-۲- نویزهای خورشیدی
۴۲	۳-۲-۳- نویزهای کیهانی
۴۲	۳-۲-۴- نویز تولید شده توسط بشر
۴۲	۳-۳- منابع نویزهای خارجی
۴۸	۳-۳-۱- بررسی نویز خارجی دریافت شده توسط آنتن گیرنده
۵۰	۳-۴- نویز داخلی آنتن
۵۳	۳-۴-۱- نویز داخلی گیرنده
۵۳	۳-۵- نویز حرارتی در یک مقاومت
۵۴	۳-۵-۱- توان قابل اخذ از منبع نویز حرارتی
۵۶	۳-۶- خصوصیات آماری نویز حرارتی در سیستم‌های رادیویی
۵۷	۳-۷- نویز در مدارهای الکترونیکی
۵۷	۳-۷-۱- نویز پاپ کورن
۵۷	۳-۷-۲- نویز لرزشی
۵۷	۳-۷-۳- نویز فازی
۵۸	۳-۷-۴- نویز کوآنتومی
۵۸	۳-۷-۵- نویز تراگردان
۵۸	۳-۷-۶- نویز حرارتی
۵۸	۳-۷-۶-۱- بررسی نویز حرارتی در یک مدار چهار قطبی (تقویت کننده، فیلتر و ...)
۶۲	۳-۸- روش محاسبه نویز سیستم
۶۲	۳-۸-۱- محاسبه نویز در مدارهای متوالی
۶۴	۳-۸-۲- محاسبه نویز در یک سیستم گیرنده
۶۵	۳-۸-۳- محاسبه نویز یک تضعیف کننده
۶۸	تمرینات فصل سوم
۷۱	فصل چهارم بررسی انتشارات امواج رادیویی
۷۲	۴-۱- مقدمه فصل چهارم

۷۳	۱-۱-۴- امواج الکترومغناطیسی در فضا.....
۷۶	۲-۱-۴- مفاهیم مقدماتی آنتن.....
۸۱	۲-۲-۴- آنتن‌های مبنا و مقدماتی.....
۸۱	۱-۲-۴- آنتن همسانگرد و آنتن جزء طول خطی.....
۸۵	۲-۲-۴- آنتن دو قطبی کوتاه و آنتن دو قطبی نیم موج.....
۸۷	۳-۲-۴- آنتن تک قطبی عمودی.....
۹۰	۴-۲-۴- آنتن حلقه‌ای کوچک.....
۹۲	۳-۴- کلیات انتشار امواج رادیویی.....
۹۲	۱-۳-۴- موج مستقیم.....
۹۳	۲-۳-۴- موج سطحی.....
۹۳	۳-۳-۴- موج زمینی.....
۹۵	۴-۳-۴- موج پراکندگی تروپوسفریک.....
۹۶	۵-۳-۴- موج آسمانی.....
۹۶	۴-۴- سازوکار کلی انتشار امواج رادیویی.....
۹۶	۱-۴-۴- انتشار امواج در فضای آزاد به صورت مستقیم.....
۱۰۰	۲-۴-۴- محیط‌هایی از نوع هادی غیر کامل.....
۱۰۱	۳-۴-۴- انتشار امواج رادیویی در محیط‌های هادی غیر کامل.....
۱۰۴	۵-۴- انعکاس امواج رادیویی از سطح زمین.....
۱۰۹	۶-۴- اعوجاج حاصل از انتشار امواج رادیویی (اصول طراحی لینک‌های رادیویی با پارامترهای متغیر نسبت به زمان).....
۱۱۰	۷-۴- تابع تضعیف و روش طراحی لینک‌های رادیویی با پارامترهای متغیر با زمان.....
۱۱۱	۸-۴- باندهای مختلف رادیویی و مشخصات عمومی آنها.....
۱۱۲	۹-۴- انتشار امواج زمینی (خصوصیات الکتریکی سطح زمین).....
۱۱۳	۱-۹-۴- معادله‌ی کلی انتشار امواج رادیویی در مجاورت سطح زمین.....
۱۱۴	۲-۹-۴- ملاحظات عملی در آنتن‌های مرتفع و کوچک.....
۱۱۷	۳-۹-۴- انتشار امواج زمینی روی یک سطح صاف با استفاده از آنتن‌های فرستنده و گیرنده مرتفع.....
۱۲۳	۱۰-۴- کاربرد معادلات تداخل در تعیین الگوی آنتن‌ها.....
۱۲۵	۱۱-۴- تأثیر سطح زمین بر روی مشخصه پوششی ایستگاه‌های رادار زمینی.....
۱۲۸	۱۲-۴- انتشار امواج سطحی.....
۱۲۹	۱-۱۲-۴- بررسی شرایط مرزی تقریبی.....
۱۳۱	۲-۱۲-۴- حل معادلات انتشار امواج رادیویی در مجاورت زمین.....
۱۳۴	۳-۱۲-۴- خصوصیات میدان دریافتی در انتشار امواج سطحی.....
۱۴۱	۴-۱۲-۴- انتشار امواج سطحی روی سطوح غیر یکنواخت.....
۱۴۶	۱۳-۴- نویز در سیستم‌های رادیویی (MF)، (LF) و (VLF).....
۱۴۷	۱۴-۴- بررسی تأثیر انحنای سطح زمین در انتشارات امواج رادیویی دید مستقیم.....

۱۴-۱-۱۴۸	موازدی جهت بررسی معادلات انتشار موج (در شرایط تداخل) برای انحنای سطح زمین
۱۵۳	۱۵-۴- انتشار امواج رادیویی روی سطح یکنواخت و کروی زمین
۱۵۵	۱۵-۴-۱- محاسبات مربوط به تعیین شدت میدان الکتریکی در ناحیه سایه و نیم سایه درباند USW
۱۵۷	۱۵-۴-۲- بررسی حجم مؤثر در انتقال امواج رادیویی
۱۶۱	۱۵-۴-۳- شرایط برقراری ارتباط با دید مستقیم از روی تپه‌ها و موانع طبیعی
۱۶۳	۱۵-۴-۴- انتشار امواج رادیویی در شرایط دید مستقیم روی یک سطح ناهموار
۱۶۵	۱۵-۴-۵- تعیین حدود سطح مؤثر زمین در انعکاس امواج رادیویی
۱۶۸	۱۵-۴-۶- انتشار امواج رادیویی از روی لبه‌های تیز در مسیر انتشار
۱۸۱	تمرینات فصل چهارم
۱۸۵	فصل پنجم تروپوسفر
۱۸۶	۱-۵- مقدمه فصل پنجم
۱۸۸	۲-۵- بررسی تأثیر تروپوسفر در انتشار امواج زمینی (خصوصیات عمومی تروپوسفر)
۱۸۸	۱-۲-۵- ضریب انکسار تروپوسفر
۱۹۰	۲-۲-۵- تأثیر تروپوسفر در انتشار امواج زمینی
۱۹۱	۳-۵- شعاع مؤثر زمین
۱۹۴	۴-۵- روش تهیه برگه نمودار الگو
۱۹۶	۵-۵- بررسی تأثیر تغییرات تروپوسفر در انتشار امواج در مجاورت سطح زمین
۱۹۷	۶-۵- حالات مختلف انکسار امواج توسط تروپوسفر
۱۹۹	۷-۵- وضعیت ایجاد شرایط مافوق انکسار
۲۰۰	۱-۷-۵- انتشار امواج رادیویی در شرایط مافوق انکسار
۲۰۲	۸-۵- افت امواج رادیویی در تروپوسفر
۲۰۲	۱-۸-۵- جذب امواج رادیویی توسط ذرات باران و مه
۲۰۴	۲-۸-۵- جذب امواج رادیویی توسط ملکول‌های هوا
۲۰۵	۳-۸-۵- افت ناشی از پراکندگی توسط مولکول‌های هوا
۲۰۶	۴-۸-۵- افت ناشی از ذرات موجود در اتمسفر
۲۰۶	۹-۵- سیستم‌های ارتباط رادیویی راه دور از طریق پراکندگی تروپوسفریک
۲۱۰	۱-۹-۵- محاسبه زاویه پراکندگی
۲۱۲	۲-۹-۵- محاسبه قدرت متوسط دریافتی در ارتباطات تروپوسفریک
۲۱۲	۳-۹-۵- بهره آنتن‌های فرستنده و گیرنده
۲۱۳	۴-۹-۵- محاسبه افت ناشی از پراکندگی
۲۱۳	۵-۹-۵- افت فضای آزاد مسیر
۲۱۴	۶-۹-۵- محاسبه افت ناشی از کوپلر آنتن با محیط
۲۱۶	۱۰-۵- تغییرات سطح سیگنال دریافتی در ارتباطات با پراکندگی تروپوسفریک

۲۱۷	۵-۱۰-۱- تغییرات آرام (دراز مدت).....
۲۲۰	۵-۱۰-۲- تغییرات سریع (کوتاه مدت).....
۲۲۳	۵-۱۱-۱- طراحی سیستم‌های رادیویی با استفاده از پدیده پراکندگی امواج در فضا.....
۲۲۳	۵-۱۱-۱- سیستم‌های پراکندگی یونسفریک.....
۲۲۵	۵-۱۱-۲- سیستم‌های مخابراتی انفجار شهابی.....
۲۲۷	۵-۱۲- بررسی محوشدگی در انتشارات امواج رادیویی و مبحث گوناگونی.....
۲۲۹	۵-۱۲-۱- بررسی مدل ساده محوشدگی‌های سریع (بررسی مدل انتشار دو مسیری).....
۲۳۲	۵-۱۲-۲- بررسی مدل محوشدگی رایلی در انتشار امواج.....
۲۳۸	۵-۱۲-۳- بررسی مدل محوشدگی ریشن.....
۲۴۲	۵-۱۲-۴- نمودار احتمالاتی رایلی.....
۲۴۴	۵-۱۲-۵- زمان تداوم محوشدگی‌های چند مسیری.....
۲۴۸	۵-۱۲-۶- بررسی خصوصیات آماری سیگنال به نویز دریافتی در محل گیرنده (در یک کانال با محوشدگی رایلی).....
۲۴۹	۵-۱۳- روش گوناگونی در ارتباطات رادیویی.....
۲۵۱	۵-۱۳-۱- روش‌های مختلف ترکیب سیگنال‌های دریافتی در سیستم‌های گوناگونی.....
۲۵۳	۵-۱۳-۲- محاسبه بهره گوناگونی در روش‌های مختلف.....
۲۵۵	۵-۱۳-۳- سیستم گوناگونی انتخابی.....
۲۵۶	۵-۱۳-۴- سیستم گوناگونی نسبت بیشینه.....
۲۵۹	ضمیمه فصل پنجم کاربرد توابع آماری و اصول نظری احتمال در انتشارات امواج رادیویی.....
۲۶۰	۵-پ-۱- کاربرد توابع آماری و اصول نظری احتمالات در انتشارات امواج رادیویی.....
۲۶۱	۵-پ-۱-۱- تابع توزیع تجمعی (CDF).....
۲۶۲	۵-پ-۱-۲- تابع توزیع احتمال (PDF).....
۲۶۲	۵-پ-۲- کمیات معرف مقادیر متغیرهای آماری.....
۲۶۲	۵-پ-۲-۱- مقدار میانگین.....
۲۶۲	۵-پ-۲-۲- مقدار متوسط (میان).....
۲۶۲	۵-پ-۲-۳- متوسط مجذور مقادیر (ریشه دوم میانگین حسابی) (RMS).....
۲۶۳	۵-پ-۲-۴- واریانس.....
۲۶۳	۵-پ-۲-۵- تبدیل متغیرهای تصادفی.....
۲۶۳	۵-پ-۲-۶- چگالی احتمال مشترک.....
۲۶۴	تمرینات فصل پنجم.....
۲۶۷	فصل ششم سیستم‌های ارتباط رادیویی مایکروویو.....
۲۶۸	۶-۱- مقدمه فصل ششم.....
۲۶۹	۶-۲- طراحی مسیر سیستم مایکروویو (LOS).....

بسمه تعالی

سلام و درود خداوند بر حضرت محمد (صلی الله علیه و آله) خاتم پیامبران و خاندان مطهر ایشان.

در اواخر دهه شصت، جناب آقای مهندس شهریار کوزه کنانی، به دعوت تعدادی از استادان رشته مهندسی برق دانشکده فنی دانشگاه تهران، آقایان دکتر ناصر رضائی، دکتر فرخ آرزوم و دکتر صفی الدین صفوی نائینی، عهده‌دار تدریس درس شبکه‌های رادیویی (انتشار امواج) در این دانشکده گردیدند. ایشان عناوین سر فصل‌های این درس و کتاب‌های مرجعی را که از طرف ستاد انقلاب فرهنگی برای آن در نظر گرفته شده بود مطالعه نمودند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که هیچ کتاب مرجعی که تمامی عناوین مورد نظر را پوشش دهد، موجود نمی‌باشد و هریک از این مراجع به طور جداگانه تنها بخشی از مطالب مرتبط با این درس را بیان می‌کنند. لذا تصمیم گرفتند که با تلفیق مطالب این سر فصل‌ها از کتب مختلف، جزواتی به زبان فارسی و با بیان خویش تهیه نمایند تا دانشجویان متقاضی، مشکلی جهت در اختیار داشتن مطالب آموزشی لازم نداشته باشند.

پس از گذشت سال‌ها از اجرای این برنامه، سرکار خانم مهندس حمیده نوری مهتاج، آمادگی خود را جهت تکمیل و به روز رسانی مطالب موجود در این جزوات^۱ و آماده کردن آنها از هر جهت به عنوان یک کتاب جامع برای چاپ اعلام نموده و در این مسیر با استقبال و همکاری قابل تقدیر آقای مهندس کوزه کنانی مواجه گردیدند.

این اقدام ایشان به این دلیل بود که در سال‌های اخیر و همگام با مطالعه متون مخابراتی مختلف جهت آمادگی در سپری کردن دوره‌ای از مراحل دانشجویی خویش و همچنین در طول پژوهش‌ها و تحقیقات دانشگاهی خود در زمینه مهندسی برق مخابرات، به خصوص جهت آشنایی و بررسی شبکه‌های رادیویی و طراحی آنها، همچنین در زمینه انتشار امواج رادیویی و مخابرات ماهواره‌ای، با نیاز شدیدی به کتابی مرجع به زبان فارسی که پاسخگوی سؤالات ایشان و سایر دانشجویان در زمینه‌های مذکور باشد رو برو گردیده بودند. در همین برهه زمانی بود که با برخی مطالب گردآوری شده توسط استاد بزرگوار جناب آقای شهریار کوزه کنانی برخورد کردند که به صورت جزواتی بخش بخش و غیر منسجم در اغلب دانشگاه‌ها توسط برخی استادان برجسته تدریس می‌گردید. محتوای جالب این مطالب ایشان را برآن داشت تا به گردآوری کلیه اطلاعات مذکور به هر طریق ممکن و پذیرش سختی‌های جانبی پرداخته و جهت اصلاح علمی، مطابقت دادن آنها با کتب تألیفی مرتبط با انتشار امواج رادیویی و همچنین تکمیل و در نهایت ویرایش آنها اقدام نماید، تا در نهایت تلاش‌های شبانه روزی ایشان منتج به کتاب پیش رو گردد.

الگوی درونی، علمی و نگارشی این کتاب بر مبنای سر فصل‌های اعلام شده توسط وزارت فرهنگ و آموزش عالی شورای عالی برنامه ریزی برای درسی با عنوان (تئوری انتشار امواج) می‌باشد که در نهایت این کار همگام با مطالعه و بررسی مجدد و دقیق مراجع فراوان، منتج به کتبی گردید که جلد اول آنها تحت عنوان (مهندسی انتشار امواج رادیویی) به زبان شیرین فارسی و همراه با راهنمای لغات مندرج در پاورقی‌ها جهت دسترسی آسان و سریع دانش‌پژوهان به تعبیر، لغات و عبارات اصلی و تخصصی انگلیسی پدید آمد. این اثر همچنین دارای جدول (عنوان و توضیح نماد متغیرها، توابع و اعداد ثابت موجود در متن)^۱ با ترتیب قرار گرفتن فرمول‌های مرتبط با این کمیات داخل متن کتاب و نیز به همراه واحد سنجش متغیر مذکور می‌باشد که به درک مفاهیم تخصصی کتاب سرعت عمل می‌بخشد. این اثر پس از سال‌ها زحمت و تلاش مداوم مؤلفان و

^۱ Notation list

تحمل سختی‌های جانبی، تقدیم شما بزرگواران فعال در حوزه مهندسی برق شامل استادان فرهیخته، دانشجویان محترم و مهندسین بزرگوار می‌گردد.

خداوند را بسیار سپاس گزاریم که ما را در انجام این مهم یاری فرمود. از شما بزرگواران خواستار ارسال نظرات، انتقادات و پیشنهادات ارزشمندتان، جهت بهبود هرچه بیشتر این کتاب، به آدرس اینترنتی زیر هستیم.

Propagation.Engineering@gmail.com

<https://sites.google.com/view/propagation-engineering>

مؤلفان کتاب

www.ketab.ir