



مخابرات ماهواره‌ای

(سرویس‌های متحرک، سرویس‌های تلویزیون دیجیتال، سرویس‌های اینترنت و ATM مبتنی بر ماهواره)

ویرایش چهارم

تالیف:

دنيس رادى

ترجمه:

سيد امير اصغرى

(دکترى مهندسى کامپيوتر دانشگاه صنعتى اميرکبير)

امير مهدى رضايى

(دانشجوى دکترى دانشگاه صنعتى شريف)

نياز دانش

۱۳۹۲

Roddy, Denis	: رادی، دنیس، ۱۹۳۱ - م.	سرشناسه
	: مخابرات ماهواره‌ای / تألیف: دنیس رادی؛ ترجمه امیر مهدی رضایی؛ سید امیر اصغری.	عنوان و نام پدیدآور
	: تهران، نیاز دانش، ۱۳۹۲.	مشخصات نشر
	: ۶۴۰ ص، مصور، جدول، نمودار.	مشخصات ظاهری
ISBN: 978-600-6481-51-7	: ۲۳۵۰۰۰ ریال	شابک
	: فیپا	وضعیت فهرست‌نویسی
Satellite communication, 4 th ed, 2006.	: عنوان اصلی:	یادداشت
	: کتابنامه.	یادداشت
	: نمایه.	یادداشت
	: ماهواره‌های مخابراتی	موضوع
	: مهدی رضایی، امیر، ۱۳۶۳، مترجم	شناسه افزوده
	: اصغری، سیدامیر، ۱۳۶۳، مترجم	شناسه افزوده
	: TK5104/2م3 1392	رده‌بندی کنگره
	: ۶۲۱/۳۸۲۵	رده‌بندی دیویی
	: ۳۲۴۶۶۸۶	شماره کتابشناسی ملی



نیاز دانش	: مخابرات ماهواره‌ای / ویراست چهارم	نام کتاب
	: دنیس رادی	نویسنده
	: امیر مهدی رضایی / سید امیر اصغری	مترجمان
	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس	مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ
	: کیانا آرین	طراح جلد
	: نیاز دانش	ناشر
	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش	صفحه‌آرا
	: گنجینه	لیتوگرافی / چاپ
	: اول - ۱۳۹۲	نوبت چاپ
	: ۵۰۰	شمارگان
	: ۲۳۵۰۰۰ ریال	قیمت

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۸۱-۵۱-۷ ISBN:978-600-6481-51-7

هر گونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متغلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

تماس با انتشارات: ۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵-۰۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۶۶۴۷۸۱۰۶-۰۲۱

www.Niye-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۰۲۱۰۶۷۰۹ - ۰۹۱۲

مقدمه مؤلف

همانند ویرایش‌های قبلی، در ویرایش چهارم نیز سعی شده است که علی‌رغم پوشش گسترده مباحث مخابرات ماهواره‌ای، برای مطالعات پیشرفته‌تر مطالب تا حد امکان عمیق‌تر ارائه شوند. از ریاضیات به‌عنوان ابزار توصیفی برای فراهم کردن نتایج استفاده شده است، ولی تا حد امکان از استخراج روابط ریاضی پیچیده پرهیز شده است. در حل مسائل عددی و مثال‌ها از نرم‌افزار *MathcadTM* استفاده شده است، ولی مثال‌های متن به‌گونه‌ای ارائه شده است، که از دیگر برنامه‌ها و ماشین‌حساب‌های قابل برنامه‌ریزی نیز بتوان استفاده کرد.

تغییرات اصلی این ویرایش نسبت به ویرایش‌های قبلی به این صورت می‌باشد. در فصل اول بخش مربوط به ماهواره‌های *INTELSAT* و قطب‌گرد محیطی و جستجو و نجات، به‌روز شده است. مدارهای همگام با خورشید در فصل دوم با جزئیات بیشتری بیان شده‌اند. در فصل ۶ بخش جدیدی راجع به آنتن‌های صفحه‌ای و آرایه‌ای، شامل آرایه‌های بازتابنده و سوئیچینگ آرایه اضافه شده است. در فصل ۸ جزئیات بیشتری از دریافت باند-*C* سیگنال‌های تلویزیونی ارائه شده است. در فصل ۱۱، توصیف دقیق‌تری از کدهای بلوکی خطی ارائه شده است، و بخش جدیدی راجع به ظرفیت شانون و کدهای چک توازن کم‌چگالی (*LPDC*) اضافه شده است. در فصل ۱۲ بخش جدیدی مربوط به لینک‌های بین‌ماهواره‌ای (*ISL*)، شامل لینک‌های نوری ارائه شده است. برای ارائه جزئیات بیشتری از شبکه‌ها و عملکرد مد انتقال ناهمگام (*ATM*)، فصل ۱۵ دوباره نوشته شده است. فصل ۱۶ تلویزیون کیفیت‌بالا (*HDTV*) را با جزئیات بیشتری پوشش داده است، و در فصل ۱۷ سیستم ماهواره سیار ایریدیوم، که هم‌اکنون دارای مالکیت جدیدی است، توصیف شده است.

در عصر حاضر که ملاحظات امنیتی بالایی در نظر گرفته می‌شود، به‌دست آوردن اطلاعات فنی دقیق راجع به سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای و تجهیزات مربوطه کار دشواری است. بنابراین از افراد و سازمان‌های زیر که نسخه‌هایی از مقالات فنی و شکل‌ها را برای مباحث کتاب فراهم نمودند، باید تشکر و قدردانی کرد:

آنتن‌های صفحه‌ای، آرایه‌ای، آرایه بازتابنده و سوئیچینگ آرایه: ژاکلین آدامس، *Battelle/GLITec*؛ دکتر لوئیجی بوچیا، دانشگاه کالابریا؛ توماس جی براویاک، مدیر بخش بازاریابی *Aeroflex/KDI-Integrated*؛ دکتر مایکل پارس، آسکور، سنت پترزبورگ، روسیه؛ هارمیش پاتل، بخش رادار آزمایشگاه تحقیقاتی ناو؛ پروفیسور دیوید پوزار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه ماساچوست در امبرست؛ دکتر باب رومانفسکی، شاخه آنتن و میکروویو و سیستم‌های نوری، مرکز تحقیقاتی ناسا در گلن؛ دکتر پتر شروک، انتشارات وب‌مستر، *JPL*.
ATM: ویلیام دی. ایوانچیچ، مرکز تحقیقات گلن، مرکز تحقیقات لویس، ناسا؛ دکتر پتیا تودوروا، انستیتو فرانهورف *FOKUS*، برلین.

کدهای توربو و LPDC: دکتر آلستر جی. بر، پروفیسور مخابرات، دانشکده الکترونیک، دانشگاه یورک؛ تونی سامرز، مهندس ارشد، *Comtech AHA*.

HDTV: کتی فایربریس، مسئول اطلاعات، *JEE*، لندن، بریتانیا.

INTELSAT: تراویس اس تیلور، بخش مخابرات، ایتیلست، واشنگتن.

سیستم ایریدیوم: لیز دکاسترو، مدیر مخابرات، شرکت ماهواره‌ای ایریدیوم.

کازپس-سارست: چریل برتوریا، مسئول عملیات اساسی، مدیریت کازپس-سارست، لندن، بریتانیا و هانا برمودز از کازپس و سارست.

همچنین از ویرایش سوم، از دکتر هنری درایور، مؤسسه علوم کامپیوتری برای محاسبات موقعیت جئودتیک فصل دوم تشکر می‌شود. همچنین از خواندگانی که پیشنهاداتی برای تصحیح، اضافه شدن و بهبود مطالب داشته‌اند تشکر می‌شود. علی‌رغم تلاش حاصل، در متن این کتاب قطعا خطاهایی وجود دارد، بنابراین از خوانندگان عزیز درخواست می‌شود تا در صورت مشاهده چنین خطاهایی از طریق آدرس پست الکترونیکی droddy@tbayel.com نویسنده را مطلع سازد.

تیم ویرایشی انتشارات *McGraw-Hill* تلاش بسیاری برای چاپ ویرایش چهارم داشته‌اند: بنابراین لازم است تا از استیو چپمن، ویرایشگر، کمک ویرایشگر دیانا متینگلی و مدیر پروژه گیتا رامان، به‌خاطر کمک‌هایشان سپاسگزارم.

دنيس رادى

خليج تندر، اُنتاريو

مقدمه مترجمین

تکنولوژی بی سیم در حال تبدیل شدن به یک قطب قدرتمند ارتباطی است که تنوعی از سرویس‌های مختلف را ارائه می‌دهد. تلفن‌های موبایل، سرویس‌های ماهواره‌ای مختلف و هم‌اکنون، اینترنت و شبکه‌های ناحیه محلی بی سیم، تنوعی از این گوناگونی تکنولوژی بی سیم هستند که با گذشت مدت زمان کوتاهی، مطرح شده‌اند. یکی از پرکاربردترین شاخه‌های مخابرات بی سیم، مخابرات ماهواره‌ای است، که مزیت‌های مختلفی از جمله امکان برقراری مخابرات راه دور را فراهم می‌کند. در چند دهه اخیر پیشرفت سیستم‌های ماهواره‌ای سریع‌تر شده و لزوم مطالعه این سیستم‌ها بیشتر احساس می‌شود. این کتاب با محوریت سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای، یک سری از موضوعات کلیدی این سیستم‌ها را در قالب فصل‌های مختلف ارائه می‌کند.

فصل اول این کتاب به بررسی کلی سیستم‌های مخابراتی ماهواره‌ای و معرفی سیستم‌های کاربردی موجود می‌پردازد و نمایی کلی از این سیستم‌های ارتباطی را به تصویر می‌کشد. در فصل دوم، قوانین حرکت ماهواره‌ها، مدارهای ماهواره‌ای و روش‌های پرتاب ماهواره‌ها، به همراه پارامترهای معرفی کننده مدار ماهواره‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. در فصل سوم این کتاب، مدار زمین ساکن که پرکاربردترین مدار ماهواره‌ای می‌باشد، معرفی می‌شود. فصل چهارم به معرفی انتشار امواج رادیویی می‌پردازد. در این معرفی، اختلال‌های انتشاری ناشی از عوامل طبیعی مختلف نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. فصل پنجم بطور خاص به بحث قطبش می‌پردازد و نحوه برخورد با آن را به تصویر می‌کشد. در فصل ششم بر روی آنتن‌ها تمرکز می‌شود و انواع آنتن‌ها و کاربردهای هر یک از آن‌ها معرفی می‌شوند. در فصل هفتم این کتاب به بررسی بخش فضایی سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای پرداخته می‌شود. در این بررسی، زیرسیستم‌های مختلفی که در سامانه‌های فضایی مطرح هستند همانند زیرسیستم کنترل حرارت، زیرسیستم کنترل توان و زیرسیستم ایستگاه زمینی معرفی می‌شوند. فصل هشتم کتاب به بررسی بخش زمینی سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای می‌پردازد. در فصل نهم این کتاب به بررسی سیگنال‌های آنالوگ پرداخته می‌شود. مباحثی همچون کانال‌های تلفنی و مدولاسیون‌های فرکانسی در

این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند. فصل دهم به بررسی سیگنال‌های دیجیتال می‌پردازد. در این فصل، مباحثی همچون سیگنال‌های باندپایه و مدولاسیون کد پالس بررسی می‌شوند. در فصل یازدهم به بررسی کدینگ کنترل خطا پرداخته شده و کدهای مختلفی که در ارتباطات سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای جهت تشخیص و تصحیح خطا مورد استفاده می‌شوند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. فصل دوازدهم به بررسی لینک فضایی می‌پردازد. اتلاف‌های انتقال در سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند و روابط مربوط به محاسبات بودجه توان لینک معرفی می‌شوند. در فصل سیزدهم، بطور خاص به بحث تداخل در ارتباطات ماهواره‌ای پرداخته می‌شود و انواع سناریوهای تداخل بررسی می‌شود. فصل چهاردهم به بررسی روش‌های دسترسی در سیستم‌های ارتباطات ماهواره‌ای می‌پردازد. روش‌های دسترسی چندگانه مختلفی در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند. در فصل پانزدهم به بررسی ماهواره‌ها در شبکه‌های ارتباطی پرداخته می‌شود. مفاهیم پایه شبکه در ارتباطات ماهواره‌ای در این فصل معرفی شده و سپس به بررسی شبکه‌های ATM و معماری TCP/IP در سیستم‌های ارتباطی ماهواره‌ای پرداخته می‌شود. در فصل شانزدهم به بررسی تلویزیون ماهواره‌ای بخش مستقیم پرداخته شده و در انتها، در فصل هفدهم به بررسی سرویس‌های متحرک و خاص ماهواره‌ای پرداخته می‌شود.

کتاب سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای پروفیسور رادی، یکی از کتاب‌های ارزشمند در زمینه ارتباطات و مخابرات و بطور خاص در حوزه مخابرات ماهواره‌ای است. این کتاب می‌تواند مرجع مناسبی برای دانشجویان رشته‌های مهندسی برق، مهندسی ارتباطات و فناوری اطلاعات (ICT)، مهندسی کامپیوتر در مقاطع مختلف کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری و همچنین سازمان‌های مرتبط با مباحث ارتباطات ماهواره‌ای باشد. مبتنی بر این اهمیت، سعی شده است تا این کتاب تا حد امکان با بیانی سلیس به زبان فارسی برگردانده شده و در اختیار دانشجویان و بطور کل، مخاطبین علاقمند قرار گیرد. علی‌رغم سعی انجام شده در بهینه بودن کتاب ترجمه شده پیش‌رو، کماکان ممکن است نقایصی در آن وجود داشته باشد و یا اینکه ممکن است در برخی از موارد، ترجمه جایگزینی که مخاطب، مد نظر دارد، از ترجمه ارائه شده، در تفهیم مطلب، کارا تر باشد. لذا خواهشمندیم، نقطه نظرات ارزشمند خود را پیرامون این کتاب به آدرس پست الکترونیک زیر ارسال نمایید.

mehdirezaei@ee.sharif.edu

seyyed_asghari@aut.ac.ir

با تشکر از تمامی شما هموطنان عزیز

فهرست مطالب

فصل ۱ مروری بر سیستم‌های ماهواره‌ای..... ۱۱	فصل ۳ مدار زمین‌ساکن..... ۸۳
۱-۱ مقدمه..... ۱۱	۱-۳ مقدمه..... ۸۳
۲-۱ تخصیص فرکانس سرویس‌های ماهواره‌ای..... ۱۲	۲-۳ زوایای دید آنتن..... ۸۴
۳-۱ INTELSAT..... ۱۴	۳-۳ آنتن نصب شده قطبی..... ۹۰
۴-۱ U.S Domsats..... ۲۱	۴-۳ محدوده قابل رویت..... ۹۳
۵-۱ ماهواره‌های قطب‌گرد..... ۲۵	۵-۳ مدارهای تقریباً زمین‌ساکن..... ۹۵
۶-۱ سیستم Argos..... ۲۸	۶-۳ خسوف زمینی ماهواره..... ۹۸
۷-۱ کازپس-سارست..... ۲۹	۷-۳ قطع ارتباط در عبور خورشیدی..... ۹۹
مسائل و تمرین‌ها..... ۳۵	۸-۳ پرتاب به مدارها..... ۱۰۰
	مسائل و تمرین‌ها..... ۱۰۵
فصل ۲ مدارها و روشن‌های پرتاب..... ۳۷	فصل ۴ انتشار امواج رادیویی..... ۱۰۹
۱-۲ مقدمه..... ۳۷	۱-۴ مقدمه..... ۱۰۹
۲-۲ قانون اول کپلر..... ۳۷	۲-۴ تلفات اتمسفری..... ۱۰۹
۳-۲ قانون دوم کپلر..... ۳۸	۳-۴ اثرات یونسفر..... ۱۱۰
۴-۲ قانون سوم کپلر..... ۳۹	۴-۴ تضعیف باران..... ۱۱۲
۵-۲ تعاریف اصطلاحات ماهواره‌ها در مدار زمین..... ۴۰	۵-۴ دیگر اختلالات انتشاری..... ۱۱۶
۶-۲ عناصر مداری..... ۴۳	مسائل و تمرین‌ها..... ۱۱۷
۷-۲ ارتفاع اوج و حضیض..... ۴۴	
۸-۲ اغتشاشات مداری..... ۴۶	فصل ۵ قطبش..... ۱۱۹
۱-۸-۲ تاثیرات غیر کروی بودن زمین..... ۴۶	۱-۵ مقدمه..... ۱۱۹
۲-۸-۲ کشش اتمسفری..... ۵۰	۲-۵ قطبش آنتن..... ۱۲۴
۹-۲ مدارات متمایل..... ۵۱	۳-۵ قطبش سیگنالهای ماهواره‌ای..... ۱۲۷
۱-۹-۲ تقویم‌ها..... ۵۲	۴-۵ تمایز قطبش متقاطع..... ۱۳۲
۲-۹-۲ زمان جهانی..... ۵۴	۵-۵ قطبش‌زدایی یونسفری..... ۱۳۴
۳-۹-۲ تاریخ‌های ژولیان..... ۵۵	۶-۵ قطبش‌زدایی باران..... ۱۳۵
۴-۹-۲ زمان نجومی..... ۵۷	۷-۵ قطبش‌زدایی یخ..... ۱۳۷
۵-۹-۲ صفحه مداری..... ۵۸	مسائل و تمرین‌ها..... ۱۳۸
۶-۹-۲ سیستم مختصات استوایی-زمین‌مرکز..... ۶۲	
۷-۹-۲ مختصات ایستگاه زمینی برحسب فریم IJK..... ۶۴	فصل ۶ آنتن‌ها..... ۱۴۱
۸-۹-۲ سیستم مختصات افق-مکان‌مرکز..... ۶۸	۱-۶ مقدمه..... ۱۴۱
۹-۹-۲ نقطه زیرماهواره..... ۷۱	۲-۶ قضیه هم‌پاسخی برای آنتنها..... ۱۴۲
۱۰-۹-۲ پیش‌بینی موقعیت ماهواره..... ۷۳	۳-۶ سیستم‌های مختصات..... ۱۴۳
۱۰-۲ زمان خورشیدی میانگین محلی و مدارهای هم‌زمان با خورشید..... ۷۳	۴-۶ میدان‌های تشعشع یافته..... ۱۴۴
۱۱-۲ زمان استاندارد..... ۷۶	۵-۶ چگالی شار توان..... ۱۴۷
مسائل و تمرین‌ها..... ۷۷	

فصل ۸ بخش زمینی	۲۳۹	۶-۶ تشعشع کننده همسانگرد و بهره آنتن	۱۴۸
۱-۸ مقدمه	۲۳۹	۷-۶ الگوی تشعشعی	۱۴۹
۲-۸ سیستم‌های تلویزیونی فقط دریافت خانگی	۲۳۹	۸-۶ زاویه فضایی پرتو و سمت‌گرایی	۱۴۹
۱-۲-۸ واحد بیرونی	۲۴۲	۹-۶ روزنه موثر	۱۵۲
۲-۲-۸ واحد داخلی تلویزیون آنالوگ	۲۴۳	۱۰-۶ دوقطبی نیم‌موج	۱۵۳
۳-۸ سیستم تلویزیونی با آنتن مرکزی	۲۴۴	۱۱-۶ آنتن‌های روزنه‌ای	۱۵۵
۴-۸ سیستم تلویزیونی آنتن اجتماعی	۲۴۴	۱۲-۶ آنتن‌های بوقی	۱۵۹
۵-۸ ایستگاه‌های زمینی ارسال-دریافت	۲۴۶	۱-۱۲-۶ آنتن‌های بوقی مخروطی	۱۵۹
مسائل و تمرین‌ها	۲۵۱	۲-۱۲-۶ آنتن‌های بوقی هرمی	۱۶۲
		۱۳-۶ بازتابنده سهموی	۱۶۲
		۱۴-۶ تغذیه آفست	۱۶۸
فصل ۹ سیگنال‌های آنالوگ	۲۵۳	۱۵-۶ آنتن‌های بازتابنده دوتایی	۱۷۰
۱-۹ مقدمه	۲۵۳	۱-۱۵-۶ آنتن کاسگرین	۱۷۱
۲-۹ کانال تلفنی	۲۵۳	۲-۱۵-۶ آنتن گریگوریان	۱۷۱
۳-۹ تلفن تک‌باند کناری	۲۵۴	۱۶-۶ سیستم‌های بازتابنده شکل‌یافته	۱۷۲
۴-۹ تلفن FDM	۲۵۶	۱۷-۶ آرایه‌ها	۱۷۵
۵-۹ تلویزیون رنگی	۲۵۸	۱۸-۶ آنتن‌های صفحه‌ای	۱۸۰
۶-۹ مدولاسیون فرکانس	۲۶۵	۱۹-۶ آرایه‌های صفحه‌ای	۱۸۵
۱-۶-۹ محدودکننده‌ها	۲۶۶	۲۰-۶ آرایه‌های بازتابنده	۱۹۰
۲-۶-۹ پهنای باند	۲۶۶	۲۱-۶ سوئیچینگ آرایه	۱۹۳
۳-۶-۹ نویز و بهره پردازش آشکارساز FM	۲۶۹	مسائل و تمرین‌ها	۱۹۶
۴-۶-۹ نسبت سیگنال-به-نویز	۲۷۱		
۵-۶-۹ پیش‌تاکید و تاکیدزدایی	۲۷۳	فصل ۷ بخش فضایی	۲۰۱
۶-۶-۹ توزین نویز	۲۷۵	۱-۷ مقدمه	۲۰۱
۷-۶-۹ S/N و پهنای باند انتقال تلفنی FDM/FM	۲۷۵	۲-۷ تامین توان	۲۰۱
۸-۶-۹ نسبت سیگنال-به-نویز برای TV/FM	۲۷۸	۳-۷ کنترل گرایش	۲۰۵
مسائل و تمرین‌ها	۲۷۹	۱-۳-۷ پایدارسازی ماهواره‌های چرخشی	۲۰۷
		۲-۳-۷ پایدارسازی با چرخ تکانه‌ای	۲۱۰
فصل ۱۰ سیگنال‌های دیجیتال	۲۸۳	۴-۷ حفظ ایستگاه	۲۱۱
۱-۱۰ مقدمه	۲۸۳	۵-۷ کنترل حرارتی	۲۱۴
۲-۱۰ سیگنال‌های باند پایه دیجیتال	۲۸۳	۶-۷ زیر سیستم TT&C	۲۱۴
۳-۱۰ مدولاسیون کد پالس	۲۸۸	۷-۷ ترانسپوندرها	۲۱۶
۴-۱۰ مالتی پلکسینگ تقسیم‌زمانی	۲۹۲	۱-۷-۷ گیرنده باند پهن	۲۱۹
۵-۱۰ نیازمندی‌های پهنای باند	۲۹۴	۲-۷-۷ دی‌مالتی پلکسر ورودی	۲۲۰
۶-۱۰ سیستم‌های حامل دیجیتال	۲۹۷	۳-۷-۷ تقویت کننده توان	۲۲۲
۱-۶-۱۰ کلیدزنی شیف-فاز دودویی	۲۹۹	۸-۷ زیر سیستم آنتن	۲۲۸
۲-۶-۱۰ کلیدزنی شیف-فاز ربعی	۳۰۱	۹-۷ Morelos و Satmex 5	۲۳۰
۳-۶-۱۰ نرخ و پهنای باند انتقال مدولاسیون PSK	۳۰۳	۱۰-۷ ماهواره‌های Anik	۲۳۳
۴-۶-۱۰ نرخ خطای بیت برای مدولاسیون PSK	۳۰۴	۱۱-۷ فضایی‌های پیشرفته Tiros-N	۲۳۵
۷-۱۰ مدارات بازیابی حامل	۳۰۹	مسائل و تمرین‌ها	۲۳۷
۸-۱۰ بازیابی زمانبندی بیت	۳۱۱		
مسائل و تمرین‌ها	۳۱۲		

۳۷۲	۱-۸-۱۲	عقب‌رفتگی خروجی	۳۱۵	فصل ۱۱	کدینگ کنترل خطا
۳۷۳	۲-۸-۱۲	خروجی TWTA ماهواره	۳۱۵	۱-۱۱	معرفی
۳۷۴	۹-۱۲	تأثیرات باران	۳۱۶	۲-۱۱	کدهای بلوکی خطی
۳۷۵	۱-۹-۱۲	حاشیه محو باران در لینک بالاسو	۳۲۱	۳-۱۱	کدهای چرخشی
۳۷۶	۲-۹-۱۲	حاشیه محو باران در لینک پایین سو	۳۲۲	۱-۳-۱۱	کدهای همینگ
۳۷۹	۱۰-۱۲	نسبت C/N مرکب لینک بالاسو و پایین سو	۳۲۲	۲-۳-۱۱	کدهای BCH
۳۸۱	۱۱-۱۲	نویز بین‌مدولاسیون	۳۲۳	۳-۳-۱۱	کدهای رید-سولومون
۳۸۴	۱۲-۱۲	لینک‌های بین ماهواره‌ای	۳۲۵	۴-۱۱	کدهای کانولوشن
۳۹۲		مسائل و تمرین‌ها	۳۲۸	۵-۱۱	جاگذاری
۳۹۷		فصل ۱۳	۳۲۸	۶-۱۱	کدهای الحاقی
۳۹۷	۱-۱۳	مقدمه	۳۳۰	۷-۱۱	پارامترهای لینک که تحت تأثیر کدینگ قرار می‌گیرند
۳۹۹	۲-۱۳	تداخل بین مدارهای ماهواره	۳۳۲	۸-۱۱	بهره کدینگ
۴۰۱	۱-۲-۱۳	لینک پایین سو	۳۳۲	۹-۱۱	دیکدینگ تصمیم سخت و نرم
۴۰۲	۲-۲-۱۳	لینک بالاسو	۳۳۵	۱۰-۱۱	ظرفیت شانون
۴۰۳	۳-۲-۱۳	[C/I] مرکب لینک‌های بالاسو و پایین سو	۳۳۷	۱۱-۱۱	کدهای توربو و LDPC
۴۰۳	۴-۲-۱۳	تابع بهره آنتن	۳۴۰	۱-۱۱-۱۱	کدهای LDPC
۴۰۵	۵-۲-۱۳	تداخل باندعبور	۳۴۳	۱۲-۱۱	درخواست تکرار خودکار
۴۰۶	۶-۲-۱۳	مشخصه انتقال گیرنده	۳۴۵		مسائل و تمرین‌ها
۴۰۷	۷-۲-۱۳	ارزیابی عینی تداخل	۳۴۹	فصل ۱۲	لینک فضایی
۴۰۸	۸-۲-۱۳	نسبت حفاظت	۳۴۹	۱-۱۲	مقدمه
۴۰۹	۳-۱۳	گسترش انرژی	۳۴۹	۲-۱۲	توان تشعشی همسانگرد معادل
۴۱۱	۴-۱۳	هماهنگی	۳۵۱	۳-۱۲	تلفات انتقال
۴۱۱	۱-۴-۱۳	سطوح تداخل	۳۵۱	۱-۳-۱۲	انتقال فضای آزاد
۴۱۳	۲-۴-۱۳	بهره انتقال	۳۵۲	۲-۳-۱۲	تلفات تغذیه‌کننده
۴۱۴	۳-۴-۱۳	افزایش دمای نویز	۳۵۳	۳-۳-۱۲	تلفات عدم تنظیم آنتن
۴۱۵	۴-۴-۱۳	معیار هماهنگی	۳۵۴	۴-۳-۱۲	تلفات ثابت جو و یونسفر
۴۱۶	۵-۴-۱۳	چگالی طیفی توان نویز	۳۵۴	۴-۱۲	رابطه بودجه توان لینک
۴۱۷		مسائل و تمرین‌ها	۳۵۵	۵-۱۲	نویز سیستم
۴۲۱		فصل ۱۴	۳۵۷	۱-۵-۱۲	نویز آنتن
۴۲۱	۱-۱۴	مقدمه	۳۵۸	۲-۵-۱۲	دمای نویز تقویت‌کننده
۴۲۲	۲-۱۴	دسترسی منفرد	۳۵۹	۳-۵-۱۲	تقویت‌کننده‌های آبخاری
۴۲۳	۳-۱۴	FDMA پیش‌تخصیص یافته	۳۶۰	۴-۵-۱۲	ضریب نویز
۴۲۷	۴-۱۴	FDMA تخصیص برحسب تقاضا	۳۶۱	۵-۵-۱۲	دمای نویز شبکه‌های تلفاتی
۴۲۹	۵-۱۴	سیستم Spade	۳۶۳	۶-۵-۱۲	دمای نویز کل سیستم
	۶-۱۴	عملکرد پهنای باند محدود شده و توان محدود شده تقویت‌کننده TWT	۳۶۴	۶-۱۲	نسبت حامل به نویز
۴۳۱	۱-۶-۱۴	تحلیل لینک پایین سوی FDMA	۳۶۶	۷-۱۲	لینک بالاسو
۴۳۴	۷-۱۴	TDMA	۳۶۶	۱-۷-۱۲	چگالی شار اشباع
۴۳۹	۱-۷-۱۴	داده قطاری مرجع	۳۶۸	۲-۷-۱۲	عقب‌رفتگی ورودی
۴۴۰	۲-۷-۱۴	مقدمه و انتها	۳۶۹	۳-۷-۱۲	HPA ایستگاه زمینی
			۳۷۰	۸-۱۲	لینک پایین سو

۱۲-۱۵	اتصالات TCP شکافتی	۴۴۲	۳-۷-۱۴	بازیابی حامل
۱۳-۱۵	کانال‌های نامتقارن	۴۴۳	۴-۷-۱۴	همزمان‌سازی شبکه
۱۴-۱۵	سیستم پیشنهادی	۴۴۷	۵-۷-۱۴	آشکارسازی کلمه یکتا
۵۲۶	مسائل و تمرین‌ها	۴۴۹	۶-۷-۱۴	داده ترافیک
۱۶	فصل ۱۶ تلویزیون ماهواره‌ای پخش مستقیم	۴۵۰	۷-۷-۱۴	بازدهی فریم و ظرفیت کانال
۱-۱۶	مقدمه	۴۵۱	۸-۷-۱۴	پیش تخصیص یافته TDMA
۲-۱۶	فاصله مداری	۴۵۴	۹-۷-۱۴	TDMA تخصیص یافته برحسب تقاضا
۳-۱۶	رتبه توان و تعداد ترانسپوندرها	۴۵۴	۱۰-۷-۱۴	درون بایی و پیش بینی گفتار
۴-۱۶	فرکانس‌ها و قطبش	۴۵۹	۱۱-۷-۱۴	تحلیل لینک پایین سو برای انتقال دیجیتال
۵-۱۶	ظرفیت ترانسپوندر	۱۲-۷-۱۴	۱۲-۷-۱۴	مقایسه نیازمندی‌های توان لینک بالاسو
۶-۱۶	نرخ بیت‌های تلویزیون دیجیتال	۴۶۰		برای TDMA و FDMA
۷-۱۶	استانداردهای فشرده‌سازی MPEG	۸-۱۴	۸-۱۴	پردازش سیگنال روی -یورد برای عملکرد FDMA/TDM
۸-۱۶	تصحیح خطای پیشرو	۴۶۳	۹-۱۴	۹-۱۴ TDMA سوئیچ شده -ماهواره‌ای
۹-۱۶	واحد بیرونی گیرنده خانگی	۴۷۱	۱۰-۱۴	۱۰-۱۴ دسترسی چندگانه تقسیم -کد
۱۰-۱۶	واحد درونی گیرنده خانگی	۴۷۳	۱-۱۰-۱۴	۱-۱۰-۱۴ طیف گسترده دنباله -مستقیم
۱۱-۱۶	تحلیل لینک پایین سو	۴۷۳	۲-۱۰-۱۴	۲-۱۰-۱۴ سیگنال کد $c(t)$
۱۲-۱۶	لینک بالاسو	۴۷۷	۳-۱۰-۱۴	۳-۱۰-۱۴ اکتساب و ردیابی
۱۳-۱۶	تلویزیون کیفیت بالا	۴۷۹	۴-۱۰-۱۴	۴-۱۰-۱۴ گسترده‌سازی و فشرده‌سازی طیف
۱-۱۳-۱۶	نمایشگرهای HDTV	۴۸۰	۵-۱۰-۱۴	۵-۱۰-۱۴ برون دهی CDMA
۱۴-۱۶	پهنای باند فرکانسی ویدئو	۴۸۳		مسائل و تمرین‌ها
۵۵۷	مسائل و تمرین‌ها			
۱۷	فصل ۱۷ سرویس‌های متحرک و خاص ماهواره‌ای	۴۹۱		فصل ۱۵ ماهواره‌ها در شبکه‌ها
۱-۱۷	مقدمه	۴۹۱	۱-۱۵	۱-۱۵ معرفی
۲-۱۷	سرویس‌های متحرک ماهواره‌ای	۴۹۲	۲-۱۵	۲-۱۵ پهنای باند
۳-۱۷	VSAT‌ها	۴۹۲	۳-۱۵	۳-۱۵ مبانی شبکه
۴-۱۷	رادارست	۴۹۴	۴-۱۵	۴-۱۵ مد انتقال ناهمگام
۵-۱۷	سیستم ماهواره‌ای موقعیت یاب جهانی	۴۹۵	۱-۴-۱۵	۱-۴-۱۵ لایه‌های ATM
۶-۱۷	Orbcomm	۴۹۶	۲-۴-۱۵	۲-۴-۱۵ شبکه‌های ATM و واسطه‌ای آن
۷-۱۷	Iridium	۴۹۷	۳-۴-۱۵	۳-۴-۱۵ سلول ATM و سرآیند آن
۵۸۲	مسائل و تمرین‌ها	۴۹۹	۴-۴-۱۵	۴-۴-۱۵ سوئیچینگ ATM
۵۸۵	پیوست الف - پاسخ به مسائل انتخابی	۵۰۰	۵-۴-۱۵	۵-۴-۱۵ مدارات مجازی دائمی و سوئیچ شده
۵۹۱	پیوست ب - مقاطع مخروطی	۵۰۰	۶-۴-۱۵	۶-۴-۱۵ پهنای باند ATM
۶۰۷	پیوست ج - عناصر مداری دوخطی ناسا	۵۰۳	۷-۴-۱۵	۷-۴-۱۵ کیفیت سرویس
۶۰۹	پیوست د - لیست ماهواره‌ها	۵۰۴	۵-۱۵	۵-۱۵ ATM بر روی ماهواره
۶۱۱	پیوست ه - نمایش ضرایب بین مدولاسیونی مرتبه سوم	۵۱۱	۶-۱۵	۶-۱۵ اینترنت
۶۱۳	اختصارات	۵۱۳	۷-۱۵	۷-۱۵ لایه‌های اینترنت
۶۱۷	واژه نامه فارسی به انگلیسی	۵۱۵	۸-۱۵	۸-۱۵ لینک TCP
۶۲۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی	۵۱۷	۹-۱۵	۹-۱۵ لینکهای ماهواره‌ای و TCP
۶۳۷	نمایه	۱۰-۱۵	۱۰-۱۵	۱۰-۱۵ بهبود TCP بر روی کانال‌های ماهواره‌ای با استفاده از مکانیزم‌های استاندارد
		۵۱۸		۵۱۸
		۵۲۰		۱۱-۱۵ RFC‌ها