

طراحی و تحلیل سیستم‌های

پیشرفته مخابراتی ماهواره

(با معرفی Satellite Mobile)

مؤلف: مهندس امین علی آبادی

(کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات)

با همکاری:

مهندس وحیده خادم حسینی (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق-الکترونیک)

مهندس مریم نعمتی (کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات)

و زهره (آناهیتا) رضائی

عنوان و نام پدیدآور: طراحی و تحلیل سیستم‌های پیشرفته مخابراتی ماهواره/
امین علی‌آبادی... [و دیگران].

مشخصات نشر: ملایر: کبریا، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری: ۴۷۰ ص.

شابک: ۸-۳۳-۵۶۸۱-۶۰۰-۹۷۸

یادداشت: نویسندگان امین‌علی‌آبادی، وحیده خادم‌حسینی، مریم‌نعمتی و
زهره رضایی.

شناسه انروده: علی‌آبادی، امین، ۱۳۶۲.

موضوع: ماهواره‌های مخابراتی

موضوع: مخابرات

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۳۸۴۵

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۱ ۸ ط ۴ TK 5104



طراحی و تحلیل سیستم‌های پیشرفته مخابراتی ماهواره

مؤلفین: امین علی‌آبادی، وحیده خادم‌حسینی، مریم‌نعمتی و زهره (آناهیتا) رضایی.

ناشر: انتشارات کبریا

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۱

چاپخانه: معراج

تیراژ: ۷۰۰

قیمت: ۸۵۰۰ تومان

شابک: ۸-۳۳-۵۶۸۱-۶۰۰-۹۷۸

مرکز پخش: ملایر، چهار راه خیتام، پاساژ قصر نور. انتشارات امیرکبیر.

تلفن: ۰۸۵۱-۲۲۵۵۶۰۷

تلفن: ۰۸۵۱-۲۲۱۱۱۴۵

کلیه‌ی حقوق چاپ و نشر، محفوظ و مخصوص ناشر است و هرگونه کپی‌برداری و
نقل مطالب بدون اجازه‌ی ناشر پیگرد قانونی دارد.

سخن مولفان

بعد از تالیف کتاب موفق و بسیار جدید *فرازی، بینه‌سازی و کنترل توان در شبکه‌های موبایل با سرنی موبایل‌های نسل*

سوم و چهارم، افتخاری دیگر نصیب اینجانب شد تا کتابی با سطحی بالاتر در زمینه مهندسی برق-مخابرات را به رشته تحریر و تالیف در آورم. هر دو اثر در ایران نمونه فارسی نداشته و در دانشگاه‌های ایران به صورت زبان اصلی؛ آن هم در بعضی از دانشگاه‌ها تدریس می‌شود. هدف از تالیف کتاب *"فرازی و تحلیل سیستم‌های پیشرفته مخابراتی ماهواره"* کمک به دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشکده‌های مهندسی برق، هوا فضا و ... کشور و نیز کمک به متخصصین و مهندسیین صنعت فضایی ایران اسلامی جهت مطالعه بیشتر و آشنایی با این سیستم‌ها می‌باشد شاید کمکی هر چند کوچک در راستای این علم برداشته باشیم.

جهان ارتباطات

ارتباطات واژه‌ای که امروز به هیچ نوع مروری محدود نمی‌شود، بی شک آن‌چه امروز صنعت مخابرات و به طور کلی ارتباطات را دستخوش تغییرات و پیشرفت‌های لحظه‌ای کرده وابسته بودن این علم به انسان‌ها و نه کره زمین بلکه کهکشان‌ها و کرات دیگر می‌باشد. انسان‌ها در بدو حضور در این جهان پهناور با استفاده از صداها، چوب، دود و آتش و ... سعی به برقراری ارتباط داشتند؛ این درحالی بود که می‌خواستند این ارتباط در عین اسانی به دورترین فواصل نیز امکان‌پذیر باشد. به جرات می‌توان گفت همان دود و آتش امروز ارتقا یافته و به ابزاری چون موبایل‌ها، ماهواره، اینترنت و ... تبدیل شده است و به گونه‌ای اجداد ابزار پیشرفته‌ای که امروزه از آن‌ها استفاده می‌نمائیم همین دود و آتشی می‌باشد که انسان‌های نخستین از آن‌ها برای برقراری ارتباط استفاده می‌کردند.

وقتی پنجاه سال پیش برای اولین بار شخصی روسی به نام یوری گاگارین پای به فضا نهاد هیچ تا قبل از این اتفاق فکرش را نمی‌کرد که چنین امری ممکن باشد. و بعدها نیز این سفرها در طی ماموریت‌های مخلف چه موفق و چه ناموفق دستخوش تجربیاتی شد که حاصلش را امروز مشاهده می‌نمائید.

حال در زیر به توضیح مختصری از تاریخچه ماهواره و نیز بیان تعاریفی در این شاخه می‌پردازیم:

ماهواره یا قمر مصنوعی^۱

ماهواره یا قمرمصنوعی، به دستگاه‌های ساخت بشر گفته می‌شود که در مدارهایی در فضا به گرد زمین یا سیارات دیگر می‌چرخند. اهمیت ماهواره‌ها برای مخابرات و بررسی منابع زمینی و پژوهش و کاربردهای نظامی و جاسوسی روزافزون است. بخشی از پژوهش‌های علمی و تخصصی که در آزمایشگاه‌های مستقر در فضا انجام می‌شود، هرگز نمی‌توانست روی کره زمین جنبه عملی به خود بگیرد.

تاریخچه ماهواره

ظاهراً نخستین اشاره به ماهواره در ادبیات، نوشته‌ای از ادوارد اورت هیل است. او در سال ۱۸۶۹ در داستانی بنام «ماه آجری» از ماهواره‌ای حامل انسان نام می‌برد که به دور زمین می‌گردد. ژول ورن نیز در داستان «میلیون‌های گم» در سال ۱۸۷۹ از گلوله توپی نام می‌برد که بطور ناخواسته در مدار زمین به گردش درآمده است. کنستانتین سیولخوسکی نیز در رساله خود بنام «اکتشاف فضای کیهانی با وسائل عکس‌العملی» در میان انبوهی از اندیشه‌های نو در مورد فضاوردی، از ماهواره نیز نام می‌برد. در سال ۱۹۴۵ آرتور سی. کلارک نویسنده داستان‌های علمی، برای اولین بار پیشنهاد کرد که ماهواره‌های ارتباطی برای تأمین ارتباط در سراسر زمین در مدار زمین‌هم‌زمان کره زمین قرار گیرند.

ایده استفاده از ماهواره‌های ساخت دست بشر، برای اولین بار در پایان جنگ جهانی دوم بر سر زبان‌ها افتاد. دانشمندان و ریاضی‌دان و نویسنده مشهور انگلیسی آرتور سی کلارک Arthur C Clarke یکی از بزرگ‌ترین خالقان داستان‌های تخیلی، برای اولین بار پیشنهاد قرار دادن یک ماهواره ارتباطی را در مدار ژئوسنکرون زمین Geostationary Orbit یا مدار کلارک که در فاصله تقریباً ۳۶۰۰۰ کیلومتری سطح زمین و بالای خط استوا (جایی که قابلیت دسترسی به تقریباً ۴۰٪ سطح زمین در آن مکان وجود دارد) قرار دارد، را جهت پوشش سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی را داد.

ماهواره‌ای که در مدار ژئوسنکرون زمین و در بالای خط استوا و هماهنگ با سرعت زمین و با زاویه‌ای ثابت، حرکت می‌کند، قسمت مشخصی از سطح زمین را بطور ثابت پوشش می‌دهد. از یک ایستگاه زمینی نیز بصورت یک نقطه ثابت، قابل رویت است. ماه، خورشید و دیگر ستارگان و سیارات منظومه شمسی باعث تاثیرگذاری بروی ماهواره در مدار خود می‌شود که احتمال جابجایی از مکان خود را دارد. برای جلوگیری از این مسئله، موتورهای مخصوصی که بوسیله ایستگاه‌های زمینی کنترل می‌شوند، کمک می‌کنند که ماهواره‌ها در مکان خود ثابت باقی بمانند.

جهت برقراری ارتباط از یک ایستگاه زمینی، معمولاً احتیاج به یک دیش بزرگ که به نام Uplink Antenna معروف است، می‌باشد و باعث تمرکز اطلاعات ارسالی به ماهواره می‌شود. در ارتباط بین ماهواره و ایستگاه زمینی معمولاً از دو نوع موج و فرکانس متفاوت استفاده می‌شود. یکی برای

Uplink و دیگری برای Downlink. دیش نصب شده بروی ماهواره، سیگنال ارسالی از ایستگاه زمینی را دریافت کرده و به یک دستگاه گیرنده می‌رساند و پس از یک سری پردازش، به فرستنده ماهواره انتقال می‌دهد و از طریق آنتن فرستنده ماهواره، مجدداً به سمت زمین باز تابش داده می‌شود.

سیگنال ارسالی به سطح زمین، بوسیله دیش‌های معمولی، دریافت و جمع‌آوری شده و به دستگاه گیرنده ماهواره، از طریق LNB انتقال پیدا می‌کند.

قدرت سیگنال دریافتی بر روی زمین، نسبت به فاصله و زاویه و... ماهواره و نقطه گیرندگی، متفاوت بوده و بصورت یک الگوی خاص به نام سایه ماهواره یا footprint معرفی می‌شود.

همیشه قدرت سیگنال ماهواره در مرکز سایه، بیشترین مقدار را دارا می‌باشد و در گوشه‌ها، از کمترین مقدار، برخوردار است. توجه به این نکته لازم است که دریافت سیگنال در خارج است سایه، احتیاج به دیش‌های بزرگ‌تر، دارد. امواج سانتی متری، جهت ارسال سیگنال ماهواره به زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرد که محدوده فرکانسی آن‌ها بین ۳-۳۰ مگاهرتز می‌باشد.

نخستین پرتاب توسط کشورها		
کشور	سال پرتاب	نخستین ماهواره
(اتحاد جماهیر شوروی) روسیه	۱۹۵۷	اسپوتنیک ۱
ایالات متحده آمریکا	۱۹۵۸	اکسپلورر ۱
فرانسه	۱۹۶۵	آستریکس
ژاپن	۱۹۷۰	اسومی
چین	۱۹۷۰	دونگ فانگ هونگ ۱
بریتانیا	۱۹۷۱	پراسپرو ایکس-۳
هند	۱۹۸۰	روهینی
اسرائیل	۱۹۸۸	اوفک-۱
اوکراین	۱۹۹۵	سیج-۱
ایران*	۲۰۰۹	امید ۱

انواع ماهواره

ماهواره ضد سلاح: که بعضی مواقع ماهواره‌های کشنده نیز خوانده می‌شوند، که ماهواره‌هایی هستند که برای خراب کردن ماهواره‌های دشمن و دیگر سلاح‌های مداری و اهداف دیگر طراحی شده‌اند. که هم آمریکا و هم روسیه از این نوع ماهواره دارند.

* ماهواره‌های ستاره‌شناختی: که برای مشاهده فاصله سیاره‌ها و کهکشان‌ها و دیگر اشیای خارجی فضا استفاده می‌شود.

• ماهواره‌های زیستی : ماهواره‌هایی هستند که برای حمل ارگان‌های زنده طراحی شده‌اند، عموماً برای آزمایش‌های علمی استفاده می‌شوند.

• ماهواره‌های مخابراتی : ماهواره‌هایی هستند که برای اهداف ارتباط راه دور در فضا قرار گرفته‌اند. ماهواره‌های مخابراتی مدرن نوعاً از مدارهای زمین‌همگام، مولنیا (Molniya) و پایین‌زمینی استفاده می‌کنند.

• ماهواره‌های مخابراتی : ماهواره‌هایی هستند که دارای وزن کم و سایز کوچک به طور غیر عادی می‌باشند. طبقه بندی جدیدی که برای گروه بندی این ماهواره‌ها استفاده می‌شود عبارت است از : ماهواره‌های کوچک ($500-2000\text{ kg}$)، ماهواره‌های میکرو (زیر 200 kg) و ماهواره‌های نانو (زیر 10 kg)

• ماهواره‌های هدایت کننده : ماهواره‌هایی هستند که از پخش کردن سیگنال‌های رادیویی استفاده می‌کنند تا دریافت کننده‌های موبایل را در زمین فعال نمایند تا مکان دقیق آن‌ها مشخص شود.

• ماهواره‌های اکتشافی : ماهواره‌های مشاهده‌ای زمین یا ماهواره‌های مخابراتی می‌باشند، که برای کاربردهای نظامی و جاسوسی مستقر شده‌اند. ماهواره‌های زمین‌شناسی : ماهواره‌هایی هستند که برای نظارت بر محیط، هواشناسی و ساختن نقشه و... استفاده می‌شوند.

• ایستگاه فضایی : یک ساختار ساخته دست بشر می‌باشد که برای زندگی انسان در فضای خارج طراحی شده‌است. یک ایستگاه فضایی از انواع فضایی‌ها به وسیله نقصش در نیرو محرکه زیاد یا امکانات بر زمین نشستن، متمایز می‌شود، به جای موتورهای دیگر به‌عنوان جابه‌جایی به و از ایستگاه استفاده می‌شود. ایستگاه‌های فضایی برای باقی ماندن در مدار برای مدت کوتاهی طراحی شده‌اند، برای قسمتی از هفته یا ماه یا حتی سال.

• ماهواره‌های تتر (Tether): ماهواره‌هایی هستند که به وسیله یک کابل که به آن‌ها تتر (افسار) می‌گویند، به ماهواره‌های دیگر وصل می‌شوند.

• ماهواره‌های هواشناسی : که به طور ابتدایی برای نشان دادن آب و هوای کره زمین به کار می‌روند.

مدار ماهواره‌ها

ماهواره در یک مسیر بسته که آن را مدار ماهواره می‌نامند، به دور زمین در گردش است. این مسیر ممکن است دایره‌ای یا بیضی شکل باشد و مرکز زمین در مرکز این مسیر یا در یکی از کانون‌های بیضی آن قرار دارد. ماهواره در صورتی که تحت تاثیر نیروهای گرانشی دیگری قرار نگیرد، همواره در صفحه‌ای به نام صفحه مداری به گردش خود به دور زمین ادامه می‌دهد. حرکت این صفحه مداری به پیروی مدار و زاویه صفحه با صفحه استوا بستگی دارد. اگر این زاویه صفر باشد، صفحه مداری منطبق بر صفحه استوایی زمین می‌شود. عموماً ماهواره‌ها بروی چهار نوع مدار که بستگی به نوع کاربرد ماهواره دارد، قرار می‌گیرند:

- مدار پائین زمین
- مدار قطبی
- مدار زمین‌ایست
- مدار بیضوی

ماهواره‌های مدار پائین زمین

به ماهواره‌هایی که در فاصله نسبتاً کمی از سطح زمین قرار دارند، ماهواره‌های مدار پائین زمین گفته می‌شود. بیشترین ارتفاع این نوع ماهواره‌ها از سطح زمین بین ۳۲۰ تا ۸۰۰ کیلومتر است. مسیر حرکت این ماهواره‌ها از غرب به شرق و همجهت با دوران زمین بدور خود است.

بدلیل نزدیکی فاصله این نوع ماهواره‌ها از سطح زمین، سرعت حرکت این ماهواره‌ها خیلی بیشتر از سرعت دوران زمین بدور خود است. گاهی سرعت این نوع ماهواره‌ها به ۲۷،۳۵۹ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد. با این سرعت، این نوع از ماهواره‌ها می‌توانند در هر ۹۰ دقیقه، یک دور کامل بدور زمین بگردند.

برخی از ماهواره‌های هواشناسی، ماهواره‌های سنجش از دور و ماهواره‌های جاسوسی از این نوع‌اند.

ماهواره‌های مدار قطبی

ماهواره‌های مدار قطبی به نوعی از ماهواره‌هایی گفته می‌شود که مسیر مدار حرکت آن‌ها عمود بر خط استوا و مسیر دوران از قطبهای شمال و جنوب می‌گذرد.

بعضی از ماهواره‌های هواشناسی، ماهواره‌های سنجش از دور و ماهواره‌های جاسوسی از این نوع‌اند.

ماهواره‌های مدار زمین‌ایست

این در حالت کلی بروی مدار زمین‌ایست و بر بالای خط استوا، در فاصله ۳۵۸۷۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.

پیام تصویری 'یا مهدی'

پیام تصویری 'یا مهدی' از طریق ماهواره نوید به تمام دنیا ارسال گردید. سرپرست سازمان فضایی ایران گفت: ماهواره 'نوید علم و صنعت' به‌طور مرتب پیام تصویری 'یا مهدی' را به زبان انگلیسی در سراسر جهان منتشر می‌کند.

ماهواره ملی 'نوید علم و صنعت' بامداد جمعه ۱۴ بهمن ۱۳۹۰ و همزمان با ایام دهه مبارک فجر سی و سومین سالگرد پیروزی انقلاب اسلامی و به دستور محمود احمدی نژاد رئیس جمهوری اسلامی ایران، با موفقیت به فضا پرتاب شد.

ماهواره تحقیقاتی "امید"

ماهواره امید چگونه ماهواره‌ای است؟

از اواسط قرن بیستم، هزاران قمر مصنوعی در اطراف سیاره‌ی ما یا در مدارهای بیضی شکل بزرگ‌تری به گردش در آمده‌اند. قمرهای بزرگ‌تر را، که روی مداری نزدیک به زمین، در ارتفاع

۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتری حرکت می‌کنند، پیش از طلوع آفتاب یا هنگام غروب خورشید با چشم غیرمسلح می‌توان دید. در چنین مواقعی، که ما روی زمین هنوز در تاریکی هستیم یا به سوی تاریکی می‌رویم نور خورشید به آن‌ها می‌تابد و مشاهده‌شان را ممکن می‌سازد. پرتاب اولین قمر مصنوعی به فضا تحول بزرگی در جهان به وجود آورد. ارسال آن ماهواره‌ی کوچک، اولین گام انسان در جهت راهیابی به فضا را نشان می‌داد.

ماهواره امید، نخستین ماهواره ساخت کشور ایران است و تمام تجهیزات در سازمان صنایع هوا فضاى ایران طراحی و تولید شده، و این خود افتخارى برای کشور عزیزمان ایران می‌باشد. چرا که جنجال‌های اخیر آمریکا، رژیم اشغال‌گر صهیونیستی و اروپا تماماً برسر جلوگیری از پیرفت کشور ایران بوده و پرتاب ماهواره خود گامی بلند در مقابل ایران کشورها بود. ساخت ماهواره تحقیقاتی "امید" از پانزدهم اسفند ماه سال ۱۳۸۴ آغاز گردید و طی ۲ سال آماده انجام تست‌های مشترک شد. با ساخت این ماهواره، ایران هشتمین کشوری است که توانمندی ارسال ماهواره به فضا را پیدا کرد.

شاتل فضائی چگونه وسیله‌ای است؟

شاتل فضایی، وسیله هوافضایی منحصر به فردی است که ایالات متحده برای مأموریت‌های فضایی سرنشین‌دار خود از آن استفاده می‌کند. بیش از دو دهه از عملیاتی شدن این سامانه می‌گذرد. این وسیله به نوعی نمادی از فناوری هوافضای آمریکاست. شاتل فضایی در طول عمر عملیاتی خود رکوردهای فضایی بی‌شماری را ثبت کرده است. تزریق ماهواره در مدار، تعمیر یا تغییر مداری ماهواره در فضا و پشتیبانی ایستگاه‌های فضایی عمده مأموریت‌هایی بوده است که شاتل تاکنون انجام داده است. شاتل تاکنون دو سانحه مرگبار را تجربه کرده، اما هر دو مورد در نهایت به رفع نقص و ارتقای ایمنی این سامانه پیشرفته منجر شده است.

جای دارد تا از تمامی اساتید گرانقدرم جناب آقای پرفسور همایون غریبی اصفهانی، دکتر اصغر ابراهیمی از اساتید بنام در زمینه مخابرات ماهواره (که کلاس درس مخابرات ماهواره ایشان همواره در خاطر اینجانب خواهد ماند)، دکتر سید علی علویان، دکتر احمد کشاورز که در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد از ایشان بسیار آموختم کمال تشکر و قدردانی را دارم.

دو نفر از همکاران گرانقدرم سرخانم مهندس حدیث محمودی و سرکار خانم مهندس نوشین ربیعی (دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات) که در جمع‌آوری مطالب مربوط به Satellite Instalation And Launch vehicles و The Space Link بسیار همکاری کردن کمال تشکر و قدردانی را داشته و از خداوند متعال برای ایشان آرزوی توفیق روز افزون خواستارم. از حمایت‌ها و تشویق‌های جناب آقای کیانوش رضائی و نیز سرکار خانم فاطمه نصیری که در بالا بردن کیفیت تایپ و بهبود ساختار ادبی کتاب همکاری داشته‌اند بسیار متشکرم.

برخود لازم می‌دانم تا از همکار زحمت‌کش، دوست عزیز و مدیریت محترم انتشارات کبریا جناب آقای بهرام نجفی و همکار ایشان سرکار خانم راضیه ملک‌زاده که در ارتقای سطح کتاب و نیز امور نشر و... نقش بسیاری داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را داشته و از خداوند متعال برای ایشان و گروه انتشارات کبریا آرزوی موفقیت روز افزون خواستارم.

بی شک هیچ اثری بدون اشکال و نقص نمی‌باشد و با تمام وسواسی که در نشر روان، کیفیت اشکال و مطالب، و... صورت گرفته وجود اشکال امری غیر قابل انکار بوده و لذا در صورت مشاهده هر گونه اشکال و یا انتقاد و پیشنهادی با گوش جان پذیرفته و در صدد اصلاح آن بر خواهم آمد.

سرپرست گروه مولفین: **امین علی‌آبادی**

در داد ماه ۱۳۹۱ هجری شمسی

I.Aliabadi_1985@yahoo.com

II.Communication.blogfa@gmail.com

III.Number of Member ship in NSSOEE:901078

IV.Number of Member ship in IAPR:87600254

V.Home Page:Communication-Amin.blogfa.com

فهرست مطالب

فصل اول - پیدایش مخابرات ماهواره‌ای	۲۵
۱. پیدایش مخابرات ماهواره‌ای	۲۵
۱.۲ توسعه مخابرات ماهواره‌ای	۲۶
۱.۱ ترکیب یک سیستم مخابرات ماهواره‌ای	۲۸
۱.۱.۱ لینک‌های مخابراتی	۳۱
۱.۳.۲ بخش فضایی	۳۲
۱.۳.۳ بخش اتصال به زمین	۳۷
۱.۱ انواع مدار	۳۹
۱.۱ تنظیمات رادیویی	۴۳
۱.۱.۱ سازمان ITU	۴۴
۱.۵.۲ سرویس‌های فضایی مخابرات رادیویی	۴۵
۱.۵.۳ تخصیص فرکانس	۴۵
۱.۶ روندهای تکنولوژی	۴۷
۱.۷ سرویس‌ها	۴۹
۱.۸ پیش به سوی آینده	۵۱
منابع فصل اول	۵۴
فصل دوم- مدارها و مباحث مربوط به آن	۵۵
۱.۲ مدارهای کپلری	۵۵
۱.۱.۲ قوانین کپلری	۵۵
۲.۱.۲ قانون نیوتن	۵۶
۳.۱.۲ حرکت نسبی دو جسم	۵۶
۱.۳.۱.۳ پتانسیل کپلری	۵۷
۲.۳.۱.۲ Momentum زاویه سیستم	۵۸
۴.۱.۲ پارامترهای مداری	۶۱
۲.۴.۱.۲ انرژی و سرعت ماهواره	۶۳
۴.۴.۱.۲ جایگاه ماهواره در مدار	۶۴
۵.۴.۱.۲ موقعیت سطح مداری در فضا	۶۷
۵.۱.۲ زمین	۶۹
۴.۵.۱.۲ مختصات زمینی، استوایی و زمانی	۷۳

۷۸	۵.۵.۱.۲. مرجع‌های زمانی
۸۰	منابع فصل دوم
۸۳	فصل سوم انتشار موج رادیویی
۸۵	۳.۲. خسارات جوی
۸۸	۳.۴. کاهش باران
۹۴	۳.۵. دیگر اختلالات در انتشار
۹۶	منابع فصل سوم
۹۷	فصل چهارم آنتن‌های ماهواره‌ای
۹۹	۴.۲. قضیه عمل متقابل برای آنتن‌ها
۱۰۰	۴.۳. سیستم مختصات
۱۰۱	۴.۴. میدان‌های تابشی
۱۰۶	۴.۵. چگالی شار توان
۱۰۶	۴.۶. رادیاتور همگرایی و بهره آنتن
۱۰۷	۴.۷. الگوهای تابشی
۱۱۰	۴.۸. زاویه سه بعدی پرتو (Directivity)
۱۱۲	۴.۹. روزنه‌های موثر
۱۱۳	۴.۱۰. دوقطبی نیم موجی
۱۱۵	۶.۱۱. آنتن‌های روزنه‌ای
۱۲۰	۴.۱۲. آنتن‌های Horn
۱۲۱	۶.۱۲.۱. آنتن‌های horn مخروطی
۱۲۵	۴.۱۲.۲. آنتن‌های horn هرمی
۱۲۶	۴.۱۳. بازتابنده سهمی وار
۱۳۲	۴.۱۴. تغذیه‌کننده آفست
۱۳۳	۶-۱۵. آنتن‌های بازتابنده مضاعف
۱۳۵	۴.۱۵.۱. آنتن‌های Cassegrain
۱۳۸	۴.۱۵.۲. آنتن Gregorian
۱۴۲	۴.۱۷. آرایه‌ها
۱۴۸	۶-۱۸. آنتن‌های Planer
۱۵۳	۴.۱۹. آرایه‌های Planer
۱۶۱	۴.۲۰. Reflectarrays
۱۶۲	۴.۲۱. سوئیچینگ آرایه‌ای
۱۷۳	منابع فصل چهارم

۱۷۵	فصل پنجم-اساس طراحی شبکه‌های ماهواره‌ای
۱۷۵	۵.۱ مدل‌های مرجع شبکه و پروتکل‌ها
۱۷۵	۵.۱.۱ اصول لایه‌ها
۱۷۸	۵.۱.۲ اتصال داخلی سیستم‌های گسترده مدل مرجع
۱۸۱	۵.۱.۳.۱ لایه شبکه IP
۱۸۱	۵.۱.۳.۱ لایه انتقال
۱۸۱	۵.۱.۳.۳ لایه کاربرد
۱۸۲	۵.۲ معماری مراجع برای شبکه‌های ماهواره‌ای
۱۸۴	۵.۳.۱.۱ توپولوژی شبکه مش
۱۸۵	۵.۳.۲ توپولوژی شبکه ستاره
۱۸۹	۵.۴ اتصالات ماهواره On Board
۱۹۲	۵.۴.۲.۱ سوئیچینگ واضح
۱۹۵	۵.۴.۲.۱.۱ سازمان‌دهی فریم
۱۹۶	۵.۴.۲.۱.۲ سازمان‌دهی پنجره
۱۹۹	۵.۴.۲.۱.۴ راندمان فریم
۲۰۰	۵.۴.۲.۲ سوئیچ زنی Transparent دیجیتال
۲۰۱	۵.۴.۳.۱ سوئیچینگ پایه
۲۰۲	۵.۴.۳.۲ نرخ تبدیل
۲۰۲	۵.۴.۳.۳ سیستم‌های FDMA/TDMA
۲۰۲	۵.۴.۳.۳.۱ کاهش EIRP ایستگاه زمینی
۲۰۶	۵.۴.۳.۳.۲ کاهش ایستگاه زمینی
۲۰۸	۵.۴.۴ اتصال onboard برای اسکن کردن پرتوها
۲۰۸	۵.۴.۴.۱ اسکن کردن پرتوها با حداکثر بار Transparent
۲۱۰	۵.۵ اتصال در طول خطوط ماهواره
۲۱۰	۵.۵.۱ خطوط بین ایستگاه‌های زمینی و ماهواره‌های مدار زمینی
۲۱۰	۵.۵.۲ خطوط بین ماهواره‌های زمینی (GEO_GEO)
۲۱۴	۵.۵.۲.۳ افزایش مینیم زاویه عمودی ایستگاه‌های زمینی
۲۱۴	۵.۵.۲.۴ کاهش محدودیت در موقعیت اوربیتال
۲۱۴	۵.۵.۲.۵ کلاسترهای ماهواره (Cluster of Satellite)
۲۱۷	۵.۵.۴ نتایج
۲۱۷	۵.۶ شبکه انتشار ماهواره‌ای
۲۱۸	۵.۶.۱ uplink (یک برنامه) در هر کانال ماهواره
۲۱۹	۵.۶.۲ UPLINK: تکی یا تقسیم زمانی (TDM) برنامه‌ها

۲۲۰	 Downlink	۵۶.۴
۲۲۱	 شبکه‌های ماهواره‌ای پهن باند	۵.۷
۲۲۲	 DVB_RCS , DVB_S/S2	۵.۷.۱
۲۲۶	 لایه فیزیکی	۵.۷.۳
۲۲۹	 بخش‌های زمانی و برست‌ها	۵.۷.۳.۱
۲۳۲	 uplink , صفحه فرکانسی کانال‌های MF_TDMA	۵.۷.۳.۵
۲۳۵	 MAC ماهواره	۵.۷.۴
۲۳۶	 اتصال لایه و تطبیق QOS	۵.۷.۴
۲۳۸	 لایه شبکه	۵.۷.۷
۲۳۸	 IP header بست	۵.۷.۷.۱
۲۴۲	 منابع فصل پنجم	
۲۴۵	 فصل ششم- موبایل‌های ماهواره‌ای و سرویس‌های تخصصی	
۲۴۶	 سرویس‌های موبایل ماهواره‌ای	۲.۶
۲۴۹	 VASTS	۲.۶
۲۵۱	 Radarsat (ماهواره رادار)	۴.۶
۲۵۵	 سیستم ماهواره‌ای نصب شده‌ی جهانی	۵.۶
۲۵۸	 Orbcomm	۶.۶
۲۶۳	 Iridium (اریدیوم)	۷.۶
۲۷۱	 منابع فصل ششم	
۲۷۳	 فصل هفتم- تلویزیون ماهواره‌ای پخش مستقیم	
۲۷۴	 ۲.۷ فاصله‌بندی اوربیتالی	
۲۷۷	 ۳.۷ دسته‌بندی نیرو و تعداد دستگاه‌های گیرنده	
۲۷۷	 ۴.۷ فرکانس‌ها و ایجاد دو قطبی‌ها	
۲۷۸	 ۵.۷ ظرفیت دستگاه گیرنده	
۲۷۸	 ۶.۷ مقادیر بیت برای تلویزیون دیجیتالی	
۲۸۱	 ۷.۷ استانداردهای متراکم MPEG	
۲۸۸	 ۸.۷ تصحیح پیشین خطا (FEC)	
۲۸۸	 ۹.۷ واحد خارجی گیرنده خانگی (ODU)	
۲۹۲	 ۱۵.۷ بخش داخلی گیرنده خانگی (IDU)	
۲۹۴	 ۱۱.۷ تجزیه و تحلیل ارتباط زمینی (باین)	
۳۰۱	 ۱۲.۷ اتصال فوقانی	
۳۰۲	 ۱۳.۷ تلویزیون با وضوح بالا (با کیفیت)	
۳۰۳	 ۱.۱۳.۷ نمایش‌های HDTV	

۱۴.۷	باند پهن فرکانس ویدئویی.....	۳۰۴
منابع فصل هفتم..... ۳۰۷		
فصل هشتم-نصب ماهواره و وسایل پرتابی..... ۳۰۹		
۸.۱	نصب در مدار.....	۳۰۹
۸.۱.۲	محاسبه افزایش سرعت مورد نیاز.....	۳۱۱
۸.۱.۲.۱	سرعت مدار (Orbit velocity).....	۳۱۱
۸.۱.۲.۲	تزریق مستقیم از ماهواره در مدار انتقال.....	۳۱۲
۸.۱.۲.۳	افزایش سرعت coplanar.....	۳۱۲
۸.۱.۳	تصحیح انحراف و circularisation.....	۳۱۳
۸.۱.۳.۱	مینیمم انحراف مدار نخستین فراهم شده توسط پرتاب کنند.....	۳۱۳
۸.۱.۳.۳	مروش‌هایی بر اساس ۲ محرک.....	۳۱۸
۸.۱.۳.۴	مروشی از شیب اولیه مدار دایره‌ای.....	۳۱۸
۸.۱.۳.۵	افزایش سرعت بدون محرک.....	۳۱۹
۸.۱.۳.۶	افزایش سرعت در نقطه مداری نزدیک زمین(perigee).....	۳۲۴
۸.۱.۴	موتور(apogee یا perigee).....	۳۲۵
۸.۱.۴.۱	انبروهای محرک جامد.....	۳۲۵
۸.۱.۴.۲	موتورهای دو متحرکه‌ی روان.....	۳۲۸
۸.۱.۴.۳	موتورهای محرک هیبرید.....	۳۳۱
۸.۱.۴.۴	محرک‌های الکتریکی.....	۳۳۱
۸.۱.۴.۶	تاثیر عرض جغرافیایی سایت پرتابی بر جرم.....	۳۳۳
۸.۱.۵.۱	پرتاب phase.....	۳۳۵
۸.۱.۵.۲	مرحله انتقال.....	۳۳۷
۸.۱.۵.۳	مرحله قرارگیری و موقعیت.....	۳۳۷
۸.۱.۵.۴	دیگر رویه‌ها.....	۳۳۸
۸.۱.۶	تزریق در مدار از یک مدار عرض جغرافیایی پایین شبه دایره‌ای.....	۳۳۸
۸.۱.۶.۱	مرحله پرتاب(Launch phase).....	۳۳۸
۸.۱.۶.۲	تزریق در مدار انتقال.....	۳۳۸
۸.۱.۶.۳	مرحله قرار دادن و انتقال.....	۳۳۹
۸.۱.۷	عملگرها در طول نصب (اکتساب ایستگاه).....	۳۴۰
۸.۱.۷.۱	انتخاب نقطه اوج که اجرا شد.....	۳۴۰
۸.۱.۷.۲	Drift orbit یا مدار Drift.....	۳۴۱
۸.۱.۷.۳	تست ماهواره و پذیرش.....	۳۴۲
۸.۱.۸.۱	تزریق در مدار قطبی.....	۳۴۲
۸.۱.۸.۲	تزریق در مدارهای بیضوی متمایل.....	۳۴۳

۳۴۴	 ۸.۱.۹ دریاچه پرتاب
۳۴۴	 ۸.۲ وسایل پرتابی
۳۴۶	 ۸.۱.۱ برزیل
۳۴۹	 ۸.۲.۳.۱ سایوز (Soyouz)
۳۵۰	 ۸.۲.۳.۲ Cosmos
۳۵۱	 ۸.۲.۳.۳ Proton
۳۵۲	 ۸.۲.۳.۴ Rocket
۳۵۴	 ۸.۲.۳.۵ Angara
۳۵۵	 ۸.۲.۳.۶ Dnepr
۳۵۵	 ۸.۲.۳.۷ Zenit
۳۵۶	 ۸.۲.۴.۱ From Ariane 1 to Ariane 4
۳۵۸	 ۸.۲.۴.۲ Ariane 5
۳۰۶	 ۸.۲.۴.۳ Vega
۳۶۹	 ۸.۲.۷.۱ NASDAN و H وسایل پرتابی
۳۷۲	 ۸.۲.۷.۵ وسیله پرتابی
۳۷۳	 ۸.۲.۸ کره جنوبی
۳۷۳	 ۸.۲.۹ ایالات متحده آمریکا
۳۷۷	 ۸.۲.۹.۲ Atlas
۳۷۹	 ۸.۲.۹.۳ پرتاب دریایی
۳۸۳	 ۸.۲.۹.۶ Pegasus
۳۸۳	 ۸.۲.۱۰ وسایل پرتابی قابل استفاده مجدد
۳۸۴	 ۸.۲.۱۱ هزینه نصب در مدار
۳۸۵	 منابع فصل هشتم
۳۸۷	 فصل نهم- لینک فضایی
۳۸۷	 ۹.۲ توان تابشی ایزوتروپیک معادل
۳۸۹	 ۹.۳ تلفات انتقال
۳۸۹	 ۹.۳.۱ انتقال فضای آزاد
۳۹۱	 ۹.۳.۲ تلفات (Feeder losses) (fceder)
۳۹۱	 ۹.۳.۳ تلفات انحراف آنتن
۳۹۳	 ۹.۳.۴ تلفات یونوسفر و اتمسفر ثابت
۳۹۳	 ۹.۴ معادله بودجه لینک توان
۳۹۵	 ۹.۵ نویز سیستم
۳۹۶	 ۹.۵.۱ نویز آنتن

۳۹۸	۹.۵.۲. دمای نویز تقویت‌کننده
۴۰۰	۹.۵.۳. تقویت‌کننده‌ها در کاسکد
۴۰۲	۹.۵.۵. شبکه‌های جذب از درجه حرارت نویز
۴۰۵	۹.۶. نسبت کریر به نویز
۴۰۷	۹.۷. uplink
۴۱۱	۹.۷.۳. ایستگاه زمینی HPA
۴۱۲	۹.۸. Downlink
۴۱۶	۹.۸.۲. خروجی TWTA ماهواره‌ای
۴۱۷	۹.۹. اثرات (Effects of Rain) rain
۴۱۸	۹.۹.۱. uplink rain-fade محدوده
۴۱۹	۹.۹.۲. Downlink Rain-Fade حاشیه
۴۲۲	۹.۱۰. ترکیب uplink و downlink با نسبت C/N
۴۲۶	۹.۱۱. نویز اینتر مدولاسیون
۴۲۷	۹.۲. لینک‌های ماهواره‌ای میانبر
۴۴۰	منابع فصل نهم
۴۴۱	ضمیمه الف-تداخل
۴۵۵	ضمیمه ب-کاهش تضعیف در آب و هوای بارانی
۴۶۳	اختصارات
۴۶۹	نمایه و واژه‌نامه