

پخش همگانی ماهواره‌ای

مؤلفین :

علیرضا یادگاری

محمد رضا بیات

اصغر شاورز حداد



انتشارات احیاء کتاب

۱۳۹۳

سرشناسه	یادگاری، علیرضا، ۱۳۵۰
عنوان و نام پدیدآور	آموزش همگانی ماهواره‌ای فیزیک پزشکی / مولفین علیرضا یادگاری، محمدرضا بیات، اصغر کشاورز حداد.
مشخصات نشر	تهران: شرکت انتشارات احیاء کتاب، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۶۴۰ ص. مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-964-2519-45-3
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	ماهواره ها.
موضوع	ماهواره های مخابراتی.
زبان	بیات، محمدرضا، ۱۳۵۷.
زبان	کشاورز حداد، اصغر، ۱۳۵۰.
رده بندی کنگره	۱۳۹۳ آ ۲ ی / ۷۹۶ TL
رده بندی دیویی	۶۲۹ / ۴۶
شماره کتابشناختی	۳۵۵۸۸۶۳



بخش همگانی ماهواره‌ای

مولفین: علیرضا یادگاری، محمدرضا بیات، اصغر کشاورز حداد

چاپ اول، ۱۳۹۳، ۱۵۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: رویداد

طرح جلد: سیدمسعود سرباشی

انتشارات احیاء کتاب

تلفن مراکز پخش: ۶۶۹۶۳۵۹۶ - ۶۶۹۰۲۶۹۹

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۵۱۹-۴۵-۳ ISBN: 978-964-2519-45-3

قیمت: ۳۲۵۰۰ تومان

فهرست کلی

فصل ۱ مدارات ماضوارهای

فصل ۲ پهنای ماضواره

فصل ۳ ماضوارهای زمین آهنگ

فصل ۴ بخش فضا

فصل ۵ سیستمال ترمودینامیکی و فشرده سازی

فصل ۶ ایستگاه های زمین ماضوارهای

فصل ۷ کدگذاری کافال

فصل ۸ محاسبه ی لینک ماضوارهای

فصل ۹ ماضوارهای نوین

فصل ۱۰ هماهنگی فرکانسی و مقررات سرویس ها

پیشگفتار

سال‌های سال، بسیاری از مردم بر این عقیده بودند که زمین مرکز هستی و ثابت است. نظریه‌ای که به بطلمیوس نسبت داده می‌شد و تا سال ۱۵۴۴ میلادی، بیش از ۱۷ قرن بر فکر بشر حکومت می‌کرد. کپرنیک لهستانی در کتاب مشهورش به نام گردش افلاک آسمانی^۱ که تا سال‌ها پس از مرگش اجازه‌ی انتشار نیافت، زمینه‌ساز شکست در این تفکر نادرست شد و در مسیری پرچالش با تئیس کاتولیک به عنوان مروج نظریه‌ی بطلمیوس، بیان داشت که این زمین است که در مداری دایره‌ای شکل به دور خورشید می‌چرخد. در سال ۱۳۶۰ میلادی، گالیله پایه‌گذار تحول علمی بزرگی شد که سیارات دیگر منظومه‌ی شمسی را نیز به حساب آورد و بیان کرد که تمامی سیارات با هیئت کنونی و مداری شمسی شکل به دور خورشید می‌چرخند اما در آن زمان نیز همچنان خورشید ثابت در نظر گرفته می‌شد. گالیله در آن زمان هزینه‌ی بالایی پرداخت که وصف آن را بسیار شنیده‌ایم، او مجبور به امضای نامه‌ای با این مضمون شد:

"در هفتاد و پنج سال گذشته من در مقابل شما به زانو در آمده و در حالی که کتاب مقدس را در

پیش چشم دارم و با دست‌های لرزان آنرا لمس می‌کنم، توبه می‌کنم و ادعای واهی حرکت زمین را انکار می‌کنم و آن را منکر و محذور می‌دانم."

قصد از مرور این تاریخچه، اشاره به تئیس پیموده شده در اثبات چیستی و چگونگی نظام منظومه‌ی شمسی در مسیحیت به تحریر کشیده شده، و مقایسه‌ی آن با اعجاز علمی قرآن است. خداوند متعال در آیات ۳۸ تا ۴۰ سوره‌ی یس، در وحی وحی حرکت خورشید و ماه و علت پیدایش شب و روز اشاره می‌کند و به راحتی حل چنین مسئله‌ی پیچیده‌ی علمی را در نگاه غرب، در اختیار مسلمانان قرار داده است. به‌طور حتم ابعاد ناشناخته‌تری از اعجاز قرآن وجود دارد که همچنان بر ما پوشیده است و شاید تا ابد نیز پوشیده بماند. بطوریکه هرچه بشر در مسیر کشف و ادراک خود از جهان هستی پیش می‌رود، یا قادر به استنتاج اعجازهای ظریف‌تری از خالق یکتا است و یا برداشتی ناعادلانه و مغرور از یافته‌های خویش، اساس وجود خداوند را منکر شده و بروز و ظهور عالم هستی را بر اساس تکامل و قوانین فیزیک می‌پندارد.

در خبرهای این روزها، اخبار مربوط به فضا جای خود را بیشتر از گذشته در میان عناوین پرهیاهوی دیگر باز کرده‌اند، که نشان‌دهنده‌ی علاقه‌ی روز افزون بشر، به درک ناشناخته‌ها و کشف نمونه‌های دیگری از حیات در عالم است. شاید مطلبی که بتواند سال‌ها در ذهن‌ها ماندگار باشد، خروج

^۱ De revolutionibus orbium coelestium

سفینه‌ی وییجر-۱ از فضای منظومه‌ی شمسی است. خروجی که در میان معادلات پیچیده‌ی مداری هزاران سیاره و ستاره‌ی متعلق به این منظومه انجام پذیرفت. وییجر-۱ در سال ۱۹۷۷ میلادی به فضا پرتاب شد و اکنون میلیاردها کیلومتر با زمین فاصله دارد. این فاصله به قدری طولانی است که دریافت سیگنال رادیویی از آن، ۱۷ ساعت طول خواهد کشید. اطلاع از این اخبار برای علاقه‌مندان به این صنعت، باعث خواهد شد که دست کم با دنبال کردن آن، از نحوه‌ی استفاده‌ی گوناگون ماهواره‌ها در به‌روز کردن دانش بشر در شاخه‌های مختلف، اطلاع یابند و بتوانند با مقایسه‌ی آن با فعالیت مرتبط خود، زمینه‌ی شرف‌ت را برای گروه‌های وابسته، فراهم نمایند.

در فصل‌های ابتدایی کتاب حاضر، به قدر و ظرفیت ممکن، مدارات و نظریه‌های حاکم بر آن و همچنین پرتاب ماهواره‌ها، بررسی قرار گرفته است، اما باید دانست، ساخت و بهره‌برداری از ماهواره‌ها با هر هدفی که سازندگان آنها در ذهن خود می‌پروراندند، اعم از اینکه با اهداف اکتشافی به فضا فرستاده شوند یا برای پوشش آب و هوا مورد استفاده قرار گیرند، مخابراتی یا جاسوسی باشند و یا در پخش همگانی کار کنند، باعث خشم نشد که ماهواره‌ها برای تلفیقی از علوم مختلف، از نجوم، مخابرات، برق و مکانیک گرفته تا امنیت زیست‌محیطی، ماهواره برای آن طراحی شده است، در کنار یکدیگر کار کنند. دانش مخابرات راه دور پس از دوم عمده‌ترین دانشی است که در این صنعت نمود دارد.

برای مخابرات نیز تاریخچه‌ی پرفراز و نشیبی وجود دارد. سال‌ها، پیش از آنکه بشر در دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی وارد فضای بیرون از جو زمین شود، مجبور بود برای دستیابی به اطلاعات مختلف از دنیای اطراف خود، به شیوه‌های گوناگونی متوسل شود که منجر به شکل‌گیری ما بسیار ابتدایی به نظر می‌رسند. روزگاری اجداد ما از بالای کوه‌ها و تپه‌ها و مناطق مرتفع به نواحی پایین‌تر نظر داشتند. برج‌ها و باروها مکان‌هایی بودند که نگهبانان در آنها، منطقه‌ی تحت حاکمیت خود را زیر نظر داشتند. صدها سال بعد، بالن اولین شیء ساخت دست بشر بود که توانست او را به آسمان ببرد. گاه به گاه، اولین بار ناپلئون از بالن برای کسب اطلاعات از موقعیت نیروهای دشمن، استفاده کرد. نگاه کردن از بالا، همیشه برای نوع بشر جذاب بوده است، چه‌رسد به این که بدانیم چنین دیدی از وسایع مکانیک را کوچک‌تر جلوه‌گر می‌نماید. بر این اساس تلاش‌ها برای دستیابی به وضعیتی بهتر، موازی با پیشرفت‌ها در نجوم و دیگر علوم شروع شد تا بشر به انقلاب بزرگی در این راستا که همانا پرتاب ماهواره‌های مخابراتی و جاسوسی و ماهواره‌های سرنشین‌دار به فضا بود، دست پیدا کرد. اما به نظر می‌رسد که او همچنان ارضا نشده و مسیر طولانی را پیش چشم خود می‌بیند. گسترش ارتباطات در سطح جهان نیز، استفاده از سیستم‌های مخابراتی با ظرفیت بیشتر و پوشش وسیع‌تر و کیفیت بهتر را طلب می‌کند.

و برای تأمین آنها، یکی از روش‌هایی که می‌تواند به طور مناسب جواب‌گوی نیازهای فعلی و آتی بشر باشد، استفاده از ماهواره‌های مخابراتی است.

ظاهراً نخستین اشاره به ماهواره در ادبیات، نوشته‌یی از «ادوارد اورت هیل» است. او در سال ۱۸۶۹ در داستانی به نام «ماه آجری» از ماهواره‌یی حامل انسان نام می‌برد که به دور زمین می‌گردد. «ژول ورن» نیز در داستان «میلیون‌ها بگم» در سال ۱۸۷۹ از گلوله توپی نام می‌برد که به طور ناخواسته در مدار زمین به گردش در آمده است. در سال ۱۹۴۵ «آرتور سی کلارک» نویسنده داستان‌های علمی-تخیلی، برای اولین بار پیشنهاد کرد که ماهواره‌های ارتباطی برای ارتباط در سراسر زمین در مدار زمین‌آهنگ قرار گیرند. به همین خاطر «کلارک» را پدر ماهواره می‌نامند، زیرا او برای اولین بار به صورت علمی نظریه‌ی ساخت ماهواره را بیان کرد.

در سیر تحول ماهواره و تکنولوژی‌های وابسته به آن، چنان در تار و پود جوامع بشری نفوذ کرده و به پیشرفت‌های گوناگون در بخش‌های مختلف زندگی بشری، قابل توجه است. بحث ما در این کتاب به بررسی کاربرد مخابرات ماهواره‌ای و دقیق‌تر به پخش همگانی آن مربوط است. ماهواره و مخابرات ماهواره‌ای می‌تواند برپایه‌ی از فناوری ارتباطات را در بر می‌گیرد و همانطور که اشاره شد، از همان آغاز با هدف خاص به صورت مخابراتی ساخته می‌شوند. از این رو به مهندسين مخابرات توصیه می‌شود که معلومات اساسی مناسب را از زمینه‌ی این فناوری و چگونگی انجام عملیات ماهواره‌ای کسب کنند.

یک ماهواره‌ی مخابراتی، عمدتاً سفینه‌ای است که سیگنال‌های الکتریکی را از فرستنده‌ای زمینی دریافت و بعد از تقویت و تغییر فرکانس‌های حامل، آن‌ها به سمت ایستگاه‌های زمینی در مناطق تحت پوشش ارسال می‌کند. ماهواره‌های مخابراتی معمولاً در مدارهای خاصی از کره‌ی زمین قرار می‌گیرند که با سرعت و جهتی همسان با کره‌ی زمین در حال حرکت هستند و از دید فرستنده‌ها و گیرنده‌های روی زمین ثابت به نظر می‌آیند.

در ابتدا، ماهواره‌های مخابراتی برای ارتباطات تلفنی طراحی شدند، ولی امروزه شاهد ارائه سرویس‌های گوناگونی از طریق ماهواره هستیم. در حال حاضر کاربرد ماهواره‌ای به صورت ارتباطات تلفنی، پخش همگانی برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی، شبکه‌های کامپیوتری، ناوبری دریایی، کاربردهای تعاملی و یا با اهداف نظامی، بسیار گسترش پیدا کرده است. ماهواره‌ها می‌توانند اطلاعات نظامی، کشاورزی، طبیعی و جغرافیایی بسیاری را در اختیار مالکان خود قرار دهند. آنچه مسلم است، تقاضا برای دریافت برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی از طریق ماهواره، بسیار بالا است و با گذشت زمان به حجم آن افزوده می‌شود. موارد استفاده از ماهواره‌های مخابراتی و تاثیر فراوان آن بر زندگی بشر،

باعث شده که روز به روز توجه انسان به این وسیله‌ی ارتباطی افزایش یابد. بطوریکه سیر تحولات ماهواره‌های مخابراتی در چند سال گذشته، چنان سریع بوده است که امروزه شاهد به کارگیری تکنیک‌های بسیار پیشرفته در ماهواره جهت ارتقای سطح کیفیت و افزایش ظرفیت آن هستیم.

در زمینه‌ی پخش همگانی ماهواره‌ای، نخستین ماهواره به نام تل‌استار در دهم ژوئیه سال ۱۹۶۲ میلادی توسط آمریکا در مدار قرار گرفت و برای اولین بار برنامه‌ای از تلویزیون آمریکا توسط این قمر مصنوعی که بر بالای اقیانوس اطلس قرار داشت منعکس و برای مردم نمایش داده شد و به دنبال آن دومین ماهواره از همین نوع، چند ماه بعد پرتاب و در مداری که فاصله‌ی آن بین ۹۰۰ تا ۵۵۰۰ کیلومتر از سطح دریا بود، قرار گرفت. این ماهواره‌ها تقریباً هر دو ساعت و نیم یک بار کروی زمین را دور می‌زدند و به سبب این که زمین در هر ۲۴ ساعت یک بار به دور خود می‌چرخد، ارتباط بین دو نقطه از زمین فقط چند بار در شبانه روز امکان‌پذیر بود. برای برقراری ارتباط دائمی، فقط یک راه به نظر می‌رسید و آن این که ماهواره باید در بالای یک نقطه از زمین در ارتفاع معینی ثابت بماند. محاسبات نشان می‌داد که برای این منظور باید ارتفاع ماهواره از سطح دریا حدود ۳۶ هزار کیلومتر و در مداری دقیقاً بالای خط استوا باشد. این مدار را در اصطلاح مدار زمین‌آهنگ می‌نامند که ایده‌ی آن، سال‌ها پیش از این در داستان‌های تخیلی کلاسیک ارائه شده بود و بشر به آرامی به این آرزوی خود نیز دست یافت.

در ایران، بهره‌برداری از ارتباطات مخابراتی، با گشایش نخستین ایستگاه زمینی در فاصله‌ی ۵۵ کیلومتری همدان از مهرماه ۱۳۴۸ آغاز شد. با گذر از ارتباطات ماهواره‌ای و به خاطر به کارگیری فناوری جدید در رفع نیازها، توسعه ارتباطات و کاربردهای مختلف آن، مرکز ارتباطات ماهواره‌ای بومهن و ایستگاه زمینی اصفهان توسط شرکت مخابرات در سال ۱۳۶۵ شمسی نصب و راه اندازی شد. همچنین بهره‌برداری از ارتباطات ماهواره‌ای به منظور پخش همگانی در ایران در سال ۱۳۶۴ شمسی با تأسیس اولین ایستگاه تلویزیونی ماهواره‌ای در جام جم صد و بیست و یکم آغاز شد. از این ایستگاه برای سیگنال رسانی شبکه‌ی اول و دوم سیما به ایستگاه‌های فرستنده‌ی تلویزیونی استفاده می‌شد. در سال‌های اخیر پخش صدا و تصویر از طریق ماهواره به سرعت در حال افزایش است، بطوریکه همه ساله، مقررات ویژه‌ای در این خصوص تدوین می‌شود.

استفاده‌ی مفید و مؤثر از فناوری ماهواره‌ای، ایجاب می‌کند که افراد مجرب و متخصص، قدم‌های مؤثری جهت ارتقاء دانش ماهواره‌ای بردارند و با مستندسازی هدفمند فعالیت‌های نظری و عملی خود، در اعتلا و شکوفایی آن تأثیرگذار باشند، که در بهترین حالت می‌تواند به تألیف و تدوین کتاب منجر شود. کتاب‌های موجود در این حوزه، عمدتاً نگاهی مخابراتی محض و علمی به مقوله‌ی ماهواره دارند.

به‌همین دلیل و به منظور ارتقاء دانش فنی علاقه‌مندان به فناوری ماهواره‌ای، به‌خصوص پخش همگانی آن، امور هماهنگی فنی فضایی اداره کل ارتباطات ماهواره‌ای صدا و سیما با توجه به در اختیار داشتن نیروهای متخصص و بستر فنی و تجهیزاتی لازم برای درک عملی مطالب نظری، تصمیم به تألیف کتابی به زبان فارسی در این زمینه گرفت.

این کتاب، در بردارنده‌ی تمامی سر فصل‌های مورد نیاز یک سیستم پخش همگانی ماهواره‌ای است. از ویژگی‌های خاص این کتاب می‌توان به تلاش بر جامع بودن مطالب عنوان شده در این سطح، نگاه به زمان علمی و عملی به ارتباطات ماهواره‌ای و تشریح مفاهیم آن، انتخاب کلمات فارسی مناسب برای سلیس و روان بودن متن فارغ از عبارات ترجمه شده‌ی صرف، بررسی ارتباطات ماهواره‌ای نوین تشریح روند ثبت و هماهنگی فرکانس‌های ماهواره‌ای اشاره نمود. کتابی که مطالعه خواهید کرد، به گویای آخرین داده‌هاست که هم می‌تواند مرجع کاملی برای دانشجویان و همکاران فعال در زمینه‌ی ارتباطات ماهواره‌ای باشد و هم می‌تواند به همه‌ی افراد علاقه‌مند به شناخت ماهواره با توجه به سطح معلوماتشان بسیار مساعد شود.

کتاب حاضر فصل نگارش شده است و تمامی اصول ماهواره و مراحل ارسال و دریافت سیگنال را به‌صورت به‌یومی برای خواننده توضیح می‌دهد. ابتدا خواننده با مدارات ماهواره‌ای و معادلات حاکم بر آن پس از گزینش و شناختن آن‌ها و سپس به‌طور خاص به مدار زمین‌آهنگ و سرویس‌های مرتبط با آن پرداخته خواهد شد. به نحوی که خواننده بتواند با معایب و مزایای آن آشنا شود. در بخش بعد روش پرتاب ماهواره به فضا و نیازهای تکنیکی پرتاب و حفظ موقعیت ماهواره در فضا معرفی می‌شود تا در پایان این بخش به بحث سیگنال باند پایه و آماده‌سازی سیگنال آنالوگ، یا تبدیل آن به دیجیتال، برای انجام پردازش‌های ضروری پرداخت. این پردازش‌ها در مسیر زنجیره‌ی ارسال انجام می‌پذیرد و لازم است خواننده با تمامی کاربردهای تجهیزات ایستگاه زمینی شامل مدولاتور، آپ‌کنورتور، انواع تقویت‌کننده‌های فرکانس بالا و آنتن‌های ماهواره‌ای کاملاً آشنا شود. پس از آن، به مسیر ارسال و ملزومات ارسال مطمئن که با کدگذاری کانال و خطا خوردن بود وارد می‌شویم و سپس خواننده خود را، برای محاسبه‌ی پارامترهای یک لینک ارتباطی با استفاده از مثال‌های کاربردی و مفید، آماده خواهد کرد. در آخر نیز نگاهی به ماهواره‌های نوین و پرفرریت و چگونگی سرویس‌دهی آنها خواهیم داشت و با مقررات بین‌المللی استفاده از ماهواره و فرکانس‌های ماهواره‌ای و نحوه‌ی انجام هماهنگی با سرویس‌های زمینی آشنا خواهیم شد.

در اینجا به‌جا است، از حمایت‌های بی‌دریغ معاونت محترم توسعه و فناوری صدا و سیما جناب آقای دکتر عبدالعلی علی‌عسکری و مدیر کل محترم اداره کل ارتباطات ماهواره‌ای جناب آقای مهندس

مهدی سیاسی فر در توجه به مقوله‌ی پژوهش و نیز تمامی همکاران امور هماهنگی فنی فضایی که در خلق این اثر جدیت نموده و یا به نوعی مثمر ثمر بوده‌اند به‌خصوص سرکار خانم مهندس مریم مخیر در نگارش فصل ششم، سرکار خانم میترا افضلی در نگارش فصل دهم، جناب آقای مهندس وحید توکلی در نگارش فصل سوم، جناب آقای مهندس هاشم مرادمند در نگارش فصل نهم، و همچنین سرکار خانم مهندس مریم فروتنی و سرکار خانم مهندس مریم مرشدی که در این مسیر به مولفان یاری رساندند، مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز دارم. امید است تلاش و جدیت همکارانم در گردآوری این کتاب، کمک مؤثری در بسط و ارتقاء دانش ماهواره در کشور عزیز ما ایران اسلامی باشد. سن آخر اینکه، هر چند در جمع‌آوری و نگارش متن حاضر، تلاش فراوانی صورت پذیرفته است اما به‌طور قطع این کتاب خالی از اشکال نخواهد بود، بنابراین با کمال تواضع از تمام اساتید، دانشجویان، همکاران و علاقه‌مندان رضا دارم، گروه نویسندگان را از نقطه نظرات ارزشمند خود با ارسال پیشنهادهای و انتقادات به آدرس yadegari2@irib.ir در چاپ هرچه بهتر ویرایش‌های آینده، همراهی نمایند.

علیرضا یادگاری

تیر ماه ۱۳۹۳