



اصول علم سنجش از دور (عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای)

دکتر پرویز ضیائی‌ان فیروزآبادی - نادر پروین

فهرست

پیشگفتار	یازده
خلاصه	سیزده
هدفهای کلی درس	پانزده
بخش اول: سامانه سنجش از دور.....	۱
فصل اول: تعاریف.....	۳
هدف مرحله‌ای فصل اول.....	۳
هدفهای آموزشی - رفتاری فصل اول.....	۳
۱-۱ تعاریف.....	۳
۱-۱-۱ مفهوم سنجش از دور.....	۳
۱-۱-۲ داده.....	۴
۱-۱-۳ اطلاعات.....	۴
۱-۱-۴ کاربرد سنجش از دور.....	۷
خلاصه‌ی فصل اول.....	۸
خودآزمایی فصل اول.....	۹
 فصل دوم: پیشینه‌ی علم سنجش از دور.....	 ۱۱
هدف مرحله‌ای فصل دوم.....	۱۱
هدفهای آموزشی - رفتاری فصل دوم.....	۱۱
۲-۱ پیشینه‌ی علم سنجش از دور.....	۱۱
۲-۱-۱ پیشینه‌ی عکسهای هوایی در جهان.....	۱۲
۲-۱-۲ پیشینه‌ی فناوری سنجش از دور ماهواره‌ای.....	۱۴
الف) دوره‌ی قبل از ۱۹۲۵ میلادی.....	۱۵
ب) دوره‌ی ۱۹۲۵ تا ۱۹۶۰ میلادی.....	۱۵
ج) دوره‌ی ۱۹۶۰ تا کنون.....	۱۵

۱۶	پیشینه‌ی عکسبرداری هوایی و سنجش از دور در ایران
۱۷	خلاصه‌ی فصل دوم
۱۷	خودآزمایی فصل دوم

۲۱	بخش دوم: اجزاء سامانه سنجش از دور
۲۱	هدف مرحله‌ای بخش دوم
۲۳	فصل اول: منبع انرژی
۲۳	هدف مرحله‌ای فصل اول
۲۳	هدفهای آموزشی - رفتاری فصل اول
۲۴	۱-۲ منبع انرژی
۲۵	۱-۱-۲ طیف الکترومغناطیسی
۲۷	۱-۱-۲ تابش جسم سیاه
۳۱	الف) امواج ماوراء بنفش
۳۱	ب) امواج یا نور مرئی
۳۳	ج) امواج مادون قرمز نزدیک
۳۴	د) امواج مایکروویو یا میکروموج (که موج)
۳۵	هـ) امواج راداری (تشخیص و مسافت‌یابی رادیویی)
۳۶	۲-۱-۲ محدوده‌ی اپتیکی یا نوری
۳۷	۳-۱-۲ باندهای تاریک طیف
۳۷	خلاصه‌ی فصل اول
۳۸	خودآزمایی فصل اول

۴۱	فصل دوم: اثر برخورد متقابل انرژی تابش الکترومغناطیسی با جو زمین
۴۱	هدف مرحله‌ای فصل دوم
۴۱	هدفهای آموزشی - رفتاری فصل دوم
۴۱	۲-۲ اثر برخورد متقابل انرژی تابش الکترومغناطیسی با جو زمین
۴۲	۱-۲-۲ پخش اتمسفری
۴۳	۱-۱-۲-۲ پخش ریلای یا ریلی
۴۴	۲-۱-۲-۲ پخش می یا مای
۴۴	۳-۱-۲-۲ پخش غیر انتخابی

۴۵	 جذب اتمسفری
۴۶	 عبور یا پنجره‌ی اتمسفری
۴۷	 خلاصه‌ی فصل دوم
۴۸	 خودآزمایی فصل دوم

۵۱	 فصل سوم: اثر برخورد متقابل انرژی تابش الکترومغناطیسی با پدیده‌های سطح زمین
۵۱	 هدف مرحله‌ای فصل سوم
۵۱	 هدفهای آموزشی - رفتاری فصل سوم
۵۲	 ۳-۲ اثر برخورد متقابل انرژی تابش الکترومغناطیسی با پدیده‌های سطح زمین
۵۳	 ۱-۳-۲ انعکاس انرژی توسط عوارض زمین
۵۳	 الف) انعکاس آئینه‌ای
۵۴	 ب) انعکاس پخش
۵۵	 ۲-۳-۲ آلوده یا ضریب انعکاس
۵۶	 ۳-۳-۲ انعکاس طیفی گیاهان سبز
۵۶	 الف) ناحیه‌ی جذب به وسیله‌ی ذرات رنگی
۵۶	 ب) ناحیه‌ی بدون جذب یا روزنه‌های جوی
۵۷	 ج) ناحیه‌ی جذب به وسیله‌ی آب
۵۷	 ۱-۳-۳-۲ اثر رطوبت بر انعکاس گیاهان
۵۸	 ۴-۳-۲ انعکاس طیفی خاکها
۶۰	 ۵-۳-۲ انعکاس طیفی آبها
۶۱	 ۶-۳-۲ مقایسه‌ی انعکاس طیفی گیاه، خاک و آب
۶۳	 خلاصه‌ی فصل سوم
۶۴	 خودآزمایی فصل سوم

۶۷	 فصل چهارم: سکوها
۶۷	 هدف مرحله‌ای فصل چهارم
۶۷	 هدفهای آموزشی - رفتاری فصل چهارم
۶۷	 ۴-۲ سکوها
۶۸	 ۱-۴-۲ سکوه‌ای زمینی
۶۸	 ۲-۴-۲ سکوه‌ای هوایی
۶۹	 ۱. بالن

۷۰	۲. هلی کوپتر
۷۱	۳. هواپیما
۷۱	۲-۴-۳ سکوهاى فضايى
۷۲	۱. راکت ها يا موشکها
۷۲	۲. شاتل هاى فضايى
۷۲	۳. ايستگاههاى فضايى
۷۲	۴. ماهواره ها
۷۷	۲-۴-۴ ماهواره هاى سرى لندست
۸۴	۲-۴-۵ ماهواره هاى سرى اسپات
۸۷	۲-۴-۶ ماهواره هاى سرى آيکونوس
۹۱	۲-۴-۷ ماهواره هاى سرى کويک برد
۹۲	خلاصه ي فصل چهارم
۹۳	خودآزمايى فصل چهارم

۹۷	فصل پنجم: سنجنده ها
۹۷	هدف مرحله اى فصل پنجم
۹۷	هدفهاى آموزشى - رفتارى فصل پنجم
۹۷	۲-۵ سنجنده ها
۹۸	۲-۵-۱ سنجنده هاى غير فعال
۹۹	۲-۵-۲ سنجنده هاى فعال
۱۰۱	۲-۵-۳ سنجنده هاى تصويربردار
۱۰۱	الف) سنجنده هاى مصور (اِپْتِيکس)
۱۰۳	ب) سنجنده هاى عددى يا رقمى
۱۰۴	ج) سنجنده ي MSS يا سيستم اسکن کننده ي چند طيفى
۱۰۶	۲-۵-۴ پارامترهاى مهم يک سنجنده ي تصويربردار
۱۰۷	۲-۴-۵-۱ قدرت تفکيک زمينى يا فضايى
۱۰۷	۲-۴-۵-۲ قدرت تفکيک طيفى
۱۰۹	۲-۴-۵-۳ قدرت تفکيک پرتوسنجى (حساسيت راديو مترىک)
۱۱۰	۲-۴-۵-۴ توان تفکيک زمانى
۱۱۰	۲-۴-۵-۵ توان تفکيک پوشش زمينى
۱۱۰	۲-۵-۵ محصولات سنجنده ها

۱-۵-۵-۲	محصولات تصویری ماهواره‌های سری لندست	۱۱۱
۲-۵-۵-۲	محصولات تصویری ماهواره‌های سری اسپات	۱۱۲
۳-۵-۵-۲	محصولات تصویری ماهواره‌های سری آیکونوس	۱۱۲
۶-۵-۲	چگونگی تهیه و مخابره‌ی تصاویر ماهواره‌ای به زمین	۱۱۲
۱-۶-۵-۲	کدبندی اطلاعات ماهواره‌های سری لندست	۱۱۴
۲-۶-۵-۲	کدبندی اطلاعات ماهواره‌های سری اسپات	۱۱۵
	خلاصه‌ی فصل پنجم	۱۱۶
	خودآزمایی فصل پنجم	۱۱۷
فصل ششم: ایستگاههای زمینی و ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای		
۱۲۱	هدف مرحله‌ای فصل ششم	۱۲۱
۱۲۱	هدفهای آموزشی - رفتاری فصل ششم	۱۲۱
۶-۲	ایستگاههای زمینی و ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای	۱۲۲
۱-۶-۲	تفسیر عکسهای هوایی	۱۲۲
۲-۶-۲	تفسیر عکسهای فضایی و ماهواره‌ای	۱۲۳
۱-۲-۶-۲	تفسیر چشمی داده‌های ماهواره‌ای	۱۲۳
۱۲۴	- تن یا رنگ	۱۲۴
۱۲۴	- اندازه	۱۲۴
۱۲۵	- بافت یا ترکیب	۱۲۵
۱۲۵	- شکل	۱۲۵
۱۲۵	- ارتفاع	۱۲۵
۱۲۵	- سایه	۱۲۵
۱۲۶	- مجاورت و همراهی	۱۲۶
۲-۲-۶-۲	تفسیر رقومی داده‌های ماهواره‌ای	۱۲۶
۳-۶-۲	طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای	۱۲۷
۱۲۹	خلاصه‌ی فصل ششم	۱۲۹
۱۳۰	خودآزمایی فصل ششم	۱۳۰
پاسخنامه		
۱۳۷	منابع و مآخذ	۱۳۷

پیشگفتار

در چند دهه‌ی اخیر ظهور فناوری جدیدی به نام **سنجش از دور** (Remote Sensing) و در پی آن سامانه‌های اطلاعات جغرافیا در جهان تحول شگرفی در کسب و بهره‌برداری از اطلاعات مربوط به منابع زمینی و زیست محیطی ایجاد کرده است. داده‌های سنجش از دور در کنار سایر منابع اطلاعاتی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در مطالعات و بررسی‌های منابع طبیعی و محیطی در دسترس پژوهشگران قرار گرفته و از طرف دیگر، به صورت تکنیکی قدرتمند اطلاعات جامع و بهنگام را در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران برای برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ی منابع زمینی و محیطی قرار دهد. آنچه مسلم است یکی از ارکان مهم تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها، اطلاعات دقیق و بهنگام می‌باشد. جهت جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات با حجم زیاد، چاره‌ای به جز استفاده از ابزار و تکنولوژی نوین ماشینی وجود ندارد. یکی از این فناوری‌ها، سنجش از دور و بعد از آن **سیستم اطلاعات جغرافیایی** (Geographical Information System) یا به اختصار GIS می‌باشد. با توجه به کمبود منابع اطلاعاتی مرتبط، بر آن شدیم که جهت شناخت هرچه بهتر این علم و تکنولوژی، منابع اطلاعاتی مفیدی را شناسایی و با ترجمه و به صورت خودآموز برای دانشجویان آموزش از راه دور و در دسترس همگان قرار دهیم.

این کتاب مجموعه‌ای غنی شامل چکیده‌ی دانش و بنیادهای اساسی سنجش از دور و کاربرد آن در زمینه‌های مختلف، بویژه به عنوان یکی از مهمترین و مناسب‌ترین ورودی‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی است که با بهره‌گیری از روشی خاص و

استفاده از تصاویر و نمودارهای متعدد امکان بهره‌گیری و درک مباحث پیچیده‌ای این تکنولوژی را برای خواننده سهل می‌کند.

کتاب حاضر که اصول و مفاهیم اولیه‌ی علم سنجش از دور را به طور اعم به زبانی ساده و گویا مورد بحث قرار داده و جهت فراگیری بهتر، جنبه‌های کاربردی آن را در زمینه مسائل مربوط به جغرافیای انسانی و طبیعی به طور فشرده آورده است. در تهیه و تدوین مطالب کتاب برآنیم که مطالب آموزشی مورد نیاز، معادل دو واحد درس اصول و مبانی سنجش از دور (عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای) در مقطع کارشناسی مطابق سرفصلهای مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی به صورت بسیار ساده و خودآموز اشاره و مورد بررسی قرار گیرد.

این کتاب در دو بخش و جمعاً هشت فصل بر اساس نظامی خاص و منسجم تنظیم شده است. در هر فصل علاوه بر بیان اصول و مفاهیم به صورت اهداف آموزشی، جهت حصول اطمینان از یادگیری و افزایش اعتماد دانشجویان، یک سری نمونه سوالات تستی انتخاب شده که دانشجو با پاسخگویی به آنها علاوه بر سنجش میزان درک مطالب و آشنایی با بانک سؤالات، اصول و مفاهیم ارائه شده را در ذهن خود تثبیت می‌کند.

خلاصه

به طور کلی موضوعات مجموعه‌ی حاضر عمدتاً درباره ماهواره‌های منابع زمینی، پردازش و تحلیل داده‌های زمینی و چگونگی تفسیر عکسهای هوایی می‌باشد. ماهواره‌های منابع زمینی در ارتفاع تقریبی ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین در مدار نزدیک قطب به دور کره‌ی زمین در حال گردش بوده و بازتاب انرژی تابش الکترومغناطیسی عوارض سطح زمین را که به صورت داده‌های خام می‌باشد، جمع‌آوری می‌کنند. اولین دوربینهای عکسبرداری از اوایل قرن ۱۹ اختراع شدند و بعدها به عنوان اولین سنجنده‌ها کاربرد وسیعی در سنجش از دور پیدا کردند. در اوایل دوربینها اغلب در هواپیماهایی که در ارتفاع پایین پرواز می‌کردند، نصب می‌شدند. سنجش از دور به عنوان یک علم از دیدگاه محققین دارای تعاریف متعددی است که می‌توان به صورت ذیل تعریف شود:

فن و هنر کسب داده‌ها از اشیاء یا پدیده‌ها (سطح زمین) بدون تماس فیزیکی با آنها و تبدیل این داده‌ها به اطلاعات مفید جهت شناسایی و درک آنها از طریق تجزیه و تحلیل‌های مناسب. یک سامانه سنجش از دور را می‌توان به پنج جزء اصلی تقسیم کرد. این پنج جزء عبارتند از:

(۱) منبع انرژی - منبع انرژی مورد استفاده در سنجش از دور ممکن است به صورت طبیعی (امواج الکترومغناطیسی خورشید یا گرمای ساطع شده از زمین) و یا مصنوعی (مانند رادارهای مایکروویوی یا میکروموجی) باشد.

۲) عمل برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با جو زمین - امواج تابش الکترومغناطیسی که از جو زمین عبور می کنند توسط ترکیبات مختلف اتمسفر (انواع گازها، ذرات معلق، قطرات ریز ابرها و...) جذب شده، عبور کرده و یا پراکنده و پخش می شوند.

۳) عمل برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با پدیده های سطح زمین - مقدار و خصوصیات اشعه های ساطع شده و یا انعکاس یافته از عوارض و پدیده های سطح زمین به طول موج و خصوصیات اشیاء سطح زمین بستگی دارد.

۴) سیستم های سنجنده و سکوها - پرتوهای الکترومغناطیسی که با اتمسفر و سطح زمین برخورد می کنند، می تواند به وسیله ی سنجنده هایی از قبیل دوربین های ویدئویی یا عکسبرداری و اسکنرهای رادیومتری پراکنده سنج یا رادارها ثبت شوند.

سنجنده ها می توانند فعال و یا غیرفعال باشند و توسط انواع متعددی از سکوها ی هوایی، بالونها، راکت های صوتی یا فضاییمانند مانند شاتل های فضایی و ماهواره ها (از قبیل لندست، اسپات، آیکنوس، نووا، MOS، MetoSat و...) حمایت شوند.

۵) ایستگاه های زمینی و ابزارهای تجزیه و تحلیل داده های ماهواره ای - تحلیل و آنالیز داده های سنجش از دور توسط تکنیک های متعددی انجام می شود که عبارتند از:

الف) تجزیه و تحلیل چشمی داده ها - که مبتنی است بر تفسیر چشمی داده ها.

ب) تجزیه و تحلیل رقومی داده ها - که در دستگاه های پردازش تصویر انجام شده و اشاره دارد به تکنیک هایی چون آمار چند بعدی یا فیلترهای فضایی که بیشتر در سیستم های GIS مؤسسه ملی اقیانوس شناسی تلفیق می شود.

روش سنجش از دور - روشی است که بر مبنای هدف موضوعی یک مسئله ی مورد مطالعه که برای تولید اطلاعات از داده های سنجش از دور استفاده می شود. انتخاب روش سنجش از دور بسیار مناسب بایستی بر اساس هدف، دقت سازمان و هزینه ی مورد نیاز طرح در نظر گرفته شود. در عمل یک روش سنجش از دور اغلب شامل ترکیبی از سیستم ها و تکنیک های متعدد سنجش از دور به یک روش چند مرحله ای است.

هدفهای کلی

آشنایی دانشجویان با تعاریف، مفاهیم و تاریخچه‌ی فن سنجش از دور ماهواره‌ای، فراگیری اجزاء یک سامانه سنجش از دور شامل: منبع انرژی، عمل برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با جو زمین، عمل برخورد متقابل انرژی الکترومغناطیسی با پدیده‌های سطح زمین، سیستمهای سنجنده و انواع سکوها (بوژه ماهواره‌های سری لندست، اسپات، آیكونوس و کویک برد)، ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای و نیز کاربردهای علم سنجش از دور در حل بسیاری از مسائل و مشکلات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، سیاسی و... مهمترین اهداف کلی می باشد.

بخش اول

سامانه سنجش از دور

هدف مرحله‌ای بخش اول

در این بخش دانشجو ضمن آشنایی با تعاریف و مفاهیم اولیه، سوابق تاریخی علم سنجش از دور را در دوره‌های مختلف فرا می‌گیرد و با توسعه روزافزون کاربرد فن سنجش از دور آشنا می‌گردد.

فصل اول

تعاریف

هدف مرحله‌ای

در این فصل دانشجو با مفاهیم و تعاریف اولیه‌ی سنجش از دور آشنا شده و برخی از کاربردهای سنجش از دور در علوم مختلف را فرا می‌گیرد.

هدفهای آموزشی - رفتاری

- از دانشجو انتظار می‌رود پس از مطالعه‌ی این فصل به هدفهای آموزشی زیر دست یابد.
۱. تعریف سنجش از دور را درک کند.
 ۲. تفاوت بین داده و اطلاعات را بداند.
 ۳. با مواردی از کاربرد تصاویر ماهواره‌ای آشنا شود.

۱-۱ تعاریف

۱-۱-۱ مفهوم سنجش از دور

سنجش از دور عبارت است از علم، هنر و فن دریافت اطلاعات درباره‌ی یک شیء، ناحیه و یا پدیده‌ای به وسیله‌ی تجزیه و تحلیل داده‌هایی که توسط ابزاری اخذ شده بدون تماس فیزیکی با آنها. به عبارت دیگر، دانش شناسایی و تشخیص عوارض و پدیده‌ها از فواصل دور که در ارتباط فیزیکی با سنجنده نیست را اصولاً فن سنجش از دور می‌گویند. این فاصله می‌تواند از یک متر تا چندین هزار کیلومتر تغییر کند.

۱-۱-۲ داده^۱

داده‌ها مجموعه‌ی اندازه‌گیریها و مشاهداتی هستند که از بررسی جهان واقعی به دست می‌آیند. به بیان دیگر، داده عبارت است از مشاهدات یا اندازه‌گیریهایی که به منظور و هدف خاصی از یک شیئی یا پدیده‌ای ثبت می‌شوند. مثلاً داده‌های مربوط به سن افراد حاضر در کلاس درس اصول سنجش از دور ارزش و اعتبار داده‌ها هنگامی مشخص می‌شود که مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

داده‌ها به انواع متعددی تقسیم می‌شوند و به طور کلی از سه جنبه‌ی مکان، زمان و موضوع خارج نیستند. مثلاً پدیده‌ی خشکسالی در سال ۱۳۸۰ در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه اتفاق افتاد. در این جمله، به ترتیب:

الف) پدیده‌ی خشکسالی، موضوع یا ویژگی عارضه‌ی جهان واقعی را بیان می‌دارد.

ب) سال ۱۳۸۰، بیانگر زمان وقوع پدیده‌ی خشکسالی است.

ج) حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه، مکان و محل وقوع پدیده‌ی مذکور را بیان می‌دارد.

بنابراین بایستی برای تمامی داده‌ها بتوان هر یک از سه جنبه‌ی مذکور را تشخیص داد.

۱-۱-۳ اطلاعات^۲

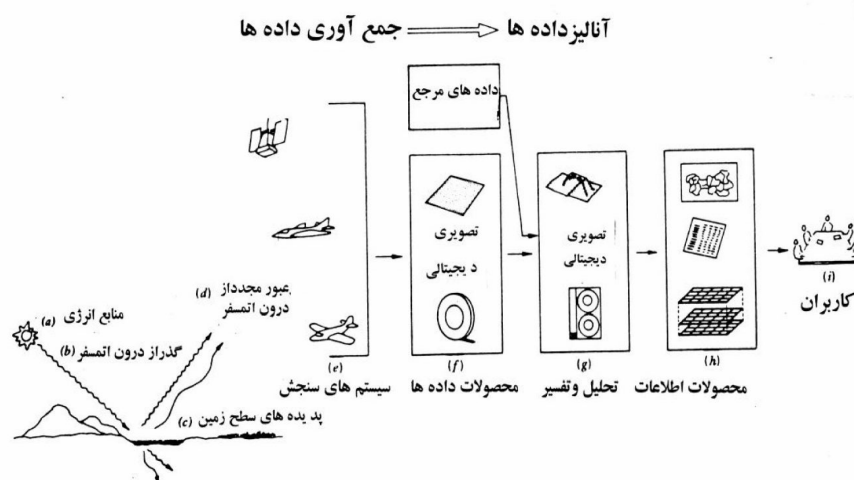
داده‌های جمع‌آوری شده در صورت پردازش، معنی پیدا کرده و به اطلاعات تبدیل می‌شوند. بنابراین اطلاعات عبارتست از نتایج به دست آمده از بررسی و تجزیه و تحلیلی که بر روی داده‌ها انجام گرفته باشد. برای مثال، پس از بررسی و تحلیل داده‌های مربوط به سن افراد یک کلاس می‌توان به اطلاعاتی چون بلندترین و کوتاهترین نفر کلاس و دیگر پارامترهای آماری رسید. بنابراین، مطابق تعریف هانولد، اطلاعات داده‌های معنی داری هستند که در قالب خاصی قرار می‌گیرند.

شکل ۱-۱-۱ فرآیند کلی و عناصر درگیر با سنجش از دور انرژی تابش الکترومغناطیسی منابع زمینی را به وضوح نشان می‌دهد. در این شکل دو فرآیند اصلی مرتبط جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل (آنالیز) داده‌هاست. عناصر فرایندهای

1. Data

2. Information

جمع‌آوری داده شامل، منبع انرژی (a)، انتقال و انتشار انرژی از درون اتمسفر (b)، تاثیر متقابل انرژی با اشکال سطح زمین (c)، عبور یا انتشار مجدد انرژی از درون اتمسفر (d)، سنجنده‌های نصب شده در هواپیماها یا فضاپیماها (ماهواره‌ها) (e)، نتایج تولید داده‌های سنجنده در اشکال تصویری و یا دیجیتالی (f). بطور مختصر ما سنجنده‌ها را برای ثبت کردن تغییرات انعکاس اشکال سطح زمین و انتشار انرژی تابشی الکترومغناطیسی به کار می‌بریم.



شکل ۱-۱-۱ فرآیند کلی سنجش از دور انرژی تابشی الکترومغناطیسی منابع زمینی

فرآیند تجزیه و تحلیل داده (g)، آزمون داده‌های گوناگون تصویری و ابزارهای تفسیر داده‌های تصویری و یا یک کامپیوتر تحلیل داده‌های دیجیتالی سنجنده را دربر می‌گیرد. از داده‌های مرجع درباره‌ی منابع مطالعه شده (از قبیل نقشه‌ی خاک، آمارهای محصول یا داده‌های میدانی تطبیق شده) برای کمک به آنالیز داده‌ها استفاده می‌شود. به کمک داده‌ی مرجع، تحلیل‌گر اطلاعاتی را درباره‌ی نوع، وسعت، موقعیت و وضعیت منابع متفاوتی که داده‌های آن توسط سنجنده جمع‌آوری شده‌است، استخراج می‌کند. سپس این اطلاعات (h) به‌طور عام به صورت نقشه‌ها و جداول چاپ شده و یا به صورت فایل‌های کامپیوتری که می‌تواند با لایه‌های اطلاعاتی دیگر در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ادغام شود، جمع‌آوری می‌شوند. سرانجام، اطلاعات به کاربرانی (i) عرضه می‌شود که این اطلاعات را در فرآیند تصمیم‌گیری‌شان به کار می‌برند.

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، بر کاربرد ابعاد مکانی در تبدیل داده‌ها به اطلاعات تاکید می‌کند و سبب می‌شود تا پدیده‌های جغرافیایی بهتر درک شوند. داده‌های مکانی از طریق نقشه‌برداری، عکسبرداری هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و... جمع‌آوری می‌شوند. سپس به صورت نقشه یا تصاویر قابل فهم برای نمایش و تحلیل پدیده‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین ترتیب، داده‌های تبدیل شده به اطلاعات، به شخص سوم یا کاربر انتقال می‌یابد تا مدیریت شده و براساس آن برنامه‌ریزی صحیح صورت گیرد. بنابراین فن کسب اطلاعات از عوارض و پدیده‌های روی زمین بدون تماس فیزیکی با این پدیده‌ها تعریف دیگر سنجش از دور می‌باشد. این فرایند شامل:

(۱) انجام اندازه‌گیری توسط سنجنده‌هایی (مانند دوربینها، اسکنرها، رادیومترها، رادارها و...) که بر روی سکوهایی (هواپیماها یا ماهواره‌ها) که در ارتفاع قابل ملاحظه‌ای از سطح زمین قرار گرفته‌اند.

(۲) ثبت و ضبط اندازه‌گیری بر روی واسطه‌های مناسب (به صورت تصاویر بر روی فیلم و نوارهای ویدئویی و یا به صورت رقومی بر روی نوارهای مغناطیسی در صورتی که تماس فیزیکی با سنجنده وجود نداشته باشد) هنگامی که سنجنده‌ها بر روی ماهواره قرار گرفته‌اند) داده‌ها به ایستگاههای زمینی انتقال داده می‌شوند و در آنجا بر روی نوارهای مغناطیسی ضبط می‌گردند. بنابراین دستگاههای زمینی نیاز به آنتن‌های دیگی برای ارتباط با ماهواره دارند.

(۳) تصحیح داده‌ها، کاهش و یا از بین بردن خطاهای هندسی و رادیومتریک که بر اثر تغییرات مسیر حرکت سکو نسبت به زمین و یا تغییرات ارتفاع سکو و حتی تغییرات در خصوصیات سنجنده‌ها و... به وجود آمده است. تصحیح چنین خطاهایی توسط فناوری‌های الکترونیک و یا معمولاً به وسیله کامپیوترها انجام گرفته و به آن عملیات قبل از پردازش می‌گویند (پیش پردازش).

(۴) تولید محصولات نهایی به صورت عکس با بزرگ‌نماییهای مختلف. اگر داده‌هایی که قبلاً پردازش شده به شکل و یا فرم رقومی (۰ و ۱) باشند، به وسیله کامپیوتر تبدیل به تصویر می‌شوند و بر روی فیلمهای عکاسی ثبت می‌گردند. به علاوه محصولات برای کاربرانی که نیازمند داده‌های رقومی هستند بر روی واسطه‌های

مغناطیسی مانند نوارهای سازگار با کامپیوتر^۱، نوارهای کارت‌ریج، فلاپی دیسک‌ها و یا نوارهای صورتی رقومی^۲ ارائه می‌گردند.

۱-۱-۴ کاربرد سنجش از دور

سنجش از دور در بسیاری از زمینه‌های علمی و تحقیقاتی کاربردهای گسترده‌ای دارد. به منظور پیشبرد علمیات شناسایی، اندازه‌گیری و پردازش داده‌های پدیده‌ها و عوارض زمین بدون تماس فیزیکی، از عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای کمک گرفته می‌شود و به بسیاری از مجهولات پاسخ داده می‌شود. جهت آشنایی بیشتر با کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در علوم مختلف، در جدول ۱-۱-۱ به پاره‌ای از رشته‌های علمی که از داده‌های سنجش از دور به عنوان یکی از منابع موثق برای دستیابی به جدیدترین و دقیق‌ترین اطلاعات استفاده می‌کنند، اشاره شده است.

جدول ۱-۱-۱ کاربرد سنجش از دور در علوم مختلف

رشته‌ی علمی	مواردی از کاربرد سنجش از دور
نقشه‌برداری	تهیه‌ی نقشه‌های پایه و انواع نقشه‌های موضوعی با اهداف و مقیاسهای مختلف
زمین‌شناسی	شناسایی انواع سنگها و اکتشاف معادن مختلف
جغرافیا	بررسی تغییرات کاربری اراضی، مطالعه‌ی توسعه‌ی شهرها، بررسی تغییرات بافت شهرها، طراحی راهها و خطوط ارتباطی برای توسعه‌ی آینده‌ی شهرها - مکانیابی بهینه‌ی سازه‌های شهری، بررسی تغییرات و طبقه‌بندی پوشش گیاهی، شناسایی و مطالعه‌ی فرسایش دامنه‌ها، شناسایی خطوط گسلها و جهت رودخانه‌ها، بررسی و کنترل سیلاب، مطالعه‌ی یخچالها، شناسایی و بررسی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و...
هواشناسی	مطالعه‌ی سرعت و مسیر حرکت ابرها در اتمسفرها، مطالعه‌ی پدیده‌های جوی، پیش‌بینی شرایط هوای روزانه اندازه‌گیری میزان خسارات ناشی از بلایای طبیعی از قبیل طوفان، سیل، آتش سوزی و ...
کشاورزی	برآورد و پیش‌بینی مقدار محصولات کشاورزی، شناسایی امراض و آفات و ضایعات مهم نباتی، شناسایی و طبقه‌بندی انواع خاکها و گیاهان، بررسی و رتبه‌بندی مراتع و ...
محیط زیست	مطالعه‌ی و بررسی اکوسیستم‌های طبیعی و مصنوعی، شناسایی و تشخیص برخی از آلودگیهای شیمیایی و فیزیکی، بررسی مسائل اکولوژیکی، کشف آلودگی آبها و لکه‌های نفتی در سطح دریاها و ...
هیدرولوژی	شناسایی سفره‌های آب زیرزمینی و آبهای سطحی و برآورد حجم آنها، بررسی و کنترل سیلابها، طراحی پروژه‌های زهکشی و هیدرولوژی و...

پرواز هواپیماهای قاره‌پیمای کشورهای صنعتی و پیشرفته‌ی جهان بر فراز سایر

1. CCTS
2. DATS

ممالک به منظور کسب اطلاعات مختلف، سابقه‌ی نسبتاً طولانی دارد. شاید بتوان گفت که در زمینه‌ی مسائل نظامی علی‌الخصوص شناسایی، برآورد و اطلاع از تاکتیکها و تجهیزات نظامی گروهها یا کشورهای درگیر در جنگ توسط ماهواره‌های جاسوسی و عکسبرداریهای هوایی، برگ برنده‌ای برای طرفین درگیر باشد که هزینه‌های زیادی صرف دستیابی به چنین اطلاعات حیاتی می‌شود. نمونه‌ی کاربرد چنین تصاویر ارزشمندی هنگام حمله آمریکا به عراق در سال ۲۰۰۳ برای همگان روشن شد. مثلاً به کمک سنجنده‌های با قدرت تفکیک بسیار بالا که روی هواپیماها و ماهواره‌های جاسوسی نصب شده‌اند، تمام حرکات، تاکتیکها و تجهیزات دشمن به طور پیوسته زیر نظر گرفته می‌شود و یا امروزه برای مثال در مطالعات هواشناسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لحظه به لحظه مسیر و سرعت حرکت توفانها و تورنادوها را پی‌گیری می‌کنند و هشدارهای لازم را به مناطق حادثه‌خیز می‌دهند.

خلاصه‌ی فصل اول

علم، هنر و فن شناسایی و تشخیص عوارض و پدیده‌ها از فواصل دور که در ارتباط فیزیکی با سنجنده نیست را اصولاً فن سنجش از دور می‌نامند. داده، مشاهده یا اندازه‌ای است که به منظور و هدف خاصی از یک شیئی یا پدیده‌ای ثبت می‌شود. ارزش و اعتبار داده‌ها هنگامی مشخص می‌شود که آنالیز شوند. تمامی داده‌ها از سه جنبه‌ی مکان، زمان و موضوع خارج نیستند. داده‌ها در صورت پردازش و تجزیه و تحلیل معنی پیدا کرده و به اطلاعات تبدیل می‌شوند. بنابراین اطلاعات، داده‌های معنی‌داری هستند که در بافت و قالب خاصی قرار می‌گیرند و پس از آن کاربران بر اساس چنین اطلاعاتی برنامه‌ریزی می‌کنند. فرآیند سنجش از دور به ترتیب شامل مراحل انجام اندازه‌گیری توسط سنجنده، ثبت و ضبط اندازه‌گیریها بر روی واسطه‌های مناسب، انجام تصحیحات روی داده‌ها و سرانجام تولید عکس و تصاویر می‌باشد. مهمترین کاربرد فن سنجش از دور، کسب جدیدترین و قابل اعتمادترین اطلاعات به کمک عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در زمینه‌ی رشته‌های مختلف علمی بدون تماس فیزیکی سنجنده با عوارض و پدیده‌ها می‌باشد.

خودآزمایی فصل اول

۱. ارزش و اعتبار داده‌ها چه زمانی مشخص می‌شود؟
 (الف) زمانی که ثبت و ضبط می‌شوند. (ب) زمانی که آنالیز شوند.
 (ج) هنگامی که به دست کاربران می‌رسد. (د) همیشه ارزشمند و معتبرند.
۲. عبارت «پدیده‌ی خشکسالی در سال ۱۳۸۰ در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه اتفاق افتاد»، دلالت بر کدامیک از جنبه‌های زیر دارد؟
 (الف) جنبه‌ی مکانی (ب) جنبه‌ی زمانی
 (ج) موضوع (د) هر سه مورد
۳. در فرآیند سنجش از دور، انجام اندازه‌گیریها توسط چه ابزاری صورت می‌گیرد؟
 (الف) سکوها (ب) سنجنده‌ها
 (ج) ماهواره‌ها (د) هواپیماها
۴. مهمترین دلیل به‌وجود آمدن خطاهای هندسی و رادیومتریک در تصاویر ماهواره‌ای کدامیک از موارد زیر است؟
 (الف) تغییر در خصوصیات سنجنده (ب) تغییر در ارتفاع سکوها
 (ج) تغییر در مسیر حرکت سکوها نسبت به زمین (د) هر سه مورد
۵. دانش و هنر شناسایی و تشخیص عوارض و پدیده‌ها از فواصل دور که در با سنجنده نیست را اصطلاحاً سنجش از دور می‌گویند.
۶. مهمترین کاربرد فن دورسنجی را همراه با یک مثال شرح دهید؟

فصل دوم

پیشینه‌ی علم سنجش از دور

هدف مرحله‌ای

در این فصل دانشجو با تاریخچه‌ی سنجش از دور در جهان و ایران آشنا شده و سه دوره‌ی تاریخی استفاده از سنجش از دور یا فن سنجش از دور را فرا می‌گیرد.

هدفهای آموزشی

از دانشجو انتظار می‌رود که پس از مطالعه‌ی این فصل به هدفهای آموزشی زیر دست یابد.

۱. با تاریخچه‌ی عکسبرداری هوایی و سنجش از دور در ایران آشنا شود.
۲. با دوره‌های مختلف استفاده از علم یا فن سنجش دور ماهواره‌ای آشنا شود.

۱-۲ پیشینه‌ی علم سنجش از دور

انسان اولیه به طور مستقیم و یا غیر مستقیم سعی کرده پدیده‌های اطراف خود را شناسایی و کشف نماید. وی به‌طور کاوشگرانه و اغلب بدون برقراری تماس فیزیکی با پدیده‌های طبیعی، چشم‌اندازهای پیرامون خود را نگریسته و بررسی و تحلیل کرده و

به طور ناخودآگاه از فن سنجش از دور^۱ بهره برده است. نگرستن از بالای کوههای مشرف به سرزمینهای پست تر و تشخیص و تمیز برخی عوارض و پدیده ها صرفاً از روی شکل، رنگ و بافت شان در واقع کاربرد عملی دانشی است که امروزه از آن به عنوان سنجش از دور یاد می شود.

بدون شک، بزرگترین توسعه در علم سنجش از دور در قابل دسترس بودن داده های ماهواره ای است که خود به طور قابل ملاحظه ای سیل تصاویر ماهواره ای از سطح زمین را بخصوص از زمان به فضا فرستادن اولین ماهواره ی منابع زمینی لندست یک^۲ و ماهواره های بعدی افزایش داده است.

با معرفی فن سنجش از دور از سه دهه قبل به جامعه ی علمی جهان و بلافاصله به دنبال آن تأسیس انجمنها و مراکز سنجش از دور در بیشتر کشورها و برگزاری کنفرانسها و سمینارهای متعدد و تهیه ی و انتشار کتب و مقالاتی در این رابطه، کاربرد این علم در بسیاری از مباحث مربوط به علوم زمین بویژه در علم جغرافیا، زمین شناسی، هواشناسی، نقشه برداری، هیدرولوژی، کشاورزی و بررسیهای زیست محیطی و ... بسیار زیاد و روزافزون شده است. با توجه به این که استفاده از فناوری سنجش از دور بهره وری و صرفه جویی عظیم زمانی، مالی، انسانی و حصول نتایج دقیق و ارزشمند علمی را دربر داشته و استفاده از فناوری مذکور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی لازمه توسعه پایدار می باشد، توجه به آن و ارتقای هر چه بیشتر و یافتن جایگاه و بستر مناسب رشد و ترقی در جوامع گوناگون اهمیت خاصی یافته است.

۱-۲-۱ پیشینه ی عکسهای هوایی در جهان

بررسی مطالعات محققین نشان می دهد که سابقه عکسبرداری از سطح زمین از ارتفاع بالا با فاصله زمانی اندکی با تاریخچه ی اختراع فن عکاسی و دوربین و ساخت اولین بالنها و پرواز هواپیماها ارتباط داشته است. دوربین عکسبرداری اولین سنجنده ای بوده که بشر به کمک آن حدود ۱۵۰ سال پیش توانست اطلاعات اشیاء در فواصل دور را در اختیار بگیرد. بدین صورت که انرژی بازتابی از عوارض زمین از طریق یک عدسی به

1. Remote Sensing
2. Land Sat 1

رویه‌ای بسیار حساس به نور برخورد می‌کرد و آنرا متأثر می‌ساخت. اولین بالن‌ها در دهه ۱۷۸۰ میلادی توسط انسان ساخته و به هوا فرستاده شدند. در تاریخ ۱۹ اوت ۱۸۳۹ میلادی نیپس^۱ و داگر^۲ در آکادمی علوم و هنرهای فرانسه کشف فن عکاسی را به جامعه علمی جهان اعلام نمودند. اولین موفقیت در عکسبرداری هوایی با بالن در سال ۱۸۵۹ میلادی به وسیله‌ی کاسپار فیلکس تورناچون^۳ از دهکده‌ی کوچکی نزدیک پاریس انجام گرفت.

پیشرفت اصلی در عکسبرداری از سال ۱۸۷۱ میلادی همزمان با پیدایش فیلم‌های کاذب سیاه و سفید و رنگی بود. در حین حال، ایده عکسبرداری سطح زمین از ارتفاع بالا که بعداً عکسبرداری هوایی نام گرفت از اواخر دهه‌ی ۱۸۶۰ میلادی با گرفتن عکسهایی از بالای بالون بود. به نظر می‌رسد که برادران رایت اولین کسانی باشند که با هواپیمای موتوری ساخت خودشان زمین را به قصد پرواز آزاد ترک کردند و اولین موفقیت را به نام خود در تاریخ ثبت کردند. آنها اولین عکسهای هوایی را از بالای هواپیما از لیمنز فرانسه و دهکده کوچک چنتوچیلی^۴ در ایتالیا به ترتیب در سالهای ۱۹۰۸ و ۱۹۰۹ میلادی گرفتند.

اولین جفت عکس هوایی که برای برجسته‌بینی مناسب بود در سال ۱۹۱۴ میلادی از یک کشتی هوایی از شهر برلین در آلمان برداشته شد. (Wolf, ۱۹۸۳)

طی سالهای جنگ جهانی اول (۱۹۱۴-۱۹۱۸) برای مصارف نظامی بویژه در ارتش از عکسهای هوایی استفاده زیادی شد و در جنگ جهانی دوم (۱۹۴۵-۱۹۳۵) نیز علاوه بر استفاده‌های نظامی جهت مصارف غیر نظامی استفاده گسترده‌ای از عکسهای هوایی به عمل آمد. یکی از مهمترین تأثیرات جنگ جهانی اول در علم تفسیر عکسهای هوایی، آموزش عده‌ی زیادی در بخش تفسیر عکسهای هوایی بوده است. به دنبال جنگ جهانی دوم، پیشرفت در علم عکسبرداری هوایی همچنان ادامه یافت. تا جایی که امروزه جهان شاهد تداوم ارتقاء کمی و کیفی انواع دروینهای پیشرفته و تولید انواع فیلمهای عکاسی می‌باشد.

1. Neipce

2. Daguerre

3. Casparo-Felix-Tournachon

4. Cento Celli

۱-۲-۲ پیشینه فناوری سنجش از دور ماهواره‌ای

فناوری سنجش از دور مدرن بیش از ۱۵۰ سال پیش با اختراع دوربین شروع شد. اگرچه در ابتدا عکسهای نسبتاً قدیمی و اولیه به عنوان مهارتهای اولیه تصویربرداری از سطح زمین بود، ولی ایده و عمل مشاهده سطح زمین از بالا از دهه‌ی ۱۸۴۰ به بعد با گرفتن عکسهایی از بالای بالون برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی شروع شد. شاید به جرأت بتوان گفت که در سالهای اولیه پیدایش فناوری سنجش از دور بیشترین عکسبرداری و تصویربرداری از اشکال و عوارض زمین توسط ناوگان نیروی دریایی اروپائیان در اواخر قرن ۱۹ تهیه گردیده است. تا اواخر جنگ جهانی اول دوربینهای نصب شده روی هواپیماها عکسهای هوایی زیادی را از مناطق نسبتاً وسیعی از سطح زمین فراهم آوردند که از نظر شناسایی اهداف نظامی در نوع خود بی نظیر بودند. از آن پس تا اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ عکسبرداری هوایی ابزار استاندارد واحدی برای به تصویر درآوردن سطح زمین از یک چشم‌انداز عمودی یا مایل باقی ماند. ریشه یابی سنجش از دور ماهواره‌ای را می توان از روزهای اولیه عصر فضا (برنامه‌های فضایی آمریکا و شوروی سابق) دنبال کرد. شروع واقعی زمانی بود که نگرشی دوجانبه به تصویربرداری از سطح زمین با به‌کارگیری انواع سنجنده‌ها از فضاپیماها به وجود آمد.

اصطلاح سنجش از دور برای اولین بار در دهه‌ی ۱۹۵۰ در ایالات متحده آمریکا توسط یک خانم جغرافیدان اقیانوس‌شناس به نام اولین پرویت^۱ در اداره تحقیقات دریایی ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفت (Lantiri, ۱۹۸۸). اصطلاحی که امروزه معمولاً برای توصیف علم یا هنر تشخیص، مشاهده و اندازه‌گیری یک شیئی از فاصله دور بدون تماس فیزیکی مستقیم با آن به‌کار برده می شود.

در سال ۱۹۵۹ میلادی اولین عکس فضایی توسط فضاپیمای اکسپلورر ۶ آمریکا گرفته شد. در ادامه، طی دهه‌ی ۱۹۶۰ عکسهای فضایی زیادی توسط سفینه‌های فضایی مرکوری و جمنی و آپولو از مناطق مختلف کره زمین برداشته شد و در مطالعات منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفت.

1. Evelyn Pruitt

آمریکا اولین ماهواره‌ی مساحی منابع زمینی را در سال ۱۹۷۲ میلادی به نام ERTS^۱ به فضا فرستاد. این ماهواره بعدها به نام لندست یک^۲ معرفی شد. ماهواره‌ی لندست دو در سال ۱۹۷۵ میلادی به دنبال از کار افتادن ماهواره لندست یک به فضا فرستاده شد. تاکنون هفت ماهواره از سری لندست به فضا فرستاده شده است. علاوه بر آمریکا، کشورهای دیگری از جمله روسیه، فرانسه، ژاپن، چین، کانادا، هندوستان و... ماهواره‌ای منابع زمینی را به فضا فرستاده‌اند. به‌طور خلاصه، تاریخچه‌ی سنجش از دور یا فن دورسنجی را می‌توان به سه دوره‌ی ذیل تقسیم‌بندی کرد:

الف) دوره‌ی قبل از ۱۹۲۵ میلادی. در این دوره دانشمندان محیط شناس کمتر از سنجش از دور استفاده می‌کردند، ولی استفاده بالقوه از عکسهای هوایی به تدریج شناخته می‌شد.

ب) دوره‌ی ۱۹۲۵ تا ۱۹۶۰ میلادی. استفاده از عکسهای هوایی در این دوره بویژه در طی جنگ جهانی دوم کاربرد زیادی پیدا کرد. همچنین پیشرفتهای عمده‌ای در تکنیکها و کاربردهای سنجش از دور با اولین آزمایشهای فضایی و ایجاد تغییراتی جزئی و زودگذر در محیط به‌وجود آمد. پیشرفت واقعی در تکنولوژی مذکور و مشاهده‌ی منابع زمین از زمان پرتاب ماهواره‌ی اسپاتنیک یک^۳ که اولین ماهواره‌ی ساخته شده‌ی جهانی به وسیله‌ی روسیه شروع شد. به دنبال آن با ساخت ماهواره‌ی اکسپلورر^۴ یک آمریکا و پرتاب آن در سال ۱۹۵۸ به فضا، مسابقات فضایی این دو کشور شروع شد.

ج) دوره‌ی ۱۹۶۰ تاکنون. این دوره اساساً جدی‌ترین و فعال‌ترین دوره‌ی تاریخ سنجش از دور می‌باشد. پرتاب اولین ماهواره‌ی سنجش از دور تیروس یک^۵ در سال ۱۹۶۰ مرحله‌ی اوج به‌کارگیری گسترده هواپیماها و ماهواره‌ها برای جمع‌آوری داده‌ها به طریق سنجش از دور بود و عصر جدیدی در سنجش از دور منابع محیطی به‌وجود آورد. طی سالهای دهه‌ی ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، موضوع جدید سنجش از دور هم از لحاظ محتوایی و هم از لحاظ ساختاری دچار تغییراتی شد. دهه‌ی ۱۹۶۰ سالهایی سازنده در

1. Earth Resources Technology Satellite

2. Land Sat -1

3. Sputnik -1

4. Explorer -1

5. Tiros -1