

## درس هفتم : سنجش از دور

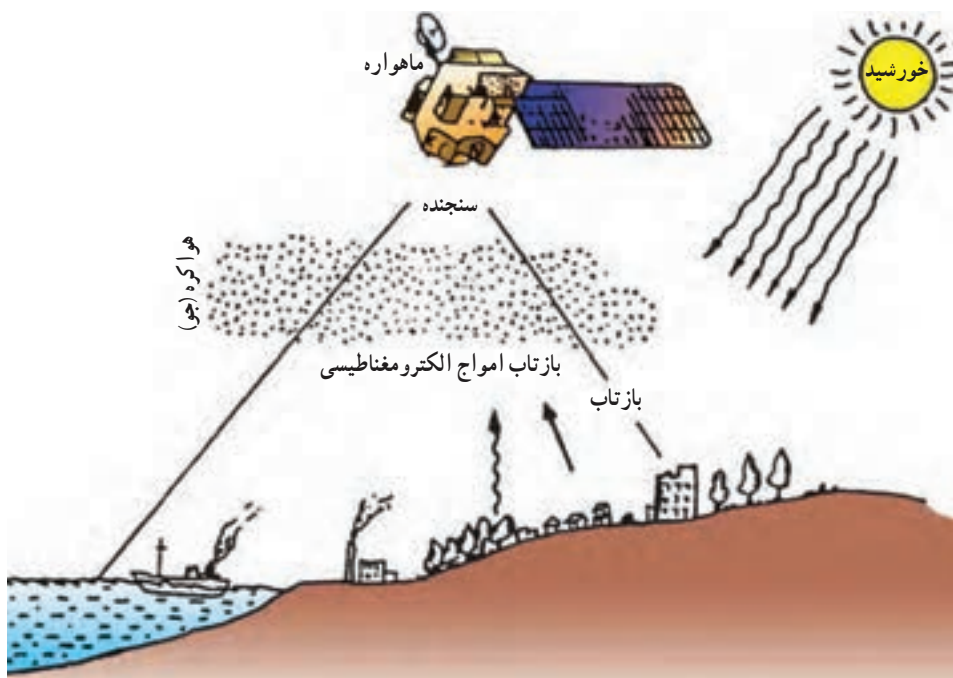


سنجش از دور فعالیت و فن تازه‌ای محسوب نمی‌شود و بررسی زمین از فواصل دور سابقه‌ای طولانی دارد. شاید شما دربارهٔ کیکاووس، پادشاه افسانه‌ای ایران که در شاهنامه به او اشاره شده است، اطلاعاتی داشته باشید. او برای مشاهدهٔ زمین از بالا، دستور داد به گوشه‌های تختش طناب‌هایی وصل کردند؛ پرندگان، این طناب‌ها و تخت را بالا می‌کشیدند و کیکاووس از بالا زمین را مشاهده می‌کرد. در اساطیر یونانی نیز آمده است که ایکاروس برای پرواز به سوی آسمان و دیدن منظرهٔ زمین از آنجا و رسیدن به خورشید، از موم برای اتصال پر به بدنش استفاده کرد؛ اما با نزدیک شدن به خورشید و ذوب شدن موم‌ها پرهایش ریخت و به زمین سقوط کرد.

در عالم واقعیت نیز انسان همواره با بهره‌گیری از انواع ابزارها کوشیده است پرواز کند و از این طریق اطلاعات جامع‌تر و کلی‌تری از محیط اطراف خود به دست آورد و به پرسش‌های خویش پاسخ گوید. ساخت هواپیما نه تنها گامی در جهت حمل و نقل سریع بلکه اقدامی در پاسخ به کنجکاوی انسان برای مشاهدهٔ زمین از بالا بوده است.

پس از جنگ جهانی دوم، استفاده وسیع از عکس‌های هوایی که توسط هواپیماهای ویژه عکس برداری تهیه می‌شد، گامی دیگر در مسیر گسترش استفاده از سنجش از دور بود. این عکس‌ها با زاویه دید مایل یا عمودی تهیه می‌شدند و گنجینه‌ای بزرگ از داده‌ها را برای علاقه‌مندان به امور نظامی، بهره‌برداری از منابع زمین، برنامه‌ریزی‌های محیطی و نیز جغرافی‌دانان فراهم می‌آوردند. در حال حاضر، ماهواره‌ها به کمک سنجنده‌های خود داده‌ها را گردآوری می‌کنند و به وسیله دستگاه‌های مخصوص خود روزانه، میلیون‌ها داده را ثبت کرده و در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهند (شکل ۱).

ارسال، دریافت و ثبت اطلاعات فیزیکی و شیمیایی از پدیده‌های مختلف زمین از فاصله دور را سنجش از دور می‌گویند. معمولاً پژوهشگران و تحلیل‌گران داده‌هایی را که از طریق سنجش از دور به دست می‌آید، به کمک رایانه پردازش کرده و در موارد متعدد از آنها استفاده می‌کنند.



شکل ۱- فرایند گردآوری داده‌ها در سنجش از دور

۱- فرایندی که داده‌های اولیه و خام توسط متخصصان تجزیه و تحلیل می‌شود.

ما در زندگی روزمره خود به طور مستمر با این فن سروکار داریم، به عنوان مثال، در فعالیت‌هایی نظیر تماشای مسابقه فوتبال از جایگاه تماشاگران، استشمام بوی نان تازه و همچنین شنیدن صدای زنگ تلفن که از حواس پنج‌گانه خود استفاده می‌کنیم با توجه به این تعریف، فعالیت سنجش از دور محسوب می‌شوند.

### فعالیت (۱)

به نظر شما علاوه بر مواردی که در متن به آنها اشاره شده است، آیا راه‌های دیگری برای کسب داده‌ها از راه دور وجود دارد؟ نام ببرید.  
با توجه به توضیحات فوق، کدام‌یک از حواس پنج‌گانه ما جزء فن سنجش از دور محسوب نمی‌شوند؟ چرا؟

### گسترش سنجش از دور

گسترش فناوری عکاسی، در تحول علم سنجش از دور تأثیر بسزایی داشت. همراه با پیشرفت این رشته، ابتدا فیلم‌های سیاه و سفید و سپس فیلم‌های رنگی در عکس‌برداری هوایی مورد استفاده قرار گرفتند. معمولاً منبع داده‌های سنجش از دور بازتاب امواج الکترومغناطیسی خورشید از پدیده‌ها یا اشیای زمینی است. وسیله‌ای که در ماهواره‌ها تابش‌های بازتابیده شده از یک پدیده را دریافت و ثبت می‌کند، «سنجنده» نام دارد. مشخصه‌های یک شیء یا پدیده را می‌توان با استفاده از بازتاب طبیعی از آن تعیین کرد؛ زیرا معمولاً هر شیء مشخصه‌های بازتاب متفاوتی دارد؛ مثلاً آب (رنگ آبی) و درخت (رنگ سبز) بازتاب‌های طبیعی متفاوتی دارند که موجب شناسایی آنها در روی زمین می‌شود. همه بازتاب‌ها از پدیده‌های گوناگون در طول موج نورهای مرئی قرار ندارند؛ بلکه طیف وسیعی از امواج فرسرخ (مادون قرمز) و فرابنفش (ماورای بنفش) وجود دارند که مرئی نیستند. سنجنده برخی ماهواره‌ها قادر است این امواج نامرئی (چون گرما، امواج رادیویی و غیره) را نیز دریافت کند.

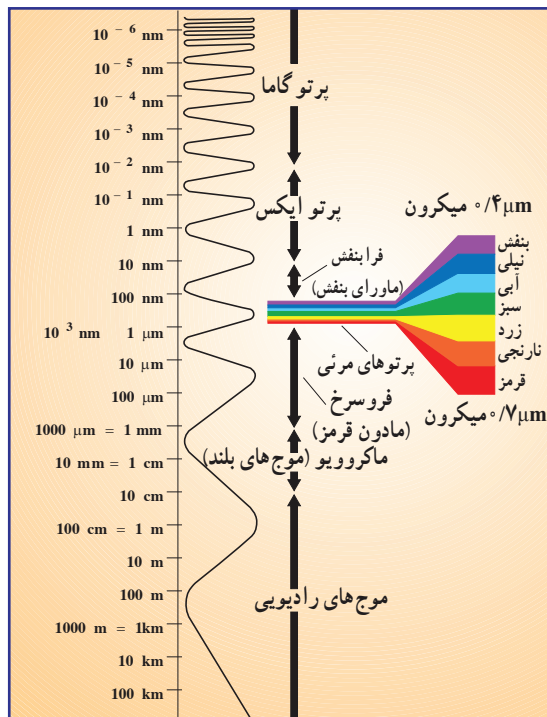
ابداً فیلم‌های بسیار حساس عکاسی که نسبت به طیف فرسرخ (مادون قرمز) حساسیت داشتند. سبب شد انسان بتواند از تشعشعات حرارتی زمین (انرژی که از زمین به فضا بازتاب می‌شود) نیز عکس بگیرد. بدین ترتیب عکس‌های فرسرخ تهیه شده از زمین، توانایی انسان را برای سنجش موج‌های غیرمرئی گسترش داده است.

۱- موج‌های فرسرخ: تشعشعات حرارتی هستند که دیده نمی‌شوند، ولی از اجسام بازتاب می‌کنند.

## فیزیک سنجش از دور

فتاوری سنجش از دور با استفاده از روش‌ها و ابزارهای تفسیر و بهره‌برداری مؤثر از داده‌های طیف امواج الکترومغناطیسی گسترش یافته است. این طیف در شکل ۲ نشان داده شده و مشتمل بر طول موج‌های مختلف است. اشعه گاما دارای کمترین طول موج است و بعد از آن، به ترتیب اشعه ایکس، ماورای بنفش، طیف مرئی، فروسرخ (مادون قرمز)، میکروویو (ریزموج) و موج‌های رادیویی اند که به ترتیب امواج بلندتری دارند.

لازم به یادآوری است که موج‌های کوتاه (برای مثال، پرتو گاما) انرژی زیاد و موج‌های بلند (برای مثال، ماکروویو) انرژی کمی دارند. چشم انسان فقط به بخش محدودی از این طیف حساس است که آن را بخش مرئی یا پنجره مرئی می‌گویند. این بخش در (شکل ۲) به خوبی با رنگ‌های قابل مشاهده توسط انسان نشان داده شده است؛ اما سنجنده‌های مورد استفاده در سنجش از دور، چنان حساس اند که علاوه بر بخش مرئی می‌توانند بخش‌هایی فراتر از آن – یعنی طیف‌های مادون قرمز – را نیز ثبت کنند.



شکل ۲- طیف امواج الکترومغناطیسی. طیف مرئی از طیف بنفش تا قرمز

## انواع سنجنده‌ها

برای سنجش موج‌های مرئی و نامرئی (الکترومغناطیسی) بازتاب شده از پدیده‌ها یا اشیاء از دو سیستم سنجندهٔ فعال و غیرفعال استفاده می‌شود.

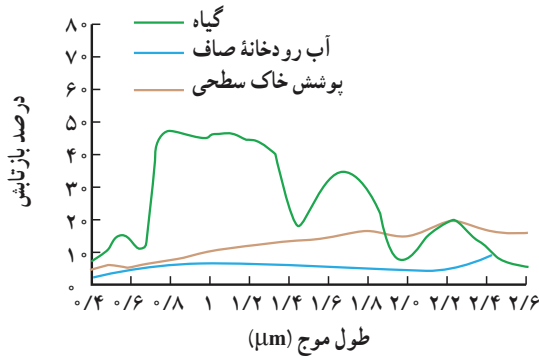
**الف) سیستم فعال:** در سیستم فعال، سنجنده خود منبع انرژی دارد و با ارسال انرژی به پدیده‌ها و دریافت بازتاب آنها، داده‌ها را جمع‌آوری می‌کند. رادارها نمونه‌هایی از این سنجنده‌ها هستند. به (شکل ۳) دقت کنید؛ در این شکل می‌بینید که رادار در ارتفاع بالا می‌تواند به عنوان سکویی برای ارسال انرژی و دریافت بازتاب امواج ارسالی آن از سطح زمین عمل کند.

**ب) سیستم غیرفعال:** در این سیستم، سنجنده منبعی برای ارسال انرژی ندارد و برای سنجش میزان انرژی بازتاب شده از پدیده‌ها، از انرژی خورشیدی استفاده می‌کند.



شکل ۳- نمایی از سنجندهٔ فعال و غیرفعال در ماهواره‌های سنجش از دور

وقتی امواج نور خورشید به اشیاء (آب‌ها، جنگل‌ها و...) می‌تابد، انرژی مشخصی بازتاب می‌شود؛ اما هر پدیده با شدت و ضعف خاصی نور خورشید را منعکس می‌کند. سنجنده‌ها این امواج گوناگون را دریافت کرده و پژوهشگران از طریق مقایسه ویژگی‌های بازتاب طیفی پدیده‌های مختلف نوع آن را مشخص می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- بازتابندگی طیفی پوشش گیاهی، خاک و آب

## فعالیت (۲)

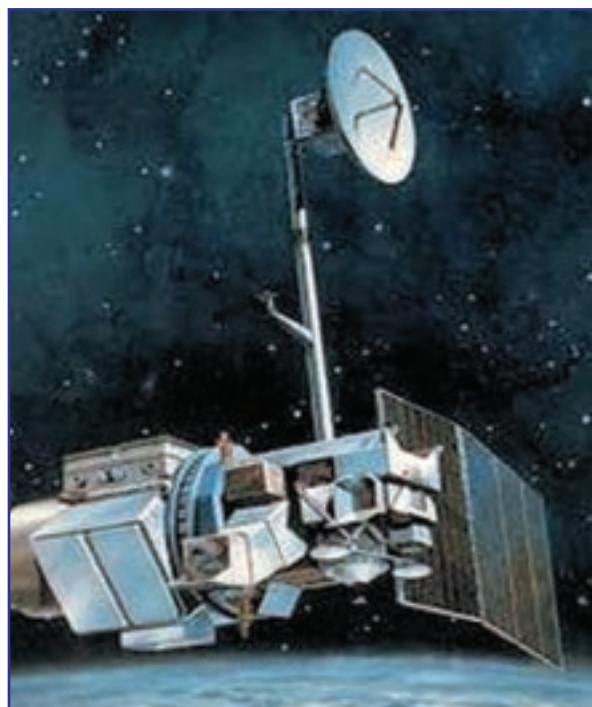
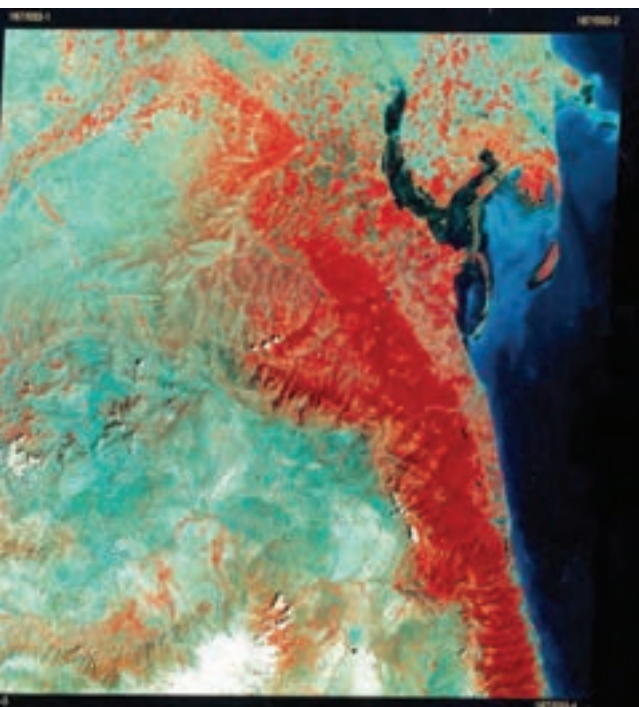
چه تفاوتی میان بازتابندگی طیفی خاک و آب وجود دارد؟ دلیل بیاورید.

## ماهواره‌های سنجنش از دور

امروزه از ماهواره‌ها به عنوان سکوهای دریافت و ثبت اطلاعات از پدیده‌های سطح زمین، استفاده می‌شود. ماهواره‌های سنجنش از دور با ماهواره‌های مخابراتی متفاوت‌اند و وظایف آنها نیز با یکدیگر تفاوت دارد. ماهواره‌های مخابراتی برای تقویت ارتباطات تلفنی یا دریافت و پخش برنامه‌های تلویزیونی بین نقاط مختلف زمین به کار می‌روند؛ درحالی‌که ماهواره‌های سنجنش از دور با تصویربرداری از پدیده‌های سطح زمین، نوع پدیده‌ها و نحوه بهره‌برداری از آنها را مشخص می‌کنند.

اولین ماهواره‌های سنجنش از دور به نام لندست (LANDSAT) یا ماهواره‌های منابع زمینی در سال ۱۹۷۲ توسط ایالات متحده آمریکا به فضا فرستاده شد. این سری ماهواره‌ها در پیشرفت فن

سنگش از دور نقش مؤثری داشتند. اکنون لندست ۷ هنوز در حال کار است. این ماهواره در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری فراز زمین حرکت می‌کند و در هر ۱۶ روز یک بار داده‌ها را از سراسر زمین جمع‌آوری می‌کند. باید بگوییم که ماهواره‌ها در مدارهای معین، در ارتفاع‌های مختلف و در مسیرهای گوناگون به دور زمین گردش می‌کنند (شکل ۵).



ب- نمونه‌ای از تصاویر ماهواره لندست (۲۸/۵ × ۲۸/۵ متر)  
استان اردبیل، جنگل‌های تالش و بخشی از دریای خزر

الف- ماهواره لندست

شکل ۵

در شکل ۵ رنگ سیاه آب‌ها، رنگ آبی بازتاب رسوبات ساحلی، رنگ قرمز پوشش گیاهی، رنگ سفید ابر و برف و رنگ سبز جنس زمین را نشان می‌دهد. ماهواره‌ها وظایف گوناگونی دارند؛ برای مثال، ماهواره‌های نوآ (NOAA)، یکی از ماهواره‌هایی است که در مطالعات هواشناسی از آن استفاده می‌شود. این ماهواره که در ارتفاع ۸۷۰ کیلومتری قرار گرفته است، هر ۱۰۱ دقیقه یک بار به دور زمین می‌چرخد، (شکل ۶) و داده‌هایی چون میزان دما، رطوبت، ویژگی لایه‌های ابر و... را در ارتفاعات مختلف جو دریافت کرده و به ایستگاه‌های زمینی مخابره می‌کند.

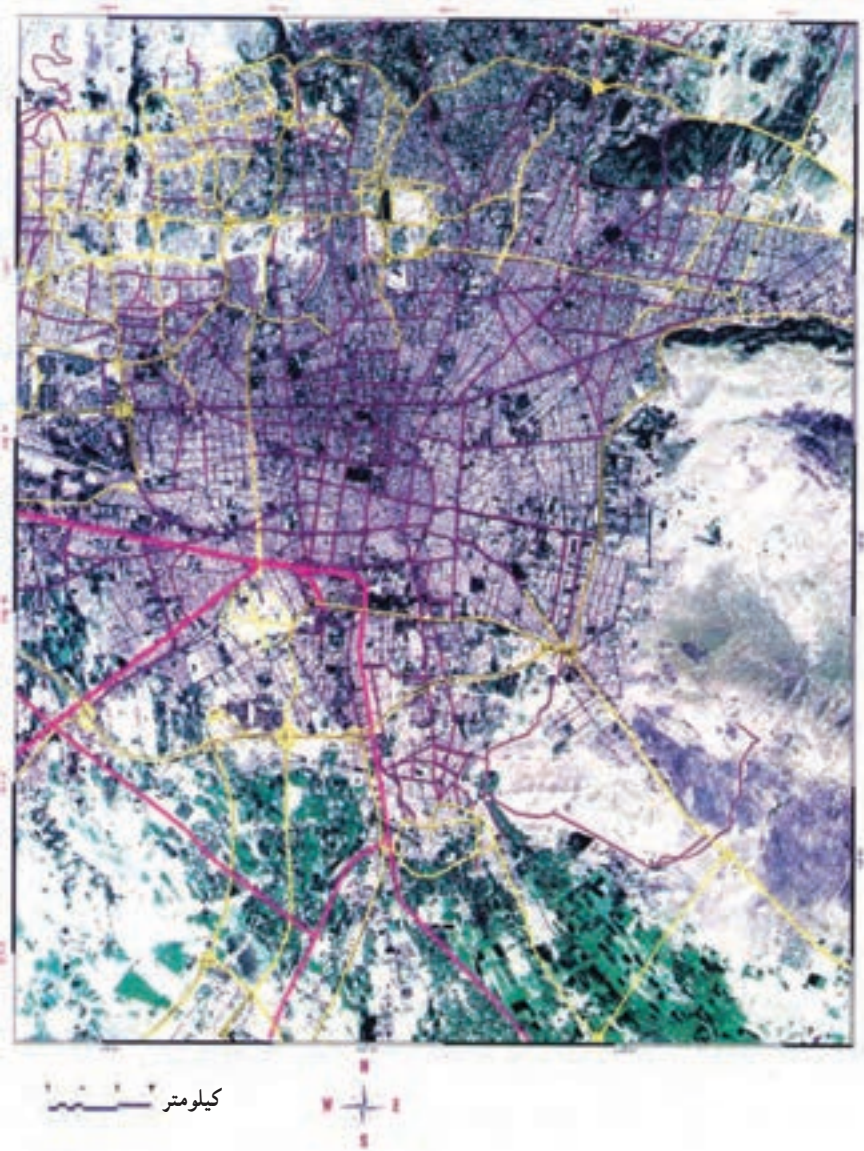


شکل ۶ - ماهواره نوا

ماهواره اسپات در سال ۱۹۷۶ توسط کشور فرانسه به فضا پرتاب شد. این ماهواره در ارتفاع ۸۳۲ کیلومتر هر ۱۰۱ دقیقه یک بار به دور زمین حرکت می‌کند و مهم‌ترین ویژگی توانایی تصویربرداری از زوایای مختلف و برجسته‌نمایی پدیده‌ها می‌باشد.

ماهواره‌ها برحسب ارتفاع خود، میدان‌های دید متفاوتی دارند؛ مثلاً ماهواره لندست، در هر گذر خود تقریباً داده‌های پهنه‌ای برابر  $۱۸۵ \times ۱۸۵$  کیلومتر یا حدود  $۳۵۰۰۰$  کیلومترمربع را سنجش می‌کند. این ماهواره‌ها می‌توانند انرژی پدیده‌هایی کوچک در ابعاد  $۲۸/۵ \times ۲۸/۵$  متر را روی سطح زمین ثبت کنند. به این پهنه اندازه‌گیری، یک پیکسل (Pixel) گویند. در برخی از ماهواره‌ها اندازه هر پیکسل ممکن است به  $۱ \times ۱$  متر و کمتر از آن نیز برسد. هرچه اندازه یک پیکسل کوچک‌تر باشد، قدرت تفکیک تصویر آن بیشتر و پدیده‌های کوچک‌تری در آن قابل مشاهده و بررسی است.





شکل ۷- عکس - نقشه شهر تهران براساس داده‌های ماهواره اسپات

امید، نخستین ماهواره‌ای است که جمهوری اسلامی ایران آن را ساخته و به فضا پرتاب کرده است. این ماهواره در ارتفاع ۲۴۶ تا ۳۷۷ کیلومتری فراز زمین حرکت می‌کند و در هر ۲۴ ساعت ۱۵ بار دور زمین می‌چرخید و داده‌های دورسنجی را به منظور استفاده در بخش‌های مخابراتی جمع‌آوری می‌کند و به مراکز مربوطه ارسال می‌کند. شکل ۸، تصویری از این ماهواره را نشان می‌دهد.



شکل ۸- سکوی پرتاب ماهواره امید

جدول اسامی ماهواره‌هایی که توسط ایران به فضا پرتاب شده است.

ردیف	نام ماهواره	سال پرتاب	ارتفاع (کیلومتر) پرتابگر مورد نظر	کاربرد	عمر مداری
۱	امید	۱۳۸۷	۲۵۰-۳۷۵	مخابراتی	۲ ماه
۲	رصد	۱۳۹۰	۲۴۰-۳۱۰	سنجش از دور	۳ هفته
۳	نوید	۱۳۹۰	۲۶۰-۳۷۵	سنجش از دور	۲ ماه



شکل ۹- نمونه‌ای از نقشه‌ی هواشناسی تهیه شده از ماهواره‌ی نوآ - منطقه‌ی خاورمیانه

### فعالیت (۳)

۱- چرا تصویربرداری متوالی با فواصل زمانی کم برای مطالعه‌ی پدیده‌های هواشناسی ضرورت

دارد؟

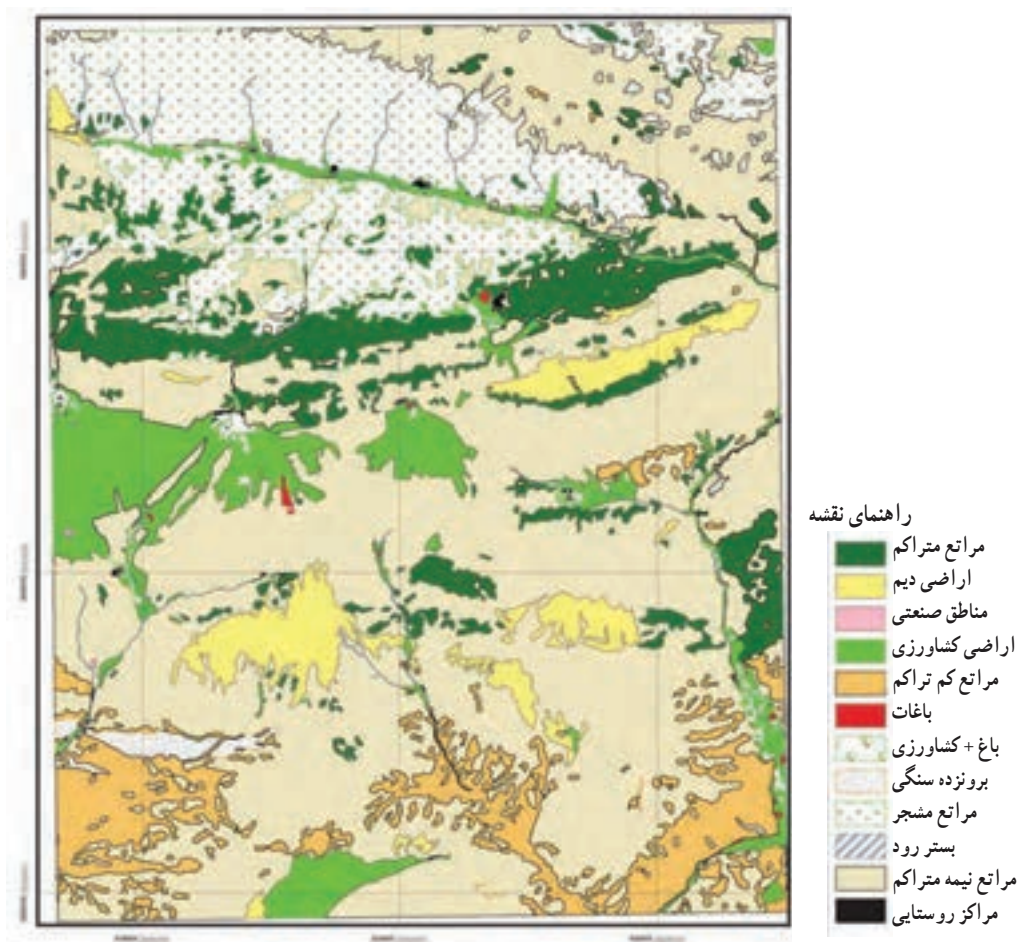
۲- در تصاویر ماهواره‌ای، رابطه‌ی بین اندازه‌ی پیکسل و قدرت تفکیک چگونه است؟

### کاربردهای سنجش از دور

بدون شک، برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از منابع زمینی و مدیریت‌های محیطی نیازمند در دست داشتن اطلاعات پایه‌ای دقیق، قابل اعتماد و روزآمد است. فناوری سنجش از دور به دلیل برخورداری از این ویژگی‌ها، برتری قابل ملاحظه‌ای بر سایر روش‌ها دارد. همین امر سبب توسعه‌ی کاربردهای آن در جغرافیا و علوم محیطی دیگر شده است. علم جغرافیا از مزایای فن سنجش از دور بیشترین استفاده را

می‌کند؛ زیرا با علوم زمین و چگونگی بهره‌برداری انسان از محیط سروکار دارد و به اطلاعات جدید و قابل اعتماد نیازمند است. برخی از کاربردهای سنجش از دور در جغرافیا عبارت‌اند از:

- ۱- تهیه داده‌های قابل اعتماد از پدیده‌های سطح زمین و دسته‌بندی دقیق آنها. (شکل ۱۰)
- ۲- نمایش ارتباط بین پدیده‌های بخشی از سطح زمین از طریق داده‌های سنجش از دور. (شکل ۱۱).
- ۳- تهیه نقشه‌های پایه و موضوعی از نواحی گوناگون کره زمین با سرعت و دقت بیشتر. (شکل ۱۲)



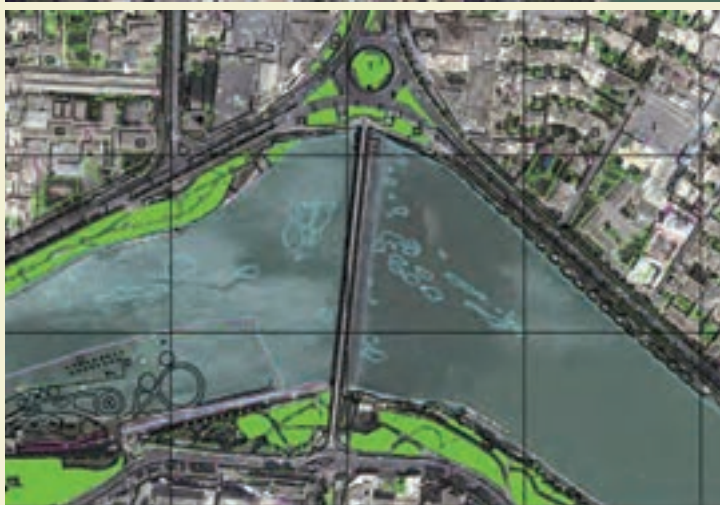
شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی بخشی از منطقه فیروزکوه - دماوند



شکل ۱۱- تصویر هوایی  
خلیج فارس

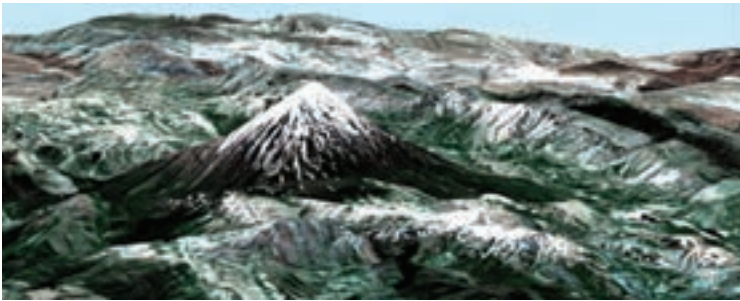


الف- تصویر ماهواره‌ای



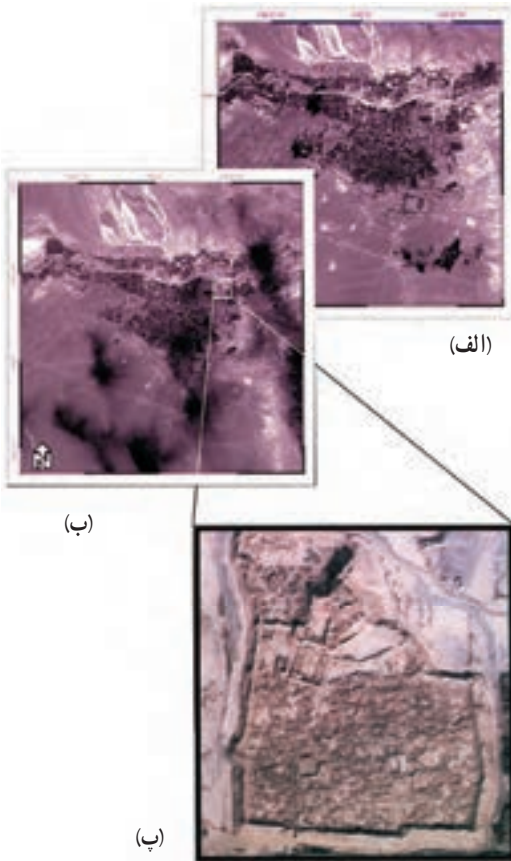
ب- بزرگ‌نمایی نقشه تهیه شده  
از همان تصویر

شکل ۱۲- تهیه نقشه‌های  
موضوعی و نقشه‌های پایه از  
تصاویر ماهواره‌ای  
(تصویری از اطراف  
سی و سه پل اصفهان)



۴- تهیه مدل‌های دقیق سه بعدی از سطح زمین به کمک داده‌های سنجش از دور (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- تصویر سه بعدی قله دماوند در رشته کوه البرز بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای



۵- شناسایی پدیده‌ها و پردازش تصاویر ماهواره‌ای به منظور بهره‌برداری از منابع زمینی.

۶- بررسی وضعیت هوا و امکان پیش‌بینی و کنترل آن.

۷- ارزیابی و برآورد خسارت‌های وارده بر اثر مخاطرات طبیعی (مثل زلزله) از طریق مقایسه تصاویر مربوط به زمان‌های مختلف (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- شکل‌های الف و ب قبل از زلزله و ب بعد از زلزله (زلزله بم، ۱۳۸۲)

#### فعالیت (۱۴)

فهرستی از کاربردهای سنجش از دور در جغرافیا تهیه کنید.