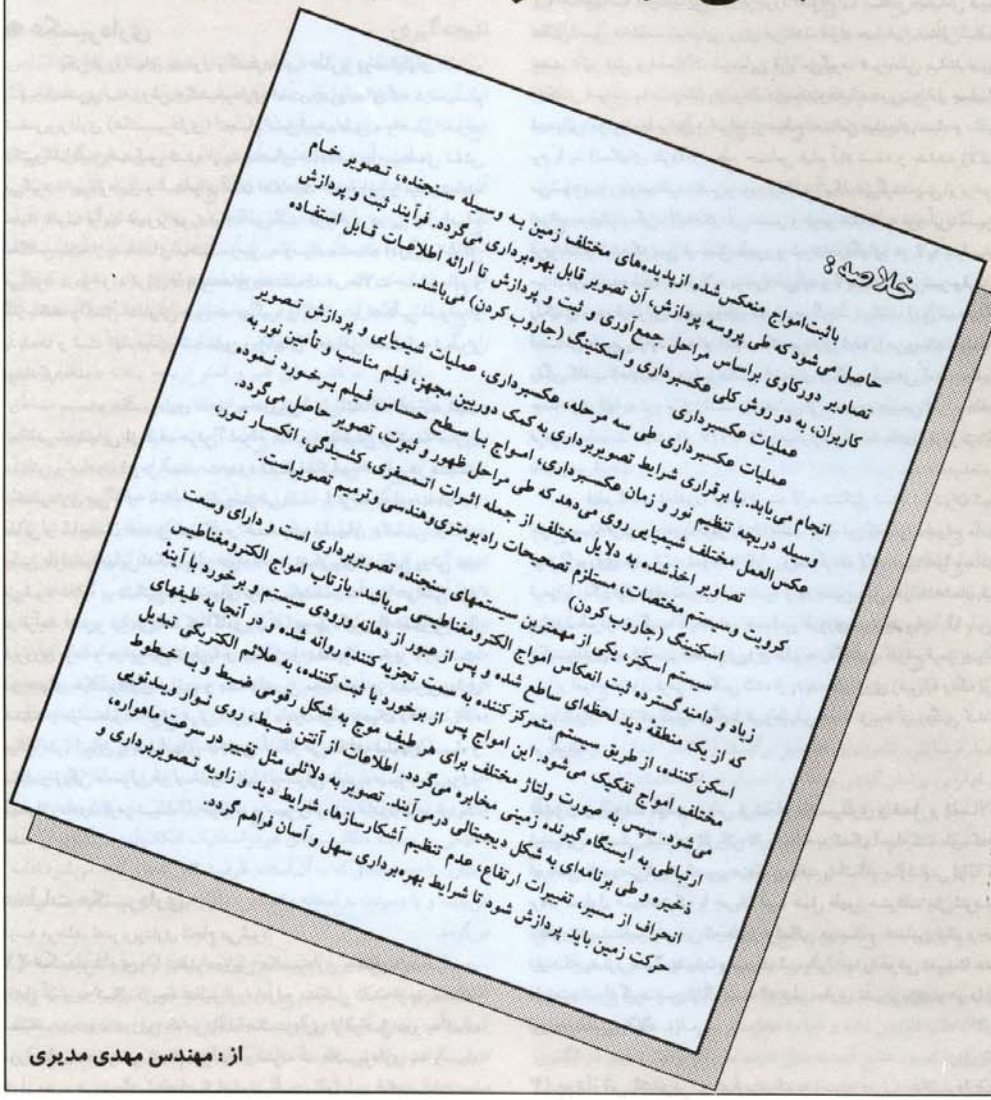
قسمت چهارم

اشاره‌ای به

مبانی و اصول دورکاوی



از : مهندس مهدی مدیری

فرآیند تصویر

براساس سنجنده‌ای که بر سکوی دورکاوی تعبیه شده، مراحل جمع‌آوری داده‌ها وثبت آنها تا ارائه اطلاعات قابل استفاده کاربران به دو دسته کلی فرآیند عکسبرداری و روش اسکنیگ می‌باشد.

● عکسبرداری

یکی از روشهای متداول و گسترده تهیه تصویر در فعالیتهای علمی، تهیه تصویر به روش عکسبرداری است. پروسه‌ای که درسیستم تصویربرداری (عکسبرداری) انجام می‌شود، طی مراحلی امواج الکترومغناطیس منعکس شده از پدیده‌های مختلف بر سطحی نقش می‌گیرد تا بهره‌برداری و استخراج آسان اطلاعات جغرافیایی را میسّر نماید، تحت عنوان فرآیند تصویر مورد توجه می‌باشد. دورکاوی در پی ثبت امواج انعکاس یافته از پدیده‌های مختلف زمین به وسیله سنجنده (دوربین) شکل می‌گیرد. در برخورد انرژی با پدیده‌های مختلف که در حالات جامد، مایع و گاز باشند واکنش متفاوتی صورت می‌گیرد و بازتاب یا انعکاس امواج از پدیده‌ها و ثبت آنها، مبنای شناسایی ویژگیهای اجسامی است که تصویر ایجاد کرده‌اند.

سیستم عکسبرداری مجهز به دوربین[1] می‌باشد که قادر به ثبت انعکاس بخشهایی از طیف مرئی[2] امواج الکترومغناطیس و اشعه ماوراء بنفش و مادون قرمز است. محدود ثبت انعکاس امواج در سیستم عکسبرداری بین ۰/۳ تا ۰/۹ میکرومتر می‌باشد. با توجه به قدرت درشت نمایی و ساختمان عدسی دوربین و حساسیت فیلمهای عکاسی[3]، ثبت چنین طول موجهایی امکان پذیر خواهد بود. تصاویری که بدین روش تهیه می‌شود علاوه بر تشکیل در طیفهای نوری مختلف، متأثر از عواملی مؤثر در فرآیند تصویر نیز می‌باشد که آگاهی از آنها در بهره‌گیری از تصاویر بسیار ضروری بوده و در مراحل تجزیه و تحلیل و تفسیر تصاویر لازم است. دوربینهای عکسبرداری اولین و متداولترین سیستمهای تصویربرداری هستند و در محدوده امواج مرئی (نور) و مادون قرمز نزدیک (۰/۴ تا ۰/۹ میکرومتر) انرژی را با فیلمهای عکاسی آشکار می‌سازند. فیلمهای سیاه و سفید و رنگی معمولی در محدوده امواج مرئی (آبی، سبز و قرمز) و فیلمهای مادون قرمز نسبت به طول موج سبز و قرمز و مادون قرمز نزدیک حساس می‌باشند.

عملیات عکسبرداری

درسه مرحله، تصویربرداری انجام می‌شود.

۱) عکسبرداری، با تنظیم دوربین عکسبرداری و قرار دادن فیلم در داخل آن و به کمک دریچه تنظیم نور، امواج منعکس شده از پدیده‌های مختلف به درون دوربین راه می‌یابند. عکسبرداری از فواصل دور به کمک دوربینهای مخصوصی انجام می‌شود و نمونه آن عکسبرداری به وسیله اقمار مصنوعی و ماهواره‌های کاسموس است. دوربین عکسبرداری با سرعت زیادی در حال حرکت، و از فاصله تقریبی ۲۵۰ کیلومتری عمل عکسبرداری را انجام می‌دهد. دراین روش قدرت درشت نمایی عدسی دوربین بسیار بالا و بخصوص از لحاظ قطر عدسی و حساسیت ترکیبات مواد حساس فیلم قابل توجه می‌باشد.

۲) عملیات شیمیایی، در برخورد امواج با سطح حساس فیلم، عکس‌العمل مختلف شیمیایی روی می‌دهد. مواد حساس متأثر شده و تحت تأثیر فعل و انفعالات شیمیایی قرار می‌گیرد. عواملی مانند میزان انعکاس امواج، مدت زمان باز بودن دریچه ودهانه دوربین در عملیات شیمیایی مؤثرند. با برخورد امواج بر سطح حساس فیلمهای سیاه و سفید، برم یا ید (نمکهای نقره) از سطح حساس فیلم آزاد شده و جذب ژلاتین می‌شود و با رسوب نقره، تصویر برروی فیلم آشکار می‌گردد. پس از برخورد امواج به فیلم رنگی، لایه‌های آبی، سبز و قرمز نسبت به نور آبی، سبز و قرمز متأثر شده که پس از عمل ظهور و ثبوت، رنگهای هر لایه براساس میزان نور تابیده شده به هر لایه بوجود می‌آید و لایه‌های آبی، سبز وقرمز به رنگهای زرد، ارغوانی و فیروزه‌ای تبدیل می‌گردد. ترکیب این سه رنگ، احساس طبیعی از پدیده‌ها و اشیاء عکسبرداری شده را می‌رساند. فیلمهای رنگی کاذب (مادون قرمز) برعکس فیلمهای رنگی طبیعی که محدوده حساسیت آنها به نور مرئی است به بخشی از محدوده طبیعی امواج مادون قرمز حساسیت دارند. (از ۰/۷ تا ۰/۹ میکرومتر که به مادون قرمز نزدیک نامیده می‌شود).

فیلم کاذب (مادون قرمز) از سه لایه تشکیل شده تا توان ثبت امواج سبز، قرمز و مادون قرمز را دارا باشد. برای این که بتوان امواج مادون قرمز را برروی فیلم ثبت نموده تا قابل رویت گردد، لازم است امواج مادون قرمز با رنگ قراردادی نمایش داده شود و به همین دلیل، در ساختمان فیلم مادون قرمز، ترکیب لایه‌های حساس طوری ترتیب یافته تا پس از عکسبرداری امواج سبز اجسام برروی فیلم به رنگ آبی، امواج قرمز به رنگ سبز و امواج مادون قرمز منعکس شده از پدیده‌های روی زمین به رنگ قرمز دیده شوند. در واقع کلیه رنگها غیرطبیعی بوده و به آن رنگی کاذب می‌گویند.

ظهور و ثبوت فیلم - پس از انجام عکسبرداری و فعل و انفعالات شیمیایی، بایستی فیلم در تاریکخانه به کمک احیاء کننده‌ای، که به آن عمل ظهور می‌گویند تصویر منعکس یافته را آشکار سازد. پس از به کار بردن محلول اسیداستیک یا جریان آب، عمل ظهور متوقف می‌شود به منظور تثبیت تصویر و این که هنوز ترکیباتی در سطح حساس فیلم وجود دارند که به نور حساسند باید وضعیت شیمیایی آنها را عوض نمود تا عمل «ثبوت» انجام گیرد. پس از آن است که فیلم حاوی تصویر بوده و در مقابل نور حساسیتی ندارد.

۳) پردازش تصویر - تصویری که به وسیله دوربین عکسبرداری از

ماهواره تهیه می‌شود، مستلزم انجام تصحیحاتی است تا ضمن رفع اعوجاج تصویر، کشیدگی، سیستم مختصات، تصحیح هندسی و ترمیم تصویر میّسر گردد.

● روش اسکنینگ (scanning)

سیستم اسکنر (scanner) یکی از مهمترین سیستمهای سنجنده تصویربرداری است و دارای وسعت زیاد ودامنه ثبت انعکاس امواج الکترومغناطیس از ۰/۳ تا ۱۵ میکرومتر را دربرمی‌گیرد. یک سیستم اسکنر از بخشهایی همچون دهانه ورودی، آینهٔ متحرک، متمرکزکننده، تجزیه‌کننده، ثبت کننده و ضبط کننده تشکیل شده است. سنجنده اسکنر به وسیله حرکت دورانی آینهٔ نسبت به احساس امواج انعکاسی اقدام می‌نماید که این عمل را اسکن (scan) می‌نامند. بازتاب امواج الکترومغناطیس که از یک منطقه دید لحظه‌ای[۴] ساطع می‌شوند پس از عبور از دهانه ورودی سیستم و برخورد با آینهٔ اسکن کننده، از طریق سیستم متمرکز کننده به سمت سیستم تجزیه کننده که در آنجا به طیفهای مختلف امواج تفکیک می‌شود هدایت گردیده پس از برخورد به ثباتها، امواج تبدیل به علائم الکتریکی می‌شوند و به صورت ولتاژهای مختلف برای هر طیف امواج برروی دستگاه ضبط می‌گردند.

اسکنرهای تصویربرداری قادر هستند امواج پدیده‌های سطح زمین را به عنوان خطوط اسکنی که هر یک عمود بر جهت پرواز سکو (ماهواره) است و در هر خط اسکن تعداد زیادی پیکسل (pixel) (کوچکترین واحد تصویر که در این سیستم معادل منطقه دید لحظه‌ای است) با درجه روشنایی مختلف ظاهر می‌شود. تا از کنار هم قرار گرفتن خطوط اسکن متوالی، تصویری از منطقه تهیه نمایند.

نحوه ارسال – اطلاعات کسب شده توسط اسکنر به صورت رقومی ضبط شده و سپس با خطوط ارتباطی برحسب طیفهای امواج مختلف که هر یک دارای فرکانسی بوده به ایستگاه گیرنده زمینی مخابره می‌شوند.

ارسال مستقیم – در این حالت ماهواره هنگام تصویربرداری در میدان دید ایستگاه گیرنده زمینی قرار دارد.

ارسال غیرمستقیم – اگر زمان تصویربرداری، ماهواره در دید ایستگاه گیرنده زمینی نباشد تصاویر برروی نواری ضبط شده و پس از عبور از دید ایستگاه زمینی ارسال می‌گردد. هر ایستگاه دریافت اطلاعات تله‌متری قادر است، در زمانی که ماهواره در میدان دید ایستگاه قرار دارد، اطلاعات را دریافت نماید.

در ایستگاه گیرنده زمینی، اطلاعات از آنتن ضبط و روی نوار ویدئو ذخیره می‌گردد. سپس پردازش اولیه تصویر، شامل برگردان اطلاعات نوار ویدئو به شکل دیجیتال انجام می‌شود و خروجی به صورت نوار پرتراکم می‌باشد که برروی آن توسط سیستمهای محاسباتی وبراساس اطلاعات جّوی و زمینی تصحیحات رادیومتری و ژئومتری انجام می‌گیرد. همزمان با عملیات پردازش و تبدیل نوارهای پرتراکم تبدیل به ارقام، از روی نوار فیلم تهیه شده و از آن عکسهای سیاه و سفید و رنگی تهیه می‌شود. فیلمها از لحاظ شدت نور، مقیاس، کیفیت تصویر و میزان پوشش ابر مورد بازرسی قرار می‌گیرد. و فیلم و نوار پردازش شده در مرکز اطلاعاتی نگهداری می‌شود تا در صورت تقاضا، تکثیر و در دسترس کاربران قرار گیرد.

– تصاویر اخذ شده توسط ماهواره‌های سنجش از دور، به علل مختلف، نیاز به تصحیح دارند. زیرا تمام تصاویر دارای اعوجاج می‌باشند که از عوامل زیادی منتج می‌شوند و برروی اطلاعات اثر می‌گذارند. تغییر در سرعت ماهواره، هنگام عبور از بالای مناطق موجب اعوجاج در پیکسلها و در نهایت موجب انقباض و انبساط اسکن در جهت یک محور در تصویر می‌شود. همچنین تغییرات و انحراف پرواز درمسیریا مدار، مسائل مشابهی مانند تغییرات حاصل از متغیر بودن ارتفاع هواپیما در فتوگرامتری بوجود می‌آورد. حتی اگر امکان تصویربرداری بدون ابراد میّسر شود باز نیاز به تصحیح هندسی اطلاعات تصویر وجود دارد.

اطلاعات دریافت شده توسط ایستگاههای زمینی پس از انجام فرآیند لازم قطع‌بندی می‌شوند. فرآیند تصحیحات به کار گرفته شده عبارت‌اند از:

□ تصحیحات رادیومتری که از جمله کالیبره نمودن آشکارسازهای سیستم نوری و تله‌متری.

□ تصحیحات هندسی که شرایط دید دوربینها، زاویه عکسبرداری و حرکت زمین و غیره است.

میزان انجام هر یک از مراحل تصحیحات و دقتهای به کار رفته سطح و کیفیّت تصاویر را تعیین می‌نماید.

□ تصحیحات اولیه خطاهای کالیبره و هندسی طیفهای امواج

□ تصحیحات در رابطه با امواج ارسالی و تصحیح هندسی در رابطه با چرخش زمینی و حرکت ماهواره با استفاده از تعدادی نقاط کنترل زمینی.

□ حذف پارالاکس با استفاده از مدل رقومی زمینی و تبدیل تصویر به تصویر قائم.

تصحیح هندسی تصویر

برای بسیاری از موارد کاربرد تصاویر ماهواره‌ای، نیاز به تصحیح هندسی بوده که می‌توان به مراحل کار فرآیند تصحیح هندسی اشاره نمود.

۱) انتخاب تصویر مناسب؛

۲) انتخاب یک نقشه با مقیاس مناسب؛

۳) تغییر هندسی تصویر به طوری که دارای مقیاس و توجیه اطلاعات نقشه شود؛

۴) طبقه‌بندی اطلاعات مورد نظر برای انتقال هندسی؛

۵) تعیین تعدادی پیکسلهای بین هر محدوده از تصویر؛

۶) تبدیل شماره‌های پیکسلهای هر محدوده به مناطق مورد تصحیح.

روشهای تصحیح هندسی

برای دستیابی به یک تصویر هندسی ماهواره‌ای دو روش اصلی تصحیح استفاده می‌شود.

روش اول -

تعیین مشخصات اصلی مناسب برای تشخیص خصوصیات هندسی تصویر نهایی است. خصوصیات هندسی تصویر به شرایط و موقعیت ماهواره، حرکت در مدار، ارتفاع مداری، محدوده زمین در دید ماهواره، سرعت و دیگر عوامل بستگی دارد تا مکانیزم سنجش سنجنده مشخص گردد. با تعیین عوامل انتقال مناسب (ترانسفورماسیون) برای تبدیل اطلاعات تصویر به موقعیت مطلوب قابل بهره‌برداری می‌شود. این روش فقط برای تصحیح تغییرات سیستماتیک در هندسه تصویر مورد استفاده می‌باشد.

روش دوم -

در این روش تعیین رابطه‌ای بین هندسه تصویر اولیه و هندسه تصویر مطلوب به کمک نقاط کنترل زمینی می‌باشد. به کمک موقعیت نسبی یک سری نقاط کنترل زمینی برروی سیستم مختصات تصویر رابطه بین تصویر ورودی و خروجی تعیین می‌شود و در نتیجه تعیین موقعیت پیکسلهای تصویر ورودی در تصویر خروجی امکانپذیر خواهد شد.

تصویر اولیه دارای خطاهای مقیاس، دوران و اعوجاج می‌باشد، اولین مرحله فرآیند تصحیح، تعیین تعدادی نقاط کنترل زمینی برروی تصویر و نقشه ورودی است. انتخاب نقاط کنترل زمینی و تشخیص محل و تعداد آنها از جمله موارد قابل اهمیت است.

۱) اولین و آخرین نقاط کنترل زمینی باید طوری انتخاب شوند تاکرویّت آن بخشی از سطح زمین که می‌باید انتقال یابد، بپوشاند.

۲) نقاط کنترل زمینی، علاوه بر این که عوارض قابل شناسایی تصویر بوده، باید نسبتاً پایدار نیز باشند. (عوارض ناپایدار مانند پیچ رودخانه، مرز جنگلها، گوشه اراضی کشاورزی نباید به عنوان نقاط کنترل انتخاب شوند زیرا هر آن امکان تغییر آنها می‌باشد.)

۳) برای یک انتقال (ترانسفورماسیون) دقیق لازم است تعداد مناسبی نقاط کنترل انتخاب شود. رابطه بین موقعیت هر نقطه روی تصویر به مختصات X,Y و نظیر آن روی تصویر خروجی X´,Y´ باکمک مجموعه‌ای از نقاط کنترل محاسبه می‌شود و تابعی از X,Y می‌باشد.

$x' = f(x,y)$ و $y' = f(x,y)$

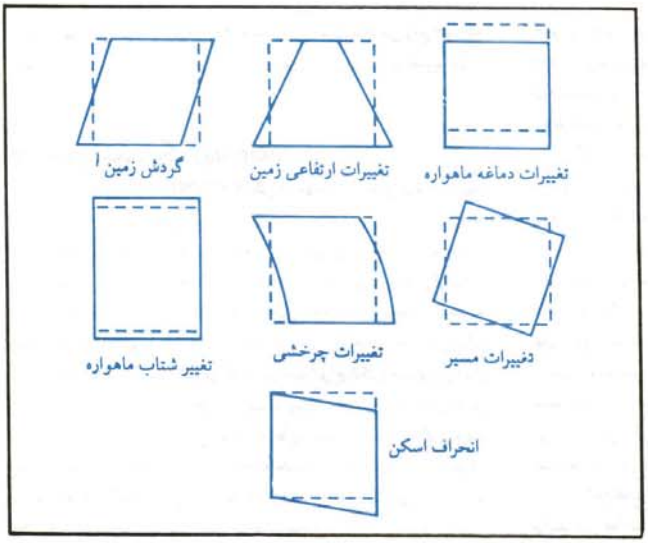
(F معرّف ترانسفورماسیون از تصاویر ورودی وخروجی است).

چنانچه رابطه بین تصویر ورودی وموقعیتهای تصویر خروجی خطی در نظر گرفته شود ترانسفورماسیون درجه اول مورد استفاده است:

$x'' = a_{11}x + a_{12}y + a_{13}$

$y' = a_{21}x + a_{22}y + a_{23}$

در این معادلات ضرایب a مقادیر ماتریس ترانسفورماسیون (3×2) هستند که X,Y را با تصحیح دوران، انتقال و مقیاس به X´, Y´ تبدیل می‌نماید. این ترانسفورماسیون اولیه و تقریبی است. انتخاب درجه ترانسفورماسیون خود یکی از مراحل دقیق تصحیح هندسی است و به عواملی مانند اعوجاج تصویر ورودی بستگی دارد به طوری که خطوط مستقیم روی نقشه به صورت خطوط منحنی برروی تصویر مشاهده شوند، در آن صورت معادلات با درجه بالاتری نیاز است تا نتیجه مطلوب حاصل گردد.



منابع:

1) GIS: A Management Perspective - 3. Remote Sensing.

2) Colwell, R.N.(ed.) 1983, Manual of Remote Sensing, 2nd edn, 2vols, American Society of photogrammetry, Virginia.

3) Harris, Ray,Dr. 1987, Satellite remote Sensing, Routledge & Kegan Paul Ltd. New york.

4) Carran, paulj: Principles of Remote Sensing, Longman Scientific and Technical, John & willey & Sons. 1988.

5) Remote Sensing of Environment, An Interdisciplinary Journal, Volume 31, March 1990.
6) Volume 33, Number 1, July 1990.
7) Volume 33, Number 2, August 1990.
۸ - مدیری ، مهدی : مبانی و اصول دورکاوی ، جزوه درسی.
9) Manual of Photogrammetry, American Society of Photogrammetry.
10) Remote Sensing information from the swedish space corporation, No 26 February 1995.
11) Lillesand. T. M. and Kiefer. R. W. REMOTE SENSING AND IMAGE INTERPRETATION, Textbook, John Wiley & Sons, UK, 1994.
12) SOVIET ORBITAL SPACE STATION "MIR", GLAVKOSMOS, MOSCOW, USSR.

پاورقی:

۱) **دوربین** - هر دوربین ساده تصویربرداری متشکل از یک محفظهٔ تاریک است که یک طرف آن عدسی تعبیه شده و در درون آن (طرف مقابل عدسی) فیلم جای می‌گیرد. **عدسی** به عنوان چشم دوربین است وظیفه دارد تصویر از پدیده‌های مختلف را بر صفحه حساس فیلم که درون محفظه دوربین است، بیاندازد. عدسی با قدرت درشتنمایی مختلف باعث انتقال تصویر و ثبت بر روی فیلم می‌گردد.

دوربین عکسبرداری معمولی

دیافراگم، تنظیم‌کننده میزان عبور نور و کنترل آن می‌باشد که بخشی از عدسی محسوب می‌شود. دیافراگم از تعدادی ورقهٔ نازک تشکیل یافته که دریچهٔ مرکز دیافراگم را می‌تواند کم یا زیاد نماید (متناسب با میزان نور) که به آن شاتر (SHUTTER) می‌گویند.

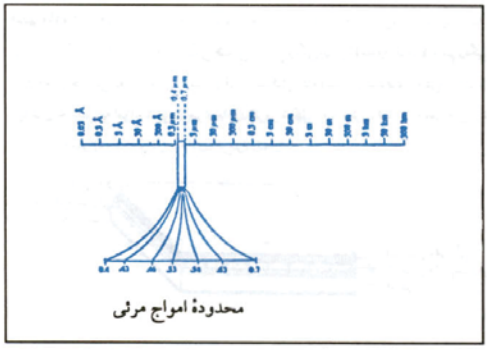
- تغییرات شدت نور ورودی به وسیلهٔ دیافراگم کنترل می‌شود.
- ثبت تصویر عوارض و پدیده‌های روی زمین بر روی فیلم انجام می‌گیرد.
- وضوح تصویر به وسیله حرکت عدسی و تنظیم فاصله است.

دوربین چند باندی - این دوربین از مجموعه‌ای از چند دوربین ساده است، تصویر برداری با این دوربینها، از یک منطقه و همزمان با یکارگیری فیلتر و ترکیب مختلف در چند باند نوری تهیه می‌شود.

فیلتر - وسیله‌ای است که قسمتی از طول موجهای ورودی به دوربین را جذب نموده و بقیه را عبور می‌دهد و به سه گروه بالاگذر (High Pass)، پایین‌گذر (Low Pass) و میان‌گذر (Band Pass) تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲) بخش مرئی امواج الکترومغناطیس، آن قسمتی است که چشم انسان نسبت به آن حساس است و محدوده بسیار باریک از امواج را درمی‌گیرد که آن محدوده، نور می‌گویند. (از محدوده آبی ۰/۳ میکرومتر تا نور قرمز ۰/۷ میکرومتر) قسمت ماوراء بنفش دارای طول موجهای کوتاه بوده و طول موجهای مادون قرمز بیش از امواج قرمز است. محدوده امواج مرئی (نور)، مادون قرمز و میکروویو هر کدام در دورکاوی به کار می‌روند.

خورشید مهمترین منبع تشعشع امواج الکترومغناطیس است. (تمام مواد در درجه حرارتهای بالای صفر مطلق اغلب اشعه الکترومغناطیس صادر می‌نمایند.) میزان انرژی منعکس شده از پدیده‌های مختلف زمین به خصوصیات فیزیکی و ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد، ترکیب و بافت سطح عوارض، ذرات موج در انرژی تشعشع شده به دمای اشیاء پیوسته است. هر چه دما بیشتر باشد انرژی تابشی بیشتر خواهد بود و طول موج کوتاه‌تری خواهد داشت. بالاترین سطح انرژی منتشر شده توسط خورشید در طول موج ۰/۵ میکرومتر در قسمت مرئی (نور) می‌باشد.

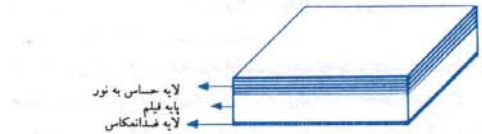


محدودهٔ امواج مرئی

فیلمهای عکاسی و آشکارسازهای الکترونیکی در دورکاوی از ثبت این بخش نور استفاده می‌نمایند انرژی آشکار شده (برروی فیلم)، انرژی خورشیدی منعکس شده از پدیده‌هاست و طبیعتاً عناصر مهم زمین از جمله آب، خاک و پوشش گیاهی انرژی کمتری نسبت به خورشید منتشر می‌کنند و نقطه اوج منحنی انتشار در طول موج پائین است. برای عناصر زمین در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد، اوج منحنی انرژی منتشره در طول موج حدود ۰/۷ میکرومتر است. طول موجهایی را که می‌توانند برای اندازه‌گیری دمای اشیاء زمین مورد استفاده قرار گیرند، امواج مادون قرمز حرارتی می‌نامند (طول موجهای بین ۸ تا ۱۴ میکرومتر). طول موج ناحیه مادون قرمز حرارتی توسط چشم انسان قابل دیدن نیست و به وسیله فیلمهای عکاسی نیز ثبت نمی‌شوند.

۳) **فیلم** - عملیات عکسبرداری از پدیده‌ها و مناظر، مستلزم وجود قشر حساسی است که برروی صفحه‌ای قرار گرفته و نسبت به انعکاس امواج حساسیت داشته و تأثیرپذیرند. صفحه حامل قشر حساس می‌تواند شیشه و یا ورقه‌های شفاف پلاستیک باشد. سطوح

حساس دارای انواع مختلف مرطوب و خشک می‌باشد که نوع خشک دارای دوام بوده و ترکیبات حساس ژلاتینی آن برمور نقره و یا سایر ترکیبات نقره است.



فیلمها به دو دسته اصلی، سیاه و سفید و رنگی تقسیم می‌شوند و براساس نوع ترکیبات و حساسیت آنها به طیف خاصّی از امواج دارای تنوع می‌باشند.

فیلمهای سیاه و سفید به چهار گروه تقسیم می‌شوند. میزان حساسیت، دامنه کاربرد هر گروه را مشخص می‌نماید.

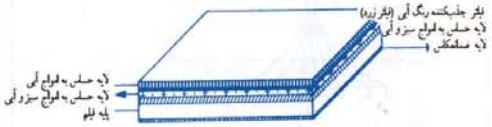
فیلم معمولی یا نرمال، در واقع فیلمهای تجاری می‌باشند که در مقابل امواج آبی، بنفش و ماوراء بنفش حساس هستند.

فیلم اورتوکروماتیک، میزان حساسیت آنها علاوه به امواج آبی و بنفش و ماوراء بنفش امواج سبز و زرد را دربرمی‌گیرد.

فیلم پانکروماتیک، در مقابل امواج نور مرئی حساس می‌باشند این فیلمها مناسب عکسبرداری از طبیعت هستند.

فیلم مادون قرمز، امواج منعکس شده در طول موجهای مادون قرمز را ثبت می‌نمایند.

فیلمهای رنگی دو دسته‌اند: فیلم رنگی طبیعی و فیلم رنگی کاذب (مادون قرمز) فیلم رنگی از لایه‌های حساس به امواج آبی، سبز و قرمز تشکیل یافته است. و فیلمهای رنگی کاذب از لایه‌های حساس به امواج سبز، قرمز و مادون قرمز شکل یافته و توان ثبت انعکاس امواج تا ۰/۹ میکرومتر (محدودهٔ امواج مادون قرمز) را دارند.



عکاسی چندباندی به طور همزمان منظره‌ای یکسان را به وسیله دوربینهای چندباندی تصویربرداری می‌نماید. هر تصویر با توجه به فیلتر و فیلم برای چهار باند آبی، سبز، قرمز و مادون قرمزنزدیک استفاده می‌شود همه تصاویر برروی یک صفحه و یا استفاده از منبع نور قرمز، سبز و آبی تصویر رنگی را ارائه می‌دهند.

۴) اگر سکّوی حامل سنجنده (ماهواره) در فضا ثابت بوده و آینهٔ اسکن‌کننده نیز ساکن در نظر گرفته شود، در این زمان، منطقه‌ای از سطح زمین که در معرض دید آینهٔ متحرّک قرار دارد، منطقه **دیدلحظه‌ای** می‌نامند.

بقیه از صفحه ۱۸ (تهیه نقشه‌های سطح به ارزش)

منابع:

1) John M. Hunter and Johnathan C. Young. "A Technique for the Construction of Quantitative Cartograms by Physical Accretion Models. "Professional Geographer 20 (1968): 402 - 406.

2) Erwin Raisz, "The Rectangular Statistical Cartogram, "Geographical Review 24 (1934): 292 - 296.

3) Erwin Raisz, General Cartography (New York: McGraw-Hill, 1948), pp. 257-258: and Principles of Cartography (New York: McGraw-Hill, 1962), pp.215-221.

4) Waldo R.Tobler, "Geographic Area and Map Projections, "Geographical Review 53 (1963): 59-78; see also Waldo R. Tobler , Map Transformations of Geographic Space (unpublished Ph. D. dissertation, Department of Geography, University of Washington, 1961), p. 146.

5) Borden D. Dent, "Communication Aspects of Value - by - Area Cartograms, "American Cartographer 2 (1975): 154 - 168.

6) There are numerous examples of such atlases. The following are particularly interesting: Tony Loftas, ed. Atlas of the Earth (London: Mitchell Beazley, 1972) : Rrzine Van Chi-Bonnardel, The Atlas of Africa (New York: Free Press, 1973); and Michael Kidron and Ronald Segal, The State of the World Atlas (New York: Simon and Schuster, 1981).

7) Judy M. Olson, "Noncontiguous Area Cartograms. "Professional Geographer 28 (1976): 371-380.

8) Raisz, "The Rectangular Statistical Cartogram," pp. 292-296.

9) Chauncey Harris and George B. McDowell, "Distorted Maps, A. Teaching Device, "Journal of Geography 54 (1955): 286-289.

10) Borden D.Dent, "A Note on the Importance of Shape in Cartogram Communication, "Journal of Geography 71 (1972): 393-401.

11) Ibid.

12) Borden D.Dent. "Communication Aspects." pp. 154-168.

13) Ibid.

14) T.L.C. Griffin, "Cartographic Transformation of the Thematic Map Base," Cartography 11 (1980): 163-174.

15) Ibid.

16) Olson, "Noncontiguous Area Cartograms." pp. 371-380.

17) Waldo R.Tobler . "A Continuous Transformation Useful for Districting, "Annals (New York Academy of Sciences) 219 (1973): 215-220.

18) CALFORM is a computer plotting program that develops shaded, conformant maps. It was developed by, and is obtainable from, Harvard University, Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis.

19) Griffin, "Cartographic Transformation, "pp. 163-174.