مبانی و اصول سنجش از دور

(قسمت سوم)

نوشته : Lilesand. Kiefer
برگردان : مهندس حمید مالمیریان

۱-۵) اخذ داده و تعبیر و تفسیر:

تا اینجا، ما در خصوص منابع اصلی انرژی الکترومغناطیسی ، انتشار این انرژی از طریق اتمسفر، و فعل و انفعال این انرژی با عوارض سطح زمین، بحث کرده‌ایم. ترکیب این عوامل منجر به «علائم» انرژی می‌شود که از این علائم، می‌خواهیم اطلاعات را استخراج کنیم. ما اکنون روشهایی را بررسی می‌کنیم که به‌وسیلهٔ آن این علائم آشکار، ثبت و تفسیر شده است. آشکارسازی انرژی الکترومغناطیسی می‌تواند از طریق عکاسی و یا الکترونیکی انجام شود. فرآیند عکاسی از فعل و انفعالات شیمیایی برروی سطح یک فیلم حساس به نور جهت آشکار نمودن تغییرات انرژی در محدودهٔ یک تصویر استفاده می‌کند.

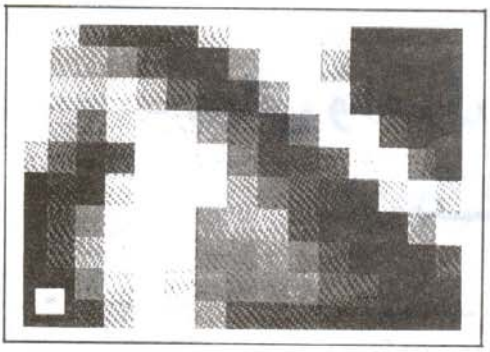
سیستم‌های عکاسی مزایای زیادی را پیشنهاد می‌کنند: آنها نسبتاً ساده هستند و ارزان و مقدار زیادی از جزئیات فضایی و پیوستگی هندسی را فراهم می‌کنند.

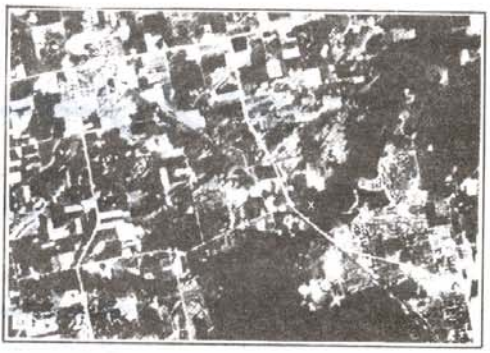
سنجنده‌های الکترونیکی یک سیگنال الکتریکی تولید می‌کنند که مربوط به تغییرات انرژی در منظرهٔ اصلی است. یک مثال آشنا از سنجندهٔ الکترونیکی یک دوربین ویدئویی می‌باشد. اگر چه به طور قابل ملاحظه‌ای پیچیده‌تر و گران‌تر از سیستم‌های عکاسی است، لکن سنجنده‌های الکترونیکی دارای مزایایی از قبیل، حساسیت در محدودهٔ طیفی وسیع‌تر، قابلیت کالیبره شدن بهتر و توانایی ارسال داده به‌صورت الکترونیکی، می‌باشند. با ظهور یک عکس، یک ثبت از علائم آشکار شده را به‌دست می‌آوریم. بنابراین، فیلم به‌عنوان محیط آشکارسازی و ثبت عمل می‌کند. علائم سنجندهٔ الکترونیکی معمولاً برروی نوارهای مغناطیسی ثبت می‌شوند. علائم متعاقباً ممکن است به‌وسیلهٔ عکسبرداری از یک صفحهٔ نمایش شبیه به تلویزیون و یا با استفاده از ثبت کنندهٔ فیلم تبدیل به یک تصویر شوند. در این مواقع، فیلم عکاسی تنها به عنوان یک محیط ثبت کننده به‌کار می‌رود. در سنجش از دور، واژهٔ «عکس» صرفاً به تصاویری اتلاق می‌شود که علاوه بر «آشکارسازی» برروی فیلم نیز ثبت شده باشند.

اصطلاح عمومی موسوم به «تصویر» (Image) برای هر نوع معرفی با عکس از طریق داده‌های تصویر به‌کار می‌رود. بنابراین، یک ثبت عکسی از یک اسکنر حرارتی (یک سنجندهٔ الکترونیکی) یک «تصویر حرارتی» نامیده می‌شود و نه یک «عکس حرارتی» ، زیرا فیلم مکانیزم اصلی آشکارکننده برای «تصویر» نبوده است. زیرا واژهٔ «تصویر» مربوط به هر نوع محصول نمایش است. همهٔ عکسها، تصویر هستند. لکن همهٔ تصاویر، عکس نیستند.

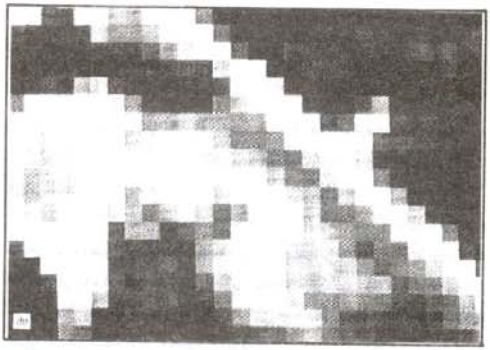
می‌توان ملاحظه نمود که مفاهیم تعبیر و تفسیر سنجش از دور می‌تواند شامل تجزیه و تحلیل عکسی (تصویری) و یا داده‌های رقومی شوند. مدت زیادی است که تعبیر وتفسیر دیداری داده‌های تصویری عکسی، از ابزارهای سنجش از دور است. تکنیک‌های دیداری از قابلیت تفکر انسان حداکثر استفاده را می‌کند تا به طور کیفی الگوهای فضایی در یک تصویر را ارزیابی نماید. توانایی قضاوت عاقلانه براساس انتخاب عناصر تصویر در بسیاری از تلاشهای تعبیر و تفسیر ضروری است.

روشهای تعبیر و تفسیر دیداری دارای اشکالات خاصی هستند، به‌هرصورت در آن، ممکن است آموزشهای زیاد و کار زیاد مورد نیاز باشد. به‌علاوه، خصوصیات طیفی در تلاشهای تعبیر و تفسیر دیداری به طور کامل همیشه ارزیابی نمی‌شوند. بخشی از این اشکال به دلیل محدودیت توانایی چشم به‌منظور جداسازی مقادیر تُن‌ها از یکدیگر در یک تصویر و بخشی دیگر مربوط به مشکل یک مفسر جهت آنالیز هم‌زمان انواع تصاویر طیفی می‌باشد. بنابراین در کاربردهایی که الگوهای طیفی بسیار اطلاع دهنده هستند، ترجیح داده می‌شود که داده‌های رقومی یک منظره نسبت به ◀





54	40	31	27	27	28	39	51	52	50	45	25	24	24	23
55	37	37	35	31	27	26	35	58	66	38	13	17	21	19
56	40	39	45	39	32	27	26	36	52	50	28	14	13	14
52	39	33	42	49	48	36	31	26	33	51	51	31	16	16
42	34	24	30	60	67	49	33	27	28	31	47	51	35	24
26	29	26	44	76	76	49	37	33	30	29	29	44	52	44
14	31	36	50	85	70	36	37	38	30	25	29	28	40	52
20	31	39	51	72	56	35	35	37	35	31	27	29	31	36
21	26	36	46	58	49	37	35	36	37	34	33	26	29	30
21	20	29	43	54	53	40	31	30	32	30	29	24	22	27



نگاره (۱-۱۲)

عکس آن منظره مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

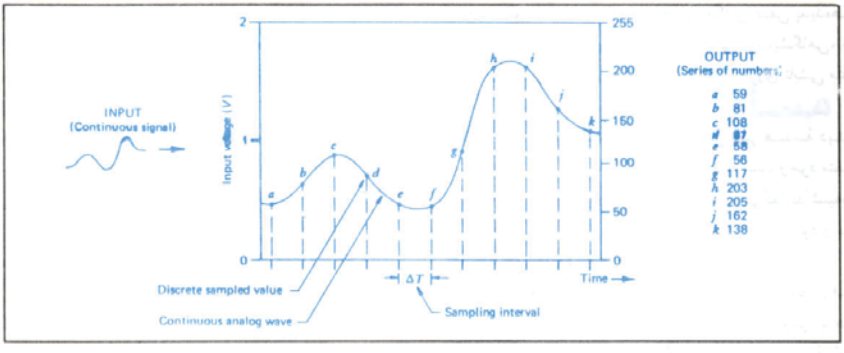
خاصیت اصلی داده تصویر رقومی در نگاره (۱-۱۲) نشان داده شده است. اگرچه تصویر نشان داده شده در (a) بنظر یک عکسی با تُن‌های پیوسته می‌رسد لکن در واقع آن از ردیف دو بعدی عناصر تصویری جداگانه یا پیکسل تشکیل یافته است. شدت هر پیکسل مربوط به میانگین روشنایی، یا تابش، اندازه گرفته شده به‌صورت الکترونیکی برروی سطح زمین مربوط به هر پیکسل می‌شود.

مجموع ۳۲۰ ردیف و ۴۸۰ ستون از پیکسل‌ها درنگاره a (۱-۱۲) نشان‌داده شده است. با توجه به آنکه پیکسلهای تکی ظاهراً قابل تمیز به‌صورت مجزا در شکل (a) نیستند، لکن به راحتی در تصویر بزرگ شدهٔ (b),(c) قابل مشاهده هستند. این بزرگنمایی مربوط به مناطق زیردست قرار گرفته در محدودهٔ "x" در (a) می‌باشد. یک بزرگنمایی ۲۷×۱۹ در (b) نشان داده شده است و یک بزرگنمایی (ستون) ۱۵ (ردیف) ۱۵ در شکل (c) نشان داده شده است. قسمت (d) شمارهٔ رقومی[1] (DN) مربوط به میانگین انرژی تابشی اندازه‌گیری شده در هر پیکسل نشان داده شده در (c) را نمایش می‌دهد. این مقادیر رقم‌های مثبت هستند که ناشی از کمی نمودن سیگنال الکترونیکی اولیه از طریق سنجنده به مقادیر رقومی مثبت، با استفاده از فرآیندی موسوم به تبدیل علائم آنالوگ به دیجیتال (A-to-D) می‌باشد.

نگاره (۱-۱۳) یک نمایش گرافیکی از فرآیند تبدیل آنالوگ به دیجیتال می‌باشد. سیگنال الکتریکی اولیه ناشی از سنجنده، یک سیگنال آنالوگ پیوسته می‌باشد (که توسط خط ممتد در شکل نشان داده شده). این سیگنال پیوسته در فواصل زمانی مشخص (ΔT) نمونه‌برداری شده و به‌صورت عددی در هر نقطهٔ انتخاب شده، ثبت می‌شود (a,b,...mi,k).

میزان نمونه‌برداری به‌وسیلهٔ یک سیگنال خاص به‌وسیلهٔ حداکثر تغییر فرکانس در سیگنال تعیین می‌شود. میزان نمونه‌برداری حداقل باید دو برابر بیشتر از حداکثر فرکانس موجود در سیگنال اصلی، به‌منظور نمایش کافی تغییرات در سیگنال، باشد.

در نگاره (۱-۱۳)، ما سیگنال ورودی سنجنده را برحسب مقادیری از ولتاژ که بین ۰ و ۲ ولت می‌باشد نشان داده‌ایم. مقادیر خروجی شماره‌های رقومی (DN) ارقامی هستندکه بین عد (۰) تا عدد (۲۵۵) قرار دارند.



نگاره (۱-۱۳)

مطابقاً یک ولتاژ نمونه‌برداری شده معادل ۴۶/۰ ولت که به‌وسیلهٔ سنجنده ثبت گردیده است (در نگاره (۱-۱۳) در نقطهٔ (a)) به عنوان شمارهٔ رقومی (DN) ۵۹ ثبت می‌شود. (شماره‌های رقومی (DNS) اندازه‌گیری شده در نقاط دیگر نمونه‌برداری در امتداد سیگنال و در امتداد سمت راست نگاره نشان داده شده است).

نوعاً، شماره‌های رقومی (DNS) تشکیل دهندهٔ یک تصویر رقومی در یک چنین محدوده‌هایی که عبارتنداز ۰ تا ۶۳، ۰ تا ۱۲۷، ۰ تا ۲۵۵، ۰ تا ۵۱۱، ۰ تا ۱۰۲۳، ثبت می‌شوند. این محدوده‌ها مجموعه‌ای از ارقام را که می‌توانند با استفاده از مقیاسهای کدگذاری کامپیوتری دوتایی ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ بیتی به ترتیب ثبت شوند، نمایش می‌دهند. (یعنی $۲^{۶}$=۶۴، $۲^{۷}$=۱۲۸، $۲^{۸}$=۲۵۶، $۲^{۹}$=۵۱۲، $۲^{۱۰}$=۱۰۲۴) در فرمتهای عددی این چنین، داده‌های تصویری می‌تواند به راحتی با کمک کامپیوتر تجزیه و تحلیل شوند.

استفاده از روشهای تجزیه و تحلیل به کمک کامپیوتر بررسی کامل‌تر داده‌های سنجش از دور را در الگوهای طیفی میسر می‌سازد. همچنین کامپیوتر فرآیند تجزیه و تحلیل داده را به‌طور قابل ملاحظه‌ای خودکار نموده و موجب برتری قیمت وهزینه نسبت به روشهای تعبیر و تفسیر دیداری گردیده است. به هر صورت، همان‌طوری‌که انسان دارای محدودیتهایی در توانائیهایش جهت تفسیر الگوهای طیفی می‌باشد، کامپیوترها نیز دارای مقداری محدودیت در توانایی‌شان جهت ارزیابی الگوهای طیفی هستند. بنابراین، روشهای دیداری و عددی در طبیعت مکمل یکدیگر هستند و توجه باید به روشی معطوف شود (یا ترکیبی از هر دو روش) که به بهترین وجهی منطبق بر یک کاربرد خاص باشد.

داده‌های مرجع

همان‌طوری‌که در بحث‌های قبلی نشان داده شد، بندرت سنجش از دور بدون استفاده نوعی از داده‌های مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد. اخذ داده‌های مرجع شامل جمع‌آوری اندازه‌گیریها یا مشاهدات در مورد پدیده‌ها، مناطق، یا پدیده‌هایی که از دور سنجیده شده‌اند می‌شوند.

این داده‌ها می‌توانند هر تعداد از اشکال مختلف را بگیرند و ممکن است از چند منبع استخراج گردند. برای مثال، داده مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل خاص ممکن است از یک نقشهٔ خاک‌شناسی، یا از طریق گزارش کیفیت آب منتشره از طریق یک آزمایشگاه آب، یا یک عکس هوایی استخراج گردد. آنها همچنین ممکن است ناشی از یک «کنترل میدانی» برروی ماهیت پدیده، میزان و شرایط کشاورزی روئیدنیها و کاربردهای زمینی، گونه‌های درختی، یا مسائل الودگی آب باشند. داده‌های مرجع ممکن است همچنین شامل اندازه‌گیریهای میدانی درجهٔ حرارت و سایر خواصل فیزیکی و یا شیمیایی انواع عوارض باشند. موقعیّتهای جغرافیایی که در آن یک چنین اندازه‌گیریهای میدانی انجام می‌شود اغلب در نقشهٔ مبنایی به‌منظور تسهیل در تعیین موقعیت آنها در تصویر ماهواره‌ای توجه شود. به‌طور فزاینده‌ای، گیرنده‌هایی سیستم‌های تعیین موقعیت جهانی (GPS) و ثبت کننده‌های میدانی خودکار برای یک چنین اهدافی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

داده‌های مرجع اغلب موسوم به «حقایق زمینی» (ground truth) هستند. این واژه به معنی واقعی کلمه نیست، زیرا بسیاری از اشکال داده‌های مرجع از روی زمینی جمع‌آوری نمی‌شوند و تنها به حقیقت شرایط واقعی زمین نزدیک می‌گردند. برای مثال، هنگامی‌که تصویر ماهواره‌ای و یا عکس هوایی مقیاس کوچک (ارتفاع بالا) که دارای جزئیات کمتری هستند مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، ممکن است «حقایق» زمینی از طریق هوا و در قالب عکس هوایی جمع‌آوری شوند. به همین صورت، «حقایق زمین»، در صورتی‌که ما در حال مطالعهٔ پدیده‌های آبی باشیم در واقع «حقایق آبی» خواهند بود. علیرغم این بی‌دقتیّها، «حقایق زمینی» یک واژه است که به‌طور گسترده در داده‌های مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

داده‌های مرجع به‌منظور به کارگیری در هر یک و یا تمامی اهداف ذیل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱) کمک در تجزیه‌وتحلیل وتعبیر وتفسیر داده‌های سنجش‌ازدور

۲) کالیبره نمودن سنجنده

۳) اثبات و تأیید اطلاعات استخراج شده از داده‌های سنجش‌ازدور

بنابراین ،داده‌های مرجع باید اغلب براساس اصول طراحی نمونه برداری آماری جمع‌آوری شوند.

داده‌های مرجع می‌تواند بسیار گران و جهت جمع‌آوری صحیح آنها نیاز به صرف وقت فراوانی باشد.داده‌های مرجع می‌تواند از اندازه‌گیریهای «زمان بحرانی» (time-critical) و یا زمان ثابت (time-stable) تشکیل شود.

■ اندازه‌گیریهای «زمان - بحرانی» مواردی هستند که شرایط زمینی با زمان به سرعت تغییر می‌کند مانند تجزیه و تحلیل شرایط روئیدنیها و یا حوادث آلودگی آب.

■ اندازه‌گیریهای «زمان - ثابت» شامل مواردی می‌شوند که مواد مورد مشاهده به میزان قابل توجهی نسبت به زمان تغییر نمی‌کند.

برای مثال، کاربردهای زمین‌شناسی اغلب مشاهدات میدانی را نمایش میدهند که می‌تواند مربوط به هر لحظه‌ای از زمان باشد و این پدیده با گذشت زمان تغییر قابل توجهی نمی‌کند.

یکی از اشکال جمع‌آوری داده‌های مرجع اندازه‌گیری زمینی انعکاس و تابش مواد سطحی به‌منظور تعیین الگوهای واکنش طیفی آنها می‌باشد. با استفاده از اصول اسپکتروسکوپی (Spectroscopy) از این عمل ممکن است در آزمایشگاه و یا در محل انجام شود.

روشهای اندازه‌گیری اسپکتروسکوپی می‌تواند شامل کاربرد وسایل مختلف گردد. اغلب، یک اسپکترورادیومتر در یک چنین روشهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسیله به عنوان تابعی از طول موج، انرژی ساطع شده از یک شئ را در محدوده میدان دیدش اندازه‌گیری می‌کند. این وسیله ابتدا به‌منظور آماده نمودن منحنی‌های انعکاس طیفی پدیده‌های مختلف به‌کار برده می‌شود. در یک اسپکتروسکوپی آزمایشگاهی، ممکن است جهت نوررسانی به پدیده‌های مورد مطالعه از انرژی تابشی منابع مصنوعی استفاده شود.

در آزمایشگاه، سایر عوامل میدانی نظیر هندسهٔ دید بین پدیده وسنجنده، همچنین شبیه‌سازی می‌شوند. و به علت وجود متغیرهای فراوان محیط طبیعی که بر داده‌های دورسنجی تاثیر می‌گذارند شبیه‌سازی آنها در آزمایشگاه اگر غیرممکن نباشد، بسیار مشکل خواهد بود و به این دلیل اغلب مواقع اندازه‌گیری‌ها در محل ترجیح داده می‌شود.

در اخذ اندازه‌گیریهای میدانی، اسپکترو رادیومترها در حالات مختلفی از جمله به‌صورت دستی ، نصب در هلی‌کوپتر، یا هواپیما ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. در نگاره (۱-۱۴) یک وسیلهٔ کاملاً قابل حمل با دست نشان داده شده است.

از طریق یک فیبر نوری ورودی، این سیستم ویژه با ثبت داده در ۵۱۲ باند به‌طور هم‌زمان (در محدودهٔ طول موجب بین ۰/۳۵ تا ۱/۰۵ میکرومتر) یک طیف پیوسته را اخذ می‌کند. این وسیله شامل یک ریزپردازنده (microprocessor) و یک صفحهٔ نمایش از نوع Liquid Crystal display) LCD) که در اخذ داده، نمایش داده و ذخیره سازی آن قابلیت انعطاف دارد، می‌باشد. برای مثال، به‌عنوان یک پدیدهٔ استاندارد، همان موقعی که مقادیر «بازتابندگی در محدودهٔ طول موج باندهای ماهواره‌های لندست و اسپات محاسبه می‌شوند بازتابندگی طیفی به‌طور هم‌زمان (به‌طور زنده) نمایش داده می‌شود. همچنین در عملیات میدانی، محاسبه نسبتهای باند و سایر مقادیر محاسباتی ، ممکن می‌باشد. یک نمونه از این نوع محاسبات استاندارد، عبارت است از شاخص اختلاف

نگاره (۱-۱۴)

نرمال شده روئیدنیها[2] (NDVI) که انعکاس مادون قرمز نزدیک و مرئی پدیده‌های سطحی زمین را تشریح می‌کند.

داده‌ها برروی کارت‌های حافظه ثبت می‌شوند و سپس به‌منظور پردازشهای بعدی به دیسك‌های از نوع فلاپی منتقل می‌شوند. سیستم می‌تواند به‌صورت اختیاری به GPS متصل شود، که در صورت نیاز به عنوان یک وسیلهٔ اضافی در چمدان این وسیله قرار می‌گیرد.

نگاره (۱-۱۵) یک رادیومتر چندباندی را که تشعشعات را در یک سری از باندهای طیفی تفکیک شده (نه یک محدودهٔ پیوسته) اندازه می‌گیرد، نشان می‌دهد. این وسیله خاص در هشت باند طیفی عمل می‌کند که ۷ باند آن منطبق با باندهایی است که به وسیلهٔ سنجندهٔ TM در ماهوارهٔ لندست به‌کار برده شده‌اند. این وسیله در این‌جا به‌صورت آویزان از بوم تلکسوپ یک وانت دارای جرثقال نشان داده شده است. در صورتی‌که رادیومتر به این صورت آویزان شود، می‌تواند در موقعیت‌های مختلف میدانی قرار گیرد به‌طوری‌که اندازه‌گیریهای واکنش طیفی به راحتی امکان‌پذیر است. تمام داده‌ها مجدداً می‌توانند با استفاده از یک ریزپردازنده داده موجود در اتاق وانت ذخیره می‌شوند.

استفاده از یک رادیومتر به‌منظور به‌دست آوردن اندازهٔ انعکاس طیفی معمولاً دارای سه مرحله می‌باشد. ابتدا، وسیله برروی یک صفحهٔ کالیبره شده که انعکاس ثابت آن شناخته می‌باشد قرار می‌گیرد. (این مرحله در نگاره (۱-۱۵) نشان داده شده است) هدف از این مرحله اندازه‌گیری تشعشعات ورودی یا تابیدگی، برروی منطقهٔ اندازه‌گیری است. سپس، وسیله برروی هدف مورد نظر آویزان می‌شود و تشعشعات منعکس شده به وسیله پدیده اندازه‌گیری می‌گردد. نهایتاً بازتابندگی طیفی پدیده به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت انرژی انعکاس یافته در هر باند از مشاهده به تشعشعات ورودی اندازه‌گیری شده در هر باند، محاسبه می‌شود. معمولاً واژهٔ «عامل بازتابندگی» (reflectance factor) برای مراجعه به نتیجهٔ چنین محاسباتی به‌کار برده می‌شود. نسبت فلوی تابشی واقعی انعکاس یافته از سطح یک نمونه به فلوی تابشی انعکاس یافته از سطح یک نمونهٔ ایده‌آل و دارای بازتابندگی سطحی، کاملاً پخش‌کننده، که دقیقاً به همان طریقی که نمونه اولیه، از طریق سنجنده‌ای که دارای همان خصوصیات هندسی باشد، مورد تابش قرار گیرد را به طور رسمی «عامل بازتابندگی» تعریف می‌کنند.

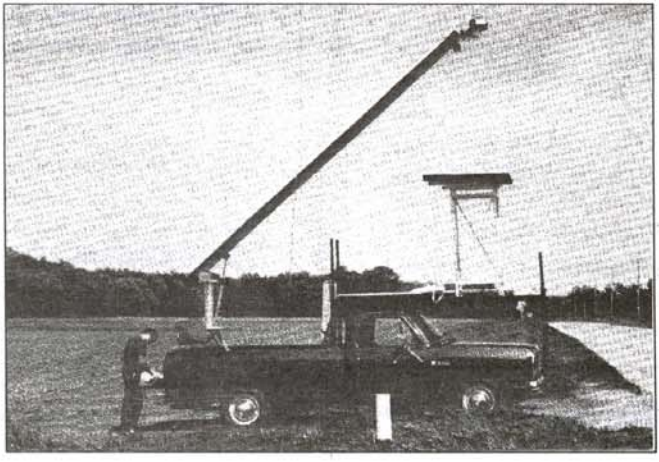
واژهٔ دیگری که اکثراً برای تشریح اندازه‌گیری نوع فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت است از «عامل بازتابندگی دو جهتی» (bidirectional reflectance factor): یک جهت مربوط می‌شود به زاویه دیداری نمونه (معمولاً ۰° از نرمال) و جهت دیگر مربوط به جهت تابش خورشید می‌شود(تعریف شده به‌وسیله سمت‌الرأس و زوایای سمت خورشیدی). در روش اندازه‌گیری بازتابندگی دو جهتی، نمونه و استاندارد بازتابندگی پی در پی اندازه‌گیری می‌شوند. سایر روشها که در آنها به طور همزمان تابندگی طیفی تابش شده و انعکاس طیفی تابش اندازه‌گیری می‌شوند، وجود دارد.

اطلاعاتی راجع به این روشها و سایر مفاهیم در زمینه اسپکتروسکوپی در انتهای این فصل وجود دارد. □

پاورقی:

1) DN = Digital Number

2) NDVI = Normalized Difference Vegetation Index



نگاره (۱-۱۵)