تهیه نقشه‌های موضوعی با تصاویر ماهواره‌ای

(قسمت پنجم)

نوشتهٔ : Donald T. Lauer[1]
مترجم : مهندس حمید مالمیریان

فرآیند استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای (۲)

۲-۳) تجزیه و تحلیل تصویر به کمک کامپیوتر

۲-۳-۱) اصول مبنایی

از آنجائی که کامپیوترها می‌توانند، برای پردازش سریع و دقیق و اندازه‌گیری و مقایسهٔ حجم زیادی از داده‌های رقومی به کار برده شوند، نقش بسیار مهمّی در تجزیه و تحلیل تصویر ماهواره‌ای چندطیفی برای تهیه نقشه‌های موضوعی ایفا می‌کنند. علّت استفاده از روشهای تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای به کمک کامپیوتر به چند اصل مبنایی ذیل مربوط می‌شود:

۱) داده‌های ماهواره‌ای اکنون به صورت رقومی می‌باشند؛
۲) خطاهای بوجود آمده از طریق سنجنده‌ها و سیستمهای پردازش می‌تواند تصحیح شود؛
۳) میزان نوردهی قابل تنظیم است؛
۴) هر واحد تصویر یا پیکسل، می‌تواند پردازش شود؛
۵) پردازش‌های پیچیدهٔ ریاضی و آماری برروی «داده‌ها» قابل انجام می‌باشد؛
۶) پردازش و تجزیه و تحلیل قابل اعتراض و تجدید نظر می‌باشد؛
۷) حساسیت عددی، از پردازش دیداری تصویر بیشتر است؛
۸) حجم زیادی از داده‌ها قابل پردازش می‌باشد؛
۹) انواع داده‌های مختلف (نقشه‌ها، آمار و ارقام، سنجنده‌های دیگر و غیره) به راحتی قابل ترکیب وادغام نمودن با داده‌های ماهواره‌ای رقومی هستند؛
۱۰) خروجی بابه کار بردن انواع فرمت‌ها (نقشه‌ها، جداول، تصاویر و غیره)، می‌تواندایجاد شود.

بطورکلی هنگام تجزیه وتحلیل مناطق بزرگ که نیازمند اطلاعات ریز طبقه‌بندی هستند، آنالیز تصویر به کمک کامپیوتر، کاربرد بیشتری نسبت به تفسیر دیداری دارد. به هر صورت، چندین اشکال برای کاربرد این روشها ممکن است وجود داشته باشد و اغلب شامل موارد ذیل است:

- سرمایه گذاری بسیار زیاد
- نیازمندی به برنامه‌ریزی ویژه مفسّران ورزیده
- هزینهٔ زیادتر اطلاعات
- اعتماد کمتر در محیطهای خیلی پیچیده
- نتایج ممکن است کاملاً بوسیله کاربر تشخیص داده نشود.

تصمیم در مواردی‌که برای تهیه نقشه‌های موضوعی از طریق تصاویر ماهواره‌ای از کامپیوتر استفاده شود، به میزان زیادی بستگی به اندازهٔ منطقهٔ مورد مطالعه و جزئیات مورد نظر در نتایج نهایی و همچنین آماده بودن سخت‌افزار و نرم‌افزار وتجزیه و تحلیل کنندهٔ ویژه و ماهر دارد.

۲-۳-۲) پردازش مقدّماتی تصویر

۲-۳-۲-۱) تصحیحات رادیومتریک

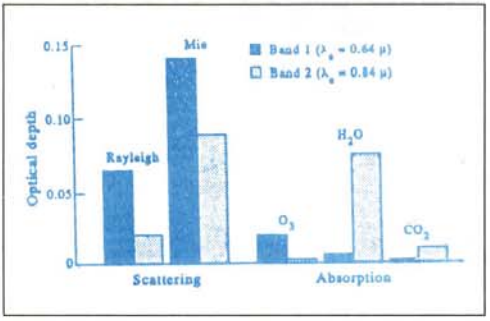
خطهای ایجاد شده در تصویر (ناشی از داده‌های نادرست)، خطهای ناپیوسته، پیکسلهای اطلاعاتی که تصویر نشده، و باعث بروز اشکال در تصویر می‌شوند اغلب به عنوان **«خطاهای خطی متناوب»** نسبت داده می‌شوند. هنگامی که «خطاهای خطی متناوب» در داده‌های رقومی ماهواره‌ای به‌وجود می‌آید، از آنجایی که داده‌های نادرست مربوط به مجموعهٔ آماری صحیح «اطلاعات زمین» نمی‌شوند، خطاهای طبقه‌بندی ایجاد می‌شود.

یکی از روشهای به‌کار گرفته شده برای تزریق داده‌های جدید، تعویض خط داده‌های نادرست با خط داده‌های قبلی می‌باشد.
روش دوم که معمولاً به‌کار می‌رود تعویض، داده‌های نادرست بوسیله انترپولاسیون بین «میزان روشنی» پیکسلهایی است که در خطهای قبل و بعد خط داده‌های نادرست هستند، (Jensen 1986) اگرچه اختلاف بین دو روش خیلی کم بنظر می‌رسد، لکن روش دوم نمایش دقیقتری از مقادیر صحیح «میزان روشنی» را فراهم می‌سازد.

«خطاهای خطی متناوب» رادیومتریک، اغلب به صورت خطوط تاریک و روشن و به صورت سیستماتیک در عرض یک تصویر ظاهر می‌شود. علّت این امر وجود «آشکارساز» در وسایل سنجنده است که دارای واکنش نسبتاً کمتری نسبت به تشعشعات تابیده به آنها هستند و بنابراین برای همان شدت از تشعشات یک ولتاژ خروجی نسبتاً متفاوتی بوجود می‌آید. بویژه «آشکارسازها» دارای ورودی و خروجی مختلفی هستند (Richards,1985)، وجود خطهای اضافی رادیومتریک در تصویر تغییرات غیرمنطقی را در تعیین طیف عوارض سطح زمین معرّفی می‌کند و کیفیّت مطلوب تصویر را کاهش داده و این دقت کیفیّت یا ناشی از تغییرات فاحش محاسبه، برای «داده»های متوالی است و یا به علّت نقصان «داده»های متوالی کافی برای تشخیص نوع پیکسلهای قرار گرفته در روی خطهای اضافی رادیومتریک می‌باشد. همچنین، اگر هدف بخشی از تجزیه و تحلیل واضح نمودن کنتراست تصویر باشد، هر نوع واضح‌سازی کنتراست منجر به واضح‌سازی خطهای اضافی رادیومتریک نیز می‌گردد. ممکن است، هنگامی که تصاویر به شدت مواجه با خطوط ناشی از داده‌های نادرست رادیومتریک، واضح می‌شوند، توزیع فضایی عوارض دورنمای زمین به علّت تأثیرات ناشی از واضح‌سازی خطوط ناشی از داده‌های بد، از بین بروند.

تکنیکهای زیادی برای نرمال ساختن و مینیمم نمودن اثرات خطوط ناشی از داده‌های بد مهیا می‌باشد. یکی از روشها، که موسوم به نرمال نمودن «هیزتوگرام» است، میانگین ارزش روشنایی برای هر «مشاهده کننده» را در هر باند محاسبه می‌کند. یک فاکتور نرمال نمودن، بوسیله تقسیم متوسط ماکزیمم و یا متوسط مینیمم به متوسط هر «آشکارساز» محاسبه می‌شود. فاکتور نرمال، برای یک «مشاهده کننده» معین، سپس در «ارزش روشنائی» هر پیکسل ضبط شده بوسیلهٔ «مشاهده کننده» ضرب می‌شود و پیکسل دارای «ارزش روشنائی» جدید می‌گردد.

تصحیح تابش خورشید برای اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای مجاور که باید به صورت رقومی موزائیک گردند و تحت شرایط مختلفی از تابش نور خورشید نسبت به تصویر مجاور اخذ شده باشند، اعمال می‌گردد. این نوع تصحیح همچنین برای مقایسهٔ خواص طیفی عوارض اخذ شده تحت شرایط مختلف تابش نور خورشید ضروری است. تصحیح زاویه خورشید مشتمل بر ضرب همهٔ «ارزشهای روشنایی» تصویر در یک ثابتی است که آن ثابت تابعی از زاویه خورشید است. باید توجه داشت که این تصحیح، اثرات توپوگرافی را از بین نخواهد برد و آزیموتهای مختلف تابش نور خورشید را تصحیح نخواهد نمود. درنهایت اتمسفر از دو طریق برروی داده‌های به‌دست آمده از طریق ماهواره‌هایی که در مدار زمین حرکت می‌کنند، اثر می‌گذارد: پراکندگی و جذب



نگاره (۱) اثرات پراکندگی اتمسفر و جذب روی باندهای ۱ و ۲ داده رادیومتر پیشرفته با قدرت تفکیک زیاد

پراکندگی اتمسفر تابعی از مولکولها (اثر Rayleigh)، و تعلیق مایع یا جسم بصورت گرد و گاز در هوا (اثر Mie) در اتمسفر می‌باشد (McCartney,1976). اثرات "Rayleigh" برای مدل نمودن آسان هستند زیرا آنها برای یک موقعیت خاص نسبت به زمان غیرقابل تغییر هستند. بخش «Mie» شامل مدلهای پیچیدهٔ زیادتری که نیازمند اندازه‌گیریهای ذرات معلق در فضا می‌باشند و انجام آن مشکل است، می‌گردد. جذب اتمسفر به مقدار زیادی تابع چندین گاز موجود در اتمسفر می‌باشد. مانند بخار آب، دی‌اکسیدکربن، و ازون (Asrar, 1989). مدلهای جذب شده بطور کلی برای به‌کار بردن روشن و واضح هستند، اما متکی به اندازه‌گیریهایی هستند که ممکن است به‌دست آوردن آنها مشکل باشد. پراکندگی وجذب آتمسفر به میزان زیادی اندازه‌گیری خصوصیّات طیفی عوارض زمین و شرایط آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نگاره (۲-۱)
اگر قرار باشد که مقایسه‌ای بین اندازه‌گیریهای طیفی زمینی و ماهواره‌ای به‌عمل آید، در این صورت تصحیحات مربوط به اثرات اتمسفر باید اعمال شود.

۲-۳-۲-۲) تصحیحات هندسی[۲]

در صورتی که سیستم سنجنده یک مکانیزم جاروب کننده آینه‌ای را به خدمت بگیرد، خطاهای هندسی سیستماتیک و قابل پیش‌بینی در تصویر ماهواره‌ای شامل انحراف ناشی از چرخش زمین زیر ماهواره و طول خطی متغیر خواهد بود. خطاهای متغیر و قابل اندازه‌گیری شامل اعوجاج ناشی از تغییرات در سرعت ماهواره، ارتفاع و رفتار ماهواره می‌باشد (Williams 1979).

انحرافهای ناشی از تغییرات در نتیجهٔ چرخش زمین و حرکت ماهواره در مدار به هنگام تصویربرداری، بوجود می‌آیند. مقدار انحراف موجود در یک تصویر به میزان زیادی تابع عرض جغرافیایی و جهت امتداد حرکت ماهواره می‌باشد. انحراف ناشی از دوران هر تصویر بوسیلهٔ الگوریتمی که خطوط اسکن شده را به سمت راست منتقل می‌کند، برطرف می‌شود. انتقال بوسیلهٔ تعداد پیکسلهای محاسبه شده، براساس عرض جغرافیایی تخمینی زمین برای هر خط اسکن شده انجام می‌شود. بطوری که عوارض زمینی از بالا تا پایین تصویر در محلهای صحیح قرار می‌گیرند. سیستم‌هایی که از یک آینهٔ نوسان کننده استفاده می‌کنند، سطح، تغییراتی را در طول خطوط اسکن، به علت سرعت متغیر آینه، ایجاد می‌کند. یک طول خط صحیح اسکن شده به‌عنوان تابعی از میزان اسکن نمودن آینه، میزان نمونه‌برداری مشاهده کننده و عرض تصویر برداری محاسبه می‌شود.

هنگامی که خطاهای هندسی در تصویر ماهواره‌ای که در طبیعت متغیر هستند، معرّفی می‌شوند، تأثیرات قابل پیش‌بینی نیستند، بنابراین برای تصحیح خطاها، اثر آنها باید اندازه‌گیری شود. این تصحیح می‌تواند بوسیلهٔ اندازه‌گیری جابه جایی ظاهری نقاط کنترل زمینی، عوارض قابل تشخیص و قابل مشاهده در یک تصویر که موقعیتهای جغرافیایی آنها مشخص می‌باشند، تکمیل شود. بمحض آنکه جابه جایی نقاط کنترل مشخص شود، توابع ریاضی انتقال نقشه، برای محاسبه مختصات یک پیکسل، در تصویر تصحیح شده به‌کار برده می‌شوند. این موقعیت‌ها در بعضی تصاویر تصحیح نشده یافت می‌شوند، و از طرفی این مکانهای مشابه (در تصویر تصحیح شده و نشده) بندرت با پیکسل مشابه خود در تصویر تصحیح نشده منطبق می‌شوند. بنابراین لازم است تصویر تصحیح نشده برای تطبیق «میزان روشنایی» پیکسل‌های ذیربط در تصویر تصحیح نشده و پیکسل مربوطه در تصویر تصحیح شده، مجدداً نمونه‌برداری گردد.

سه نوع روش فنی متعارف مورد استفاده «نمونه‌برداری مجدد» شامل روشهای «نزدیکترین همسایه»[3]، «انترپوله دو خطی»[4] و «پیچش مکعبی»[5] می‌باشد. (Simon 1975) در روش نمونه‌برداری مجدد «نزدیکترین همسایه» «ارزش روشنایی» یک پیکسل در تصویر تصحیح شده از طریق «ارزش روشنایی» پیکسلی که در نزدیکترین موقعیت (همان)پیکسل در تصویر ورودی است، تعیین می‌شود. «انترپولهٔ دوخطی» یک روش دیگر «نمونه‌برداری مجدد» است که «ارزش روشنایی» یک پیکسل در تصویر تصحیح شده را بوسیلهٔ انترپوله بین «ارزشهای روشنایی» چهار پیکسلی که در نزدیکترین موقعیت نسبت به موقعیت پیکسل مورد نظر قرار دارد، تعیین می‌کند. روش نمونه‌برداری مجدد «پیچش مکعبی» یک روش بهتر و بالاتر«نمونه‌برداری مجدد» است که اغلب به‌کار برده می‌شود. در این روش، «ارزش میزان روشنایی» یک پیکسل در یک تصویر تصحیح شده از طریق انترپولهٔ «ارزش روشنایی» تعداد بیشتری از نزدیکترین پیکسلهای اطراف موقعیت پیکسل تصحیح شده به‌دست می‌آید.

هنگامی که یک تصویر اخذ می‌شود، امکان کاهش کیفیّت تصویر و در نتیجه کاهش قدرت تفکیک ظاهری تصویر می‌باشد. برای مثال، یک تصویر ممکن است به علّت ضعف سیستم اپتیک یا حرکت سنجنده تیره و یا تار باشد. این پدیده‌ها در نتیجهٔ یک سری فیلترگذاری بوسیله تجهیزات تصویربرداری، مدل شده و با هر فیلتر، اثر نفوذ یک کاهش دهنده را مانند وسایل اپتیکی غبارآلود (کثیف) نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال، در حالت واضح‌سازی فضایی، این مدلها (مدلهایی که به وسیله فیلترگذاری بدست آمده است) یا در محدودهٔ فرکانسی (امواج نوری) و محدوده‌ای که «تابع‌انتقال» وسیله تصویری موجب می‌شود که ترجیحاً فرکانسهای پایین (امواج با طول موج بلند) برای رویت مناطق وسیع به‌جای امواج با فرکانس بالا (امواج با طول موج کوتاه) (برای رویت اجزاء بسیار دقیق و ریز)، عبور داده شوند، یا در میدان داده‌های فضایی مانند فرآیند یک پنجرهٔ متحرک، جایی که اطلاعات یک تصویر بوسیله «تابع پخش نقطه» توسط دستگاه تصویربرداری با یکدیگر ادغام می‌گردند، می‌تواند به‌کار برده شوند.

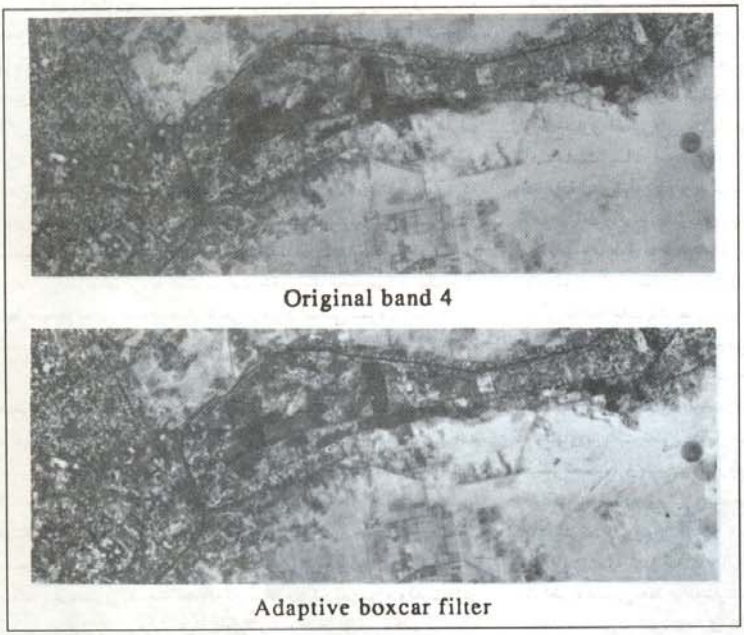
بازیافت تصویر، فرآیند خارج سازی «عوامل کاهش دهنده کیفیّت تصویر» بمنظور حصول به حداکثر وضوح تصویر می‌باشد. بطورکلی روشهای بازیافت تصویر شامل مدل‌سازی واکنش سنجنده، محاسبه فیلتر تصحیح و سپس به‌کار بردن فیلتر برروی تصویر دارای کیفیّت نامطلوب می‌باشد. روشهای تصحیح مانند روش «فیلتر نمودن معکوس» یا «فیلتر نمودن وینر Wiener » در بازیافت تصویر به‌کار برده می‌شوند. (Andrews and Hunt, 1977) . این «فیلترهای تصحیح» ممکن است یا در حوزهٔ فضایی به‌کار برده شوند، یا می‌توانند به‌عنوان بخشی از فرآیند ترمیم هندسی در نمونه‌برداری کننده‌های تصویر شامل گردند.

۲-۳-۳) بارزسازی تصویر

هدف از بارزسازی تصویر، بهبود بخشیدن به تصویر بوسیلهٔ تقویت نمودن (افزایش) خصوصیّات مهم طیفی و یا مکانی تصویر و از بین بردن ویژگیهای غیرضروری اضافی، جهت تعبیر و تفسیر دیداری می‌باشد. بوسیلهٔ تصویر ماهواره‌ای که دارای کیفیّت خوب می‌باشد، «بارزسازی کلی تصویر» به میزان کمی امکان پذیر است. عمل «بارزسازی تصویر» باید بمنظور بهبود بخشیدن به تصویر در تعبیر و تفسیر مسائل خاصّی به‌کار برده شود. متاسفانه، بهبود بخشیدن به تصویر بمنظور تفسیر یک عارضه (خاص) اغلب تفسیر عوارض دیگر را مشکل‌تر می‌سازد. خصوصیّات دریافتی مغز و چشم انسانها باید در پردازش بارزسازی مد نظر قرار گیرد. برای مثال، اکثر مردم سایه‌های سبز خیلی بیشتری را در مقایسه با سایه‌های آبی می‌توانند مشاهده کنند، همچنین، سیستم نوری (اپتیکی) انسان، عملیات بارزسازی لبه تصویر را که هنگام به‌کار بردن روشهای رقومی، برای کپی‌سازی (نسخه‌برداری) مشکل (و معمولاً غیرضروری) است، انجام می‌دهد.

۲-۳-۳-۱) بارزسازی کنتراست تصویر

«بارزسازی کنتراست» و یا «کشش» بوسیله تقویت نمودن حدود روشنایی یا روشنایی بخشی از محدوده انتخاب شده یک تصویر انجام می‌شود. بعضی از کارهای عمومی بارزسازی تصویر، بوسیله تعیین حداقل



نگاره (۲)

و حداکثر ارزشهای روشنایی تصویر، ممکن است و سپس تنظیم این محدوده جهت تطبیق با بخش «خط مستقیم» محدوده دانسیته فیلمی است که روی آن تصویر ثبت خواهد شد.

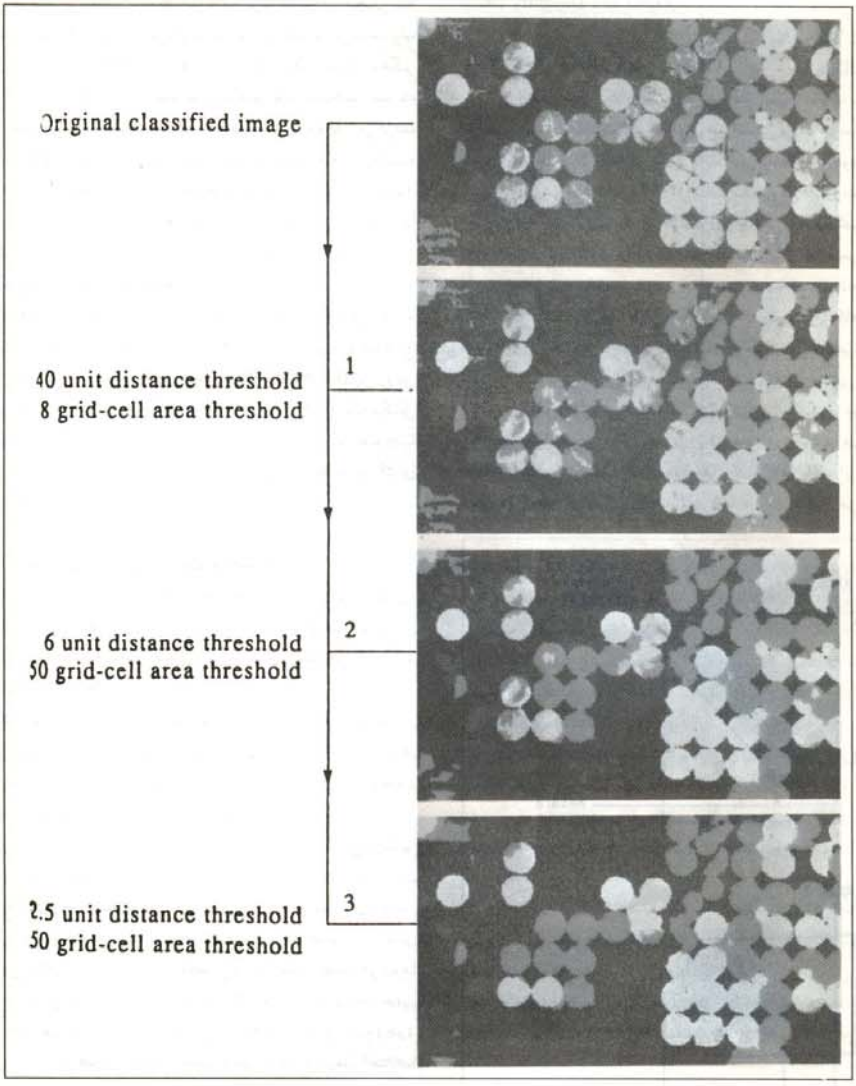
«افزایش بارزسازی تصویر» از طریق پریدن داده‌ها از حداقل و حداکثر اضافات (منحنی) توزیع (روشنایی) امکان‌پذیر است. همین‌که این عمل انجام شد، اطلاعات بریده شده با تراکم و دانسیتهٔ مشابه مقادیر داده‌های حداقل و حداکثر باقی مانده، ضبط خواهند شد. اگر عمل مختلفی برای هر باند طیفی به‌کار برده شود، تنظیم «تن» رنگ ترکیبی، ممکن است تغییر کند. این کار گاهی اوقات به‌عنوان یک مزیت به‌کار برده می‌شود. اما برای مثال، اگر قرار باشد تصویر موزائیک شود مفید نخواهد بود.

در «بارزسازی کنتراست خطی تصویر» هر «ارزش‌روشنایی» در یک ثابت ضرب می‌شود و سپس با یک ثابت اضافی و یا پایه تنظیم می‌گردد. بمنظور بارزسازی بیشتر یک بخش از محدودهٔ تراکم نسبت به بخش دیگر، از «بارزسازی غیرخطی» بمنظور تقریب سازی یک توزیع متعادل ممکن است استفاده شود. بطوری که تقریباً تعداد پیکسلهای مساوی برروی تراکم (دانسیته) هر فیلم ضبط می‌شوند. «بارزسازی غیرخطی تصویر» اغلب در افزایش کنتراست عوارض خاص (معمولاً دانسیته‌هایی که غالب تصویر را تشکیل می‌دهند) مؤثر هستند، اما امکان دارد در تفسیر عوارض دیگر (معمولاً کم اتفاق می‌افتد یا محدودهٔ کوچکی است) مشکل‌آفرین باشند. (Pinson and Lankford 1981). بسیاری از توابع «بارزسازی غیرخطی تصویر» به طور سیستماتیک از توابع دانسیته احتمالی استفاده می‌کنند مانند «بارزسازی» سینوسی، لگاریتمی و گاسین. انواع دیگر توابع «بارزسازی» وابسته به «داده» هستند و نیازمند به نمودارهای ستونی است قبل از آنکه تابعی بتواند ایجاد شود مثال «بارزسازی» های وابسته به «داده» شامل تابع ramp cumulative distribution، تابع توزیع احتمالات، کشیدگی متناسب با توزیع فرکانس و متعادل نمودن هیستوگرام می‌باشد.

۲-۳-۳-۲) بارزسازی مکانی

«بارزسازی»های مکانی ارزش روشنایی هر پیکسل را بوسیله مقایسه با مقادیر روشنایی پیکسلهای مجاور تنظیم می‌کند، برای مثال، بارزسازی لبه ممکن است بوسیله اغراق نمودن در اختلاف (روشنایی) بین یک پیکسل و پیکسلهای مجاور آن انجام شود. از طرف دیگر، هموارکردن تصویر (Image smoothing) ممکن است بوسیله کاهش اختلاف بین (روشنایی) یک پیکسل با پیکسلهای همجوارش انجام شود. «بارزسازی لبه» یک فیلتر بالاگذر است. «هموار نمودن» یک فیلتر پایین‌گذر (Moik,1980).

یک روش بارزسازی مکانی پیچیده‌تر در واقع داده‌ها را به داخل حوزه فرکانس (مانند تبدیل فوریر) منتقل می‌کند بمحض اینکه «داده‌ها» وارد حوزه فرکانس شدند، بمنظور اینکه تنها فرکانسهای خاصّی اجازهٔ عبور داشته باشند تصویر ممکن است فیلتر شود. داده‌های فیلتر شده سپس به حوزهٔ تصویر یا حوزهٔ مکانی برگشت داده می‌شود. اثر بسیار مشابهی در



حوزهٔ مکانی با استفاده از روش «پنجره متحرک» یا «میانگین‌متحرک» می‌تواند حاصل شود. از آنجایی که اجرای این روش ساده‌تر است، آن برای بارزسازی مکانی بیشتر به‌کار برده می‌شود.

بارزسازی با فرکانس بالا نوعاً برروی تصاویر ماهواره‌ای و بمنظور اغراق نمودن (واضح‌سازی) لبه‌های (مرزها) بین عوارض دارای کنتراست زمین و یا بمنظور بیرون آوردن اثرات خطی ویژگیهای زمین‌شناسی به‌کار می‌رود. (Mayers etal . 1988). به این دلیل، اغلب بمنظور تهیه نقشه عوارض و الگوهای شبکه آبیاری به‌کار می‌رود. نگاره (۲) یک مثال کاربرد فیلتر روی باند ۴ داده‌های TM لندست را نشان می‌دهد.

فیلترهای پایین‌گذر می‌توانند برای یکنواخت سازی، جنرالیزه

نمودن و یا غیرمتمرکز نمودن یک تصویر به‌کار برده شوند. از آنجایی که جنرالیزه نمودن دارای کاربرد محدودی در بارزسازی تصویر می‌باشد، یک روش متعارف (مشترک) اختلافات با همسایگان را در نظر نمی‌گیرد مگر آنکه (این اختلافات) آنقدر زیاد باشد که «داده»های غلط مشخص شوند. یک آستانه ایجاد می‌شود، بطوری که عمل «هموارسازی» متوقف می‌گردد، مگر آنکه یک پیکسل تغییرات زیادی نسبت به پیکسلهای مجاورش داشته باشد و نوفه را نشان بدهد (برای مثال، داده‌های منتقل شده کاسته شود). هنگامی که داده به‌صورت نوفه مشاهده شد، پیکسل ممکن‌است مجدداً خودرا بامیانگین‌ارزش روشنایی پیکسلهای مجاورش تنظیم‌کند.این روش حذف نوفه و یافیلترنمودن نوفه نامیده می‌شود.

یک فیلترپایین‌گذرممکن است برای جنرالیزه‌کردن وتسویه طبقه بندی نتایج یک تصویربوسیلهٔ تثبیت نمودن هرپیکسل درحوزه غالب واقع درمحدودهٔ پیکسلهای همسایه به‌کاربرده شود (Fosnight 1988).این روش در تولید نقشه‌های موضوعی با حداقل واحد نقشه‌که بزرگتر از یک پیکسل می‌باشد مفید است. اعمال اثرات پیکسلهای مناطق مجاور بزرگتر موجب ایجاد یک تصویر بیشتر جنرالیزه شده با حداقل واحد نقشه بزرگتری است. نگاره (۳)

۲-۳-۳-۳) ترکیب حسابی (نسبت و اختلاف)

ترکیبات سادهٔ حسابی تصاویر ماهواره‌ای یک روش «بارزسازی» برای تغییرات موقت، کاهش اثرات «روشنائی» کل تصویر و توپوگرافی و برای ترکیب «داده» به تعداد کمترکانالهای طبقی را فراهم می‌سازد (Schowengerdt, 1983).

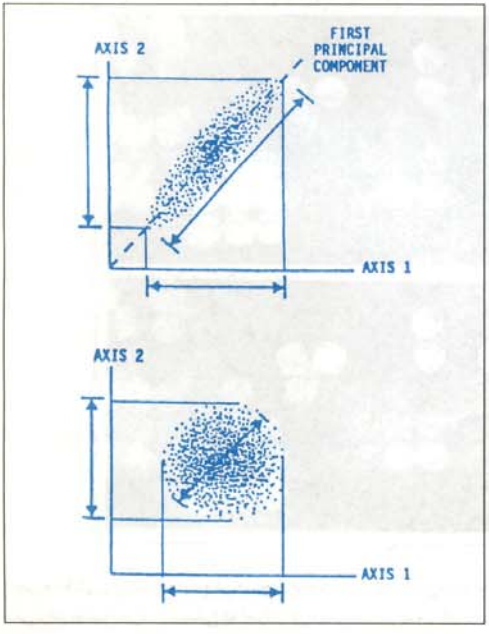
یک «تصویر نسبی» بوسیلهٔ تقسیم ارزش روشنایی هر پیکسل در یک باند، برارزش روشنایی مربوطه از باند دیگر و یا گروهی از باندها محاسبه می‌شود. در این پردازش هر ضریب ثابتی که در هر دو باند وجود دارد حذف خواهد شد. برای مثال، اثرات شیب توپوگرافی و صورت شار ورودی خورشیدی یک اثر کلی روشنایی را موجب می‌شود که می‌تواند با استفاده از روشهای نسبی در قسمت بزرگی حذف شوند.

نوع دیگرایجاد«تصویرنسبی» ساختن‌یک«اندکس‌تصویری» است. بطوریکه براساس پیکسل به پیکسل، یک باند طبقی از باند طبقی دیگر کسر می‌شود و این مقدار (به‌دست آمده) بر مجموع دو باند دیگر تقسیم می‌شود. هنگامی‌که‌این‌روش‌به‌باندهای‌مادون‌قرمز نزدیک‌وقرمز داده‌های چندطبقی ماهواره‌ای اعمال‌می‌شود، آن‌روش عالیترین نشانه‌های وجود ویاعدم وجود روییدنیهای سبز را فراهم می‌سازد. و اغلب به‌عنوان اندکس نرمال اختلاف نمو گیاهی تصویر نامیده می‌شود. محاسبهٔ اختلاف با کاهش یک تصویر از تصویر دیگر و تنها نگاهداشتن اختلافات بین تصاویر انجام می‌شود.

این روش برای تشخیص اطلاعات متغیّراز داده‌های موقت مربوط به طول موج باندهامفید است. از آنجایی که تنها اطلاعات متغیّر حفظ شده است این روش دارای کاربرد محدودی است، اما برای نمایش گرافیکی برای کاربردهای زمین یا تغییرات زیست محیطی کاملاً مؤثر است (Gallo and Daughtry 1987).

۲-۳-۳-۴) انتقال طیفی (دوران)

انتقال طیفی یک روشی را برای کاهش سیستماتیک داده‌های بسیار مرتبط با هم، به تعداد کمتری کانالهای غیراضافی فراهم می‌سازد بطوری که بسیاری از اطلاعات اختلافی (اطلاعات غیرمرتبط) موجود در داده‌های اصلی باقی می‌ماند نگاره (۲-۴). مانند یک روش «بارزسازی تصویر» تصاویر اخذ شده در تاریخهای گوناگون و چندین باند مختلف ممکن است با یکدیگر ترکیب شوند واطلاعات در یک تصویر رنگی متمرکز گردد. یک مزیت اضافی از «انتقال طیفی» وجود مزیت محاسباتی تعداد کانالهای کاهش یافته است. «انتقال طیفی» یک وسیلهٔ قدرتمند برای کاهش اطلاعات از بسیاری از تصاویر به تعداد کمترتصاویر غیراضافی ونامرتبط می‌باشد. یک بازگشت برای کاربرد این روش، این هست که «تن»های رنگی به مقدار زیادی غیرقابل پیش‌بینی هستند و برای تفسیر در مقایسه با حالتی که انسان یک تصویر طبیعی و یا یک تصویر رنگی مجازی را تفسیر می‌کند مشکل هستند. یک نوع از انتقال «انتقال مؤلفه‌های اصلی» می‌باشد. این روش انتقال محورها را طوری دوران می‌دهند تا در امتداد بردارها قرار می‌گیرند، سپس



داده‌ها را برای حداکثر نمودن کنتراست نتیجه شده مقیاس گذاری و منتقل می‌کنند و مؤلفه‌ها را تنظیم و مرتب می‌کند بطوری که اولین مؤلفه بزرگترین بخش از کل تغییرات «تن» یک تصویر را شامل می‌شود. (Fontanel et,al.,

(1975). روش انتقال مخروطی با روش انتقال «مولفه اصلی» فرق دارد. در آن روش، آمار از هر «طبقه‌ای» که بوسیله تجزیه و تحلیل کننده مشخص شده، استخراج می‌گردد. محورهای دوران طوری محاسبه می‌شوند که فواصل طیفی بین طبقه‌ها حداکثر و در داخل طبقه‌ها حداقل می‌شوند. مادامی که تغییرات داخل طیف را که ممکن است موجب سردرگمی مفسّر شوند به حداقل می‌رسانند سعی بر افزایش اختلاف طیفی بین طبقاتی است که قرار است تفسیر شوند.

۲-۳-۴) طبقه‌بندی تصویر

طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای به کمک کامپیوتر، عبارت است از گروه‌بندی تعداد زیادی پیکسلهای منفرد به طبقات و یا رده‌های موضوعی کوچک که بیشتر قابل مدیریت هستند. تعیین موضوع طبقهٔ یک پیکسل ناشناخته براساس تشابهات خصوصیّات طیفی پیکسل (ناشناخته) با خصوصیّات پیکسلهاییکه دارای رده شناخته شده‌ای هستند، می‌باشد. تصور اصلی آن هست که هر ردهٔ موضوعی دارای خصوصیّت منحصر به‌فرد طیفی است که می‌تواند از تصویر ماهواره‌ای چند طیفی مشتق شود. روشهای تعیین طبقه‌بندی موضوعی. ممکن است توصیفی از رویدنیها یا پوشش زمین، کاربرد زمین، گروههای زمین شناسی سطحی یا گروههای آب شناسی سطحی باشند. به علّت وجود عوامل مؤثر دیگر (شیب، موقعیت‌نسبی سیّارات، فرکانس‌نسبی وتراکم عوارض وغیره)واکنش طیفی‌برای یک رده موضوعی داده شدهٔ یک الگوی طیفی منحصر به‌فرد نیست، بلکه یک الگوی متغیر طیفی است. هنگامی که تغییرات طیفی بین رده‌های موضوعی بیشتر از اختلافات موجود در میان طیف می‌باشد، طبقه‌بندی موفقیت‌آمیزامکان‌پذیراست (Lillesand and kiefer, 1979).

۲-۳-۴-۱) تصمیم براساس طبقه‌بندی

فهم الگوی طیفی، شامل دو مرحله از ادراک است: اولین مرحله تشخیص الگوهای طیفی برای هر ردهٔ موضوعی است. دومین مرحله روش جریان تصمیم گیری طبقه‌بندی است که یک پیکسل را به یک ردهٔ موضوعی براساس خصوصیّات طیفی آن پیکسل در مقایسه با الگوهای طیفی شناخته شده حاصله درمرحلهٔ اول،نسبت می‌دهد (Schowengerdt, 1983). قوانین مختلف طبقه‌بندی نگاره (۲-۵) برای تعیین طبقه‌بندی پیکسلهای ناشناخته براساس خصوصیّات طیفی‌شان وجود دارند:

- حداقل فاصله میانگین

پیکسل ناشناخته به طبقه‌ای تعلق می‌گیرد که، میانگین الگوهای طیفی آن طبقه که از طریق یک نمونه از پیکسلهای شناخته شده تعیین گردیده است، به الگوهای طیفی متوسط پیکسل ناشناخته نزدیک‌ترین باشد.

- حداقل فاصله به نزدیکترین عضو طبقه

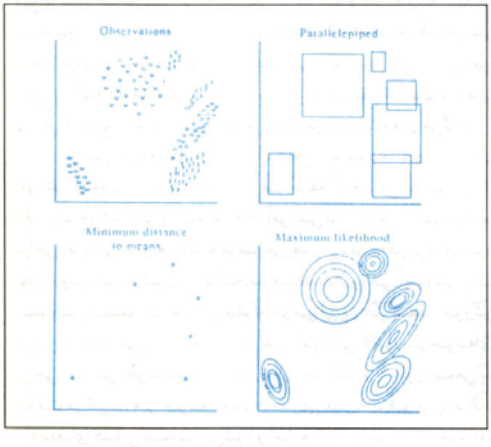
پیکسل ناشناخته به همان طبقه‌ای تعلق می‌گیرد که نزدیکترین پیکسل شناخته شده تعلق گرفته است.

- طبقه‌بندی متوازی السّطوح (Parrallelpiped):

عبارت است از« یک مستطیل چندبعدی» که بوسیله حدّ بالایی و پائینی طیف پیکسلهای شناخته شده تعریف می‌شود. پیکسلهای ناشناخته مربوط به طبقه‌ای می‌شوند که «مستطیل» آن مشتمل بر پیکسلهای ناشناخته است.

- احتمال حداکثر

با این قانون طبقه‌بندی، پیکسلهای شناخته شده برای تخمین ویژگیهای آماری هر رده موضوعی به کار می‌روند. هر رده موضوعی بطور آماری بوسیلهٔ تابع تراکم احتمالی چند متغیره مربوط به خود توصیف می‌شود. تابع تراکم، احتمالاتی که موجب می‌شود الگوی طیفی رده‌های موضوعی در یک منطقهٔ طیفی قرار گیرد را نشان می‌دهد. الگوریتم احتمال حداکثر، یک پیکسل ناشناخته را به طبقهٔ با حداکثر احتمال دانسیته در منطقهٔ طیفی پیکسل ناشناخته طبقه‌بندی می‌کند. این الگوریتم قانون تصمیم‌گیری طبقه‌بندی است که بیشترین کاربرد را در بیشترین سیستمهای تصویرپردازی فعل و انفعالی رقومی دارد.



۲-۳-۴-۲) آمارهای آموزشی

گروههای آموزشی، توصیف آماری خصوصیّات چند طیفی مقوله‌های موضوعی بکار رفته برای «برنامه‌ریزی» طبقه‌بندی کننده براساس خصوصیّات رقومی مقوله‌ها هستند. نواحی آموزشی، قسمتهای نمونه‌برداری شده از منظره هستند که به صورت اتفاقی یا هدفدار انتخاب شده‌اند و برای بدست آوردن آمارهای آموزشی به کار می‌روند. و باید تغییرات طیفی واقع در تصویر چندطیفی را احاطه نموده و شامل همهٔ مقوله‌های موضوعی واقع در یک برنامهٔ طبقه‌بندی گردد. چندین روش برای بدست آوردن آمارهای عوارض زمینی می‌توان به‌کار برد که شامل روشهای هدایت شده، هدایت نشده، هدایت و کنترل می‌شوند. بهبود

آمارهای آموزشی هدایت شده، شامل انتخاب هدفدار مناطق آموزشی شناخته شده و مقوله‌های موضوعی متجانس می‌باشند. یک روش هدایت نشده، بدون توجه به ترکیب موضوعی شامل انتخاب تصادفی نواحی آموزشی می‌گردند. (Jensen,1986). قسمتی از منظره‌های نمونه‌برداری شده، هنگامی که یکی از دو روش هدایت شده و یا هدایت نشده به‌کار گرفته می‌شود، بستگی به تعداد منابع مقوله‌ها و تغییرات طیفی در تصویر دارند، اما این وابستگی نوعاً بین ۵ تا ۱۰ درصد است. مجدداً بدون در نظر گرفتن ترکیب منابع محاسبهٔ آمارهای آموزشی هدایت نشده یک الگوریتم خوشه‌ای، که پیکسلها را به تعدادی گروههای طیفی متجانس تقسیم می‌کند، به خدمت می‌گیرد. (Bryant, 1978). حداکثر تعداد وحداکثر تغییرات گروههای طیفی همراه‌باسایر پارامترهاباید برای برنامهٔ الگوریتم خوشه‌بندی مشخص شوند. آمارها برای هر خوشه‌ای از پیکسلها تعیین می‌شوند.

آمارهای آموزشی مشتق شده بوسیله الگوریتم خوشه‌بندی در الگوریتم «حداکثر احتمال» برای طبقه‌بندی کل تصویر به‌کار برده می‌شوند. در این لحظه، هر خوشه به‌عنوان معرفی کنندهٔ یک مقوله منبع با به کارگیری داده‌های کمکی عکاسی یا زمینی مشخص می‌شوند. بطور ایده‌آل، هر رده منبع بوسیلهٔ حداقل یک خوشه تشریح خواهد شد و هر خوشه تنها یک دسته منبع را نشان خواهد داد. این روش هنگامی که تعریف مناطق آموزشی منبع و طیفهای متجانس دشوار است، مفید می‌باشد. کاربرد این روش بطور مکرر در تهیه نقشه مناطق غیرقابل دسترس و مناطقی که تنها واقعیت وسیعی از منابع (ذخایر) زمینی مهیا می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش خوشه‌بندی هدایت شده شامل انتخاب تعدادی از نواحی آموزشی متجانس و شناخته شده برای هر طبقهٔ موضوعی می‌شود و یک الگوریتم خوشه‌ای برای تهیه آمارهای آموزشی بوسیلهٔ خوشه نمودن همهٔ نواحی آموزشی برای هر مقولهٔ موضوعی بطور جمعی به‌کار برده می‌شود. نهایتاً روش خوشه کنترل شده، انتخاب هدف دار نواحی آموزشی را که بطورکلی مشتمل بر چندین مقوله موضوعی در هر منطقهٔ آموزشی می‌شوند، به‌کار می‌برد. و محاسبهٔ آمارهای آموزشی الگوریتم خوشه‌ای، نواحی آموزشی خوشه‌بندی نظیری را بطور جداگانه و یا بطور جمعی به خدمت می‌گیرند. هر خوشه به‌عنوان معرّفی مقوله موضوعی با استفاده از داده‌های کمکی مشخص می‌شود و آمارهای آموزشی برای خوشه‌ها بیانگر اختلاطی از انواع موضوعی است که می‌توانند حذف شوند. (Bryant, .1978). در هر صورت، آمارهای آموزشی بوسیله به کارگیری الگوریتم، حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی چندین منطقه عوارض زمینی و آزمایشی و مقایسهٔ نتایج با عکسبرداری هوایی کمکی، یا داده‌های زمینی، ارزشیابی می‌شوند. اگر نتایج طبقه‌بندی اولیه قابل قبول نیستند، نیاز به تهیه آمارهای آموزشی جدیدی می‌باشد و یاپایداهداف طبقه‌بندی بررسی‌شوند.

۲-۳-۴-۳) طبقه‌بندی

با قانون طبقه‌بندی براساس «حداکثر احتمال» هر پیکسل مربوط به طبقه طیفی می‌شود که دارای تابع حداکثر تراکم احتمال برای مقادیر چندطیفی پیکسل می‌باشد. هر پیکسل و یا تمامی پیکسلها می‌توانند تنها مربوط به یک طبقهٔ طیفی شوند. رده‌بندی بوسیلهٔ نتایج گروه‌بندی حاصل می‌شود. بنابراین هر طبقه، ردهٔ موضوعی منحصر به فرد و یگانه می‌باشد. لایه‌سازی تصویر، اغلب برای بهبود بخشیدن به نتایج طبقه‌بندی بوسیله به کارگیری داده‌های کمکی به‌کار می‌رود. و ممکن است قبل و یا بعد از آنکه طبقه‌بندی اصلی تمام شود، انجام گیرد. لایه‌سازی ممکن است براساس یک یا چندین نوع از اطلاعات مشتمل بر داده‌های توپوگرافی محیطی یا مرزهای اداری باشد. همچنین داده‌های چندطیفی از تصاویر مختلف ممکن است از لایه‌های مختلف تشکیل شود. درنهایت، هموارسازی مکانی اغلب برای بهبود ظاهری محصول نقشه نهایی و کاهش خطاهای ناشی از طبقه‌بندی به‌کار برده می‌شود (Fosnight 1988).

۲-۳-۴-۴) دقت طبقه‌بندی

یک اظهارنظر بی‌طرفانه در خصوص دقت نتایج طبقه‌بندی اغلب بوسیلهٔ نمونه‌برداری جهت تعیین نسبت پیکسلهایی که بطور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند حاصل می‌شود. یک تخمین از کُلیّت دقّت طبقه‌بندی یک نقشهٔ موضوعی تهیه شده از داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند بخوبی بر دقتهای هرکدام از رده‌های نقشه حاصل شود. یک نمونه اتفاقی ساده از نقاط ممکن است برای حصول به تخمین‌هایی از دقت کلی مفید باشد.

نمونه‌برداری اتفاقی لایه‌سازی شده، بطوری که هر رده منبع ممکن است به عنوان یک لایه در نظر گرفته شود، برای حصول هر رده به‌خوبی حدسهای دقت کلی طبقه‌بندی مفید است. پیکسلهایی که لازم است نمونه‌برداری شوند به‌صورت اتفاقی انتخاب می‌شوند، اما اغلب باید محدود به مناطقی شوند که داده‌های کمکی مانند عکس هوایی، موجود است یا مناطقی که قابل دسترسی روی زمین باشند. نمونه نقاط انتخاب شده بوسیله انتقال نقاط انتخابی از تصویر ماهواره‌ای به عکس هوایی، یا بوسیلهٔ ایجاد یک ارتباط هندسی بین تصویر ماهواره‌ای و نقشه، برروی عکسهای هوایی قرار می‌گیرند. نمونه نقاط برروی عکس و یانقشه تفسیر می‌شوند. تفسیر یا نتایج طبقه‌بندی مقایسه می‌شود و پیکسلهایی که بطور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند در یک جدول قرار می‌گیرند. نسبت پیکسلهای بطور صحیح انتخاب شده بوسیله مقایسه تعداد پیکسلهای صحیح طبقه‌بندی شده به کل تعداد نمونه نقاط، تخمین زده می‌شود. دقت تخمین نسبی، بوسیلهٔ محاسبه فواصل اطمینان در محدوده آن نسبت، تعیین می‌شود، بررسی نتایج طبقه‌بندی می‌توانند همچنین در یک جدول فرعی که نتیجهٔ طبقه‌بندی تصویر رقومی را با طبقه‌بندی واقعی صحیح از طریق رده‌های نقشه‌های موضوعی مقایسه می‌کند، خلاصه شود. در این حالت، طبیعت و الگوهای بطور صحیح طبقه‌بندی نشده می‌توانند مشخص و ارزیابی شوند.

۲-۳-۴-۵) محصولات خروجی طبقه‌بندی

داده‌های ماهواره‌ای به لحاظ هندسی دارای جابه‌جایی هستند و لازم می‌شود بمنظور تصحیح نتایج طبقه‌بندی در یک فورمت مفید فراهم

شوند. کنترل هندسی بوسیله به کارگیری نقاط کنترل که بتواند برروی نقشهٔ مبنایی و تصویر ماهواره‌ای مشخص گردند، ایجاد می‌شود. معادلات انتقال از طریق نقاط کنترل جهت برقراری ارتباط بین تصویر، نقشه و مختصات جغرافیایی بوجود می‌آیند، معادلات بطور مناسب برای فراهم شدن نقشهٔ تصحیح شده هندسی و نتایج طبقه‌بندی محصولات برروی فیلم، مختصات جغرافیایی نقاط نمونهٔ انتخاب شده، و موقعیت تصویر مربوط به داده نقشه، به‌کار برده می‌شوند. ایجاد لایه‌های نقشه‌های موضوعی در درجه اول شامل، تعیین بخشی از نتایج طبقه‌بندی می‌شود که مربوط به نقشه باشد و در درجه دوم مربوط به تصحیح موقعیت پیکسلها می‌گردد، بنابراین آنها (لایه‌ها) مربوط به موقعیت جغرافیایی صحیح برروی نقشه می‌شوند. لایه‌های نقشه که نتایج طبقه‌بندی را نشان می‌دهند، می‌توانند با تعدادی از وسایل مانند چاپگرهای خطی، رسام‌های تخت و ثبت کننده‌های فیلم، تولید شوند. جدول جمع مساحات به‌سادگی بوسیلهٔ جدول نمودن تعداد پیکسلهای مربوط به هر دسته نقشه موضوعی و ضرب نمودن نتیجه در یک فاکتور برای محاسبه مساحت سطح (یاردمربع، هکتار، مایل مربع، کیلومترمربع و غیره) حاصل می‌شود. اغلب شایسته است که این نتیجه در لایه مربوط به طبقه‌بندی خاص به‌دست آید. برای مثال، لایه مالکیّت یا اداری. یک معادلهٔ انتقال هندسی می‌تواند برای تعیین موقعیت تصویر مربوط به لایهٔ مرزها به‌کار برده شود و این مرزها برروی یک برگ نقشه ترسیم می‌شوند. جدول جمع مساحات مشابهی می‌تواند برای این لایه نیز تهیه شود. یک شبکهٔ نمونه می‌تواند برای فراهم کردن چهارچوب انباشته نمودن نمونه‌های ترسیمی بمنظور تخمین خواص مکان ایجاد شود. برای مثال خلاصه‌های وزنی وغیروزنی پیکسلهای مربوط به هر رده در هر سلول می‌تواند حاصل شود. چنانچه سلولهای نمونه با احتمالات قابل تغییر لزوماً انتخاب شوند، این اطلاعات بویژه مفید هستند. مختصات جغرافیایی سلولهای انتخاب شده با استفاده از معادلهٔ انتقال هندسی صحیح می‌توانند تعیین شوند.

۲-۴) خلاصه و نتایج

روشهای مختلفی از فرآیند تولید، برای استخراج اطلاعات موضوعی دربارهٔ سطح زمین ازطریق داده‌های ماهواره‌ای در این بخش از کتاب راهنما تشریح شده است. از این میان، دو روش کلی، بنامهای تفسیر دیداری تصویر و تفسیر تصویر به کمک تجزیه و تحلیل کامپیوتر، که می‌تواند تولید کارتوگرافیک را حمایت کند، مورد تاکید قرار گرفته است. به هر صورت خواننده باید توجه داشته باشد، که، این روشها می‌توانند با ترکیبهای متفاوت و در سطوح مختلفی به‌کار روند. برای مثال، در مرحلهٔ اول می‌توانند تهیه تصویر تصحیح شدهٔ هندسی و بارز شده به جای رادیومتریک باشد که توضیحات مختصری را می‌طلبد و به کاربران زیادی به عنوان یک «نقشه عکسی» خدمات ارائه می‌نماید. درجهٔ دوم، جایی است که تصویر، به‌صورت خام و یا به‌صورت واضح شده، بطور چشمی برای کاربردهای خاصّی تفسیر می‌شود. درجه سوم: ممکن است شامل ایجاد یک اندکس تصویر براساس ترکیبات نسبی با سایر ترکیبات ریاضی کانالهای طیفی (برای مثال، اندکس نرمال نمودن اختلاف رویدنیها) با اندک و حتی هیچگونه تفسیر دیداری اضافی باشد. درجهٔ چهارم، می‌تواند یک نقشهٔ موضوعی تهیه شده از طبقه‌بندی نظارت نشده که فقط اختلافات طیفی را در عوارض دورنمای زمین نشان می‌دهد، باشد. اما جائی که عوارض مشخص نشده است. در درجهٔ پنجم، ممکن است شامل روش کنترل شدهٔ خوشه کردن برای نشان دادن اختلافات طیفی در دورنمای عوارض و تفسیر کامل و گروه‌بندی عوارض به رده‌های نقشه‌های موضوعی مشخص شده همراه با تخمین از دقت نقشه‌های موضوعی شود.

بدون درنظرگرفتن سطح یا ترکیب روشهای به‌کار گرفته، تقریباً همیشه یک نیازمندی برای فعل و انفعال مؤثر بین انسان و ماشین وجود دارد. به‌علاوه، کیفیّت و کمیّت اطلاعات موضوعی، که بتواند از داده‌های ماهواره‌ای استخراج گردد زمانی افزایش می‌یابد که ترکیبات انواع مختلف داده‌های ماهواره‌ای به‌کار برده شوند و هنگامی که داده‌های ماهواره‌ای با انواع دیگر داده‌های گرافیکی وآماری ترکیب می‌شوند. □

منابع

1) ANDREWS,H.C. and HUNT, B. R. 1977. Digital Image Restoration. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

2) ASRAR, G. 1989. Theory and Applications of Optical Remote Sensing, chapter 9, The atmospheric effect on remote sensing and its corrections. Kaufman, Y.j. (Ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.

3) AVERY, T.E. 1987. Interpretation of Aerial Photographs, Burgess Publishing Company, Minnesota.

4) BRYANT, J. 1978. Applications of Clustering in Multiimage Data Analysis. College Station, Texas, Department of Mathematics, Texas A & M University, Report No. 18.

5) COLWELL,R.N. 1961. Some practical applications of multiband spectral reconnaissance. American Scientist, Vol. 49, No. 1, March 1961, pp. 9-36.

6) COLWELL, R.N. 1965. The extraction of data from aerial photographs by human and mechanical means. Photogrammetria, Vol. 20, pp. 211-228.

7) COLWELL, R. N. 1987. Remote sensing-Past, present and future. Proceedings, Study Week on Remote Sensing and Its Impact on Developing Countries, Vatican City, Italy, 16-21 June 1986, Pontifical Academy of Sciences, pp. 3-141.

8) ESTES, J. E. 1980. Attributes of a well-trained remote sensing technologist. Proceedings, Conference of Remote Sensing Educators (CORSE-78), Stanford University,

California, 26-30 June 1978; NASA Scientific and Technical Information Office, Conference Publication 2102, 1980, pp.103-118.

9) FONTANEL, A., BLANCHET, C. and LALLEMAND C. 1975. Enhancement of Landsat imagery by combination of multispectral classification and principal component analysis. NASA Earth Resources Surv. Symp.July 1975, Houston, Texas. NASA-TMX-58168, pp.991-1012.

10) FOSNIGHT, E. A. 1988. Applications of spatial postclassification models. International Symposium on Remote Sensing of Environment, 21st, Ann Arbor, Michigan, October 1987. Ann Arbor, Environmental Research Institute of Michigan, pp. 469-485.

11) GALLO, K. P. and DAUGHTRY, C. S. T. 1987. Differences in vegetation indicies for simulated Landsat-5 MSS and TM, NOAA-9 AVHRR, and SPOT-1 sensor systems. Remote Sensing of Environment, Vol.23, pp.439-452. Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York.

12) JENSEN, J. R. 1986. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall, New Jersey.

13) JENSON, S. K. and WALTZ, F.A. 1979. Principal components analysis and conconical analysis in remote sensing. Proceedings American Society of Photogrammetry/American Congress of Surveying and Mapping Annual Meeting, Washington, D.C., 18-23 March 1979.

14) LAUER, D.T. 1986. Applications of Landsat data and the data base approach. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.52,No. 8, pp. 1193-1199.

15) LILLESAND, T. M. and KIEFER,R. W. 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc., New York.

16) MAYERS, M., WOOD, L. and HOOD, J. 1988. Adaptive spatial filtering. Proceedings American Congress on Surveying and Mapping (ASCM), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), Fall Convention, Virginia Beach, Virginia, September 1988. Falls Church, Virginia, ASPRS, pp.99-105.

17) MCCARTNEY, E.J. 1976. Optics of the Atmosphere: Scattering by Molecules and Particles. John Wiley & Sons, Inc., New York.

18) MOIK, J. G. 1980. Digital Processing of Remotely Sensed Images. NASA Scientific and Technical Information Branch. NASA-SP-431. US Government Printing Office, Washington, D. C.

19) NYQUIST, M. O. 1987. The Integration of remotely sensed data into a geographic information system-rediscovered !?? Proceedings 21st International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Ann Arbor, Michigan, 26-30 October 1987, pp. 487-493.

20) PINSON, L. J. and LANKFORD, J. P. 1981. Research on Image Enhancement Algorithms. Tullahoma Tennessee, Technical Report RG-CR-81-3. University of Tennessee Space Institute.

21) RICHARDS, M. E. 1985. An evaluation of a new statistical approach to traditional linear destriping. Proceedings American Society of Photogrammetry Annual Meeting, 51st, Washington, D.C. March 1985. Falls Church, Virginia, American Society of Photogrammetry, vol. 2, pp. 557-575.

22) SCHOWENGERDT, R.A. 1983. Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing.Academic Press, New York.

23) SIMON, K. W. 1975. Digital image reconstruction and resampling for geometric manipulation. Proceedings International Symposium of Machine Processing of Remotely Sensed Data, Ist. West Lafayette, Indiana, 1975. West Lafayette, Indiana, Purdue University .pp.3A1 - 3All.

24) US Department of Agriculture. 1966. Foresters Guide to Aerial Photo Interpretation. US Forest Service, Agricultural Handbook 308. Washington, D.C.

25) WILLIAMS, J. M. 1979. Geometric Correction of Satellite Imagery. Farnborough, Hants, United Kingdom. Technical Report 79121, Royal Aircraft Establishment.

پاورقی:

1) US Geological Survey , Sioux Falls, South Dakota 57198 USA

۲) این عنوان در مقالات بعدی با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

3) nearest neighbour

4) bilinear interpolation

5) cubic convolution