کارگاه آموزشی کاربرد RS و GIS در آبیاری و زهکشی
۱۲ آذر ماه ۱۳۸۳

مروری بر مفاهیم و ابزارهای امروزی تفسیر و تحلیل تصاویر سنجش از دور

محمد سعادت سرشت[۱]، محمد عزیزمحمدی[۲]

چکیده

هدف از این مقاله ارایه دیدی کلی به مفاهیم و ابزارهای امروزی در طبقه‌بندی و تفسیر تصاویر رقومی مستقل از محتوی آنها می‌باشد. برای این منظور پس از بیان مفاهیم تفسیر چشمی، فرایند پردازش تصویر رقومی مروری کلی شده و در ادامه روشهای طبقه‌بندی تشریح شده است. ارایه خلاصه‌ای از ابزارهای هوش مصنوعی برای تفسیر و تحلیل تصویر پایان‌بخش مقاله می‌باشد.

۱- مقدمه: مقایسه تفسیر چشمی و رقومی

تفسیر و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای فرایندی است که طی آن اطلاعات ارزشمند نهفته در تصاویر بمنظور استفاده در کاربردهای خاص استخراج می‌گردد. برای این منظور باید مفاهیم موردنظر بخوبی توسط فرد خبره یا کامپیوتر بکارگرفته شود که به آن پایگاه معرفت (Knowledge Base) می‌گویند. تفسیر تصویر به دو روش قابل انجام است: حالت اول، تفسیر چشمی یا دستی و حالت دوم، تفسیر رقومی یا اتوماتیک نامیده میشود. در تفسیر چشمی از استریوسکوپ برای برجسته‌بینی و ایجاد دید سه‌بعدی استفاده می‌شود تا تفسیر عکس بهتر صورت گیرد. البته محدوده طیفی خارج از نور مرئی برای تفسیر چشمی مناسب نمی‌باشد. تشخیص چشمی یک عارضه بستگی به عوامل گوناگونی بشرح زیر دارد (شکل ۱):

۱- مشاور فنی در موسسه مطالعات توسعه پایدار و محقق دوره دکتری فتوگرامتری در دانشگاه تهران

۲- عضو هیأت مدیره مؤسسه مطالعات توسعه پایدار و کارشناس ارشد سنجش از دور از دانشگاه خواجه نصیر

شکل ۱: عوامل موثر در تفسیر چشمی [۱]

- **تن (Tone)**: به روشنایی نسبی یا رنگ عارضه در تصویر بستگی داشته و عنصر اساسی و اصلی در تشخیص عوارض مختلف می‌باشد. تغییرات در تن منجر به عناصر دیگری همچون شکل، بافت و پترن می‌شود.
- **شکل (Shape)**: همان فرم، ساختار یا طرح کلی عارضه میباشد که با مرزهای مشخصی از زمینه تفکیک شده است و نشانه‌ای صریح در تفسیر می‌باشد. عوارض بشرساز، عموماً اشکال هندسی منتظم داشته درحالیکه عوارض طبیعی، اشکال نامنظمی دارند. برای مثال این خصوصیت میتواند مبنایی برای تفکیک جاده (چندضلعی منظم) و رودخانه (چندضلعی نامنظم) باشد.
- **ابعاد (Size)**: اگرچه ابعاد شیء در تصویر تابعی از مقیاس آن می‌باشد اما ابعاد نسبی عوارض نشانه‌ای گویا برای تشخیص و تفسیر آنها می‌باشد. برای مثال ساختمانهای بزرگ عموماً دولتی و کوچک شخصی است.
- **پترن (Pattern)**: به چینش مکانی اشیاء مشخص بصری در یک سطح اطلاق می‌شود که بافت و تن مشابهی دارند. برای مثال میتوان به بلوکهای ساختمانی در شهر اشاره نمود که دارای پترنهای نسبتاً مشخصی است.
- **بافت (Texture)**: عبارتست از تغییرات روشنایی تکرارشوند در سطح که بصورت نرم (تغییرات کم) تا خشن (تغییرات زیاد) میباشد. بافت یک مشخصه مهم در تفسیر تصاویر راداری می‌باشد.
- **سایه (Shadow)**: در تفسیر ارتفاع نسبی اشیاء و تشخیص آنها موثر است. همچنین در تعیین شکل توپوگرافی سطح زمین بخصوص در تصاویر راداری بکار میرود.
- **همسایگی (Association)**: عبارتست از رابطه نسبی بین شئ موردنظر و اشیاء تشخیص داده شده در اطراف آن. برای مثال مدرسه عموما در همسایگی نواحی مسکونی واقع است.

اگرچه تفسیر رقومی با ابزارهای امروزی توان کمتری در تحلیل‌های کیفی در موارد فوق نسبت به تفسیر چشمی دارد، اما مزایای آن از یک سو و توسعه ابزارهای هوش مصنوعی از سوی دیگر باعث شده است موضوعی مورد توجه در تحقیقات امروزی سنجش از دور باشد. مزایای تفسیر رقومی به جنبه کمی تفسیر تصاویر تکیه داشته که عبارتند از:

- سرعت بالا در پردازش اطلاعات

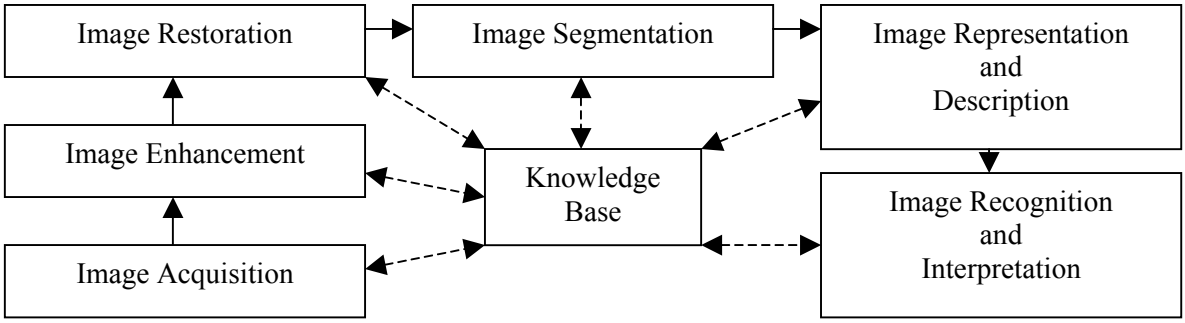
- تهیه خروجی رقومی با ساختار مناسب برای ورود به GIS
- امکان بکارگیری اطلاعات موجود GIS در تفسیر تصویر (Integrated GIS or IGIS)
- امکان پردازش تصاویر چندطیفی، چند سنجنده‌ای و چند مقیاسی با هم
- عدم نیاز به برجسته بینی با فرض در دسترس بودن DEM منطقه
- امکان ایجاد و توسعه پایگاه‌های معرفت برای کاربردهای مختلف

به این ترتیب تفسیر رقومی مکملی بسیار قوی برای تفسیر چشمی بوده و متخصصان کاربردهای مختلف باید با این ابزار جهت انجام تفسیر تصویر آشنا شوند بخصوص هنگامیکه کار در یک تعریف کلی‌تر در محیط GIS انجام می‌پذیرد.

در ادامه مبانی پردازش تصویر رقومی (Digital Image Processing) بطور خلاصه بررسی شده و بر مبنای آن موضوع تفسیر و تحلیل تصویر بحث می‌گردد. توجه شود که در این مقاله منظور از تفسیر تصویر ابتدا تشخیص و سپس تعیین روابط آن با عوارض دیگر است. برای انجام مرحله اول بایستی عمل طبقه‌بندی تصویر را انجام داد و برای مرحله دوم باید به تحلیل عوارض تشخیص داده شده پرداخت که این عمل در یک محیط IGIS که توان تحلیل همزمان بردار و رستر را داراست با بکارگیری ابزارهای هوش مصنوعی انجام می‌پذیرد.

۲- فرآیند پردازش تصویر

تفسیر اتوماتیک تصاویر رقومی نیازمند طی مراحل مقدماتی است که این بخش سعی در تفهیم مبانی کلی آنها دارد. تشریح جزئیات این مبانی در کتب پردازش رقومی تصاویر آمده است [2]. بطور کلی میتوان فرایند پردازش تصویر را مستقل از نوع و محتوی تصویر مورد بررسی، در شش مرحله نمایش یافته در شکل ۲ خلاصه نمود. البته تمامی این مراحل با پایگاه معرفت مربوط به فرد خبره در کاربری خاص موردنظر مرتبط بوده و ممکن است هر مرحله چندین بار پس از نظارت فرد خبره که می‌تواند یک انسان یا یک سیستم هوشمند باشد اجرا گردد.



شکل ۲: فرآیند پردازش تصویر رقومی

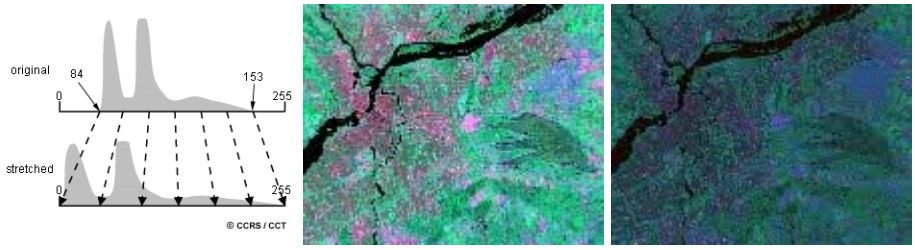
۲-۱- اخذ تصویر (Image Acquisition)

جهت اخذ تصویر از شئ موردنظر باید از اصول تصویربرداری مانند تنظیم پارامترهای داخلی دوربین، نورپردازی و بکارگیری فیلترهای مختلف آگاهی داشت. البته تصویربرداری میتواند در طیفهای مختلف امواج الکترومغناطیسی توسط سنجنده خاص مربوطه صورت گیرد اما بهرحال تصویر نهایی باید بصورت رقومی بصورت مستقیم یا غیرمستقیم ذخیره شود. در روش غیرمستقیم ابتدا عکس موردنظر توسط دوربین آنالوگ اخذ شده و پس از ظهور توسط جاروبگر (Scanner) از طریق یک آرایه خطی از آشکارسازها به یک تصویر رقومی تبدیل می‌شود. در روش مستقیم، جاروبگر مزبور یا یک آرایه دوبعدی از آشکارسازها بنام CCD در سنجنده قرار گرفته و بطور مستقیم به دریافت و ذخیره‌سازی تصویر رقومی اقدام می‌نماید. ذکر این نکته لازم است که عموماً عکس، به حالت آنالوگ و تصویر، به حالت رقومی اطلاق می‌گردد.

نکته دیگری که باید به آن اشاره نمود مسأله فشرده‌سازی تصویر جهت ذخیره‌سازی کاراکتر تصاویر حجیم است. روشهای فشرده‌سازی به حذف اطلاعات تکراری یا کم اهمیت در تصویر پرداخته و با تکنیکهای کدبندی مناسب به کاهش حجم فایل تصویر می‌پردازند. روشهای فشرده‌سازی به دو گروه Lossy و Lossless تقسیم‌بندی میشوند که در گروه اول تصویر بازسازی شده با تصویر اولیه کمی متفاوت است اما در گروه دوم بازسازی کامل است. برای مثال روش ZIP روش Lossless بوده اما روشهای JPEG و ECW روشهایی Lossy هستند. در روش JPEG ابتدا تصویر به بلوکهای نسبتاً کوچکی تقسیم شده و همبستگی داده‌های هر بلوک توسط اعمال یک انتقال خاص از بین میرود. به این ترتیب افزونگی داده‌ها حذف شده و بقیه اطلاعات بروش مناسب کدبندی و ذخیره می‌شود. در روش ECW نیز از تئوری Wavelet برای فشرده‌سازی تصویر استفاده شده است که نسبت به روشهای دیگر کارایی نسبتاً بالاتری را داراست.

۲-۲- بهبود تصویر (Image Enhancement)

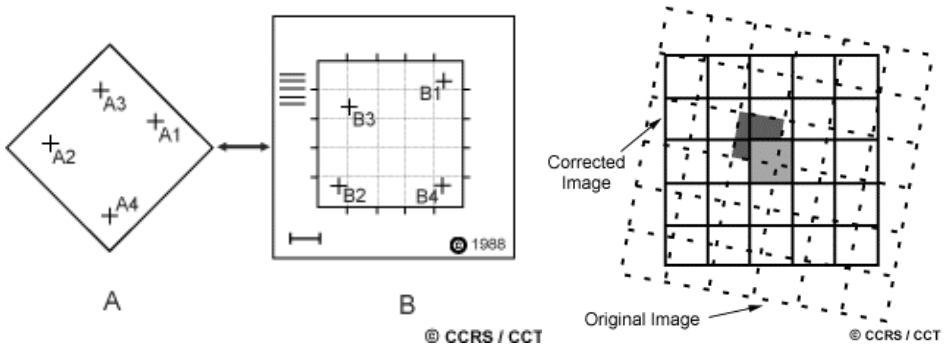
در این مرحله تصویر خام اولیه مورد پیش‌پردازش قرار گرفته و تصویر با کیفیت بصری نسبتاً مناسبتری حاصل می‌آید. برش محدوده موردنظر تصویر، بهبود و اصلاح هیستوگرام تصویر، فیلتر کردن تصویر جهت حذف یا کاهش نویز، برجسته‌سازی لبه‌ها یا هموارسازی نواحی تصویری، تلفیق تصاویر مختلف با هم نمونه‌هایی از پردازشهای معمول می‌باشد. بایستی توجه داشت که بهبود تصویر امری است که علاوه بر محتوی تصویری به سیستم بینایی و نحوه پردازش اطلاعات در مغز بستگی داشته و امری است پیچیده که عموماً غیرقابل مدلسازی کامل بوده و بایستی بصورت تعاملی با دخالت کاربر صورت گیرد. شکل ۳ نمونه‌ای از پیش‌پردازشهای بهبود تصویر را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تصویر خام اولیه (راست)، تصویر بهبود یافته (وسط) و پردازش کشیدگی هیستوگرام (چپ)

۲-۳- بازسازی تصویر (Image Restoration)

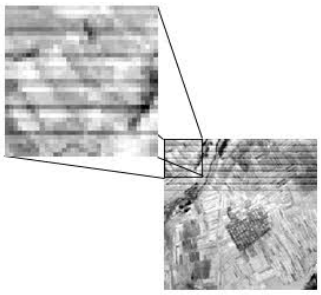
برخلاف پردازشهای بهبود تصویر در اینجا میتوان یک مدل ریاضی برای اصلاح تصویر پیدا نمود و به آن اعمال کرد تا اعوجاجات هندسی و رادیومتریکی تصویر حذف یا کاهش یابد. جهت بهبود اعوجاجات هندسی تصویر که ناشی از عملکرد سنجنده (مانند کشیدگی تصویر، اعوجاجات عدسی و دوران آینه‌های بازتاباننده نور) یا روابط هندسی بین سنجنده و شِئ موردنظر (مانند کرویت زمین، حرکت نسبی سنجنده و زمین در حین تصویربرداری و تغییر سیستم تصویر جهت انطباق با نقشه) میباشد، باید مدل ریاضی سنجنده را دانست و پارامترهای مجهول آنرا از طریق نقاط کنترل محاسبه نمود. سپس مدل ریاضی را به تصویر اعمال نمود تا تصویر تصحیح‌شده نهایی حاصل شود (Geometric Correction). این عمل طی فرآیندی بنام بازنمونه‌برداری (Resampling) صورت می‌گیرد که در آن نحوه تعیین درجه روشنایی هر پیکسل تصویر بازسازی شده از روی پیکسلهای همسایه در تصویر اولیه مشخص می‌گردد. اینکار به سه روش Nearest Neighbor، Bilinear و Bicubic صورت میگیرد که حالت اول در شکل ۴ نمایش یافته است.



شکل ۴: استفاده از نقاط کنترل جهت تشکیل مدل ریاضی (چپ) و بازنمونه‌برداری بروش نزدیکترین همسایه (راست)

علاوه بر تصحیح اعوجاجات هندسی، انحرافات رادیومتریکی نیز در این مرحله تصحیح می‌شود. این امر بصورت مستقیم یا از طریق انتقالهای دوبعدی تصویری مختلف مانند انتقال فوریه صورت میگیرد. برای

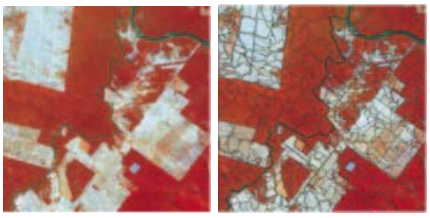
مثال اعمال کالیبراسیون طیفی سنجنده یا حذف اثر انکسارات جوی بر تصویر را میتوان نام برد. بعد از بهبود و بازسازی تصویر، پیش‌پردازشهای لازم بر روی تصویر صورت گرفته و تصویر آماده پردازشهای میانی می‌باشد. شکل ۵ نمونه‌ای از این تصحیح را برای خطای نوارهای منظم (Systematic Striping) که ناشی از عملکرد درونی سنجنده است نشان میدهد.



شکل ۵: تصحیح خطای نوارهای منظم در بازسازی تصویر

۲-۴- بخش‌بندی تصویر (Image Segmentation)

در این مرحله عناصر اولیه تصویری برای پردازشهای سطح بالاتر استخراج می‌شود (Feature Extraction). عناصر اولیه می‌تواند خود پیکسلها، مجموعه‌ای از پیکسلهای همسایه یا عوارض دیگر مانند نقاط، لبه‌های تصویری یا خطوط مستقیم باشد. نحوه استخراج این عوارض تصویری خود موضوع گسترده‌ای است که خارج از حوصله این مقاله می‌باشد. روشهای بخش‌بندی تصویر به دو گروه کلی بخش‌بندی مبتنی بر لبه و مبتنی بر ناحیه تقسیم‌بندی می‌شود. در حالت اول لبه‌های تصویری که امتدادهای با تغییرات روشنایی شدید می‌باشند شناسایی شده و نواحی تصویری از آنها استخراج می‌گردد اما در حالت دوم از الگوریتمهای استخراج ناحیه مانند رشد ناحیه استفاده می‌شود.



شکل ۶: مثالی از بخش‌بندی تصویر: تصویر اولیه (چپ) و تصویر بخش‌بندی شده به نواحی همگون (راست)

۲-۵- بازنمایی و توصیف تصویر (Image Representation and Description)

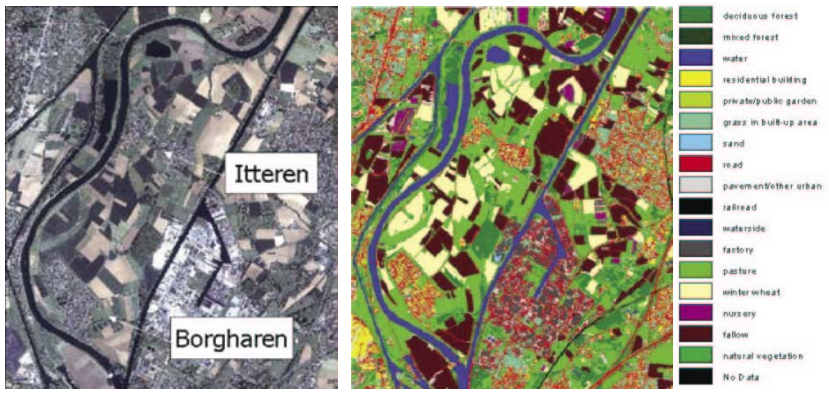
پس از تعیین عناصر اولیه تصویری که عموماً پیکسلها یا نواحی حاصل از آنها می‌باشند بایستی تعدادی توصیفگر (Descriptor) برای آنها تعریف و تعیین شود. توصیفگرها بگونه‌ای انتخاب می‌شوند که بتوانند خصوصیات هر ناحیه را بازشناسند و معیاری برای تفکیک نواحی از هم باشند. انواع توصیفگرها عبارتند از توصیفگرهای طیفی مانند درجات روشنایی پیکسلها، توصیفگرهای بافتی مانند انحراف معیار تغییرات

شدت روشنایی، ضرایب انتقال فوریه یا گشتاورهای موضعی در ناحیه، و توصیفگرهای هندسی مانند مساحت، محیط، وکشیدگی ناحیه. بعد از تعریف توصیفگرهای مختلف، بردار توصیفگرها تعریف شده و برای هر یک از عناصر استخراجی محاسبه می‌شود. ساده‌ترین حالت، بردار درجات روشنایی طیفهای مختلف برای هر پیکسل می‌باشد. گاهی نیز تعیین توصیفگرها منوط به تغییر ساختار نمایش عناصر سازنده تصویریست که تحت فرایند بازنمایی تصویر انجام می‌گیرد.

۲-۶- تشخیص و تفسیر تصویر (Image Recognition and Interpretation)

اکنون به تعداد عناصر اولیه تصویری، بردار توصیفگرها در دست است که باید مبنای طبقه‌بندی عناصر تصویری قرار گیرند. روشهای مختلف و متعدد تشخیص یا طبقه‌بندی تصویر موجود است که به دو گروه کلی تقسیم‌بندی میشوند: روشهای طبقه‌بندی با نظارت (Supervised Classification) و بدون نظارت (Unsupervised Classification) که اولی تفسیر قبل از تشخیص و دومی تفسیر بعد از تشخیص تصویر صورت می‌گیرد. منظور از تشخیص تصویر طبقه بندی عناصر اولیه تصویری و گروه‌بندی عناصر مشابه در یک کلاس یا برچسب زنی به هریک می‌باشد. درحالیکه تفسیر تصویر عموماً به تعیین نوع یا گونه واقعی عوارض مربوط به هر کلاس میباشد. البته تفسیر تصویر در سطوح بالاتری نیز قابل انجام است و آن ترکیب عناصر مختلف تصویری بمنظور استخراج عوارض بامعنی شناخته شده در دنیای خارج می‌باشد. تفسیر تصویر به معنای اخیر موضوع پیچیده‌ای است که روشهای هوش مصنوعی امروزی سعی در حل آن دارند.

در زیر ابتدا روشهای طبقه‌بندی تصویر بررسی شده و سپس ابزارهای هوش مصنوعی برای تشخیص و تفسیر تصاویر بطور خلاصه معرفی می‌گردد.



شکل ۷: مثالی از یک تصویر تفسیر شده (راست) از روی تصویر چندطیفی اولیه (چپ) توسط سیستم Recognition با استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی [۳]

۳- روشهای طبقه‌بندی تصویر

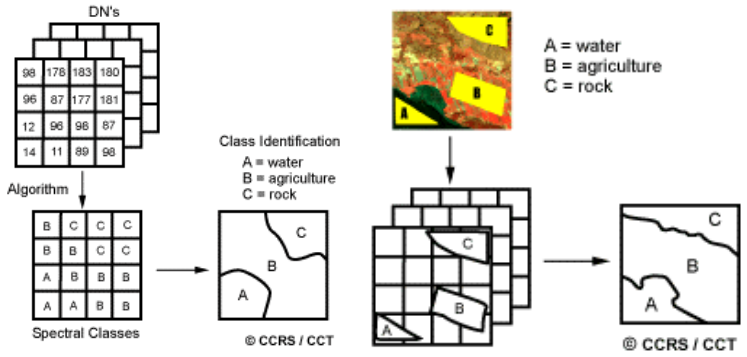
۳-۱- روشهای طبقه‌بندی بانظارت

در این روشها فرض بر این است که کلاسهای عوارض از قبل مشخص بوده و یکنوع شناسایی اولیه از خصوصیات کلاسها بر اساس نواحی قابل تشخیص تصویری توسط فرد خبره صورت گرفته است. این روشها تحت سه مرحله کلی انجام می‌پذیرند: پیش‌پردازش، طبقه‌بندی و پس‌پردازش [۴].

در پیش‌پردازش، نواحی آموزشی (Training Area) انتخاب شده و کنترلهای مربوطه روی کیفیت آنها صورت می‌گیرد. نواحی آموزشی عموماً بگونه‌ای انتخاب میشوند که هر یک از آنها تنها خصوصیات یک کلاس خاص را بصورت نسبتاً خالص نشان دهند. برای مثال برای تفکیک نواحی تصویری به سه کلاس آب، خاک و پوشش گیاهی باید نواحی کوچکی از انواع مختلف عوارض مربوط به هر کلاس را بعنوان نواحی آموزشی در سطح تصویر انتخاب نمود. برای اطمینان از کیفیت ناحیه آموزشی، هیستوگرام کلیه نواحی برای هر کلاس باید حالت نرمال داشته باشد. این امر خصوصاً برای روشهای طبقه‌بندی آماری که فرض بر نرمال بودن هر کلاس دارند بسیار حائز اهمیت است. بعلاوه هیستوگرامها نباید پراکندگی بالایی داشته اما تفکیک‌پذیری مناسبی نسبت به کلاسهای دیگر داشته باشند. برای این منظور ماتریس وابستگی کلاسهای مختلف مورد بررسی قرار میگیرد.

در مرحله بعد عمل طبقه‌بندی به یکی از روشهای زیر انجام می‌پذیرد: روشهای آماری که پارامتریک بوده و در آنها فرض میشود پراکندگی هر کلاس شکلی نرمال دارد. دو پارامتر اساسی در توزیع نرمال (میانگین و انحراف معیار) در این روشها باید برای هر کلاس تعیین گردد تا توسط آنها بتوان میزان نزدیکی یا دوری هر عنصر را طبقات موجود محاسبه نمود تا نزدیکترین طبقه را درصورت برقراری یک حدآستانه شباهت به آن عنصر نسبت داد. البته عموماً یک کلاس اضافی برای عناصری که شباهت چندانی به کلاسهای موجود ندارند درنظر گرفته می‌شود. از بین روشهای طبقه بندی آماری مختلف بسته به معیار شباهت تعریف شده برای آنها میتوان به Parallel Piped، Minimum Distance، Maximum Likelihood، اشاره نمود. روشهای غیرآماری نیز که مبانی آنها در هوش مصنوعی است امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت اساسی این روشها در آنست که هیچ پیش فرضی را در مورد تابع توزیع کلاسها نداشته لذا به آنها روشهای غیرپارامتری نیز می‌گویند. با وجودیکه این روشها پیش-فرضهای غیرواقعی در مورد طبقه‌بندی تصویر ندارند اما در بین کاربران عمومیت ندارند زیرا پیچیده بوده و همیشه به جوابهای کاملا یکسانی نمی‌رسند. از این روشها میتوان به شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه‌ای اشاره نمود. مرور کلی به این روشها در ادامه خواهد آمد.

مرحله آخر کنترل نتایج و بهبود آنها می‌باشد. در مرحله قبل برای هر عنصر کلاس مربوطه مشخص شده است. برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی عناصر طبقه‌بندی شده را با نقاط چک که معلومند مقایسه شده و ماتریس ارزیابی Omission-Commission حاصل میشود. تلفیق کلاسهای با وابستگی آماری بالا و بهبود نواحی آموزشی برای طبقه‌بندی مجدد از جمله پردازشهای این مرحله می‌باشد.



شکل ۸: طبقه‌بندی بانظارت

۳-۲- روشهای طبقه‌بندی بدون نظارت

در این روشها بدون آگاهی از خصوصیات هر کلاس که در طبقه‌بندی بانظارت توسط نواحی آموزشی صورت می‌گرفت، اقدام به طبقه‌بندی تصویر می‌شود. همین موضوع نشان‌دهنده پیچیدگی بالاتر این روش بوده و نیاز به یک سیستم هوش مصنوعی را بجای شخص خبره می‌طلبد. با اینحال روشهای پارامتری نیز برای آن پیشنهاد شده است که تحت عنوان خوشه‌بندی تصویر (Image Clustering) می‌باشد. روشهایی نظیر ISODATA و Fuzzy C-means را میتوان برای دو نوع طبقه‌بندی بدون نظارت آماری و غیرپارامتری نام برد. در این روشها عموما تعداد کلاسها باید توسط کاربر قبل از طبقه‌بندی مشخص باشد.

۴- هوش مصنوعی در تفسیر تصویر

اگرچه هوش مصنوعی امروزه مورد توجه فراوان محققین رشته‌های مختلف علوم بوده و دائماً در حال توسعه می‌باشد اما میتوان مباحث آنرا به سه بخش مختلف تقسیم‌بندی نمود: شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks)، سیستمهای فازی (Fuzzy Systems) و الگوریتمهای تکاملی (Evolutionary Algorithms). تشریح هریک از این مباحث خارج از حوصله این مقاله بوده اما کاربرد هریک در تشخیص و تفسیر تصویر بطورخلاصه تشریح می‌گردد.

شبکه عصبی چندلایه پرسپترون جهت طبقه‌بندی بانظارت بکار می‌رود. ورودی این شبکه بردار توصیفگرها و خروجی کلاسهای مختلف می‌باشد. در ابتدا بردارهای توصیفگر مربوط به داده‌های آموزشی همراه با کلاس مربوطه به ورودی و خروجی شبکه معرفی می‌شود. سپس توسط فرایند پس انتشار خطا (Back Propagation) وزنهای بین نرونهای شبکه تعیین شده و شبکه آموزش یافته، آماده بکارگیری جهت طبقه‌بندی تصویر می‌شود. برای طبقه‌بندی هر عنصر در تصویر تنها کافی است توصیفگرهای آنرا به ورودی شبکه معرفی نمود و در خروجی شبکه، کلاس آنرا بدست آورد. شبکه عصبی کوهنِن برای طبقه‌بندی بدون نظارت بکار میرود. در این حالت آموزش شبکه با داده‌های اصلی یا

توصیفگرهای تمامی عناصر تصویری بهمراه طبقه‌بندی بصورت یکجا صورت گرفته و هر داده موجب همگرایی بیشتر و طبقه‌بندی بهتر می‌شود. برای آگاهی از جزئیات این نوع شبکه های عصبی به [۵] مراجعه نمایید.

در سیستمهای فازی، دانش فرد خبره برخلاف شبکه‌های عصبی که بصورت ضمنی در وزنهای نرونهای شبکه ذخیره شده است، بصورت صریح در قواعد آن منعکس می‌شود. قواعد عبارتند از تعدادی جملات شرطی اگر-آنگاه (If A Then B) که پایگاه معرفت را تشکیل میدهد. سیستمهای استدلال یا استنتاج فازی از این پایگاه معرفت استفاده کرده و برای یک ورودی A’ ، Aهای مشابه را تعیین نموده و بهترین B’ را از روی Bهای متناظر محاسبه می‌نمایند. سیستمهای استدلال فازی در طبقه‌بندی بانظارت قابل استفاده‌اند. این امر بکمک آموزش یک شبکه ANFIS که ترکیبی از مفاهیم شبکه عصبی و سیستم استدلال فازی است همانند شبکه‌های عصبی قابل انجام است. مفاهیم فازی در طبقه‌بندی نیز قابل استفاده اند. ازآنجاکه عناصر تصویری ترکیبی از کلاسهای مختلف می‌باشند یک روش دقیقتر برای طبقه‌بندی آنها نسبت دادن درجات عضویت فازی برای هر کلاس روی هر عنصر تصویری می‌باشد. روش Fuzzy C-means نمونه‌ای از این نوع طبقه‌بندی فازی می‌باشد [۶].

الگوریتمهای تکاملی روشهایی برای حل مسایل بهینه سازی بر اساس مفاهیم تکامل در طبیعت می‌باشد. در مسایل بهینه‌سازی عبارتی بنام تابع مطلوبیت که از چندین پارامتر تشکیل شده باید حداقل یا حداکثر شود. در این روشها نسلی از نقاط (هر نقطه مبین یک دسته جواب برای پارامترهای مساله موردنظر میباشد) بصورت اتفاقی تشکیل شده و با اعمال عملگرهای خاص جهش و لقاح نسلهای آتی را تشکیل میدهند. میزان انطباق نقاط هر نسل در مساله موردنظر محاسبه شده و نقاطی که کیفیت بالاتری دارند با احتمال بیشتری بر اساس اصل انتخاب طبیعی در ایجاد نسل بعد مشارکت خواهند داشت. ایجاد نسلهای متوالی تا جایی ادامه می‌یابد که یکی از نقاط پاسخ مناسبی را برای مساله بدست دهد [۷]. اکنون میتوان مساله طبقه بندی تصویر را یک مساله بهینه‌سازی درنظر گرفت که در آن تابع مطلوبیت شباهت نقاط طبقه‌بندی شده هر کلاس باهم می‌باشد. پارامترهای این مساله نیز شماره کلاس هر عنصر تصویری است که مجهول می‌باشد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به افزایش روزافزون سنجنده‌های جمع‌آوری داده‌های تصویری هوایی و ماهواره‌ای رقومی، و بکارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS در ذخیره، نمایش و پردازش اطلاعات در کاربریهای مختلف، نیاز به ابزارهای اتوماتیک برای تفسیر و تحلیل تصاویر رقومی بخوبی حس می‌شود. متخصصین امر در کاربریهای خاص خود بایستی با اصول کاری تفسیر و تحلیل رقومی تصاویر آشنا بوده تا در کنار تفسیر چشمی بتوانند نه تنها کیفیت کار خود را بالا برده بلکه عملکرد خویش را در محیطهای GIS توسعه دهند. این مقاله با بررسی خصوصیات تفسیر چشمی و رقومی نقاط ضعف و قوت هر یک را تشریح نموده و بکارگیری توأم آنها را توصیه می‌نماید. مروری بر مبانی پردازش تصویر و اصول طبقه‌بندی تصویر،

آغازی است برای آشنایی با تفسیر رقومی تصاویر که در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است. استفاده از ابزارهای نوین هوش مصنوعی در زمینه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستمهای استدلال فازی و الگوریتمهای تکاملی امروزه توجه بسیاری از محققین را برای اتوماسیون هوشمندانه‌تر تفسیر تصویر به خود معطوف کرده است.

مراجع

[1] www.nrcan.gc.ca , 2004
[2] Gonzales R. C., and Woods R.E., Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1993.
[3] www.definiens-imaging.com, 2004
[4] www.pcigeomatics.com, 2001
[5] www.mathworks.com, Neural Network Toolbox for Use with MATLAB, 2002
[6] www.mathworks.com, Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB, 2002
[7] IEEE Transactions on Evolutionary Computation Journal, 1997-2004