مروری بر برخی از روش‌های آشکارسازی تغییرات با استفاده از داده‌های سنجش از دور

ملیحه سادات مدنیان
فوق لیسانس دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر علیرضا سفیانیان
استادیار محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه اصفهان

چکیده

آشکارسازی تغییرات فرآیند شناسایی تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان‌های متفاوت است. آشکارسازی دقیق و به موقع تغییرات سیما و پستی و بلندی‌های سطح زمین پایه‌ای برای فهم بهتر روابط، برهم‌کنش‌های انسان و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می‌آورد. داده‌های سنجش از دور به علت بزرگنمایی زمانی آنها، تنوع طیفی و رادیومتریک، دید یکپارچه و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده شگرفی برای کاربردهای گوناگون آشکارسازی تغییرات محسوب می‌شوند. روش‌های زیادی به منظور بارزسازی تغییرات توسعه یافته‌اند که هر کدام از آنها دارای مزایا و معایبی هستند. برطبق مطالعات انجام شده این روش‌ها در محیط زیست‌های یکسان نتایج مختلفی را بدست می‌دهند. به طور کلی روش‌های بارزسازی تغییرات در ۳ دسته گروه‌بندی می‌شوند: مقایسه پیش از طبقه‌بندی، مقایسه پس از طبقه‌بندی و روش‌های پیشرفته. در این مقاله برخی از این روش‌ها از جمله تفریق تصویر، تقسیم تصویر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، آشکارسازی تغییر نظارت شده، آشکارسازی تغییر نظارت نشده، هیبرید، شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل پوشش گیاهی-سطوح نفوذناپذیر-خاک و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تشریح می‌شوند. روش‌های پیش از طبقه‌بندی، نقشه‌های تغییر حاصل از داده‌های چند زمانه را بدون تولید نقشه‌های پوشش و کاربردی اراضی طبقه‌بندی شده آشکارسازی می‌کنند اما آشکارسازی تغییر پس از طبقه‌بندی ماتریس دقیقی از تغییر «از- به» را فراهم می‌نماید و معمولاً تا حد زیادی به تجزیه و تحلیل ورودی‌ها نیاز دارد. روش‌های پیشرفته بسیار متنوع بوده و معمولاً در پاسخ به مطالعات خاصی توسعه یافته‌اند. مطالعات نشان داده‌اند که تفریق تصویر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده به منظور بارزسازی تغییرات می‌باشند اما در سالهای اخیر شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های حاصل از تلفیق سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تکنیک‌های مهمی محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات، پوشش اراضی و کاربری اراضی، سنجش از دور.

۱- مقدمه

آشکارسازی تغییرات، فرآیند شناسایی تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان‌های متفاوت است. آشکارسازی دقیق و به موقع تغییرات سیما و پستی و بلندی‌های سطح زمین پایه‌ای برای فهم بهتر روابط، برهم کنش‌های انسان و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می‌آورد. عموماً بارزسازی تغییرات در برگیرنده کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه برای آنالیز کمی اثرات زمانی یک پدیده است [۱۲].

اکوسیستم‌ها به طور مداوم در حال تغییر هستند و این تغییرات به عنوان دگرگونی اجزاء سطحی پوشش گیاهی در طول زمان یا به عنوان جابه جایی مکانی/طیفی پوشش گیاهی در گذرزمان تعریف می‌گردد. تغییرات اکوسیستم‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی بوده و نرخ این تغییرات افزایشی یا کاهشی است [۳]. محققان عموماً بین تبدیل پوشش زمین که جایگزینی کامل نوعی پوشش توسط دیگری بوده و تغییر پوشش زمین که شامل دگرگونی‌های دقیقتری است و ویژگی پوشش زمین را بدون تغییر کل آن تحت تأثیر قرار می‌دهد، تمایز قائل می‌شوند. تغییرات پوشش زمین معمولاً رایج‌تر از تبدیل پوشش گیاهی می‌باشد [۲].

در سالهای اخیر تحقیق و پژوهش درباره تغییر پوشش اراضی و کاربری اراضی یکی از جنبه‌های مهم تغییر جهانی یا مطالعات گرمایش جهانی شده است زیرا تغییر پوشش و کاربری اراضی به خاطر اثرات متقابل آن با اقلیم، فرآیندهای اکوسیستم، چرخه‌های زیست-زمین- شیمیایی، تنوع زیستی و مهمتر از همه فعالیت‌های بشر عامل مهمی برای تغییر جهانی می‌باشد. تغییر پوشش و کاربری اراضی یکی از علل مهم تغییرات در ساختار، کارکرد و پویایی اکثر اکوسیستم‌ها و لنداسکیپ‌ها (سیمای سرزمین) در سراسر جهان است [۳] و [۵]. امروزه مطالعه دلایل، فرآیندها و نتایج تغییر پوشش و کاربری اراضی یکی از موضوعات پژوهشی مهم در اکولوژی لنداسکیپ می‌باشد. آشکارسازی دقیق و به موقع بخش‌های سطح زمین پایه‌ای برای مطالعه و فهم این دلایل، فرآیندها و نتایج خواهد بود [٤].

در طول دهه‌های گذشته داده‌های سنجش از دور به علت بزرگنمایی زمانی آنها، تنوع طیفی و رادیومتریک، دیدیکپارچه و فرمت رقومی مناسب برای پردازش در کامپیوتر، منبع داده شگرفی برای کاربردهای گوناگون آشکارسازی تغییرات محسوب می‌شوند[٤] [۲۸]. بسیاری از انواع داده‌های سنجش از دور به منظور آشکارسازی تغییرات به کار می‌روند. از نظر تاریخی سنجنده‌های MSS [۱] و TM [۲] ماهواره لندست، SPOT [۳]، AVHRR، [٤] رادار

و عکسهای هوایی معمولترین منابع داده‌ها هستند، اما سنجنده‌های جدید مانند MODIS[۵] ASTER,[۶], IRS نیز اهمیت دارند [۱] [۱۲].

۲- مروری بر روش‌های آشکارسازی تغییرات

لو و دیگران(۲۰۰٤) روش‌های آشکارسازی تغییرات را در ۷ طبقه دسته‌بندی کرده‌اند:۱) جبر ۲) تغییر شکل ۳) طبقه‌بندی ٤) مدل‌های پیشرفته ٥) روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی ٦) آنالیز بصری ۷) سایر روش‌ها[۱].

در نوع دیگری از طبقه‌بندی این روش‌ها در ۳ دسته گروه‌بندی می‌شوند: آشکارسازی پیش از طبقه‌بندی، آشکارسازی پس از طبقه‌بندی و روش‌های پیشرفته [٤]. در اینجا برخی از مهمترین این روش‌ها تشریح می‌گردد:

۲-۱- آشکارسازی تغییرات پیش از طبقه‌بندی

روش‌های پیش از طبقه‌بندی، نقشه‌های تغییر حاصل از داده‌های چند زمانه را بدون تولید نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی طبقه‌بندی شده آشکارسازی می‌کنند. این روش‌ها ممکن است داده‌های اصلی را قبل از ایجاد نقشه تغییر، تغییر شکل داده یا ساده نمایند ولی طبقات معنی‌داری از هر کدام از تصاویر فراهم نمی‌کنند. یکی از جنبه‌های محدود کننده هر کدام از روش‌های آشکارسازی پیش از طبقه‌بندی تعیین آستانه تغییر می‌باشد. در هر کدام از این روش‌ها، وظیفه اصلی تحلیل‌گر رویارویی با روش‌هایی به منظور تعیین آستانه تغییر است. اگر تصاویر ورودی به خوبی از نظر کیفیت هندسی، رادیومتریک و اتمسفریک تطابق داشته باشند، در این صورت اجرای این تکنیک‌ها آسان خواهد بود [٤]. از اشکالات یا موانع تجزیه و تحلیل تغییر پیش از طبقه‌بندی، تطبیق دقیق هندسی و رادیومتریک بین تصاویراست که ممکن است دشوار یا حتی غیرممکن باشد. مهمترین محدودیت برای همه روش‌های پیش از طبقه‌بندی این است که آنها نمی‌توانند نمایش کاملی از تغییر را به صورت «از–به» بدست دهند. اصولاً این روش‌ها برای شناسایی مکان‌های تغییر یافته از نواحی بدون تغییر به کار می‌روند. بدین لحاظ، آنها در اندازه‌گیری تغییرات داخل هر طبقه و سطح لنداسکیپ قوی هستند. تعدادی از مهمترین این روش‌ها شامل تفریق تصویر، نسبت‌گیری تصویر، رگرسیون تصویر، تفریق شاخص گیاهی، تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی و تجزیه و تحلیل بردار تغییر می‌باشد [٤].

۲-۱-۱- تفریق تصویر

در این تکنیک تصاویر ثبت شده از نظر مکانی در زمان‌های t_1 و t_2، پیکسل به پیکسل تفریق می‌شوند تا تصویری که نشانگر تغییر بین دو زمان است، تولید شود. از نظر ریاضی

$$Dx^k_{ij} = x^k_{ij}(t_2) - x^k_{ij}(t_1) + C \qquad (۱)$$

x^k_{ij}: ارزش پیکسل برای باند k و i و j اعداد خط و پیکسل در تصویر، t_1: زمان اول، t_2 : زمان دوم و C: ضریب ثابت به منظور تولید اعداد رقومی مثبت [۱۹].

تفریق تصویر روشی متداول در اجرای آنالیز آشکارسازی تغییرات بین دو تصویر است. تفاضل در مناطق بدون تغییر صفر و در مناطق تغییر یافته بالاتر و پائین‌تر از صفر خواهد بود[۸]. در تصاویر ۸ بیتی، دامنه تفاضل اعداد معمولاً بین ۲۵۵- تا ۲۵۵+ است چون اعداد منفی اجتناب‌ناپذیرند، یک ثابت ۲۵۵ به هر کدام از اعداد تصویر تفاضل به منظور نمایش افزوده می‌شود. در هیستوگرام این تصویر تغییر، اعداد بازتاب پیکسل‌های تغییر نیافته در اطراف میانگین پراکنده شده در حالی که ارقام بازتاب پیکسل‌های تغییر یافته در دو آستانه توزیع قرار گرفته‌اند [۲]. تفاضل تصویر لزوماً تنها به باندهای یک تصویرمحدود نمی‌شود، بلکه می‌تواند گسترش یابد و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی دو تصویر را دربرگیرد[۱۸]. ویسمیلر و دیگران (۱۹۷۷) دریافتند که تفریق تصویر در آشکارسازی تغییرات محدوده محیط زیست ساحلی تگزاس بسیار خوب عمل کرده اگرچه بسیاری از مناطق کوچک به طور دقیق شناسایی نشده‌اند[۲۲]. سینگ (۱۹۸٤،۱۹۸٦) از این تکنیک به منظور پایش تغییرات ناشی از تغییر کشت در محیط زیست جنگلی حاره‌ای استفاده نمود [۱۹]. میلر و دیگران (۱۹۷۸) تفریق تصویر لندست را با موفقیت به منظور نقشه‌سازی تغییرات در پوشش جنگلی حاره‌ای در شمال تایلند به کار بردند [۱۳].

۲-۱-۲- تقسیم تصویر

نسبت‌گیری تصویر یا نسبت‌گیری باند بسیار شبیه به تفریق تصویر می‌باشد و همگی از اشکال جبری آشکارسازی تغییر تصویر هستند. نسبت‌گیری تصویر به طور ساده اعداد رقومی سلول‌های تصویر اول را به اعداد رقومی سلول‌ها در تصویر دوم تقسیم می‌کند. در این تکنیک، دامنه نسبت‌های محاسبه شده از ۱/۲۵۵ تا ۲۵۵ می‌باشد، به طوری که پیکسل‌های بدون تغییر ارزش ۱ را در تصویرتغییر دارند. مهم این است که چگونه تحلیل‌گر مرزهای آستانه‌ها را بین پیکسل‌های تغییر و بدون تغییر در هیستوگرام تصویر تغییر تعیین می‌کند [۱۸].

$$Rx^k_{ij} = x^k_{ij}(t_1)/x^k_{ij}(t_2) \qquad (۲)$$

$x^k_{ij}(t)$: ارزش پیکسل باند k برای پیکسل x در ردیف i و ستون j در زمان t [۱۹].

۲-۱-۳- تجزیه مؤلفه‌های اصلی(PCA)[۷]

تجزیه مؤلفه‌های اصلی یک تکنیک ریاضی برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌هاست. چون تصاویر رقومی سنجش از دور عددی هستند، ابعاد آنها با استفاده از این روش قابل کاهش است. در تصاویر سنجش از دور چند باندی، باندها متغیرهای اصلی بوده و ممکن است تا حد زیادی با هم همبستگی داشته باشند بنابراین داده‌های این باندها می‌توانند با هم ترکیب شده و با استفاده از PCA تصاویر جدید و با همبستگی کمتری را بوجود آورند. علاوه براین PCA به عنوان یک روش آشکارسازی تغییرات نیز در سنجش از دور به کار می‌رود [۱٤].

تصاویری که بوسیله داده‌های رقومی تولید می‌شوند حاصل از باندهایی با طول موج‌های مختلفی هستند که اغلب حاوی اطلاعات یکسانی می‌باشند. تغییر شکل مؤلفه‌های اصلی تکنیکی است که به منظور کاهش اطلاعات تکراری موجود در تصاویر چند طیفی به کار می‌رود. تغییر شکل مؤلفه اصلی ممکن است برای بهبود عملیات پیش از تفسیر داده یا به عنوان یک

روش پیش پردازش از طبقه‌بندی داده انجام گیرد. در حالت دوم، این تغییر شکل معمولاً کارایی محاسباتی فرایند طبقه‌بندی را افزایش می‌دهد زیرا به کاهش ابعاد پایگاه داده اصلی منجر می‌گردد. تحقیقات اخیر نشان داده است که ترکیب PCA با شاخص‌های گیاهی صحت طبقه‌بندی را افزایش داده و بنابراین به بارزسازی تغییرات محیط زیست‌های متنوع کمک می‌کند [۱۵]. فرآیند PCA دارای ۳ مرحله است:

۱- محاسبه ماتریس واریانس-کوواریانس (یا همبستگی) تصاویر چند باندی (مثلاً در یک تصویر ٤ باندی، ابعاد ماتریس همبستگی ٤ Î ٤ است)،

۲- استخراج مقادیر مشخصه eigen values و eigen vectors از ماتریس

۳- تغییر شکل مختصات ترکیب فضایی با استفاده از eigen vectors

مؤلفه اول بیشترین مقدار کل واریانس مجموعه داده را به خود اختصاص داده و به ترتیب واریانس‌های سایر مؤلفه‌ها کاهش می‌یابند. معمولاً واریانس آخرین مؤلفه کوچک است. بنابراین اغلب تغییر شکل مؤلفه اصلی به منظور متراکم کردن اطلاعات در تصاویر چند باندی به کار می‌رود و بالطبع نیازهای محاسباتی را کاهش داده و اجرای کار را بهبود می‌بخشد. البته نباید فرض کنیم که مؤلفه‌های اصلی بعدی حاوی هیچ اطلاعات تغییری نیستند [۲۱]. کریستوفر مونیاتی(۲۰۰٤) به منظور آشکارسازی تغییرات در تالابی در زامبیا از روش PCA استفاده نمود. وی دریافت که این روش در شناسایی مکانهای تغییر یافته و پایش زیستگاه‌های تالابی بسیار مفید است[١٤]. بایرن (۱۹۸۰) و ریچاردسون و میلن (۱۹۸۳) کارایی آنالیز مؤلفه‌های اصلی را برای شناسایی تغییرات پوشش زمین و نقشه‌سازی درختچه‌های آتش گرفته و احیای پوشش گیاهی بعدی بررسی کردند [١,١٦]. تل و دیگران (۱۹۸۰) بیان نمودند که هنگامی که تغییر شکل مؤلفه‌های اصلی برای آشکارسازی تغییر شهری استفاده شد نتایج ضعیفی در مقایسه با تفریق ساده تصویر با استفاده از باندهای ۲ یا ٤ بدست داد [۲۰] .

۲-۲- آشکارسازی تغییرات پس از طبقه‌بندی

معروفترین روش آشکارسازی تغییرات است که به مقایسه مستقل نیاز داشته و تصاویر طبقه‌بندی شده تولید می‌کند. آشکارسازی تغییر پس از طبقه‌بندی ماتریس دقیقی از تغییر «از-به» فراهم کرده و معمولاً تا حد زیادی به تجزیه و تحلیل ورودی‌ها نیاز دارد. در این روش، تصاویر اصلی به صورت موضوعی یا به طریق دیگر طبقه‌بندی می‌شوند. این روش‌ها شامل روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، آشکارسازی تغییر نظارت شده، آشکارسازی تغییر نظارت نشده و آشکارسازی تغییر هیبرید می‌باشند[۱۲]. علاوه بر فایده خروجی «از-به» تولید شده بوسیله این روش‌ها، آشکارسازی تغییر پس از طبقه‌بندی اثر اختلاف اتمسفری و زیست محیطی بین تصاویر ورودی را به حداقل می‌رساند. این ویژگی‌ها و سادگی محاسباتی، آنالیز تغییر پس از طبقه‌بندی را بسیار کاربردی ساخته است و متداول‌ترین روش آشکارسازی تغییرات می‌باشد[٦].

۲-۲-۱- آشکارسازی تغییر نظارت شده

در روش نظارت شده برای طبقه‌بندی پیکسل‌ها، کاربر باید تعدادی مناطق تعلیمی معرف برای هر یک از کلاس‌های از پیش تعیین شده انتخاب نماید. تجربه کاربر در شناسایی و مکان یابی مناطق تعلیمی بسیار مفید می‌باشد. در حالت ایده آل، باید در مناطق تعلیمی مناطق یکنواختی از انواع پوشش یافت شود. طبقه‌بندی آماری نظارت شده شامل ۳ مرحله زیر است:

۱-تعیین تعداد و نوع اطلاعات کلاس‌ها و جمع‌آوری مناطق تعلیمی معرف و کافی برای هر کلاس

۲- برآورد پارامترهای آماری مورد نیاز از مناطق تعلیمی و

۳- به کارگیری یک ابزار مناسب تصمیم‌گیری.

اگرچه انتخاب داده‌های تعلیمی ممکن است خسته کننده باشد، با این وجود، روش نظارت شده از نظر اکثر محققین مقدم است زیرا این روش معمولاً تعریف دقیق و صحیح‌تری از کلاسها نسبت به روش‌های غیرنظارت شده می‌دهد. معمولاً تکنیکهای طبقه‌بندی کننده متوازی السطوح، شامل طبقه‌بندی کننده حداقل فاصله و روش حداکثر احتمال استفاده می‌شود. روش حداکثر احتمال رایج‌ترین روش می‌باشد زیرا معمولاً این روش نتایج بهتری نسبت به روش‌های حداقل فاصله تا میانگین یا طبقه‌بندی کننده متوازی السطوح می‌دهد [۲۱].

۲-۲-۱-۱- تکنیک طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال

روش حداکثر احتمال یک روش آماری نظارت شده برای شناسایی الگوهاست. احتمال تعلق یک پیکسل به هر کدام از کلاس‌های از پیش تعیین شده محاسبه می‌گردد و سپس این پیکسل به آن کلاسی که دارای بیشترین احتمال است، اختصاص داده می‌شود[١٤].

۲-۲-۱-۲- تکنیک طبقه‌بندی کننده متوازی السطوح

این روش از طریق تعریف جعبه‌های متوازی‌السطوح مانندی برای هر کلاس اجرا می‌گردد. مرزهای متوازی السطوح برای هر بخش بوسیله حداقل و حداکثر ارقام پیکسل‌ها در کلاس‌های داده شده تعیین می‌شود. به این صورت که آیا نقطه معرف یک پیکسل در بخش فضایی داخل هر یک از متوازی السطوح‌ها قرار می‌گیرد یا خیر. این روش سریع بوده و آسان اجرا می‌شود اما خطاهایی به همراه دارد مخصوصاً زمانی که یک پیکسل داخل بیش از یک متوازی السطوح یا خارج از تمام متوازی السطوح‌ها قرار گیرد [۲۱].

۲-۲-۱-۳- تکنیک طبقه‌بندی کننده حداقل فاصله

این روش فاصله رقم بازتاب هر پیکسل را تا میانگین طیف هر کلاس محاسبه و سپس پیکسل را به گروهی که دارای کمترین فاصله تا میانگین است منتسب می‌کند. این نوع طبقه‌بندی کننده از نظر ریاضی ساده و از نظر محاسباتی کارا است اما مبنای نظری آن به اندازه طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال قوی نیست[۲۱].

۲-۲-۲- آشکارسازی تغییر نظارت نشده

اختلاف اصلی بین روش‌های نظارت شده و نظارت نشده این است که در روش‌های نظارت نشده نیازی به تعیین مناطق تعلیمی توسط کاربر

نیست. در عوض، کاربر فقط تعداد خوشه‌ها (کلاسترها) را تعیین می‌نماید تا ایجاد شوند. این طبقه‌بندی کننده به صورت اتوماتیک کلاسترها را بوسیله به حداقل کردن خطاها می‌سازد. روش میانگین K مشهورترین روش طبقه‌بندی نظارت نشده می‌باشد[۲۱].

۲-۲-۳- آشکارسازی به روش هیبرید

این روش تکنیکی است که جنبه‌های مثبت روش‌های نظارت شده و نظارت نشده را ترکیب می‌کند. روش هیبرید زمان‌بر بوده و در برخی حالات اجرای آن بسیار هزینه‌بر است [۱۸]. روش هیبرید مزایای سایر روش‌های طبقه‌بندی و تعیین حد آستانه را ترکیب می‌کند. روشهای آستانه مانند تفریق تصاویر معمولاً برای آشکار سازی مناطق تغییر یافته از مناطق بدون تغییر به کار می‌روند، سپس از روش‌های طبقه‌بندی برای طبقه‌بندی و آنالیز تغییرات آشکار شده با استفاده از تکنیک سطح آستانه استفاده می‌گردد. کاموسوکو و آنیا (۲۰۰۹) تغییرات پوشش و کاربری اراضی را در ناحیه بیندورا با استفاده از داده‌های لندست و به کارگیری روش هیبرید همراه با روش‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی پایش کردند[۷].

۲-۲-٤- روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNS)[۸]

شبکه عصبی مصنوعی در دهه ۱۹٤۰ با هدف شبیه‌سازی رفتار سیستم عصبی انسان ابداع شد. در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ روش شبکه‌های عصبی مصنوعی برای اولین بار برای طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور به کار رفت. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌های شبکه‌ای هستند که در آن تعداد زیادی از پردازشگرهای کوچک و به هم متصل با هم فعالیت می‌کنند تا فرآیند طبقه‌بندی به طور بهینه انجام شود. معمولاً بهترین شکل شبکه‌های عصبی شامل سه لایه یا بیشتر است، یک لایه ورودی، یک یاچند لایه نهفته و یک لایه خروجی که به ترتیب دریافت اطلاعات، پردازش اطلاعات و نمایش تصویر را انجام می‌دهند. هر لایه از واحدهای پردازشی ساده‌ای تشکیل شده است که گره نامیده می‌شود. گره‌ها معمولاً به صورت لایه‌هایی با اطلاعات کامل یا تصادفی می‌باشند. یکی از معروف‌ترین روش‌های این گروه پرسپترون چند لایه می‌باشد.[۱٤]

۲-۲-٤-۱- پرسپترون چند لایه[۹]

این روش با استفاده از تکنیک یادگیری پس انتشار، یکی از پرکاربردترین مدل‌های شبکه عصبی است. سمت چپ‌ترین لایه‌ی نورون‌ها لایه ورودی است که مجموعه‌ای از نورون‌هایی که دریافت کننده ورودی‌های بیرونی هستند را دربرمی‌گیرد. لایه ورودی برخلاف سایر لایه‌ها محاسبه‌ای انجام نمی‌دهد. لایه مرکزی لایه پنهان (در شبکه‌های پیچیده ممکن است بیش از یک لایه پنهان وجود داشته باشد) می‌باشد. سمت راست‌ترین لایه، لایه خروجی است که نتایج طبقه‌بندی را تولید می‌کند. هیچ اتصال داخلی بین نورون‌ها در یک لایه وجود ندارد ولی همه نورون‌ها در یک لایه معین کاملاً با نورون‌ها در لایه بعدی مرتبطند[۲۱].

در کل، ۳ مرحله در طبقه‌بندی شبکه عصبی وجود دارد. مرحله اول یک فرآیند آموزشی با استفاده از داده‌های ورودی و نمونه‌های تعلیمی است. مرحله دوم، مرحله اعتبار سنجی است که موفقیت مرحله آموزشی و صحت شبکه را تعیین می‌کند. اعتبارسنجی و تست شبکه بوسیله بخشی از نمونه‌های تعلیمی انجام می‌گیرد. مرحله آخر مرحله طبقه‌بندی است که در آن نقشه پوشش و کاربری اراضی منطقه براساس روابط آموزشی در طی فاز آموزشی تهیه می‌شود [۲٤].

شبکه‌های پرسپترون چند لایه‌ای معمولاً با روش پس انتشار آموزش داده می‌شوند. فرآیند آموزش و یادگیری نیاز به مجموعه‌ای از الگوهای آموزشی با ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب دارد [۲۷] .

- مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی

ماهیت غیر پارامتریک، سازگاری آسان آن با انوع گوناگون داده‌ها و ساختارهای ورودی، توانایی آن برای شناسایی الگوهای ظریف در داده‌های آموزشی، قابلیت تعمیم مناسب براساس الگوهای ارائه شده برای شبکه[۱۰]، سرعت پردازش بالا، توانایی برای پردازش داده‌های دارای نویز[٤].

- معایب شبکه عصبی

توابع شبکه‌های عصبی مصنوعی در همه نرم‌افزارهای پردازش تصویر معمول نیست، هیچ قانونی در ارتباط با ساختار شبکه و تنظیم پارامترها وجود ندارد، دقت نتایج بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزشی دارد و آموزش شبکه ممکن است در برخی موارد مشکل باشد[۱۲].

لو و لتروپ(۲۰۰۲) روش شبکه‌های عصبی را برای آشکارسازی تغییر شهری با استفاده از داده‌های چند زمانه TM به کاربردند و دریافتند که این روش صحت را در مقایسه با روش‌های طبقه‌بندی ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهد [۹].

۲-۳- روش‌های پیشرفته

۲-۳-۱- مدل پوشش گیاهی - سطوح نفوذناپذیر- خاک (V-I-S)[۱۰]

مدل پوشش گیاهی- سطوح نفوذناپذیر- خاک که اولین بار توسط رید (۱۹۹۵) بر روی داده‌های سنجش از دور به کار گرفته شد، یک قالب بالقوه‌ای را که با پیکسل‌های مرکب مرتبط است فراهم می‌کند. این مدل لنداسکیپ‌های شهری را به عنوان ترکیبی خطی از سه جزء اصلی پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر و خاک توصیف می‌کند. این مدل عمدتاً برای نقشه‌سازی پوشش و کاربری اراضی در شهرهای متوسط و یا بزرگ کشورهای توسعه یافته نظیر استرالیا و USA به کار گرفته شده است.

کاربرد مدل V-I-S در سنجش از دور توسط رید به عنوان یک روش کیفی- موضوعی برای شناسایی معمولترین پارامترهای فیزیکی اکوسیستم‌های شهری پیشنهاد گردید. ارتباط کارکردی بین اجزاء شهری معمولاً نادیده گرفته می‌شد به طوری که اکثر مطالعات بر نقشه‌سازی پوشش و کاربری اراضی در محیط زیست‌های روستایی متمرکز بود. رید(۱۹۹۵) پیشنهاد کرد که ترکیب مکانی بخشی از لنداسکیپ شهری می‌تواند به عنوان

ترکیبی خطی از پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر و خاک توصیف گردد. این اجزاء می‌توانند در دیاگرامی که از دیاگرم سه تایی شن-سیلت-رس گرفته شده است و در مطالعات زمین برای تعیین کیفیت بافت خاک به کار می‌رود، سازماندهی گردد. برای مثال، چمن ممکن است که شامل ۹۰٪ پوشش گیاهی، ۱۰٪ خاک و بدون سطوح نفوذناپذیر باشد در حالی که مناطق مسکونی شامل ۵۰٪ سطوح نفوذناپذیر، ٤۰٪ پوشش گیاهی و ۱۰٪ خاک است.

با استفاده از مفهوم مدل V-I-S در داده‌های سنجش از دور انتظار می‌رود که پیکسل‌های بلوک‌های ساختمانی پایه‌ای برای شناسایی کیفی و موضوعی اکولوژی شهر برحسب فرآیند، ساختار و ترکیب باشند. بنابراین انواع کاربری اراضی بوسیله ارتباط بین اجزاء V-I-S قابل توضیح می‌باشند. مدل V-I-S یک روش موضوعی برای تشخیص پیکسل‌ها و گروه‌بندی آنها بوده که هدف اصلی طبقه‌بندی در سنجش از دور است. ضمناً این مدل روشی را برای تعیین کیفیت ترکیب فیزیکی واحدهای اکولوژیکی فراهم می‌کند. مزیت بالقوه دیگر این مدل این است که مشاهده تغییر، ترکیبی از سه جزء بوده و یک مدل منطقی برای پایش تغییر جهانی شهر به وجود می‌آورد. هدف اصلی مدل V-I-S تعیین مناطق کاربری اراضی نیست بلکه شناسایی و تشخیص الگوهای متغیر پوشش زمین در داخل یک شهر به منظور استفاده برای اهداف اکولوژیکی و بیوفیزیکی می‌باشد.

طبقه‌بندی‌های استانداردی مانند روش حداکثر احتمال در طبقه‌بندی پیکسل‌های مخلوط قابلیت کمتری دارند زیرا ویژگی‌های طیفی آنها معرف هر نوع خاص کاربری اراضی نیست. اما پیوند مدل V-I-S با طبقه‌بندی سلسله مراتبی مانند آن که توسط ورد (۲۰۰۰) به کار گرفته شد، انعطاف پذیری را برای تکنیک‌های طبقه‌بندی پیکسلی فراهم می‌کند و ترکیبی از پیکسل‌های مخروط را برحسب اجزاء پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر و خاک آنالیز می‌نماید. ورد (۲۰۰۰) نشان داد که کاربرد مدل V-I-S با طبقه‌بندی سلسله مراتبی برای مدلسازی رشد شهری کاملاً مناسب است. به علت طبیعت ناهمگون انواع پوشش اراضی در مناطق شهری فقط کلاسهای پوشش اراضی گسترده تفکیک می‌شوند[۱۷].

۲-۳-۲- سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۱۱]

بارزسازی تغییرات با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی شامل تلفیق روش GIS و سنجش از دور یا روش GIS به تنهایی است. مزیت استفاده از GIS قابلیت و توانایی آن برای تلفیق داده‌های منابع گوناگون برای کاربردهای بارزسازی تغییرات است. اگرچه منابع داده‌ای مختلف بواسطه تفاوت در صحت و قالب‌های گوناگون می‌توانند نتایج بارزسازی تغییرات را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۱۲].

لو و شیپمن(۱۹۹۰) از GIS برای ارزیابی اثر توسعه شهر جدیدی در هونگ کونگ با استفاده از تلفیق داده‌های چندزمانه و عکس هوایی استفاده کردند و دریافتند که روش‌های روی هم‌گذاری تصویر و پوشش دوتایی برای آشکارسازی کمی دینامیک‌های تغییر در هر طبقه از کاربری اراضی مناسب است[۱۱].

در سال‌های اخیر، تلفیق داده‌های چند منبع مانند عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های موضوعی گذشته، یک روش مهم برای بارزسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی به شمار می‌روند[۱۲]. ونگ (۲۰۰۲) از تلفیق سنجش از دور، GIS و مدلسازی تصادفی برای بارزسازی تغییرات کاربری اراضی در دلتای ژوجیانگ در چین استفاده کرد و نشان داد که چنین تلفیقی، یک روش مؤثر برای آنالیز جهت، سرعت و الگوی مکانی تغییر کاربری اراضی است[۲۳] . لو و یانگ (۲۰۰۲) یک روش طبقه‌بندی نظارت نشده، طبقه‌بندی مکانی مجدد براساس GIS و مقایسه پس از طبقه‌بندی و رویهم گذاری GIS را برای نقشه‌برداری از دینامیک‌های مکانی تغییر کاربری اراضی و پوشش اراضی در آتلانتاجرجیا و منطقه متروپلیتان به کار بردند[۲٦].

روش‌های بر مبنای GIS نسبت به روش‌های سنتی بارزسازی تغییرات مزایای بسیاری دارند. بسیاری از کاربردهای روش‌های GIS در بارزسازی تغییرات، بر مناطق شهری متمرکز شده‌اند. زیرا روش‌های بارزسازی تغییر سنتی غالباً در نتیجه پیچیدگی چشم‌اندازهای شهری نتایج بارزسازی تغییر ضعیفی دارند و نمی‌توانند به طور مؤثر در آنالیزهای داده‌های چند منبعی مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین توابع GIS ابزارهای مناسبی برای پردازش داده‌های چند منبعی فراهم آورده و در انجام آنالیزهای بارزسازی تغییرات با استفاده از داده‌های چند منبعی مؤثرند[۱۲].

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

انتخاب یک روش آشکارسازی تغییرات مناسب، نیاز به در نظرگرفتن فاکتورهای زیادی دارد. در عمل چندین روش به منظور آشکارسازی تغییرات وجود دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبی از دو روش بارزسازی تغییرات مانند تفریق تصویر و PCA، تفریق شاخص گیاهی و PCA می‌تواند نتایج بارزسازی تغییرات را بهبود بخشد. معمول‌ترین روش‌های بارزسازی تغییرات، تفریق تصویر، PCA و مقایسه پس از طبقه‌بندی می‌باشد. برای بارزسازی تغییرات به صورت تغییر یا عدم تغییر، تفریق تصاویر و PCA و هنگامی که از داده‌های چند منبع برای بارزسازی تغییرات استفاده می‌شود، روش‌های GIS مفید هستند. روش‌های پیشرفت‌های نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی یا ترکیب روش‌های گوناگون بارزسازی تغییرات می‌تواند برای آشکارسازی تغییرات با کیفیت بالا به کار گرفته شوند.

منابع و مآخذ

1- Byrne, G.F., Crapper, P.F., and Mayo, K.K.(1980). «Monitoring land cover changes by principal component analysis of multitemporal Landsat data». Remote Sensing. Environment., VOL. 10, PP. 175-184.

2- Civco, L. D., Hurd, J.D., Wilson, E.H., Song, M.,& Zhenkui, Z.,(2002). «A comparison of land use and land cover change detection methods. «ASPRS-ACSM 22nd Conference.

3- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K.,Muys, B. and Lambin, E. (2004).»Review article digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review». Int. J. Remote Sens., Vol.25, No.9,PP.1565-1596

4- Hester, D.B.»Land Cover mapping and change detection in urban watersheds using Quickbird high spatial resolution satellite imagery», Ph. D. dissertation, North Carolina State University. North Carolina, 2008.
5- Hung, C.C., Coleman, T.L. and Long, O.(2004). «Supervised and unsupervised neural models for multispectral image classification.» ISPRS Congress, Istanbul.
6- Jensen, J.(2005). «Introductory digital image processing: A Remote Sensing Perspective.» 3rd. ED. Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc.
7- Kamusoko, C., Aniya, M. 2009. «Hybrid classification of Landsat data and GIS for land use/cover change analysis of the Bindura district, Zimbabwe.» International Journal of Remote Sensing, Vol. 30, No. 1,pp.97-115.
8- Lillesand, T., Kiefer, R.,& Chipman, R.(2004). «Remote Sensing and Image Interpretation». 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc.
9- Liu, X., and Lathrop, R.G.(2002). «Urban change detection based on an artificial neural network.» Int. J. Remote Sens., VOL. 23, PP.2513-2518.
10- Liu, X.H., Skidmore, A.K. and Oosten. H.V. (2002). «Integration of classification methods for improvement of land Cover map accuracy. « ISPRS J. Photogrammetry. Remote. Sens.,VOL. 56, NO.4,PP.257-268.
11- Lo, C.P. and Shipman, R.L.(1990). «A GIS approach to land-use change dynamics detection.» Photogramm. Eng. Remote Sens., VOL. 56, PP.1483-1491.
12- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, e.(2004). «Change detection techniques». Int.J. Remote Sens., Vol.25,No 12,PP.2365-2401.
13- Miller, L.D., Nualchawle, K. and Tom, C.(1978). «Analysis of the dynamics of shifting cultivation in the tropical forests of northern Thailand using landscape modelling and classification of Landsat imagery.» Greenbelt, Maryland, U.S.A.
14- Munyati, Ch. (2004). «Use of principal component analysis (PCA) of remote sensing images in wetland change detection on the Kafue flats, Zambia». Geocarto Int. Vol.19, No.3,PP.11-22.
15- Pain, W.J. «Land cover classification and change detection analysis using high-resolution IKONOS imagery for the Bayview Bog wetland, Ontario.» M.S. thesis, Queen's University, Kingstone, Ontario, Canada, 2007.
16- Richardson, A. J. and Milen, A.K. (1983). «Mapping fire bums and vegetation regeneration using principal components analysis.» San Francisco, New York, PP.51-56.
17- Setiawan, H., Mathieu, R. and Thompson-Fawcett M. (2006). «Assessing the applicability of the V-I-S model to map urban land use in the developing world: Case study of Yogyakarta, Indonesia.» Comput. Environ. Urban Syst., VOL. 30, PP.503-522.
18- Siewe. S. «Change detection analysis of the land use and land cover of the Fort Cobb reservoir watershed». M.S. thesis, Oklahoma State University,2007.
19- Singh, A.(1989).»Digital change detection techniques using remotely-sensed data». Int. J. Remote Sens., Vol.10, No.6, PP, 989-1003.
20- Toll, D.L., Royal, I.A. and Davis, J.B.(1980). «Urban area up-date procedures using Landsat data» Niagra, Canada.
21- Tso.B. and Mather, P.M.(2009). «classification methods for remotely sensed data». 2nd ED. Chapter 2-3, Taylor and Francis Group. America.
22- Weismiller, R.A., Kristof, S. J., Scholz, D.K. Anuta, P.E. and Momen, S.A.(1977).» Change detection in coastal zone environments.» Photogramm. Eng. Remote Sens., VOL.43, PP.1533-1539.
23- Weng, Q.(2002). «Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling.» J. Environ. Manage., VOL. 46,PP.273-284.
24- Wijaya, A. «Application of multi-stage classification to detect illegal logging with the use of multi- source data». M.S thesis, ITC, The Netherlands.2005.
25- Xiao, J., Shen, Y., Ge. J., Tateishi, R., Tang, Ch., Liang, Y. and Huang, zh.(2006). «Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing.» Landscape and urbun plan., VOL. 75,PP.65-80.
26- Yang, X. and Lo, C.P.(2002). «Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area.» Int. J.Remote Sens., VOL.23,PP.1775-1798.
27- Yuan, F., Sawaya, K,E., Loeffelholz, B.C. and Bauer, M.E. (2005). «Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal landsat remote sensing». Remote sens. Environ., Vol. 98, PP.317-328.
28- Zhang, Zh., Lieven, V., Eva De, C., Ou, X, and Robert De. W.(2008). «Vegetation change detection using artifical neural networks with ancillary data in Xishuangbanna, Yunnan Province, China». Chin. Sci. Bull., Vol. 52 No. 2, PP. 232-243.

پی‌نوشت

1- Landsat Multi-Spectral Scanner image.
2- Thematic Mapper.
3- Satellite Probatoire d'observation de la Terre.
4- Advanced Very High Resolution Radiometer.
5- Moderate Resolution Imaging Spectrora diometer.
6- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.
7- PCA: Principal Component Analysis.
8- Artificial Neural Net Works.
9- Multilayer Perceptron.
10- Vegetation Impervious Surfaces.
11- Geographical Information System.