



علوم محیطی

علوم محیطی سال هشتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۰
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.3, Spring 2011

۸۱-۹۶

مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی / پوشش گیاهی با استفاده از GIS & RS (مطالعه موردی حوزه دره‌شهر - استان ایلام)

صالح آرخی^{۱*}، یعقوب نیازی^۲، حسین ارزانی^۳

۱- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۰

Comparing Various Techniques for Land Use/Cover Change Detection Using RS & GIS (Case Study : Daresher Catchment, Ilam Province)

Saleh Arekhi,^{1*} Yagoub Niazi² and Hossian Arzani³
1-Assistant Professor, Department of Natural Resources,
Faculty of Agriculture, University of Ilam
2 -MSc of Watershed Management, Faculty of Natural
Resources, Yazd University
3-Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Abstract

The temporal and accurate change detection of earth surface features is extremely important for understanding the relationships and interaction between human and natural phenomena in order to promote better decision making. Remote sensing data are primary sources extensively used for environmental change detection in recent decades. In this study, images of landsat (TM) 1988 and landsat (ETM+) 2001 were analyzed using five change detection techniques over 80,470 hectares in the region of Daresher in Ilam Province. Change detection techniques considered were image differencing, image ratioing, NDVI differencing, change vector analysis (CVA) and post-classification comparison. In this study, a statistical method was used for determining the change threshold. According to the results, the threshold level was set at ± 1 standard deviation from the mean. After determining optimal threshold, areas having decreasing, increasing change and no changes was determined. Based on ground data, field visit and Google Earth, accuracy assessment of change detection techniques was carried out using overall accuracy and Kappa coefficient. According to the results, NDVI differencing with an overall accuracy of 98.5 and a Kappa coefficient of 97% showed the highest accuracy among the techniques applied while, in contrast, band ratioing with an overall accuracy of 72.5 and a Kappa coefficient of 50% had the lowest accuracy in land use/land cover change in the study area.

Keywords: image differencing, Image ratioing, NDVI differencing, Change vector analysis, Post-classification comparison.

چکیده

پایش زمانی و دقیق تغییر عوارض سطح زمین برای درک روابط و کنش‌های متقابل بین انسان و پدیده‌های طبیعی به منظور تصمیم‌گیری بهینه، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. داده‌های سنجنش از دور، منابع اولیه‌ای هستند که به‌طور گسترده برای پایش تغییرات محیطی در دهه‌های اخیر مورد استفاده واقع شده‌اند. در این مطالعه، تصاویر لندست (TM) سال ۱۳۶۷ و لندست (ETM+) سال ۱۳۸۰ با استفاده از پنج تکنیک پایش تغییر در حوزه دره‌شهر استان ایلام با مساحت ۸۰۴۷۰ هکتار آنالیز شده‌اند. تکنیک‌های پایش تغییر مورد استفاده در این مطالعه شامل تفاضل تصویر^۱، نسبت‌گیری تصویر^۲، تفاضل NDVI^۳، آنالیز برداری تغییر^۴ و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی^۵ بوده‌اند. در این مطالعه، جهت تعیین آستانه در روش‌هایی که نیازمند تعیین آستانه هستند از روش آماری استفاده شده است و بر این اساس مشخص شده است که آستانه تغییر در منطقه مورد مطالعه با ± 1 انحراف از میانگین قرار داشته است. پس از تعیین آستانه تغییر، مناطق دارای تغییرات کاهش، افزایش و بدون تغییر مشخص گردیده است. جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر پس از برداشت واقعیات زمینی که از طریق بازدید میدانی و تصاویر Google Earth به دست آمد، از ضریب دقت کل و ضریب کاپا استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که روش تفاضل NDVI با ضریب دقت کل ۹۸/۵ و ضریب کاپای ۹۷ درصد از بین تکنیک‌های پایش تغییر مورد استفاده در این مطالعه بیشترین دقت و روش نسبت‌گیری باند قرمز با ضریب دقت کل ۷۲/۵ و ضریب کاپای ۵۰ درصد کم‌ترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی/پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

کلید واژه‌ها: تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر، تفاضل NDVI، آنالیز

برداری تغییر، مقایسه پس از طبقه‌بندی.

* Corresponding author. E-mail Address: saleh148@yahoo.com

مقدمه

پایش تغییر، فرایند تعیین تفاوت‌ها در وضعیت یا حالت یک شیء یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف می‌باشد (Singh, 1989). در چهار دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در ایران با سرعت فزاینده در بعضی جهات نامطلوب به وقوع پیوسته است و این باعث تشدید روند تخریب منابع محیطی گردیده است. از آنجا که تغییرات در کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، لذا تکنولوژی سنجش از دور^۷ یک ابزار ضروری و با ارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری کره زمین می‌باشد (Lu et al., 2004). محققین زیادی به بررسی و مطالعه روش‌های پایش تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. برخی از این مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته به شرح زیر بوده‌است: Lyon و همکاران (۱۹۹۸) هفت شاخص پوشش گیاهی از سه تاریخ مختلف داده‌های MSS را برای پایش تغییر پوشش زمین مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که روش تفاضل NDVI پایش تغییر پوشش گیاهی بهتری را اثبات می‌کند. Gupta و Parkash (۱۹۹۸) برای پایش تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه استخراج معدن در هند از روش تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر و تفاضل NDVI استفاده کردند و دریافتند هیچ‌گونه تفاوت قابل توجهی بین این روش‌ها در پایش تغییر کاربری اراضی در این مطالعه وجود ندارد و هر روش مزایای خود را دارد. Silapaswan و همکاران (۲۰۰۱) از روش آنالیز برداری تغییر، طبقه‌بندی غیرنظارتی و تفسیر بصری عکس‌های هوایی برای پایش تغییر پوشش زمین استفاده کردند و دریافتند که ترکیب روش‌های آنالیز برداری تغییر و طبقه‌بندی غیرنظارتی نسبت به هر کدام از روش‌ها به

تنهایی، تفسیر بهتری از تغییر را فراهم کرده است. Petit و همکاران (۲۰۰۱) روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی و ترکیبی از این دو را برای پایش تغییر پوشش زمین در جنوب شرقی زامبیا استفاده کردند و دریافتند که روش پایش تغییر هیبرید نسبت به روش‌های تفاضل تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی به طور منفرد موفقیت بهتری داشته است. Dhakal و همکاران (۲۰۰۲) روش تفاضل تصویر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و آنالیز برداری تغییر را برای پایش مناطق متأثر از سیلاب و فرسایش با استفاده از داده‌های TM چندزمانه در منطقه مرکزی نپال مقایسه کردند. آنها دریافتند که روش آنالیز برداری تغییر، با دقت ۸۸٪ نتایج بهتری را ارائه داده است. Gang-Jun و Sepehry (۲۰۰۶) از تکنیک‌های مختلف تعیین تغییر شامل مقایسه بعد از طبقه‌بندی، تفاضل تصویر و تفاضل NDVI و آنالیز برداری تغییرات برای تهیه نقشه کاربری اراضی تحت تأثیر سیل استفاده کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که از بین تکنیک‌ها، تکنیک‌های تفاضل تصویر و آنالیز برداری تغییرات در تهیه نقشه مناطق تغییر یافته - تغییر نیافته تحت تأثیر سیل بیشترین دقت را داشته است. از جمله مطالعاتی که توسط محققین داخل کشور در زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Shafaie (۲۰۰۴) در تحقیقی در دشت قزوین از روش‌های تفاضل تصاویر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، طبقه‌بندی تصویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای پایش تغییرات استفاده کرد. نتایج مطالعات وی نشان داد که روش طبقه‌بندی و مقایسه بعد از آن بهترین روش بوده است و نوع تغییرات نیز در این روش مشخص می‌گردد. نتایج مطالعات وی همچنین نشان داد که ۱۹/۸۶ درصد از منطقه دچار تغییرات شده است. Hakhaky (۲۰۰۳) با استفاده از داده ماهواره لندست به طبقه‌بندی

۱۳۸۰/۱/۲۱ در تاریخ (ETM⁺) لندست (۱۳۶۷/۱/۱۲)، عکس‌های هوایی (۱۳۴۷)، تصاویر Google Earth و نرم‌افزارهای ENVI4.2، Idrisi3.2، ArcGIS9.2 و ILWIS3.3 استفاده شده است. شکل ۱ روند مراحل تحقیق را نشان می‌دهد.

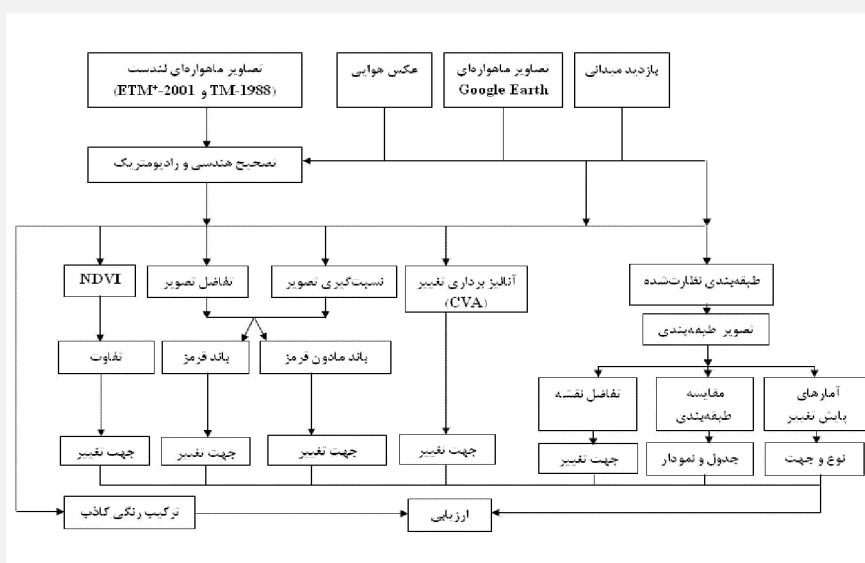
موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و شهرستان دره‌شهر قرار گرفته و دارای مختصات جغرافیایی $32^{\circ} 55' 46''$ تا $57^{\circ} 23' 47''$ طول شرقی و $53^{\circ} 00' 33''$ تا $15^{\circ} 23' 33''$ عرض شمالی می‌باشد (شکل ۲). مساحت منطقه مورد مطالعه 80470 هکتار برآورد شده است.

نظارت شده و روش حداکثر احتمال، تغییرات رخ داده در کلاس‌های جنگل جلگه‌ای غرب گیلان را طی دو دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ بررسی کرد و در نهایت نتیجه گرفت که کلاس‌های جنگل در منطقه مورد مطالعه معادل $1441/5$ هکتار کاهش یافته است. هدف این مطالعه مقایسه برخی از تکنیک‌های پایش تغییر کاربری اراضی/پوشش گیاهی در حوزه دره‌شهر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده لندست (TM) سال ۱۹۸۸ و سنجنده لندست (ETM⁺) سال ۲۰۰۱ بود.

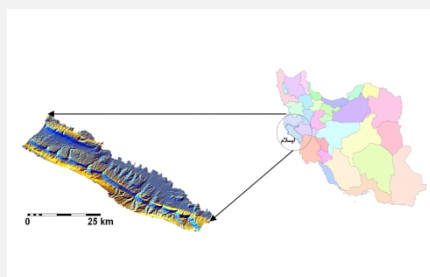
مواد و روش‌ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM) به تاریخ



شکل ۱- نمودار جریان‌ی مراحل تحقیق

شکل ۲- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه



روش کار در تحقیق حاضر شامل مراحل زیر است:

تصحیح رادیومتریک

دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی (Coppin *et al.*, 2004). روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (Du *et al.*, 2002). در این مطالعه از روش کاهش تیرگی پدیده^۸ که به راحتی در نرم‌افزار ENVI قابل اجراست، جهت تصحیح رادیومتریک استفاده شده است. کاهش تیرگی پدیده، یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی است که به طور گسترده در بسیاری از موارد به کار گرفته می‌شود (Chavez, 1996). در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره رنگ دارای تابش صفر در همه طول موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آنها صفر یا نزدیک به یک می‌باشد مثل آب. به این ترتیب اثر اتمسفری تابش انحرافی به صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌گردد. به همین دلیل جهت حذف خطای رادیومتریک بایستی ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل DN مربوط به هر باند کم شود. این فرایند جهت کاهش اثرات پخش اتمسفری بر روی تصویر است.

تصحیح هندسی

در این مرحله اقدام به اعمال تصحیحات هندسی بر روی تصاویر شد و تصاویر ماهواره‌ای TM سال ۱۳۶۷ با استفاده از روش تصویر به تصویر از روی تصویر⁺ ETM+ سال ۱۳۸۰، زمین مرجع شد. برای انجام عملیات زمین مرجع کردن، ۱۷ نقطه کنترل در منطقه مورد مطالعه

در تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها و ... مشخص گردید و در تصاویر متناظر علامت زده شد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده از تابع درجه اول استفاده گردید و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیکترین همسایه استفاده شد و در نهایت تصویر TM با خطای RMSE معادل ۰/۴۷ زمین مرجع گردید. در این مرحله به معرفی و نحوه اجرای تکنیک‌های به کار گرفته شده در این مطالعه جهت پایش تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی می‌پردازیم:

تفاضل تصویر

در این روش براساس رابطه ۱ ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ دوم از ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ اول کم می‌شود. این فرآیند به صورت پیکسل به پیکسل است. نتیجه این روش تولید تصویری است که در آن مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده مناطق تغییر یافته و مقدار صفر نشان‌دهنده عدم تغییر بین دو تاریخ است (Singh, 1989).

$$Dx = x(t_2) - x(t_1) + C \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه فوق x ارزش پیکسل، t_1 تاریخ اول، t_2 تاریخ دوم و C ، عدد ثابت است.

نسبت‌گیری تصویر

در این روش پیکسلی که تغییر در آن رخ نداده نسبت یک و مناطق تغییر یافته مقادیر بزرگتر یا کمتر از یک را به خود اختصاص می‌دهند. رابطه ریاضی آن در زیر ارائه شده است (Singh, 1989):

$$x = x(t_1) / x(t_2) \quad \text{رابطه ۲}$$

تفاضل شاخص پوشش گیاهی

در این روش به صورت مجزا شاخص پوشش گیاهی

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

در این روش به صورت مجزا تصاویر چند زمانه به نقشه-های موضوعی، طبقه‌بندی شده و سپس روش‌هایی از قبیل مقایسه طبقه‌بندی، تفاضل نقشه و آمار تعیین تغییرات^{۱۱} جهت پایش تغییر استفاده می‌گردد. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی جزء روش‌های دسته طبقه‌بندی است. ویژگی این روش این است که اثرات جوی، سنجنده و زیست‌محیطی بین تصاویر چند زمانه را به حداقل رسانده و یک ماتریس کامل از اطلاعات تغییر را فراهم می‌کند. اما معایب آن این است که نیازمند وقت و تخصص زیاد برای ایجاد طبقه‌بندی می‌باشد (Lu et al., 2004).

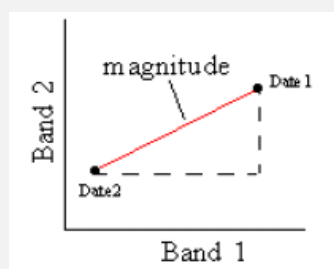
تعیین آستانه

بسیاری از الگوریتم‌های پایش تصویر، از قبیل الگوریتم‌های موجود در دسته‌های جبر و تبدیل (از جمله تفاضل تصویر، نسبت‌گیری تصویر.....)، نیازمند انتخاب آستانه‌ها برای متمایز ساختن مناطق تغییر (افزایشی و کاهشی) از بدون تغییر است (Fung and Ledrew, 1988). معمولاً برای انتخاب آستانه‌ها از دو روش استفاده می‌شود (Yool et al., 1997)

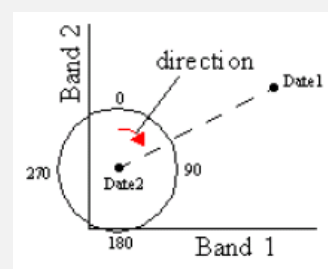
مربوط به دو دوره متفاوت تهیه شده و سپس شاخص پوشش گیاهی ثانویه از شاخص پوشش گیاهی اولیه کم می‌شود. روش تفاضل شاخص پوشش گیاهی جهت تعیین تغییر در پوشش گیاهی خیلی مفید است و می‌تواند جهت بارزسازی اختلاف طیفی بین انعکاس شدید پوشش گیاهی در بخش مادون قرمز نزدیک طیف و باند جذب کلروفیل طیف (باند قرمز) مورد استفاده قرار گیرد (Singh, 1989).

آنالیز برداری تغییر (CVA)

آنالیز برداری تغییر هنگامی که دو باند تصویر (به عنوان مثال باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک) برای هر تاریخ در دسترس است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش دو نوع خروجی ایجاد می‌کند: ۱- بردار تغییر طیفی که جهت تغییر از تاریخ اول تا دوم را توصیف می‌کند. ۲- بزرگی تغییر که به ازای هر پیکسل از طریق تعیین فاصله اقلیدسی بین نقاط انتهایی و به واسطه فضای تغییر n بعدی محاسبه می‌شود. شکل ۳ نمایش گرافیکی تعیین جهت تغییر و شکل ۴ نمایش گرافیکی تعیین بزرگی تغییر بر اساس رابطه ۳ را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمای گرافیکی از بزرگی تغییر



شکل ۳- نمای گرافیکی از جهت تغییر

$$\text{magnitude} = \sqrt{(\text{date2band1} - \text{dateband1})^2 + (\text{date2band2} - \text{dateband2})^2} \quad \text{رابطه ۳}$$

۱- فرایند آزمون و خطا ۲- روش آماری. در این مطالعه از روش آماری که بر اساس انتخاب یک انحراف معیار مناسب از میانگین است، استفاده شد.

برآورد دقت

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت آن است. صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی است (Wright and Morrice, 1997). برای ارزیابی صحت نقشه های طبقه بندی شده به روشهای مختلف، با قطع دادن هر یک از نقشه های طبقه بندی شده با نقشه واقعیت زمینی و تشکیل ماتریس خطا^{۱۲}، از دقت تولید کننده^{۱۳}، دقت استفاده کننده^{۱۴}، دقت کل^{۱۵}، ضریب کاپا^{۱۶}، خطای گماشته شده^{۱۷} و خطای حذف شده^{۱۸} استفاده گردید (Lu et al., 2004).

نتایج

جهت پایش تغییرات کاربری اراضی/پوشش گیاهی در حوزه مورد مطالعه از ۵ تکنیک پایش تغییر استفاده گردید. در این مطالعه پس از تعیین میانگین و انحراف معیار در نقشه های به دست آمده از هر تکنیک پایش تغییر، این نقشه ها استاندارد و سپس با گرفتن آستانه های

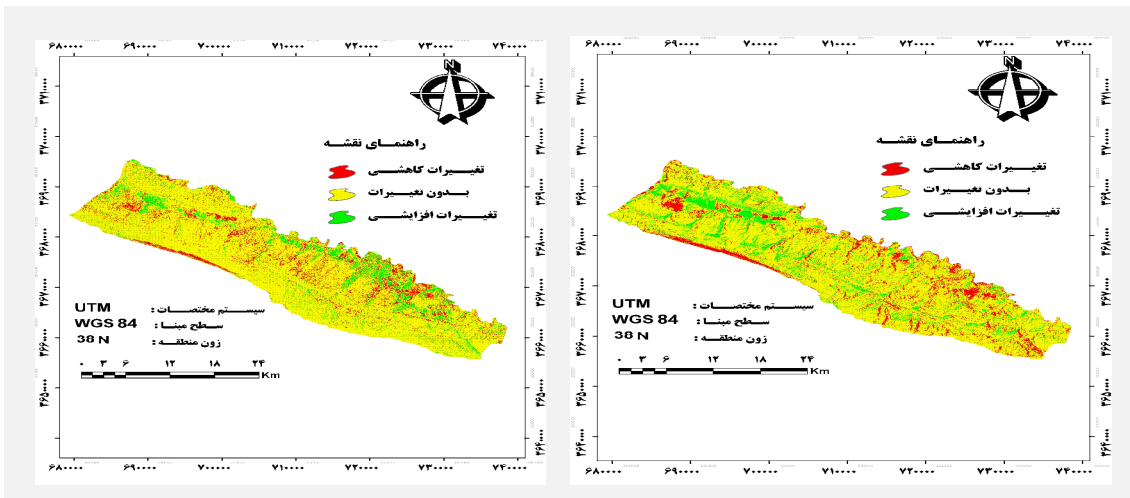
مختلف مشخص گردید که بهترین آستانه جهت تعیین تغییرات در منطقه مورد مطالعه با ± 1 انحراف از میانگین قرار داشته است. بر این اساس مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی و بدون تغییر مشخص شده است.

تفاضل تصویر

در این مطالعه با توجه به معنی دار بودن اختلاف تصاویر دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک نسبت به سایر باندها نتایج به دست آمده از این دو باند جهت تعیین تغییرات مورد استفاده قرار گرفت (اشکال ۵ و ۶). بررسی نقشه های به دست آمده از این روش نشان داده است که تفاضل باند قرمز مناطق دارای تغییرات کاهشی و تفاضل باند مادون قرمز نزدیک مناطق دارای تغییرات افزایشی را بهتر بارز ساخته است.

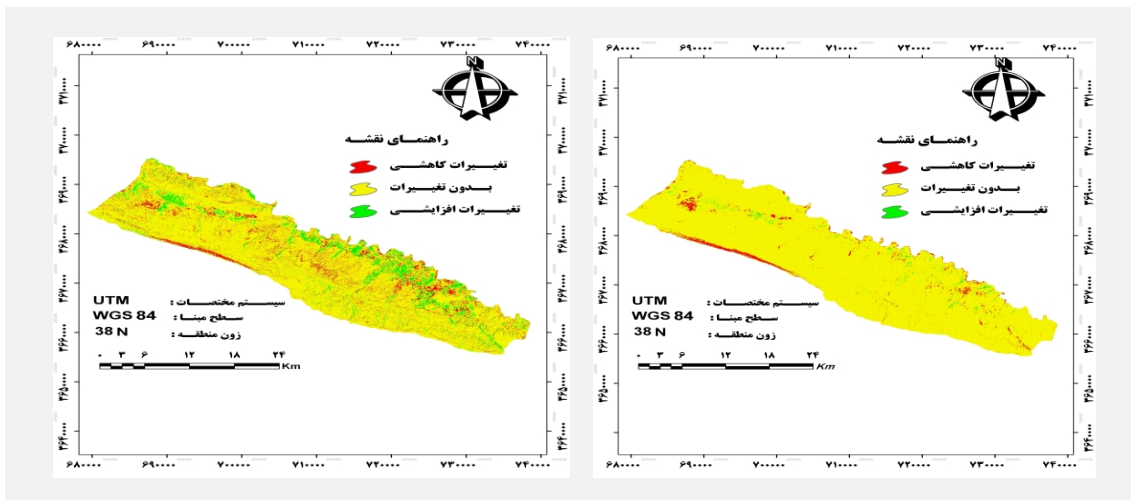
نسبت گیری تصویر

با استفاده از این روش نسبت باند قرمز و مادون قرمز نزدیک در دو تاریخ ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱، تهیه شد (اشکال ۷ و ۸). بررسی نقشه های به دست آمده از این روش نیز مانند روش تفاضل تصویر نشان داد که نسبت باند قرمز مناطق دارای تغییرات کاهشی و نسبت باند مادون قرمز نزدیک مناطق دارای تغییرات افزایشی را بهتر نشان داده است.



شکل ۶- نقشه پایش تغییر- تفاضل باند مادون قرمز

شکل ۵- نقشه پایش تغییر- تفاضل باند قرمز



شکل ۸- نقشه پایش تغییر- نسبت باند مادون قرمز

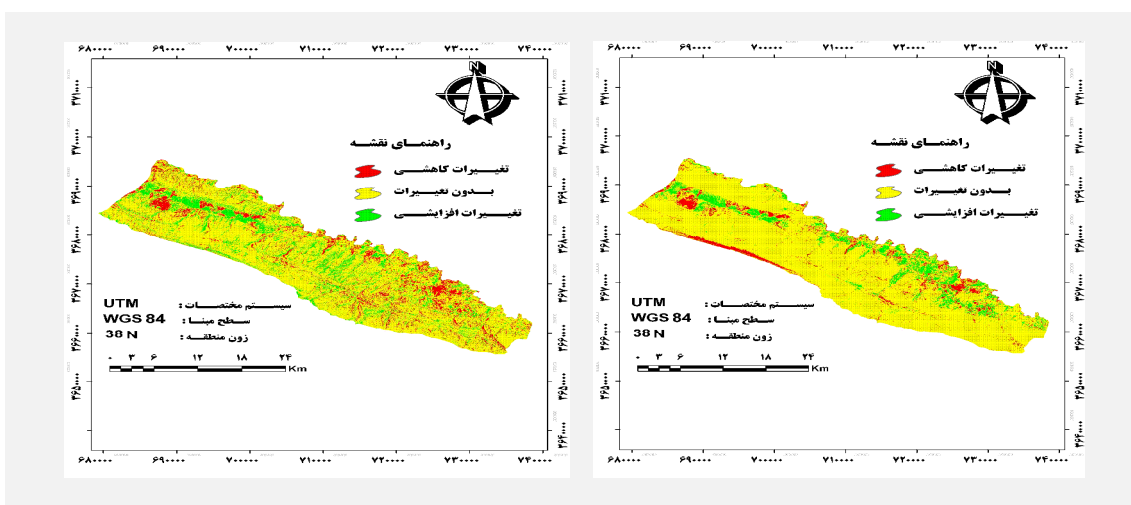
شکل ۷- نقشه پایش تغییر- نسبت باند قرمز

آنالیز برداری تغییر

این روش می‌تواند تمام تغییرات بزرگتر از آستانه‌های شناسایی شده را پایش کند و می‌تواند اطلاعات جزئی تغییر را فراهم نماید. در این مطالعه از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک جهت پایش تغییر با استفاده از آنالیز برداری تغییر استفاده شده است (شکل ۱۰). این روش بزرگترین تغییرات کاهش و افزایشی رخ داده در منطقه مورد مطالعه را بارز کرده است.

تفاضل شاخص پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در دو تاریخ ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱، نقشه تفاضل شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تهیه شده است (شکل ۹). نقشه به دست آمده از این تکنیک نشان می‌دهد که این تکنیک در تفکیک کلاس‌های تغییر، به نحو بهتری عمل کرده است.



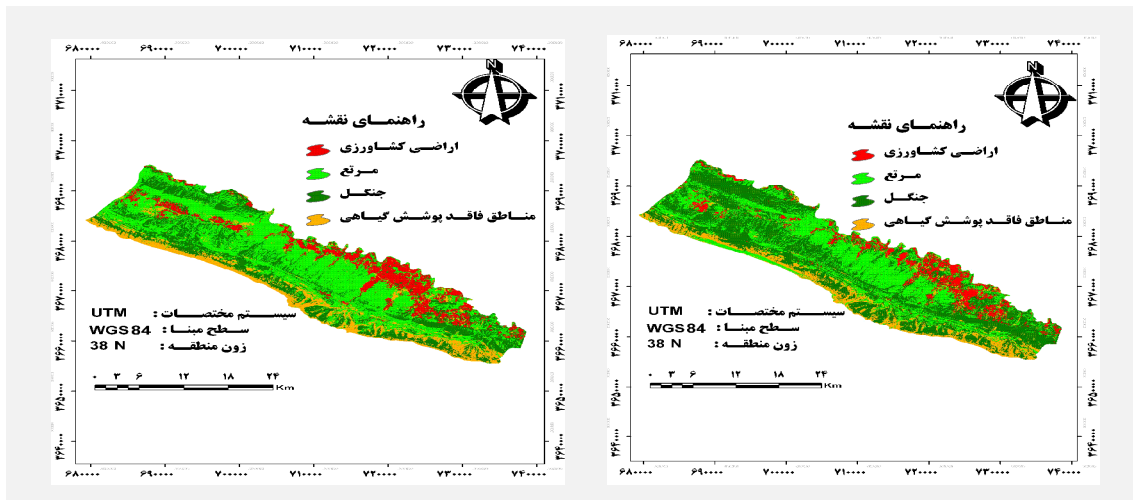
شکل ۱۰- آنالیز برداری تغییر- بزرگی تغییر

شکل ۹- نقشه پایش تغییر، تفاضل شاخص پوشش

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، کلاس‌های کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در چهار گروه تحت عنوان کلاس اراضی کشاورزی، مرتع، جنگل و مناطق فاقد پوشش گیاهی (مناطق مسکونی، اراضی صخره‌ای و ...) تعیین و سپس نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در محدوده

مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص نمودن میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها، طبقه‌بندی به صورت نظارت‌شده و با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال انجام گرفت و نقشه‌های پوشش اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱ تهیه شد (اشکال ۱۱ و ۱۲). در نهایت با انجام عملیات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Google Earth و نمونه‌برداری تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه، پارامترهای آماری ماتریس خطا، دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، خطای گمناشته‌شده و خطای حذف‌شده به شرح جداول ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ استخراج گردید.



شکل ۱۲ - نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده ETM (۱۳۸۰)

شکل ۱۱ - نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده TM (۱۳۶۷)

جدول ۱ - ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر TM سال ۱۳۶۷

کلاس	اراضی کشاورزی	مرتع	جنگل	مناطق فاقد پوشش	مجموع	خطای گمناشته‌شده (درصد)
اراضی کشاورزی	۱۰۰	۱/۵۰	۲/۷۵	۰	۲۶/۰۶	۴/۰۸
مرتع	۰	۷۳	۴/۵۰	۱/۵۰	۱۹/۷۵	۷/۵۹
جنگل	۰	۱۹/۵۰	۸۶/۲۵	۱	۲۶/۶۹	۱۹/۲۰
مناطق فاقد پوشش	۰	۶	۶/۵۰	۹۷/۵۰	۲۷/۵۰	۱۱/۳۶
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
خطای حذف‌شده (درصد)	۰	۲۷	۱۳/۷۵	۲/۵۰	-	-

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر ETM⁺ سال ۱۳۸۰

خطای گماشته شده (درصد)	مجموع	مناطق فاقد پوشش	جنگل	مرتع	اراضی کشاورزی	کلاس
۵/۶۶	۲۶/۵۰	۰	۵/۵۰	۰/۵۰	۱۰۰	اراضی کشاورزی
۷/۳۸	۲۲/۸۸	۴/۵۰	۲/۲۵	۷۵/۸۴	۰	مرتع
۱۲/۴۱	۲۵/۱۹	۱	۸۸/۲۵	۱۱/۵۰	۰	جنگل
۷/۱۳	۲۵/۴۴	۹۴/۵۰	۴	۳/۲۵	۰	مناطق فاقد پوشش
-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مجموع
-	-	۵/۵۰	۱۱/۷۵	۱۵/۲۵	۰	خطای حذف شده (درصد)

جدول ۳- مشخصات آماری دقت تولیدکننده و دقت استفاده‌کننده برای طبقه‌بندی تصویر TM

دقت استفاده‌کننده (درصد)	دقت تولیدکننده (درصد)	کلاس
۹۵/۹۲	۱۰۰	اراضی کشاورزی
۹۲/۴۱	۷۳	مرتع
۸۰/۸۰	۸۶/۲۵	جنگل
۸۸/۶۴	۹۷/۵۰	مناطق فاقد پوشش

جدول ۴- مشخصات آماری دقت تولیدکننده و دقت استفاده‌کننده برای طبقه‌بندی تصویر ETM⁺

دقت استفاده‌کننده (درصد)	دقت تولیدکننده (درصد)	کلاس
۹۴/۳۴	۱۰۰	اراضی کشاورزی
۹۲/۶۲	۸۴/۷۵	مرتع
۸۷/۵۹	۸۸/۲۵	جنگل
۹۲/۸۷	۹۴/۵۰	مناطق فاقد پوشش

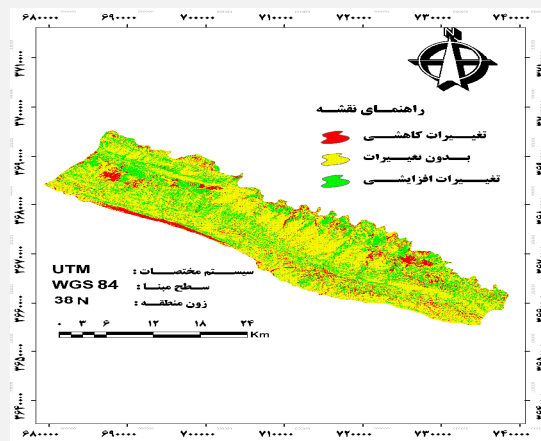
جدول ۵- ارزیابی دقت طبقه‌بندی برای نقشه‌های کاربری استخراج شده از تصاویر TM و ETM⁺

دقت طبقه‌بندی (بر حسب درصد)	ضریب کاپا	نقشه کاربری بدست آمده از تصویر
۸۹/۱۸	۰/۸۵	TM (۱۳۶۷)
۹۱/۸۷	۰/۸۹	ETM ⁺ (۱۳۸۰)

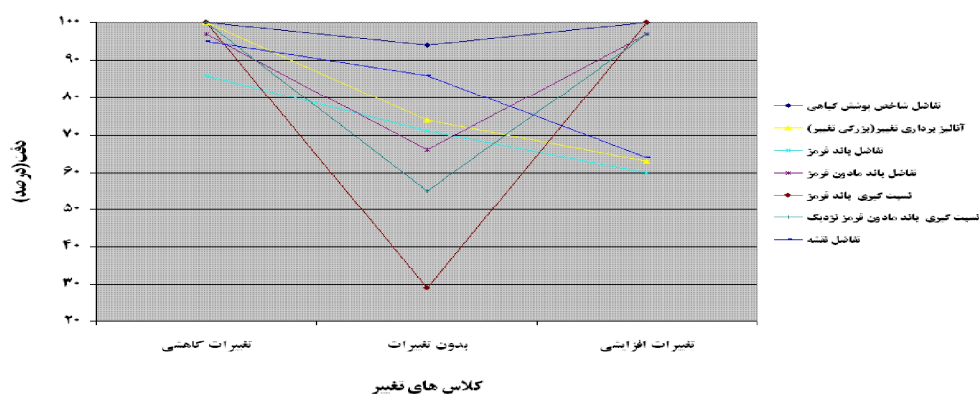
روش تفاضل نقشه

یکی از نتایج حاصل از نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت شده در دو تاریخ ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰، تعیین تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی با استفاده از روش تفاضل نقشه است. بدین صورت که نقشه‌های کاربری اراضی/ پوشش گیاهی حاصل از طبقه‌بندی نظارت شده در تاریخ دوم از نقشه کاربری اراضی/ پوشش گیاهی در تاریخ اول تفریق می‌گردد. نتایج حاصل از این روش جهت تفکیک کلاس‌های تغییر در شکل ۱۳ ارائه شده است.

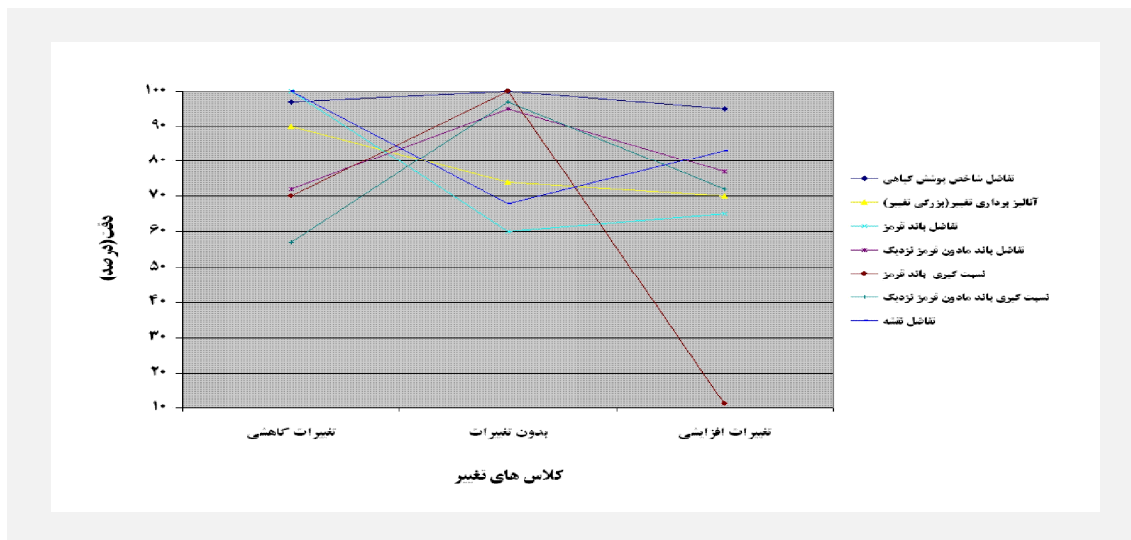
جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های مورد استفاده در این مطالعه ۲۰۰ نقطه واقعیت زمینی از مناطق دارای تغییرات کاهشی، افزایشی و بدون تغییر با استفاده از تصاویر Google Earth، تصاویر رنگی کاذب TM و ETM⁺ و بازدیدهای میدانی برداشت شده و بر اساس آن‌ها دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، دقت کل و ضریب کاپا برآورد گردید که نتایج آن در اشکال ۱۴، ۱۵ و ۱۶ ارائه شده است.



شکل ۱۳- نقشه پایش تغییر- تفاضل دو نقشه طبقه‌بندی شده مربوط به سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰



شکل ۱۴- دقت تولید کننده برای تکنیک‌های مختلف پایش تغییر



شکل ۱۵- دقت استفاده کننده برای تکنیک‌های مختلف پایش تغییر



شکل ۱۶- دقت کل و ضریب کاپا برای تکنیک‌های مختلف پایش تغییر

همان‌طور که در شکل ۱۴ مشخص است میزان دقت تولید کننده در هر سه کلاس تغییر در روش تفاضل NDVI از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. در حالی که کم‌ترین دقت در کلاس بدون تغییر مربوط به روش نسبت‌گیری باند قرمز و در کلاس‌های تغییر کاهشی و افزایشی مربوط به روش تفاضل باند قرمز است. شکل ۱۵ دقت استفاده کننده برای تکنیک‌های

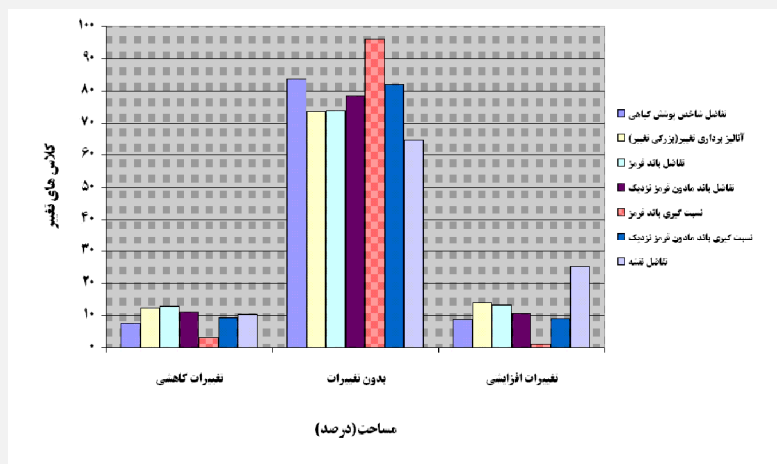
مختلف پایش تغییر را ارائه کرده است. همان‌طور که در شکل ۱۵ مشخص است بیشترین دقت استفاده کننده برای کلاس‌های بدون تغییر و تغییرات افزایشی مربوط به روش تفاضل NDVI است و دو روش تفاضل باند قرمز و تفاضل نقشه بیشترین دقت استفاده کننده برای کلاس تغییرات کاهشی را داشته‌اند. در حالی که کم‌ترین دقت استفاده کننده برای کلاس تغییرات کاهشی مربوط به

آمده از تکنیک‌های مختلف پایش تغییر در این مطالعه در شکل ۱۷ ارائه شده است. با توجه به اینکه روش پس از طبقه‌بندی امکان بررسی نوع و میزان تغییرات را نیز فراهم می‌آورد. نتایج حاصل از این روش در ادامه ارائه شده است:

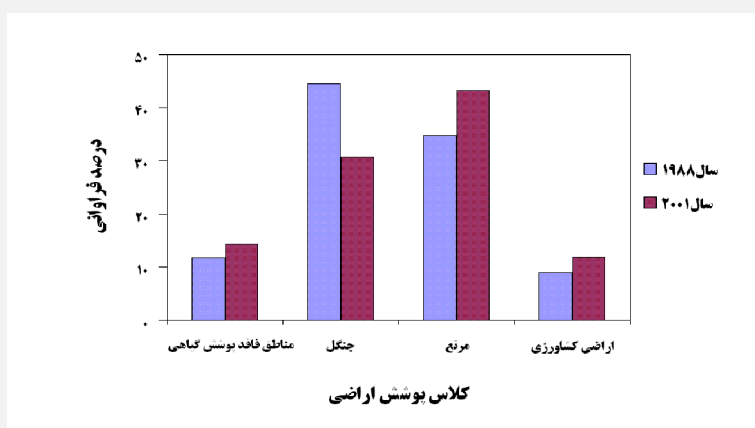
مقایسه طبقه‌بندی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی/ پوشش گیاهی دو تاریخ، ابتدا مساحت و درصد چهار کلاس پوشش اراضی به دست آمد که نتایج حاصل از آن در شکل ۱۸ ارائه شده است.

روش نسبت‌گیری باند مادون قرمز نزدیک است و برای کلاس بدون تغییر مربوط به روش تفاضل باند قرمز و برای کلاس تغییرات افزایشی مربوط به نسبت باند قرمز است. شکل ۱۶ نیز میزان دقت کل و ضریب کاپا برای روش‌های مختلف پایش تغییر بر حسب درصد را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است روش تفاضل NDVI بیشترین دقت کل و ضریب کاپا را داراست در حالی که روش نسبت‌گیری باند قرمز از کم‌ترین دقت کل و ضریب کاپا نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بوده است. درصد کلاس‌های تغییر به دست



شکل ۱۷- فراوانی کلاس‌های تغییر به دست آمده از تکنیک‌های مختلف پایش تغییر



شکل ۱۸- درصد فراوانی کلاس‌های پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰

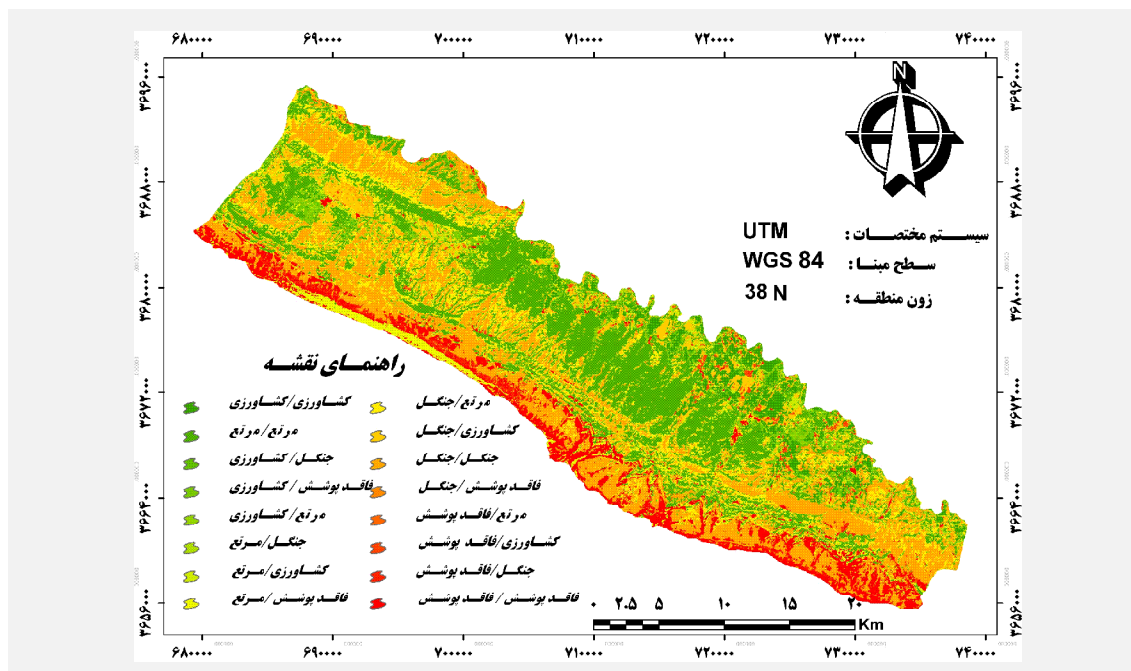
آمار پایش تغییر

بیشترین تغییرات منفی در مناطق جنگلی بوده است. شکل ۱۹، نقشه حاصل از قطع دادن دو نقشه طبقه‌بندی شده در سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰ است این نقشه تغییرات کلاس‌های مختلف نقشه کاربری اراضی/پوشش گیاهی سال ۱۳۶۷ را نسبت به کلاس‌های مختلف کاربری اراضی/پوشش گیاهی سال ۱۳۸۰ نشان می‌دهد.

در این روش کلاس‌های دو نقشه طبقه‌بندی شده یک به یک با هم مقایسه می‌شود. در نتیجه با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. نتایج این روش در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج این جدول به خوبی نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات مثبت در اراضی کشاورزی و

جدول ۶- نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ (برحسب درصد)

عنوان	اراضی کشاورزی	مرتع	جنگل	مناطق فاقد پوشش گیاهی
اراضی کشاورزی	۴۱/۷۶	۳/۶۱	۵/۴۹	۵/۷۱
مرتع	۱۷/۶۴	۵۶/۷۸	۱۳/۹۶	۲۶/۷۱
جنگل	۳۳/۵۵	۳۵/۹۳	۷۴/۹۴	۱۵/۰۳
مناطق فاقد پوشش گیاهی	۷/۲۳	۳/۶۸	۵/۶۱	۵۲/۵۵
کل کلاس	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تغییرات کلاس	۵۸/۲۴	۴۳/۲۲	۲۵/۰۶	۴۷/۴۵
تفاوت نقشه	۳۱/۷۱	۲۴/۵۴	-۳۱/۳۹	۲۲/۴۷



شکل ۱۹ - نقشه حاصل از قطع دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰

بحث

در این مطالعه پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریکی، تکنیک‌های مختلف پایش تغییر به کار گرفته شد. در مرحله بعد جهت تعیین آستانه تغییرات در روش‌هایی که نیازمند تعیین آستانه هستند از روش آماری استفاده شد و بر این اساس مشخص گردیده که آستانه تغییر در منطقه مورد مطالعه با ± 1 انحراف از میانگین قرار داشته است. سپس کلاس‌های تغییر با توجه به آستانه به دست آمده تعیین شد. و در نهایت دقت تکنیک‌های مختلف پایش تغییر ارزیابی گردیده است. ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر در منطقه دره شهر نشان داد که روش تفاضل NDVI با دقت کل ۹۸/۵ و ضریب کاپای ۹۷ درصد بیشترین دقت و روش نسبت گیری باند قرمز با دقت کل ۷۲/۵ و ضریب کاپای ۵۰ درصد کم‌ترین دقت را در تفکیک کلاس‌های تغییر داشته است.

به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه، موافق نتایج بدست آمده توسط Lyon و همکاران (1998)، Michener و Houhoulis (1997) و Shafaie (۲۰۰۴) بوده که در آن‌ها روش‌های تفاضل NDVI و مقایسه پس از طبقه‌بندی را به عنوان روش‌های مناسب جهت پایش تغییر شناخته شده‌اند. در ضمن، نتایج این تحقیق بر خلاف نتایج بدست آمد توسط Gupta و Parkash (۱۹۹۸) می باشد که اظهار داشته‌اند هیچ‌گونه تفاوت قابل توجهی بین روش‌های پایش تغییر کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد و هر روش مزایای خود را دارد. اگرچه مطالعات زیادی در ارتباط با کاربردهای پایش تغییر اجرا شده و روش‌های مختلف پایش تغییر آزمایش شده اما هنوز این سؤال که کدام روش برای یک منطقه خاص بهتر است بدون پاسخ مانده است. بررسی انجام شده تا کنون یک روش منحصر به فرد برای تمام موارد نشان نمی‌دهند. انتخاب یک روش مناسب

پایش تغییر به دانش تحلیل گر در زمینه روش‌های پایش تغییر و مهارت در به کار بردن داده‌های سنجنش از دور، داده‌های تصویری مورد استفاده و مشخصات منطقه مورد مطالعه دارد. به خاطر سختی شناسایی یک روش مناسب، در عمل روش‌های مختلف پایش تغییر برای فراهم کردن بهترین نتیجه بر اساس ارزیابی درستی یا ارزیابی کیفی مقایسه و آزمایش می‌شود. بررسی آمار و نتایج به دست آمده در این مطالعه به خوبی نشان می‌دهد که در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ اراضی کشاورزی بیشترین تغییرات مثبت را داشته‌اند. اضافه شدن این اراضی به قیمت از دست رفتن اراضی ملی بوده است. در این فاصله زمانی اراضی مرتعی نیز دچار تغییر و تحول شده‌اند که تغییرات مثبت در آنها را می‌توان به دلیل رها نمودن اراضی کشاورزی سال‌های قبل، که بازده و کارایی خود را از دست داده‌اند دانست. چون که اکثر اراضی کشاورزی منطقه بر روی دامنه‌های شیب‌دار قرار گرفته‌اند و بر اثر تغییر کاربری از اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی، خاک و مواد حاصلخیز این اراضی بر اثر فرسایش از دسترس خاج می‌شود و به مرور زمان رها می‌گردند. بررسی آمار و نتایج به دست آمده، همچنین نشان‌دهنده افزایش مناطق فاقد پوشش گیاهی است که بخشی از آن را مناطق مسکونی در بر می‌گیرد، این خود بیانگر رشد و توسعه مناطق مسکونی و توسعه شهرنشینی طی این سال‌ها می‌باشد.

پی‌نوشت‌ها

- 1-Change detection
- 2- Image differencing
- 3- Image ratioing
- 4- NDVI differencing
- 5- Change vector analysis (CVA)
- 6- Post classification comparison

Fung, T. and E. Ledrew (1988). The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54: 1449–1454.

Hakhaky, M. (2003). Investigating degradation of Lowland forests of western Guilan. MSc thesis, Natural Resources College, Guilan University.

Lu, D., P. Mausel, E. Brondi'zio and E. Moran (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (12): 2365-2407.

Lyon, J.G., D. Yuan, R.S. Lunetta and C.D. Elvidge (1998). A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64: 143-150.

Michener, W. K and P.F. Houhoulis (1997).

Detection of vegetation changes associated with extensive flooding in a forested ecosystem. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63: 1363–1374.

Parkash, A. and R.P. Gupta (1998). Land-use mapping and change detection in a coal mining area-A case study in the Jharia coalfield, India. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 391-410.

Petit, C., T. Scudder and E. Lambin., (2001). Quantifying processes of land-cover change,

7- Remote Sensing

8- Dark Object Subtraction (DOS)

9- Preclassification

10- Postclassification

11- Change detection statistics

12- Confusion matrix

13- Producer's accuracy

14- User's accuracy

15- Overall accuracy

16- Kappa coefficient

17- Commission

18- Omission

منابع

Chavez, P.S. (1996). Image-based atmospheric corrections-Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025- 1036.

Coppin, P., I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys and E. Lambin (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 1565-1596.

Dhakal, A.S., T. Amada, M. Aniya and R.R. Sharma (2002). Detection of areas associated with flood and erosion caused by a heavy rainfall using multitemporal Landsat TM dat. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68: 233-240.

Du, Y., P.M. Teillet and J. Cihlar (2002). Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82: 123-134.

Yool, S.R., M.J. Makaio and J.M. Watts (1997).
Techniques for computer-assisted mapping
of rangeland change. *Journal of Range
Management*,50:3.



resettlement and rapid land-cover change in
southeastern Zambia. *International Journal
of Remote Sensing*, 22: 3435-3456.

Sepehry, A. and L. Gang-Jun (2006). Flood
induced land cove change detection using
multitemporal ETM⁺ imagery. *Proceedings
of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on
Land Use and Land Cover*, 399-406.

Shafaie, M. (2004). Application of remote
sensing technology in monitoring and
modelling landuse changes in Ghazvin
lowlands. MSc thesis, tabriz university,
human and social sciences college.

Silapaswan, C.S., D.L. Verbyla and A.D.
Mcguire (2001). Land cover change on the
Seward Peninsula: the use of remote sensing
to evaluate the potential influences of
climate warming on historical vegetation
dynamics. *Canadian Journal of Remote
Sensing*, 27: 542–554.

Singh, A. (1989). Digital change detection
techniques using remotely sensed data.
International Journal of Remote Sensing, 10:
989-1003.

Wright, G.G. and J.G. Morrice (1997). Landsat
TM spectral information to enhance the
landcover of Scotland, 1998 *Dataest, Int,
J.Remote Sensing*, Vol. 18, No. 18, pp 1997
– 3834.