



دانشگاه گوار، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم، شماره سوم، ۱۳۹۲

<http://jwfst.gau.ac.ir>

بررسی مقایسه‌ای روش‌های کشف تغییرات گستره جنگل

با استفاده از داده‌های سنجنده‌های TM و ETM⁺

پروین رنجبرنژاد^۱، *شعبان شتایی^۲ و عبدالرسول سلمان ماهینی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲دانشیار دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳دانشیار دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۷

چکیده

در این پژوهش ۳ روش متداول کشف تغییرات شامل مقایسه پس از طبقه‌بندی، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی و تفاضل مؤلفه‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی یک زمانه و دو زمانه در بررسی میزان، نوع و نرخ تغییرات گستره جنگل در طرح جنگل‌داری گلیداغی استان گلستان با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM (سال ۱۹۸۷) و ETM⁺ (سال ۲۰۰۱) مورد مقایسه قرار گرفتند. پس از تطابق هندسی تصاویر، در روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، نمونه‌های تعلیمی از طبقات جنگل و غیرجنگل انتخاب و طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال بر روی تصاویر انجام گرفت. ارزیابی صحت با استفاده از تعدادی نقاط واقعیت زمینی نمونه‌ای صورت گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که صحت کلی نتایج طبقه‌بندی با تصاویر TM و ETM⁺ به ترتیب برابر با ۹۲/۰۹ درصد و ۹۲/۶۶ درصد بوده است. نتایج طبقه‌بندی به منظور کشف تغییرات با همدیگر تقابل داده شدند و نقشه تغییرات جنگل تهیه گردید. در روش تفاضل NDVI، تصاویر NDVI مربوط به دو دوره ایجاد و با یکدیگر تفریق داده شدند. میزان حدود آستانه تغییرات با استفاده از ۸۰ نقطه از مناطق بدون تغییرات از جنگل و غیرجنگل به دست آمد و نقشه تغییرات با اعمال حدود آستانه معادل یک و دو برابر انحراف از معیار بر روی تصویر تفاضلی NDVI تهیه گردید. نتایج ارزیابی با نمونه‌های واقعیت زمینی در این روش نشان داد که نقشه تغییرات به دست آمده با استفاده از اعمال حد آستانه با دو برابر انحراف از معیار دارای دقت بیشتری در مقایسه با نقشه به دست آمده از اعمال آستانه

* مسئول مکاتبه: shataee@yahoo.com

یک برابر انحراف معیار می‌باشد. در روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی یک زمانه، دو مؤلفه اول تصاویر سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ انتخاب و از یکدیگر تفریق شدند. در روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی دو زمانه، مؤلفه‌های سوم و چهارم به دست آمده از آنالیز مؤلفه‌های هم‌زمان تصاویر TM و ETM⁺ (۱۲ باند)، انتخاب گردیدند. پس از اعمال حد آستانه، نقشه تغییرات- نبود تغییرات منطقه به دست آمد. به‌طور کلی، مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده به دست آمده از روش‌های بررسی با نقشه واقعیت زمینی، نشان داد روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با صحت کلی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای حدود ۰/۵۱ نسبت به سایر روش‌های کشف تغییرات، دارای بهترین نتیجه می‌باشد و بهتر توانست تغییرات گستره جنگل را نشان دهد.

واژه‌های کلیدی: روش‌های کشف تغییرات، گستره جنگل، TM، ETM⁺، گلیداغی

مقدمه

جنگل‌های شمال به‌عنوان مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی کشور و منبع تولید چوب و سایر فرآورده‌های جنگلی می‌باشند که از نظر تعداد گونه‌های درختی و درختچه‌ای جزو جنگل‌های غنی از گونه محسوب می‌شود (مروی‌مهاجر، ۲۰۰۵). اهمیت این جنگل‌ها از نظر تجاری و زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که اطلاعات کمی و کیفی به هنگام و دقیقی از آن تهیه و تغییرات آن در طول دوره‌های نه چندان طولانی مدت تعیین گردد. کشف تغییرات^۱ به موقع و دقیق از عوارض سطح زمین برای درک روابط و فعل و انفعالات بین انسان و پدیده‌های طبیعی به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر برای مدیریت و استفاده بهینه از منابع بسیار مهم است (قنبری و شتایی، ۲۰۰۸). طبق گزارش فائو، هر ساله از جنگل‌های جهان از بین می‌رود. بیش‌ترین مقدار جنگل‌زدایی در امریکای مرکزی با میزان ۱/۳ درصد یا ۲۸۵۰۰۰ هکتار به‌طور سالیانه اتفاق می‌افتد و در کشورهای آسیایی هم‌چون بنگلادش، بوتان، بروئی، کامبوج، هند، اندونزی، لائوس، این مقدار در حدود ۱ درصد می‌باشد (باتلر، ۲۰۰۵). تعیین میزان و موقعیت مکانی تغییرات حادث شده یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی‌ها برای هر منبع می‌باشد. به‌منظور بررسی تغییرات رخ داده در یک منطقه از روش‌های مختلف کشف تغییرات استفاده می‌شود. انتخاب روش مناسب به‌منظور آشکارسازی و کشف بهتر تغییرات، به‌دلیل تأثیر در نتایج آشکارسازی اقدامی مهم به‌شمار می‌رود. روش‌های تفاضل تصاویر^۲، نسبت‌گیری تصاویر^۳، تحلیل

- 1- Change Detection
- 2- Image Differencing
- 3- Image Ratioing

مؤلفه‌های اصلی^۱، استفاده از منطق فازی^۲، مقایسه پس از طبقه‌بندی^۳، طبقه‌بندی طیفی - زمانی^۴، از مهم‌ترین روش‌های آشکارسازی تغییرات می‌باشند (ربیعی، ۲۰۰۴). در بین این روش‌ها روش مقایسه پس از طبقه‌بندی به‌طور عموم به‌عنوان بهترین روش توسط پژوهش‌گران (تیلور و فرانکسیس، ۱۹۹۹؛ ماس، ۱۹۹۹؛ آچاریا، ۲۰۰۲؛ ویرک و کینگ، ۲۰۰۶؛ عباسی، ۲۰۰۸؛ اسماعیل‌پور، ۲۰۰۸؛ وانگ، ۲۰۰۹) معرفی می‌شوند. نشاط (۲۰۰۲)، برای پی بردن به‌شدت و میزان تغییرات به‌وجود آمده از وقوع چندین خشک‌سالی و سیل در استان گلستان، از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM⁺ سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۱ و از روش‌های تفریق و تقسیم تصاویر و تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای کشف تغییرات و از قوانین و منطق فازی در ترکیب و تلفیق اطلاعات تغییرات استفاده نمود. نتایج این پژوهش گسترش ۷ درصدی سطح شهر گرگان طی این دوره ده‌ساله، کاهش سطح جنگل از ۴۲/۳ به ۳۷/۷ درصد (۴/۶ درصد) و کاربری کشاورزی از ۳۹ به ۳۷ درصد را نشان داد. حقیقی (۲۰۰۳)، به‌منظور بررسی تغییرات توده‌های جنگلی جلگه‌ای غرب گیلان از داده‌های ماهواره‌های لندست TM و ETM⁺ مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۰ و از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال استفاده نمود. میزان تغییرات جنگل در این دوره ۹ ساله ۱۴۴۱/۵ هکتار گزارش شده است. رفیعیان (۲۰۰۳)، تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۸۰ را با سنجنده ETM⁺ در منطقه بابل بررسی کرد. بررسی تغییرات با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی انجام گرفت. نتایج نشان داد که به‌میزان ۸/۲ درصد از سطح اولیه جنگل‌ها کاسته شده است. سپهری و لیو (۲۰۰۶) به‌منظور شناسایی تغییرات پوشش زمین به‌وجود آمده توسط سیل ناگهانی که در آگوست ۲۰۰۱ بسیاری از زمین‌های کشاورزی و نواحی جنگلی پارک ملی گلستان در شمال ایران را از بین برد، پژوهشی را با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ با تکنیک‌های مختلف تفریق تصاویر (تفریق بازتاب/تشنع)، تفریق شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی، آنالیز برداری تغییرات و مقایسه پس از طبقه‌بندی انجام دادند. به‌منظور تعیین آستانه در روش شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی از ارزش آستانه‌ای در دامنه حداقل ۰/۰۲ و حداکثر ۰/۱۶ استفاده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از آستانه ۰/۰۲ منتج به نقشه‌هایی با صحت بالاتر شد. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده برتری روش آنالیز برداری تغییرات، در ارایه نقشه دقیق‌تری از تغییرات مناطق بوده است. اسماعیل‌پور پوده (۲۰۰۶)، به‌منظور بررسی تغییرات در حوزه آب‌خیز شلمان‌رود در

- 1- Principal Component Analysis
- 2- Fuzzy Logic
- 3- Post Classification
- 4- Spectral-Temporal Classification

شرق گیلان از تصویر ماهواره‌ای سنجنده TM سال ۱۹۸۷ و تصویر ETM⁺ سال ۲۰۰۲ و روش‌های کشف تغییرات تفریق تصاویر، شاخص تفاوت پوشش گیاهی و مقایسه پس از طبقه‌بندی روی داده‌های موردنظر استفاده نمود. نتایج نشان داد که روش مقایسه پس از طبقه‌بندی صحت بالاتری را نشان داد و در مجموع در این منطقه سالیانه به‌طور متوسط ۳۴/۷ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه مورد تخریب واقع شده است. قنبری و شتابی (۲۰۰۹)، به‌منظور بررسی روند تغییرات سطح جنگل‌های جنوب گرگان، از تصاویر سنجنده ASTER مربوط به سال ۱۳۸۵ و عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵ و ۱۳۷۳ منطقه استفاده نمود. به‌منظور کشف تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد. نتایج طبقه‌بندی نشان داد که در دوره زمانی اول (۷۳-۴۵) میزان ۹۶۴/۵۶ هکتار از جنگل‌ها (نرخ تغییرات سالیانه ۳۳/۲۶ هکتار) کاسته شده است. در دوره زمانی دوم (۸۵-۷۳) میزان ۱۳۷/۷۸ هکتار از جنگل‌ها (نرخ تغییرات سالیانه ۱۰/۵۹۸ هکتار) کاسته شده است و در دوره زمانی سوم (۸۵-۴۵) میزان ۱۱۰۲/۳۵ هکتار از جنگل‌ها (نرخ تغییرات سالیانه ۲۶/۸۸۶ هکتار) کاسته شده است.

آچاریا (۲۰۰۲)، تکنیک‌های مختلفی از کشف تغییرات شامل مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفریق تصاویر و ترکیبات چند زمانی برای کشف تغییرات در سری چایت وان در نپال را مورد استفاده قرار داد. طبقه‌بندی تصاویر موجود بر مبنای داده‌های سنجنده TM لندست-۵ مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۰ انجام گرفت. اگرچه آن ۳ تکنیک بیش‌تر نتایج مشابهی داشتند اما روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی و تفریق تصاویر به‌نسبت برتری داشتند.

ویرک و کینگ (۲۰۰۶) تغییرات جنگل را در کارناتای هندوستان با استفاده از داده‌های سنجنده TM لندست ۵ سال ۱۹۸۶ و داده‌های سنجنده ETM⁺ لندست ۷ سال ۲۰۰۳ و با استفاده از تکنیک‌های کشف تغییرات تفاضل شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی، تفاضل مؤلفه دوم آنالیز مؤلفه‌های اصلی تصاویر (PC2) و تفاوت شاخص سبزی‌نگی تسلدکپ و مقایسه نتایج آن‌ها با روش مقایسه پس از طبقه‌بندی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که در مجموع روش پس از طبقه‌بندی قادر است با صحت بیش‌تری تغییرات را در این دوره ۱۷ ساله شناسایی کند. کولهمن و باند (۲۰۰۸) به‌منظور شناسایی تغییرات پوشش زمینی ناحیه شهری استکهلم در فاصله زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۴ از تصاویر چندطیفی SPOT و روش‌های کشف تغییرات تفریق تصاویر، آنالیز مؤلفه‌های اصلی و آنالیز برداری تغییرات با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی^۱ (NDVI) و شاخص

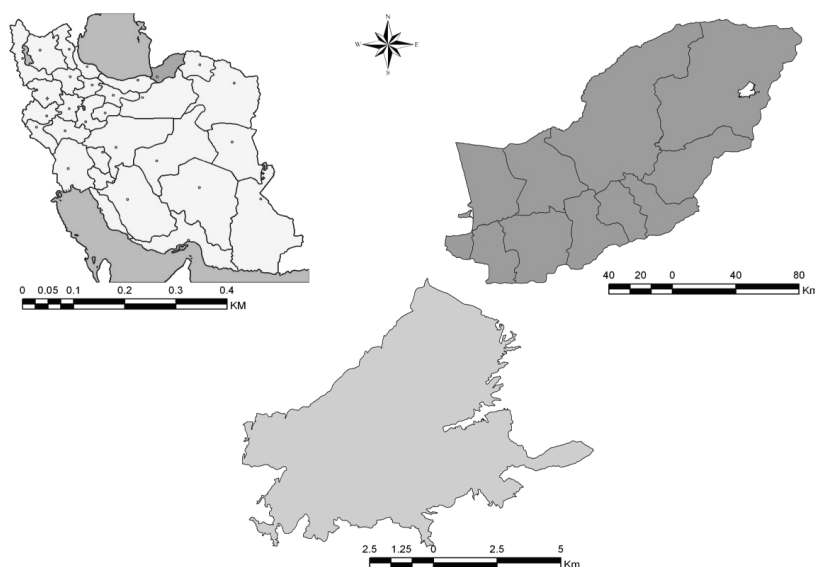
1- Normalized Differenced Vegetation Index

درخشندگی^۱ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که روش تفریق تصاویر مؤلفه دوم آنالیز مؤلفه‌های اصلی بهتر از روش آنالیز برداری بوده است. وانگ و ژون (۲۰۰۹) برای مقایسه تکنیک‌های کشف تغییرات در سنجش از دور برای برآورد خرابی‌های ناشی از طوفان در جنگل، از ۴ روش کشف تغییرات شامل تفریق تصاویر یک‌متغیره، آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی، آنالیز برداری تغییرات و مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده نمودند. در بین این روش‌ها، روش مقایسه پس از طبقه‌بندی بالاترین صحت را داشته است. هدف از این پژوهش، مقایسه سه روش کشف تغییرات شامل مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاوت مؤلفه‌های آنالیز PCA و تفاضل شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی در کشف تغییرات گستره جنگل‌های حوزه گلیداغی استان گلستان و تعیین میزان و نرخ تغییرات سالیانه در یک دوره زمانی ۱۴ ساله با استفاده از تصاویر TM و ETM⁺ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه طرح جنگلداری گلیداغی است که در محدوده شهرستان کلاله در استان گلستان واقع شده است. این طرح بخشی از اراضی جنگلی حوزه‌های آب‌خیز شماره ۹۹ مربوط به حوزه آب‌خیز گرگان‌رود و شماره ۱۰۰ مربوط به حوزه آب‌خیز اترک‌رود بوده و با حداقل ارتفاع ۷۵۰ متر و حداکثر ارتفاع ۱۴۵۰ متر، از دو سری به هم پیوسته در مجموع به مساحت کل ۶۳۳۲ هکتار در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۵ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۲ دقیقه و ۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۳۸ دقیقه و ۱ ثانیه شمالی واقع شده است و در شبکه مختصات UTM در زون ۴۰ قرار می‌گیرد (شکل ۱). گونه‌های اصلی آن بلوط و مرز می‌باشد (طرح تجدید نظر جنگلداری گلیداغی، ۲۰۰۰).

داده‌های پژوهش: در این پژوهش پنجره‌ای از داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست ۵ مربوط به تاریخ ۲۳ ژوئن ۱۹۸۷ مطابق با ۳ تیر ۱۳۶۶ و سنجنده ETM⁺ مربوط به تاریخ ۹ سپتامبر ۲۰۰۱ مطابق با ۱۸ شهریور ۱۳۸۰ مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین از یک تصویر زمین مرجع شده پانکروماتیک سنجنده IRS-P6-LISSIII مربوط به تاریخ ۱۷ ژوئن ۲۰۰۶ مطابق با ۲۷ خرداد ۱۳۸۵ برای تامین بخشی از نقاط کنترل زمینی استفاده گردید. از نقشه رقومی محدوده جنگل که با استفاده از GPS توسط مجری طرح در سال ۱۳۸۵ تهیه شده بود، برای ارزیابی نتایج تطابق هندسی استفاده گردید.



شکل ۱- محدوده و موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و گلستان.

پیش‌پردازش‌های داده‌های ماهواره‌ای: به منظور انجام تصحیحات هندسی، تصاویر چندطیفی ETM^+ به روش نقاط کنترل زمینی و با ۴۰ نقطه کنترل زمینی جمع‌آوری شده از طریق GPS و از روی تصاویر پانکروماتیک زمین مرجع شده IRS-P6-LISSIII و تصویر سنجنده TM هم با استفاده از روش تصویر به تصویر تصحیح هندسی شدند. در این پژوهش از روش غیرپارامتری چندجمله‌ای استفاده شد و پس از گرفتن نقاط کنترل زمینی مناسب در تصاویر موردنظر، به دلیل وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از معادله درجه دوم استفاده شد. عمل نمونه‌گیری دوباره تصاویر با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه صورت گرفت تا در حد امکان پیکسل‌ها دچار تغییر نشوند. به منظور ارزیابی نتایج تطابق هندسی، از نقشه محدوده طرح گلیداغی که با استفاده از GPS دستی با دقت ۳-۵ متر تهیه شده بود، استفاده گردید.

بررسی میزان خطای اتمسفری و لزوم انجام آن: انجام این تصحیح نیازمند اطلاعات دقیق پارامترهای مداری ماهواره، وضعیت خورشید و مشخصه‌های آب و هوایی منطقه در زمان برداشت تصویر می‌باشد که به‌علت در دسترس نبودن اطلاعات دقیق از این روش استفاده نگردید. به منظور بررسی میزان خطای

اتمسفیری، به دلیل نبود آب عمیق در منطقه، از پدیده روشن (Light object) یعنی اراضی کاملاً بایر و لخت استفاده گردید و اختلاف بین میانگین ارزش‌ها در این منطقه انتخابی در باندهای مختلف در تصویر به دست آمده از تفاضل تصویر سال ۲۰۰۱ از تصویر سال ۱۹۸۷، نشان داد که این اختلاف بسیار پایین می‌باشد. با توجه به تفاوت کم بین ارزش‌های تصویر در منطقه بدون تغییر اراضی بایر که نشان از اثر اتمسفری به نسبت کم در تصاویر مورد استفاده بوده است، لزومی به انجام تصحیح اتمسفری نبوده است.

به کارگیری روش‌های کشف تغییرات: در این مطالعه سه روش متداول کشف تغییرات شامل مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل شاخص نرمال شده گیاهی و تفاضل مؤلفه‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است.

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی: در روش مقایسه پس از طبقه‌بندی هر یک از تصاویر ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ به طور مستقل از هم، به روش نظارت شده، طبقه‌بندی و سپس با هم مقایسه شدند. برای انجام طبقه‌بندی، ابتدا در روی هر یک از تصاویر رنگی TM و ETM⁺ در کلاسه‌های جنگل و غیرجنگل، نمونه‌های تعلیمی با پراکنش مناسب از تمام خصوصیات و شرایط موجود در دو کلاسه، انتخاب گردید. میزان تفکیک‌پذیری بین طبقات و انتخاب مناسب نمونه‌های تعلیمی با معیار واگرایی مورد بررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گردید.

تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای و ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی: نقشه واقعیت زمینی منطقه با استفاده از ۲۰۰ قطعه نمونه (با سطح ۰/۱ هکتار) به روش تصادفی بر روی منطقه انتخاب و نوع کاربری آن با بررسی زمینی، استفاده از تصاویر Google Earth (۲۰۰۴) و تصاویر رنگی مرکب منطقه از هر دو کلاسه تعیین گردید. نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی به وجود آمده مورد ارزیابی صحت قرار گرفت و در نهایت جدول خطا تشکیل شد و مقادیر صحت کلی، ضریب کاپا و ضرایب صحت کاربر و تولیدکننده محاسبه گردید.

روش تفاضل شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI): به منظور انجام این روش از کشف تغییرات، تصاویر NDVI از تصاویر باندهای قرمز و مادون قرمز سنجنده‌های دو دوره زمانی تولید و از یکدیگر تفاضل داده شدند.

تعیین حد آستانه^۱ تغییرات: حساس‌ترین بخش در روش‌های کشف تغییرات تفریق تصاویر، تعیین حد آستانه برای تعیین مرز دقیق تغییرات است. به‌منظور تعیین حد آستانه، با استفاده از یک‌سری نقاط (۸۰ نقطه) مقادیر دامنه و میانگین NDVI دو طبقه جنگل و غیرجنگل در مناطقی که در دو دوره بدون تغییر باقی مانده‌اند، استخراج گردید و با توجه به آن حدود آستانه نبود تغییرات و سپس تغییرات جنگل تعیین گردیدند. با بررسی هیستوگرام تصویر و با توجه به در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های انجام شده مبنی بر بهترین حد آستانه تغییر، با در نظر گرفتن یک برابر انحراف معیار از میانگین (اسماعیل‌پور پوده، ۲۰۰۸؛ فانگ، ۱۹۹۰؛ مک‌لئود و کانگلتون، ۱۹۹۸؛ ماس، ۱۹۹۹) و دو برابر انحراف معیار از میانگین (ایستمن و مک‌کندرای، ۱۹۹۵؛ ماس، ۱۹۹۹؛ ویرک و کینگ، ۲۰۰۶) مقادیر NDVI تفاضلی از دو زمان ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱، تصویر مربوطه به دو کلاسه تغییر-تغییر نکردن طبقه‌بندی گردید.

روش کشف تغییرات با استفاده از تفریق مؤلفه‌های تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA): به‌منظور کشف تغییرات، از حالت‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی دو زمانه (فانگ، ۱۹۹۰؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۴) و یک‌زمانه یعنی تفریق مؤلفه‌ها (لیو و همکاران، ۲۰۰۴؛ مک‌لئود و کانگلتون، ۱۹۹۸) و به‌صورت استاندارد شده (فانگ و لدرئو، ۱۹۸۷؛ ویرک و کینگ، ۲۰۰۶) استفاده شده است.

تفریق مؤلفه‌های یک‌زمانه و دوزمانه تجزیه مؤلفه‌های اصلی: در ابتدا آنالیز مؤلفه‌های اصلی به روش استاندارد شده به‌طور جداگانه بر روی تصاویر سال ۱۹۸۷ و سال ۲۰۰۱ اعمال گردید. سپس مؤلفه‌های اول و دوم سال ۱۹۸۷ به‌ترتیب از مؤلفه‌های اول و دوم سال ۲۰۰۱ از یکدیگر تفریق شدند.

در روش تفریق دوزمانه، تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی تمام باندهای دو تصویر TM⁺ و ETM⁺ (۱۲ باند) به‌طور هم‌زمان و به روش استاندارد انجام و ۴ مؤلفه اول انتخاب گردیدند. پژوهش‌های لیو و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که مؤلفه‌های سوم و چهارم بهتر می‌توانند تغییرات را نشان دهند. بنابراین مؤلفه سوم و چهارم برای کشف تغییرات انتخاب شدند.

تعیین آستانه در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی: به‌منظور تعیین سطح آستانه تغییرات، در تصویر تفریقی به‌دست آمده از مؤلفه اول و دوم سال ۱۹۸۷ از مؤلفه اول و دوم سال ۲۰۰۱ در حالت یک‌زمانه و همچنین بر روی تصاویر مؤلفه‌های سوم و چهارم در حالت دوزمانه، با استفاده از نقاط نبود تغییرات (۸۰ نقطه) مقادیر ارزش رقومی و همچنین دامنه و میانگین هر یک از مؤلفه‌ها در دو طبقه جنگل و غیرجنگل که در دو دوره تغییر نداشته‌اند، استخراج گردید و با توجه به آن حد آستانه تغییر تعیین گردید.

1- Threshold Value

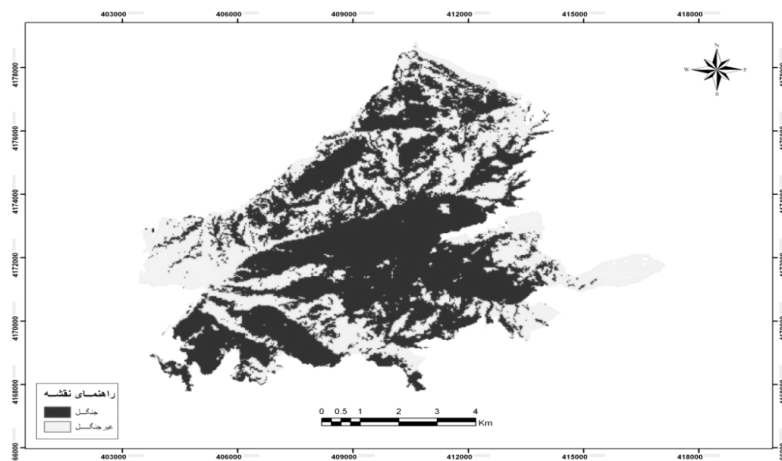
مقایسه روش‌های کشف تغییرات: به منظور ارزیابی و مقایسه نتایج روش‌های مورد بررسی نقاط واقعیت زمینی نمونه‌ای که به صورت انتخابی از نقاط تغییر یافته و بدون تغییر با استفاده از تصاویر رنگی کاذب و واقعی دو دوره و بازدید زمینی و همچنین تصاویر برگرفته شده از Google Earth استفاده گردید. نتایج نقشه تغییرات به دست آمده از طبقه‌بندی با روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل تصاویر شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی (یک برابر و دو برابر انحراف معیار)، تفاضل تصاویر آنالیز مؤلفه‌های اصلی (یک برابر و دو برابر انحراف معیار در روش‌های یک‌زمانه و دوزمانه) با استفاده از واقعیت زمینی مورد ارزیابی صحت قرار گرفتند و جدول خطا تشکیل شد.

تهیه نقشه تغییرات و تعیین میزان نرخ تغییرات: نقشه طبقه‌بندی شده هر دو مقطع زمانی، تقابل داده شدند و جدول نوع و میزان تغییرات تهیه گردید. سپس نقشه مناطق دارای تغییرات و مناطق بدون تغییر با استفاده از نتایج تقابل و طبقه‌بندی دوباره، آماده گردید. با توجه به نقشه تغییرات و نبود تغییرات تهیه شده مساحت و نرخ تغییرات جنگل به دست آمد.

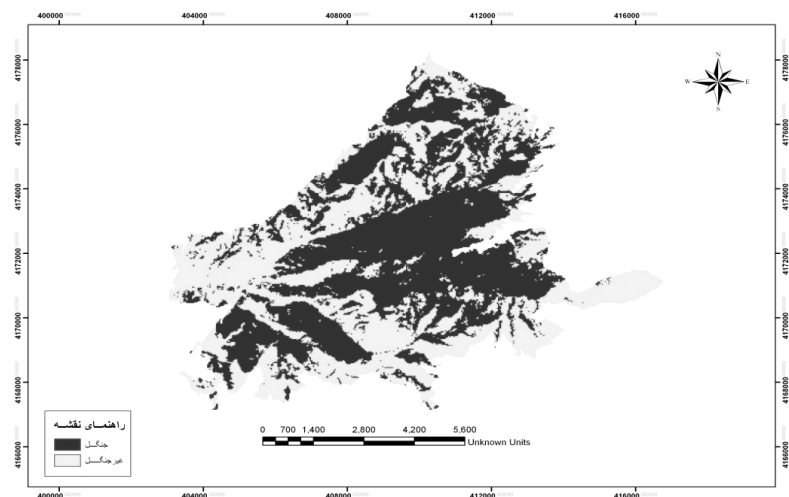
نتایج

نتایج تطابق هندسی نشان داد که تصویر ETM^+ با میانگین مجذور مربعات خطای^۱ کم‌تر از نیم پیکسل (۰/۲۳ در جهت X و ۰/۳۷ در جهت Y) مورد تطابق هندسی قرار گرفتند. همچنین تصویر TM نیز با خطای کم‌تر از نیم پیکسل (۰/۴۷ در جهت X و ۰/۴۳ در جهت Y) با تصویر ETM^+ مطابقت هندسی داده شدند. نتایج به دست آمده از ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری با استفاده از معیار واگرایی با مقدار ۱/۹۶۲۶ نشان داد که طبقات جنگل و غیرجنگل از نظر طیفی بر روی تصاویر مورد نظر قابل تفکیک هستند. نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. جدول ۱ نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده را نشان می‌دهد.

1- Root Mean Square Error



شکل ۲- تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۹۸۷.

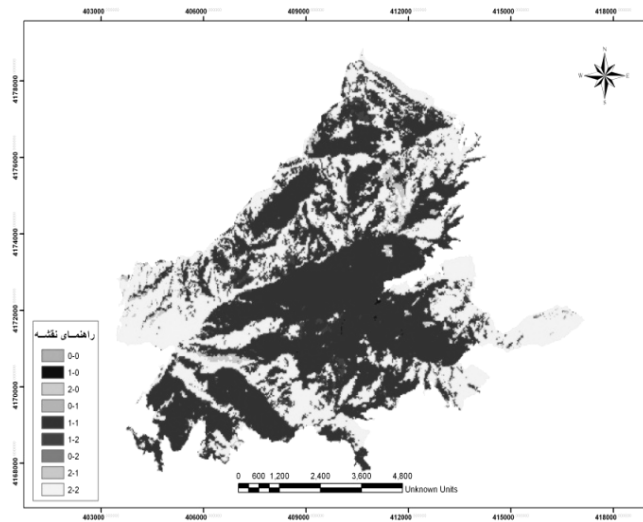


شکل ۳- تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۰۱.

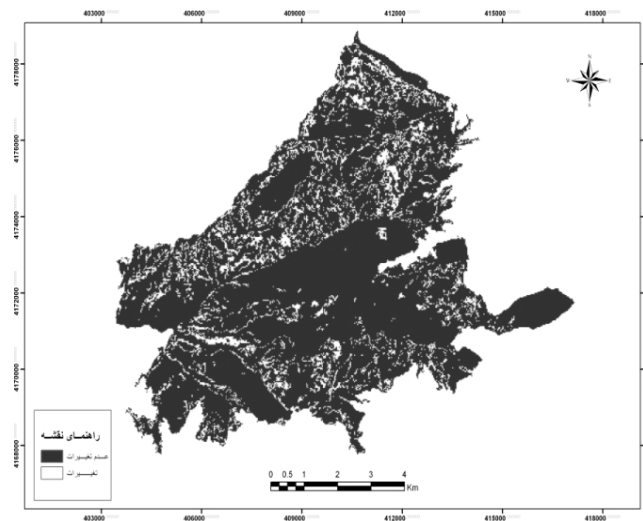
جدول ۱- نتایج به‌دست آمده از ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی.

صحت تصویر	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا	متوسط صحت تولیدکننده (درصد)	متوسط صحت کاربر (درصد)
TM سال ۱۹۸۷	۹۲/۰۹	۰/۸۲۴۸	۹۰/۳۱	۹۲/۵۱۵
ETM ⁺ سال ۲۰۰۱	۹۲/۶۶	۰/۷۴۰۵	۸۶/۰۹۵	۸۹/۷۱

شکل ۴ نقشه به دست آمده از تقابل دو مقطع زمانی (۱۹۸۷ و ۲۰۰۱) و پراکنش تغییرات مثبت و منفی گستره جنگل را نشان می‌دهد. با طبقه‌بندی دوباره کلاسه‌ها و با توجه به هدف پژوهش، نقشه تغییرات جنگل ایجاد گردید (شکل ۵).

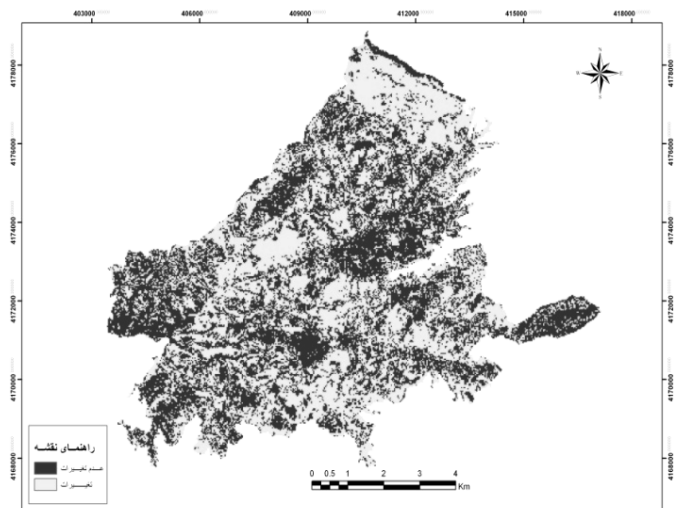


شکل ۴- نقشه تقابل نقشه‌های طبقه‌بندی تصاویر TM⁺ و ETM⁺

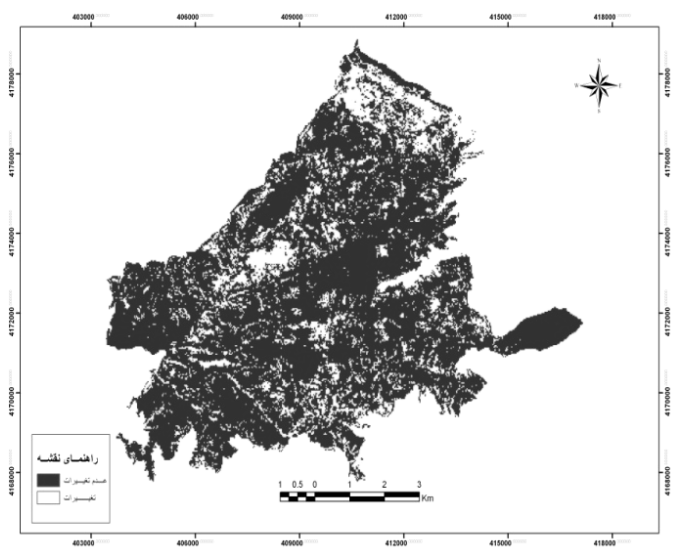


شکل ۵- نقشه تغییرات و نبود تغییرات به دست آمده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی.

شکل ۶ نقشه گستره تغییرات را با اعمال حد آستانه یک برابر انحراف معیار بر روی تصاویر تفاضلی NDVI دو دوره و شکل ۷ نقشه گستره تغییرات را با اعمال دو برابر انحراف معیار نشان می‌دهد.

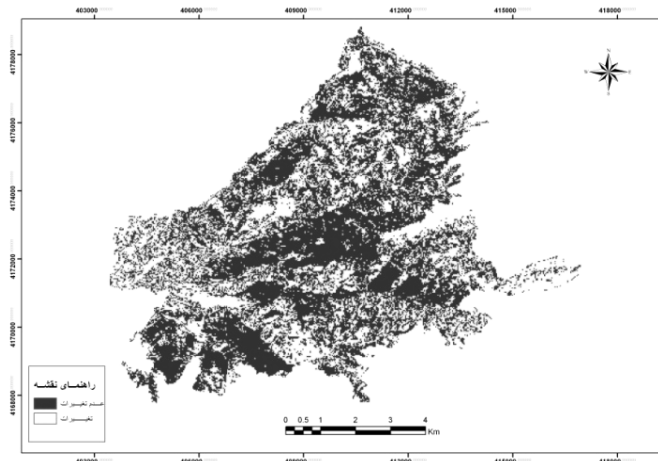


شکل ۶- نقشه تغییرات جنگل با اعمال آستانه یک برابر انحراف معیار.

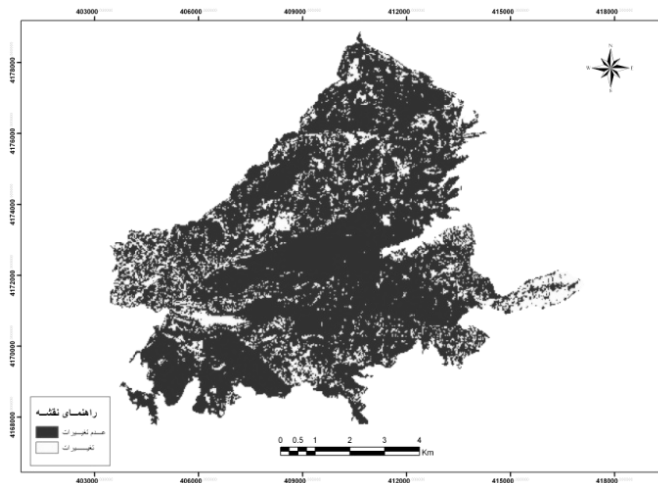


شکل ۷- نقشه گستره تغییرات جنگل با اعمال آستانه دو برابر انحراف معیار.

با استفاده از PCA در حالت یک‌زمانه (تفریق مؤلفه‌ها)، با اعمال حدود یک برابر انحراف معیار بر روی تفاضل مؤلفه‌های اول نقشه تغییر گستره جنگل (شکل ۸) و دو برابر انحراف معیار تغییرات (شکل ۹) به دست آمد.

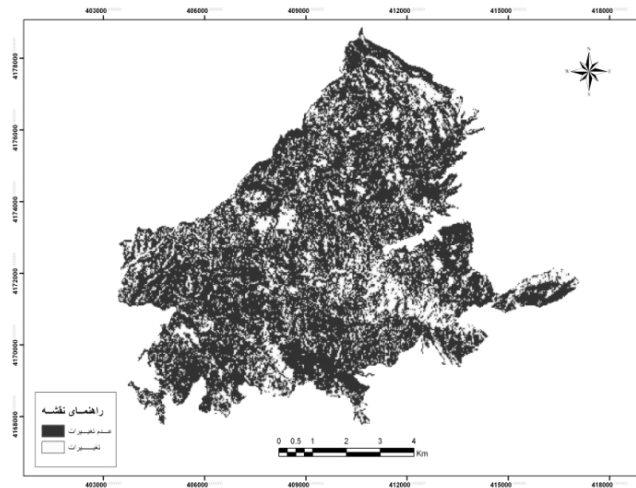


شکل ۸- نقشه تغییرات گستره جنگل با اعمال یک برابر انحراف معیار.

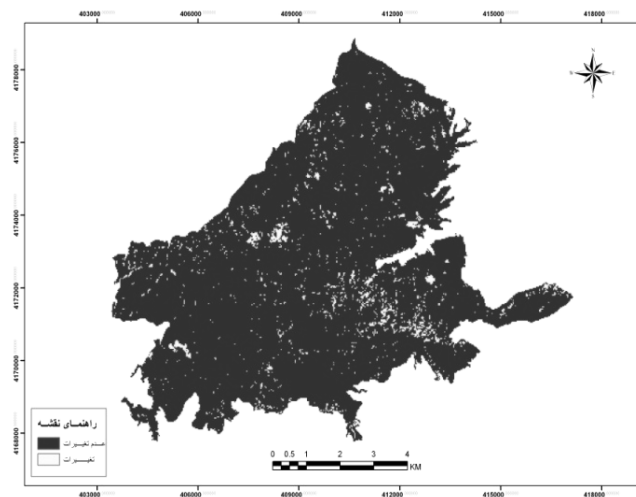


شکل ۹- نقشه تغییرات گستره جنگل با اعمال دو برابر انحراف معیار.

همچنین بر روی تصویر تفاضل مؤلفه‌های دوم حدود آستانه یک برابر انحراف معیار (شکل ۱۰) و دو برابر انحراف معیار (شکل ۱۱) اعمال و نقشه‌های مناطق جنگلی دارای تغییرات به دست آمد.

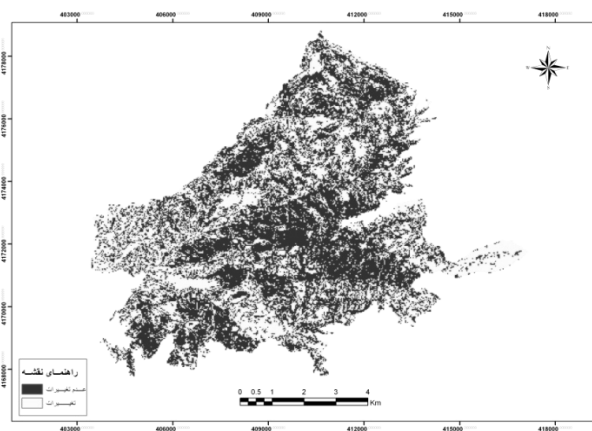


شکل ۱۰- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال یک برابر انحراف معیار بر روی تصویر تفریق مؤلفه دوم سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱.

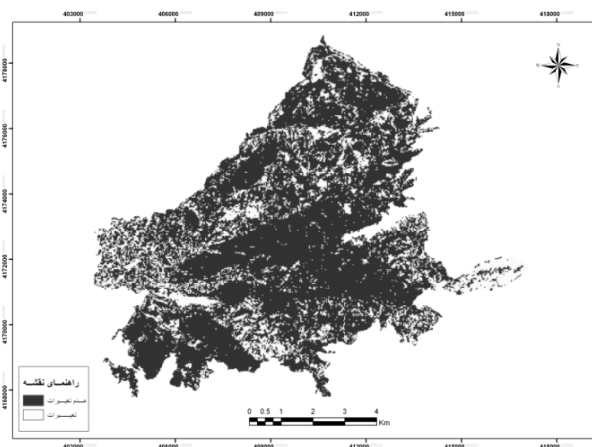


شکل ۱۱- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال دو برابر انحراف معیار بر روی تصویر تفریق مؤلفه دوم سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱.

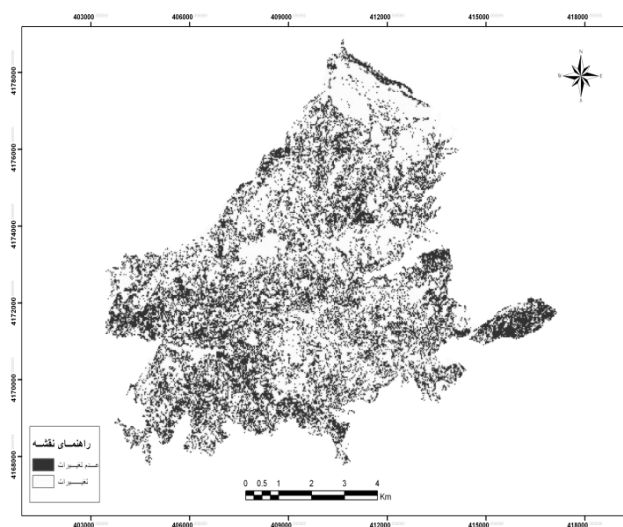
در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی با استفاده از حالت دوزمانه، با توجه به این‌که بیش‌تر پژوهش‌گران مؤلفه‌های سوم و چهارم به‌دست آمده از آنالیز هم‌زمان تصاویر دو مقطع زمانی را برای تشخیص تغییرات معرفی نمودند، با اعمال حدود آستانه تغییرات به‌دست آمده نقشه تغییرات یک برابر انحراف معیار بر روی مؤلفه سوم (شکل ۱۲) و دو برابر انحراف معیار بر روی مؤلفه سوم (شکل ۱۳) و نیز بر روی مؤلفه چهارم با اعمال یک برابر انحراف معیار (شکل ۱۴) و دو برابر انحراف معیار (شکل ۱۵) به‌دست آمدند.



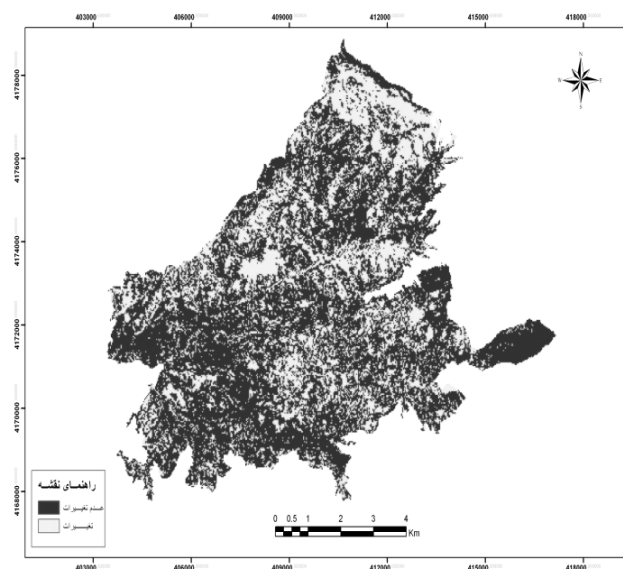
شکل ۱۲- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال یک برابر انحراف معیار بر روی تصویر دوزمانه به‌دست آمده از مؤلفه سوم.



شکل ۱۳- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال دو برابر انحراف معیار بر روی تصویر دوزمانه به‌دست آمده از مؤلفه سوم.



شکل ۱۴- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال یک برابر انحراف معیار بر روی تصویر دو زمانه به دست آمده از مؤلفه چهارم.



شکل ۱۵- نقشه مناطق دارای تغییر و بدون تغییر با اعمال دو برابر انحراف معیار بر روی تصویر دوزمانه به دست آمده از مؤلفه چهارم.

پروین رنجبرنژاد و همکاران

با مقایسه روش‌های مورد بررسی با استفاده از نقاط واقعیت زمینی نمونه‌ای بر روی نقشه‌های تغییرات به‌دست آمده از روش‌های مختلف (جدول ۲) مشخص گردید که روش کشف تغییرات مقایسه پس از طبقه‌بندی با صحت کلی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۱ در مقایسه با روش‌های دیگر بهتر توانست تغییرات را شناسایی نماید.

جدول ۲- نتایج ارزیابی صحت بر روی نقشه‌های به‌دست آمده از روش‌های کشف تغییرات.

روش	حد آستانه	صحت کلی (درصد)	ضریب کاپا	متوسط صحت تولیدکننده (درصد)	متوسط صحت کاربر (درصد)
مقایسه پس از طبقه‌بندی	-	۸۵/۱۳	۰/۵۰۸۵	۷۱/۶۷	۸۳/۲۸۵
روش تفاضل NDVI	یک انحراف معیار	۵۹	۰/۲۴۴۲	۶۸/۶۷	۶۳/۵۹۵
	دو انحراف معیار	۸۰/۵۱	۰/۴۴۲۴	۷۱/۷۸	۷۲/۴۹
	یک انحراف معیار	۶۴/۱	۰/۱۹۰۴	۶۱/۸۹	۵۸/۸۳۵
تفریق مؤلفه اول PCA سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱	دو انحراف معیار	۷۳/۸۵	۰/۱۶۶۰	۵۷/۳۳۵	۶۰
	یک انحراف معیار	۶۶/۶۷	۰/۱۴۷۳	۵۸/۱۱	۵۶/۸۹
تفریق مؤلفه دوم PCA سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱	دو انحراف معیار	۷۶/۹۲	۰/۱۰۶۹	۵۳/۸۹	۶۴/۱۹
	یک انحراف معیار	۵۶/۴۱	۰/۱۲۰۹	۵۸/۴۴۵	۵۶
تفاضل مؤلفه سوم PCA	دو انحراف معیار	۶۷/۱۸	۰/۰۶۰۹	۵۳	۵۳/۱
	یک انحراف معیار	۵۲/۸۲	۰/۲۰۳۷	۶۷	۶۳/۶۸۵
تفاضل مؤلفه چهارم PCA	دو انحراف معیار	۶۸/۸۷	۰/۲۸۱۱	۶۷/۲۲	۶۲/۹۸۵

با توجه به نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های به‌دست آمده از روش‌های مختلف، برای به‌دست آوردن نرخ تغییرات از نتایج نقشه روش پس از طبقه‌بندی استفاده گردید. جدول ۳ نتایج تقابل نقشه‌های دو دوره و میزان و نرخ تغییرات به‌دست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مساحت مناطق تغییر و بدون تغییر در دوره مورد بررسی (۱۹۸۷-۲۰۰۱).

درصد از کل منطقه	مساحت (هکتار)	
۸۵/۴۸	۵۹۸۳/۸۳	مناطق بدون تغییرات
۱۴/۵۲	۱۰۱۶/۴۶	مناطق دارای تغییرات
۹/۰۲	۶۳۱/۷۱	تبدیل جنگل به غیرجنگل
۵/۴۹	۳۸۴/۷۵	تبدیل غیرجنگل به جنگل
۰/۶۴	۴۵/۱۲	متوسط تغییرات سالیانه تخریب جنگل

طبق نتایج جدول ۲ مشخص شد که متوسط تغییرات سالیانه تخریب جنگل حادث شده در دوره موردنظر در منطقه مورد مطالعه برابر با ۴۵/۱۲ هکتار بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شده است میزان، نوع و نرخ تغییرات گستره جنگل به‌وجود آمده در طرح جنگلداری گلیداغی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و ETM⁺ توسط سه روش کشف تغییرات پس از طبقه‌بندی، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی (یک‌زمانه و دوزمانه) مورد بررسی و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرد. انتخاب منطقه مورد مطالعه که دارای شرایط لازم و کافی برای انجام مطالعات مربوط به تعیین تغییرات باشد، امری ضروری است. این منطقه به‌دلیل وجود روستاهای زیاد و افزایش جمعیت و وابستگی زیاد مردم به اراضی کشاورزی برای تامین معیشت زندگی دچار تغییرات زیاد (تبدیل جنگل به زمین کشاورزی و جاده‌ها و...) شده است.

به‌طورکلی در تعیین تغییرات، داده‌های مورد استفاده باید از یک طرف از یک مقطع زمانی مشابه (از نظر فصل و ماه) بوده و از طرفی دیگر باید در فصل‌های مناسب با پدیده مورد بررسی برداشت شده باشند تا بازتاب طیفی پدیده‌های مورد بررسی مشابه و مناسب هم باشد. با توجه به هدف پژوهش (تغییرات گستره جنگل) و با توجه به محدودیت انتخاب تصاویر از نظر زمان اخذ تصاویر و فصل، اگر چند اختلاف زمان اخذ تصاویر مورد استفاده در این پژوهش از نظر فصل، حدود ۷۵ روز می‌باشد ولی تاریخ هر دو مربوط به فصل تابستان بوده و تفاوت زیادی از نظر وضعیت رویشی جنگل وجود نداشته و به‌طورکلی ثبات در وضعیت رویشی درختان وجود دارد. همچنین با توجه به شناخت موجود از وضعیت کشاورزی منطقه و محصول عمده منطقه که گندم می‌باشد، در این زمان‌ها کاملاً برداشت شده‌اند، بنابراین از نظر نوع غیرجنگل در زمان تصویر تقریباً مناسب می‌باشند.

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با صحت کلی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۰۸۵ نسبت به سایر روش‌های تعیین تغییرات دارای بالاترین صحت کلی و ضریب کاپا بوده است. عباسی (۲۰۰۸)، اسماعیل‌پور (۲۰۰۸)، تایلور و فرانکسیس (۱۹۹۹)، ماس (۱۹۹۹)، آچاریا (۲۰۰۲)، ویرک و کینگ (۲۰۰۶) و وانگ (۲۰۰۹) هم به نتایج مشابه رسیدند و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی را به‌عنوان بهترین روش معرفی کردند. دلیل برتری روش کشف

تغییرات مقایسه پس از طبقه‌بندی را می‌توان حساسیت کم‌تر این روش به تفاوت‌های رادیومتریکی بین تصاویر و استفاده نکردن از آستانه تغییرات که تعیین حدود آن بسیار مهم می‌باشد، دانست و به همین دلیل زمانی که داده‌های با ماه‌های مختلف از سال و سنجنده‌های مختلف استفاده می‌شود، نتیجه مناسب‌تری می‌دهد. همچنین این روش براساس طبقه‌بندی نظارت شده انجام گرفته و در صورت دقت در انتخاب نمونه‌ها و وجود مدارک و نقشه‌های کمکی و به‌خصوص آشنایی به منطقه می‌توان دقت طبقه‌بندی را تا حد زیادی بالا برد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در مجموع نقشه تغییرات- نبود تغییرات به‌دست آمده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی با اعمال آستانه دو برابر انحراف معیار بر روی تصویر تفریق مؤلفه دوم سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ با صحت کلی ۷۶/۹۲ درصد نتایج بهتری را در PCA یک زمانه و با تفریق مؤلفه اول داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه دوم تغییرات را بهتر از مؤلفه اول نشان می‌دهد. در روش کشف تغییرات آنالیز مؤلفه‌های اصلی به‌صورت دوزمانه، نقشه تغییرات- نبود تغییرات به‌وجود آمده با استفاده از مؤلفه چهارم با اعمال دو برابر انحراف معیار با صحت کلی ۶۸/۸۷ درصد مطلوب‌ترین نتایج را در بین سایر روش‌های PCA دوزمانه حاصل کرد. به‌طورکلی در هر دو روش شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده از حد آستانه دو برابر انحراف معیار نتایج بهتری را از نظر صحت کلی نشان می‌دهد. ولی کاملاً برعکس در آنالیز مؤلفه‌های اصلی میزان ضریب کاپا با اعمال دو برابر انحراف معیار کاهش می‌یابد و این نشان می‌دهد که با دو برابر شدن میزان انحراف معیار توافق شانسی هم‌خوانی کاهش می‌یابد و افزایش صحت کلی کاملاً تصادفی و شانسی می‌باشد. البته این امر در مورد مقادیر NDVI و مؤلفه چهارم تصاویر آنالیز دوزمانه در روش PCA صدق نمی‌کند.

نتایج ارزیابی صحت نقشه به‌دست آمده از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال بر روی تصاویر TM و ETM⁺ نشان داد که دقت هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده TM و ETM⁺ در روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال در حد بالا و قابل قبول بوده است و قابلیت تهیه نقشه گستره جنگل را در هر مقطع زمانی دارند و می‌توانند برای بررسی کشف تغییرات مورد استفاده قرار گیرند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، متوسط نرخ تغییرات سالانه گستره جنگل در منطقه مورد مطالعه ۴۵/۱۲ هکتار در سال برآورد شد که معادل ۰/۶۴ درصد از جنگل‌های منطقه می‌باشد این

مقدار در مقایسه با میزان متوسط جهانی برای منطقه آسیا (۱ درصد) کمی کم‌تر می‌باشد (باتلر، ۲۰۰۵). نشاط (۲۰۰۲) کاهش سطح جنگل‌های اطراف شهر گرگان را در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ را به میزان ۴/۶ درصد اعلام نمود. حقیقی (۲۰۰۳)، تغییرات در جنگل‌های غرب گیلان را در یک دوره ۹ ساله، ۱۴۴۱/۵ هکتار (حدود ۱۶۰ هکتار سالانه) به دست آورد. رفیعیان (۲۰۰۶)، نشان داد که از جنگل‌های منطقه بابل در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۰ در مجموع ۷۵۱ هکتار (متوسط ۱۰۷ هکتار سالانه) کاسته شده است. اسماعیل‌پور پوده (۲۰۰۸)، تغییرات جنگل در حوزه شلمان‌رود را به‌طور متوسط ۳۴/۷ هکتار در سال برآورد کرد. قنبری و شتایی (۲۰۰۸)، تغییرات متوسط سطح جنگل‌های جنوب گرگان را در دوره ۷۳-۱۳۴۵ به میزان ۳۳/۲۶ هکتار در سال، در دوره ۸۵-۱۳۷۳ به میزان ۱۰/۵۹ هکتار و در دوره ۸۵-۱۳۴۵ به میزان ۲۶/۸۸۶ هکتار در سال برآورد کرد. بهره‌برداری جنگل و افزایش شدید رشد جمعیت روستاها و شهرها و نیاز آن‌ها برای مسکن و عوامل اقتصادی باعث کاهش در سطح جنگل شده است. این مقادیر تخریب سالانه هشدار جدی است برای بیان وضعیت جنگل‌ها و میزان کاهش سالیانه سطح گستره جنگل‌ها و لازم هست حداقل سطحی معادل آن برای جبران سطوح تخریب شده جنگل کاری گردد.

منابع

1. Abbasi, M.T. 2009. Trend evaluation of spatial changes of land use-cover in Sofichay river watershed of Maragheh using multitemporal satellite images and GIS, 2009 national geomatic conference. National cartography center, Tehran, Iran.
2. Acharya, R. 2002. Comparison of change detection techniques in Chit wan district of Nepal, proceeding of Asian conference of remote sensing, 12p.
3. Butler, R.A. 2005. World deforestation rates and forest cover statistics, 2000-2005. <http://news.mongabay.com/2005/1115-forests.html>.
4. Eastman, J.R. and Mackendry, J. 1995. Change and Time Series Analysis, 90p.
5. Esmailpour Podeh, S. 2008. Forest change detection using some change detection techniques (Case study: Shalamh river, Guilan), M.Sc. Thesis, Sari University of agricultural sciences and natural resources, 68p.
6. Fung, T. 1990. An Assessment of TM imagery for land-cover change detection. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 28: 681-684.
7. Fung, T. and Ledrew, E. 1987. The determination of optimal threshold levels for changes detection using various accuracy indices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 10: 1449-1454.

8. Ghanbari, F. and Shataee, Sh. 2008. Forest extend change detection by use of aerial photos and ASTER imagery (Case study: northern sides of Gorgan city), first international conference of Hyrcanian environmental changes, Mazandaran University, 9p.
9. Golidaghi revised forestry plan notebook. 2000. Natural resources office of Golestan province.
10. Haghghi, M. 2003. Forest degradation investigation in the lowlands forests of west of Guilan, M.Sc. Thesis, natural resources faculty, Guilan University, 112p.
11. Kolehman, K. and Ban, Y. 2008. Multitemporal SPOT images for urban land cover change detection over Stockholm between 1986 and 2004, The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B6b.
12. Lu, D.P., Brondizio, M.E. and Moran, E. 2004. Change detection techniques. *Inter. J. Rem. Sens.* 25: 12. 2365-2407.
13. Lu, D., Mausel, P., Batistella, M. and Moran, E. 2005. Land cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study. *Inter. J. Rem. Sens.* 26: 1. 101-114.
14. Macleod, R.D. and Congalton, R. 1998. A quantitative comparison of change-detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64: 3. 207-216.
15. Marvi Mohajer, M. 2005. Forest silviculture. Tehran University Publishing, 387p.
16. Mas, J.F. 1999. Monitoring Land cover changes: a comparison of change detection techniques, *Inter. J. Rem. Sens.* 20: 1. 139-152.
17. Neshat, A. 2002. Landuse-cover change analysis and evaluation in Golestan province remote sensing and GIS. M.Sc. Thesis of geographic faculty, Tarbiat Modares University, 115p.
18. Rabie, H. 2004. Change detection and retrieval of landuse-cover of Isfahan city using remote sensing and GIS. *Human Teacher Sci. J.* 9: 4. 41-54.
19. Rafian, O. 2003. Forest extend change detection of north of Iran through 1994-2001 using ETM⁺ images, M.Sc. Thesis, natural resources faculty, Tehran University, 122p.
20. Sepehry, A. and liu, G.J. 2006. Flood induced land cover change detection using multi temporal ETM⁺ imagery, Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, Germany, Pp: 1-7.
21. Taylor, F. and Francis, B. 1999. Monitoring land cover changes and a comparison of change detection techniques. *Inter. J. Rem. Sens.* 20: 214-231.
22. Virk, R. and King, D. 2006. Comparison of techniques for forest change mapping using Landsat data in Karnataka, India. *Geocarto*, 21: 4. 9-16.
23. Wang, F. and Jun, X.Y. 2009. Comparison of remote sensing change detection techniques for assessing hurricane damage to forests, *Environmental Monitoring and Assessment*.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (3), 2013
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Comparative study of change detection methods for forest extent changes using TM and ETM⁺ imagery

P. Ranjbarnejad¹, *Sh. Shataei² and A. Salmanmahiny³

¹M.Sc. Graduate, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Associate Prof., Faculty of Fisheries and Environmental, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 10/20/2010; Accepted: 11/27/2012

Abstract

In this study, three common change detection methods including post classification, differential NDVI and PCA were compared using 1987 TM and 2001 ETM⁺ imagery to determine the kind and rate of forest extent changes in Golydaghi forestry plan. After geo-referencing of images, training areas from forest and non-forest classes were selected and classification of images was done using maximum likelihood classifier. Accuracy of classified images was assessed using some samples ground truth. Results showed that overall accuracy of TM and ETM⁺ classified images were %92.02 and %92.66, respectively. The classified maps were crossed to produce the changed forest map. In differencing NDVI method, NDVI indices were created for two dates and differenced each other. Thresholds of change were determined using NDVI values of 80 control points from unchanged forested and non forested areas and the change map was created using applying two standard deviations (SD) thresholds. Results showed that applying two SD could mapped changes better, compared to one SD. In the one date differential PCA, first component of PCA on the TM and ETM⁺ images were selected and differentiated each other. In two dated PCA, third and fourth component of PCA of whole TM and ETM⁺ images were selected and one and two SD thresholds were applied for changes mapping. Generally, accuracy assessment of change detection methods using ground truth maps showed that post classification method could better mapped changes with overall accuracy of %85.13 and about 0.51 Kappa coefficient compared to other methods.

Keywords: Change detection methods, Forest extent, TM, ETM⁺, Golydaghi

* Corresponding Author; Email: shataee@yahoo.com