

مقایسه روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در منطقه بیابانی دهلران استان ایلام

صالح آرخی^{1*} / حسن فتحی‌زاده²

¹ استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

arekhi1348@yahoo.com

² دانشجوی کارشناسی ارشد گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: 91/12/5

تاریخ پذیرش: 92/3/10

چکیده:

پایش زمانی و دقیق تغییر عوارض سطح زمین برای درک روابط و کنش‌های متقابل بین انسان و پدیده‌های طبیعی به منظور تصمیم‌گیری بهتر خیلی مهم است. داده‌های سنجش از دور منابع اولیه‌ای هستند که به طور گسترده برای پایش تغییر در دهه‌های اخیر مورد استفاده واقع شده‌اند. در این مطالعه، تصاویر لندست 4 (TM) سال 1364 و لندست 7 (ETM⁺) سال 1386 با استفاده از شش تکنیک پایش تغییر در منطقه بیابانی دهلران استان ایلام با مساحت 55986 هکتار آنالیز شده‌اند. تکنیک‌های پایش تغییر مورد استفاده در این مطالعه شامل تفاضل تصویر، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تفاضل NDVI، آنالیز مؤلفه‌های متعارف، تفاضل تسلدکپ (روشنایی) و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی بوده‌اند. همچنین برای تعیین آستانه در روش‌هایی که نیازمند تعیین آستانه‌اند، 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 کاهشی، افزایشی و بدون تغییر مشخص گردیده است. جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر پس از برداشت واقعیات زمینی که از طریق بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث به دست آمد، از دقت کل و ضریب کاپا استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که روش تفاضل باند مادون قرمز با دقت کل 90/49 و ضریب کاپای 0/91 از بین تکنیک‌های پایش تغییر مورد استفاده در این مطالعه بیشترین دقت و روش تفاضل CCA₂ با دقت کل 25/48 و ضریب کاپای 0/38 کمترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تفاضل تصویر، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تفاضل NDVI، آنالیز مؤلفه‌های متعارف، تفاضل تسلدکپ، مقایسه پس از طبقه‌بندی.

مقدمه

امروزه، یکی از عمده‌ترین معضلات محیطی زیستی، پدیده بیابان‌زایی است که شامل تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است. عمدتاً بیابان‌زایی از طریق فعالیت‌های انسانی و نوسانات اقلیمی حادث می‌شود (UNEP¹, 1991). طبق برآورد کنفرانس بیابان‌زایی سازمان ملل متحد (UNCOD²), پدیده بیابان‌زایی آینده بیش از 785 میلیون نفر انسان، ساکن در مناطق خشک و نیمه‌خشک را که معادل 17/7 در صد جمعیت کل جهان است، تهدید می‌کند. از این تعداد، بین 60-100 میلیون نفر از طریق کاهش حاصل‌خیزی اراضی همراه با دیگر فرآیندهای بیابان‌زایی به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌گیرند. همچنین برآورد شده است که در اثر پیشروی بیابان هر ساله بین 50000 تا 70000 کیلومتر مربع اراضی حاصل‌خیز، غیر قابل استفاده می‌شود (مشکوه، 1377).

با توجه به نقش منابع طبیعی در زندگی بشر، لازم است اطلاع دقیقی از چگونگی منابع طبیعی و روند تغییرات آن‌ها کسب گردد و نظارت بر روند تغییرات و دسترسی به آمار و اطلاعات بروز و به‌هنگام شده، از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزار مدیریت در هر سازمانی می‌باشد (زهتابیان و طباطبایی، 1378). پایش تغییرات³، فرآیند تعیین تفاوت‌ها در وضعیت یا حالت یک شیء یا پدیده با مشاهده آن در زمان‌های مختلف است (سینگ، 1989) امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی به یک مشکل حاد تبدیل شده است و اکثر تغییرات کاربری اراضی بدون یک برنامه‌ریزی مدون و با توجه اندک به آثار زیست‌محیطی آن‌ها صورت می‌گیرد. در چهار دهه گذشته، تغییرات کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده در بعضی جهات نامطلوب به وقوع پیوسته است و این باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است. از آنجا که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و

گسترده صورت می‌گیرد، تکنولوژی سنجش از راه دور⁴ یک ابزار ضروری و باارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری کره زمین است (لیو و همکاران، 2004)

محققان زیادی به مطالعه روش‌های پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. برخی از این مطالعات و بررسی‌های صورت‌گرفته در خارج از کشور به شرح زیر بوده است: تولر (1987) بیان می‌کند استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای، شیوه مناسبی برای ارزیابی پوشش گیاهی، مقایسه آن در زمان‌های مختلف و آگاهی از جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در مناطق خشک و بیابانی است. در ضمن، سونار (1988) با استفاده از داده‌های سنجنده TM مربوط به سال‌های 1984 و 1992 و با استفاده از روش‌های روی‌هم‌اندازی تصاویر، تفریق تصاویر و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مقایسه پس از طبقه‌بندی، تغییرات کاربری اراضی در ناحیه اکتیالی ترکیه را مطالعه کرد و نتیجه گرفت که تحلیل مؤلفه‌های اصلی و طبقه‌بندی تصاویر نتایج بهتری را ارائه می‌دهند. کولیز و ودکوک (1996)، تکنیک‌های پایش تغییر خطی را برای ترسیم مرگ و میر جنگل با استفاده از داده‌های لندست استفاده کردند و دریافتند که روش‌های آنالیز مؤلفه اصلی و تبدیل چندزمانی تسلدکپ به خوبی توانسته‌اند تغییرات رخ داده در این مناطق جنگلی را بارز کنند. پراکش و گوپتا (1998) 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. هاراشه و تاتاشی (2000) در غرب آسیا توانستند توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور نقشه بیابان‌زایی را تهیه و طبقات بیابان‌زایی را به چهار گروه کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی

1. United Nation Environmetal Programme
2. United Nation Conference on Desertification
3. Change dection

4. Remote Sensing

است و بیابان با منشأ انسانی 65 درصد منطقه را پوشش می‌دهد. در نهایت، مهم‌ترین عوامل در بیابان‌زایی انسانی را تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی، الگوی غلط کشاورزی، چرای بیش از حد دام، وضعیت نامناسب اقتصادی و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی دانست. بر خورداری و همکاران (1384) نیز به منظور بررسی روند تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از RS و GIS، از تصاویر ماهواره‌ای لندست (1976، 1988 و 2002) استفاده کرده‌اند. پس از بررسی روش‌های مختلف تهیه نقشه پوشش اراضی از روی تصاویر ماهواره‌ای، بهترین روش را استفاده از تلفیق دو روش شاخص گیاهی و روش طبقه‌بندی نظارت شده، اعلام کرده‌اند. همچنین ارزیابی دقت نقشه‌های تهیه شده با روش ماتریس خطا انجام پذیرفته و نتایج مقایسه نقشه کاربری اراضی حوضه از 25 سال گذشته نشان داده شده است که سطح اراضی مرتعی (مرتع خوب و متوسط) و بیشه‌زارهای جنگلی از 45 درصد سطح حوضه در سال 1976 به 8 درصد در سال 2002 کاهش یافته است.

آرخی و نیازی (1389) با استفاده از تصاویر 1988 و 2001 ماهواره لندست به آنالیز پنج تکنیک پایش تغییر در حوضه دره شهر استان ایلام پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که روش تفاضل NDVI با دقت کل 98/5 و ضریب کاپای 97 درصد از بین تکنیک‌های پایش تغییر مورد استفاده در این مطالعه، بیشترین دقت و روش نسبت‌گیری باند قرمز با دقت کل 97/5 و ضریب کاپای 50 درصد کمترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی- پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

هدف این مطالعه، مقایسه برخی تکنیک‌های پایش تغییر کاربری اراضی در منطقه بیابانی دهلران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده لندست (TM) سال 1364 و (ETM⁺) سال 1386 است.

کردند. پنت و همکاران (2001) 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. سپهری و جان‌لیو (2006) 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 محققان داخل کشور در زمینه پایش تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

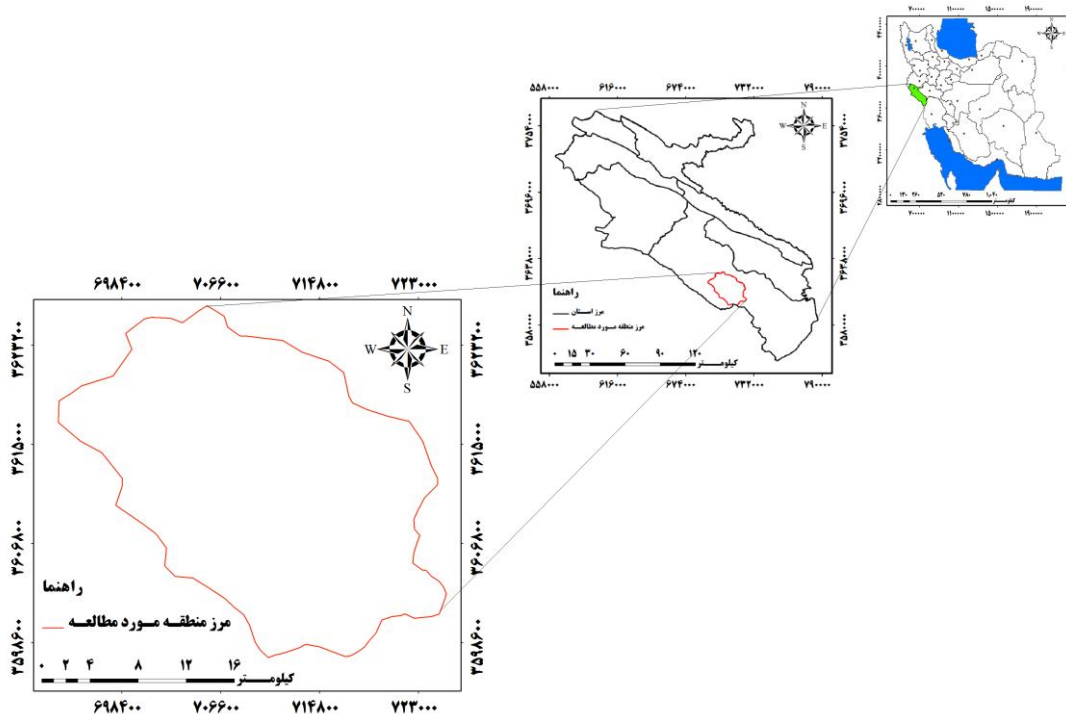
برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM در منطقه جنوب تهران با فاصله زمانی شش سال از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی و منطق فازی استفاده شد. در این تحقیق، قاسمیان و غیاثوند (1378) با استفاده از تصاویر باقیمانده و آنالیز رگرسیون توانستند تغییرات و عدم تغییرات کاربری اراضی را تشخیص دهند. شفیعی (1383) 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 19/86 درصد از منطقه دچار تغییرات شده است. اکبری (1383)، مطالعه‌ای را در زمینه ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی در شمال اصفهان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM⁺ مربوط به سال‌های 1990 و 2001 انجام داد. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، 35 درصد بیابان با منشأ طبیعی حاکم

برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، از داده‌های ماهواره‌ای TM، مسیر 179، ردیف 37، مربوط به 1364/3/11 و ETM⁺ مسیر 166، ردیف 37، مربوط به 1386 استفاده شد. در ضمن، نقشه توپوگرافی مقیاس 1:50000 سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای بستن مرز حوزه مطالعاتی، GPS برای تعیین مختصات نقاط نمونه‌برداری، عکس‌های هوایی 1:20000، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و نمونه‌برداری زمینی برای ارزیابی دقت و نرم‌افزارهای IDRISI، ENVI4.5، ARCView 3.2 و Taiga 9.2 برای ارزیابی روند بیابان‌زایی و مشاهدات تغییرات کاربری اراضی استفاده شد. شکل (2) روند مراحل تحقیق را نشان می‌دهد.

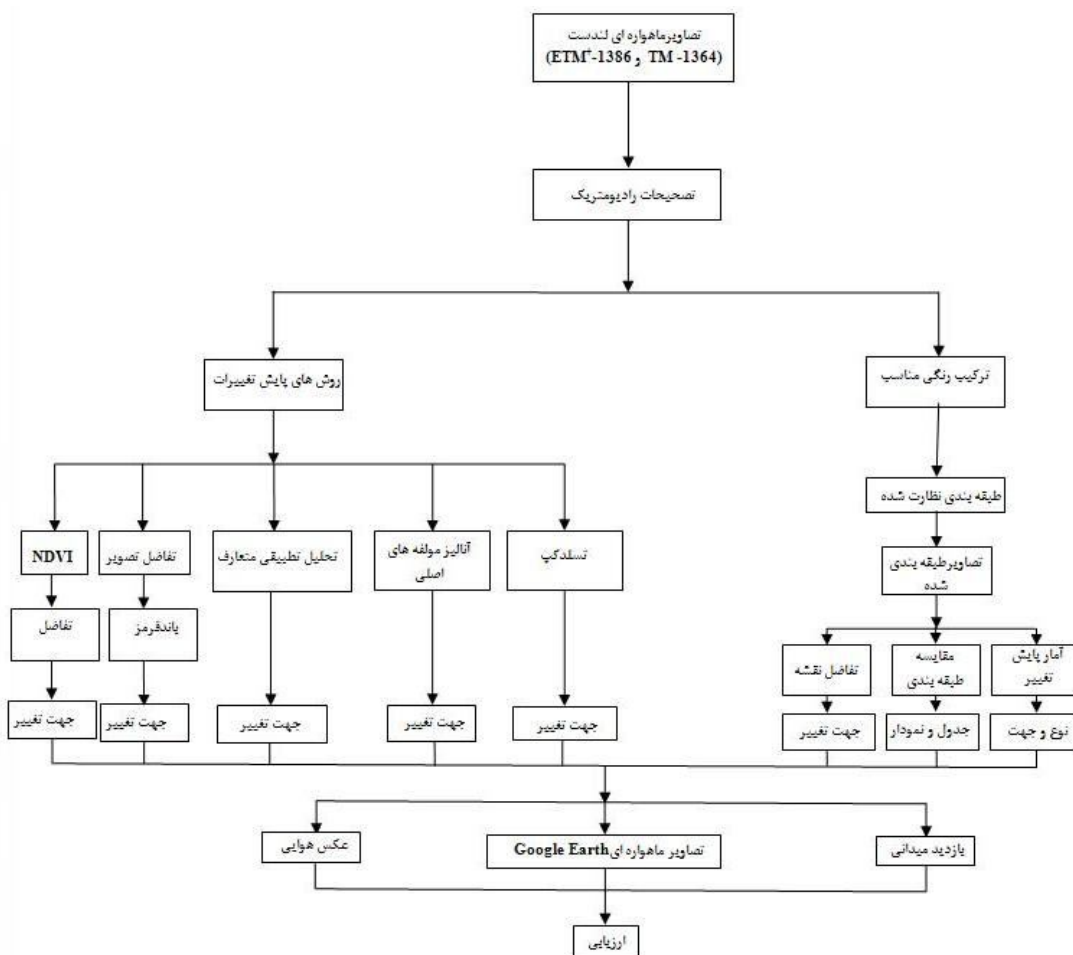
روش‌شناسی تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه بیابانی دهلران در جنوب تا جنوب شرقی استان ایلام قرار گرفته و دارای مختصات جغرافیایی "46° 23' 59" تا "47° 11' 44" طول شرقی و "33° 29' 32" تا "32° 25' 25" عرض شمالی است (شکل 1). بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط سازمان هواشناسی، این منطقه از نظر طبقه‌بندی اقلیمی کوپن جزء اقلیم خشک با تابستان‌های گرم به حساب می‌آید. بر اساس آمار هواشناسی، متوسط بارندگی 264.4 میلی‌متر، متوسط تبخیر سالیانه 3553 میلی‌متر در تشت تبخیر و 3117 میلی‌متر در سطح آزاد بوده و متوسط دمای سالیانه 31/4 درجه سانتی‌گراد است (علیرضا شهرباری و همکاران، 1389). مساحت منطقه مورد مطالعه، 55986 هکتار برآورد شده است.



شکل (1): موقعیت سیاسی منطقه مورد مطالعه



شکل (2): نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق

کار گرفته شده در این مطالعه، جهت ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی می‌پردازیم:

2. تفاضل تصویر

در این روش بر اساس رابطه⁽¹⁾، ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ دوم از ارزش‌های رقومی تصویر در تاریخ اول کم می‌شود. این فرآیند به صورت پیکسل به پیکسل است (آرخی و نیازی، 1389). نتیجه این روش، تولید تصویری است که در آن، مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده مناطق تغییر یافته (به ترتیب افزایش و کاهش) و مقدار صفر نشان‌دهنده عدم تغییر بین دو تاریخ است (سینگ، 1989)

روش کار در تحقیق حاضر شامل مراحل زیر است:

تصحیح رادیومتریک

تصحیح رادیومتریک در سنجش از دور از ضروریات است. حذف آثار سوء جوی، زمانی بیشتر احساس می‌شود که هدف، مقایسه تصاویر چندزمانه باشد (مسگری، 1381). در تحقیق حاضر، برای تصحیحات رادیومتریک تصاویر از متد چاوز که عبارت از روش کم کردن ارزش پیکسل‌های تیره¹ است، استفاده شد و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرآیند طبقه‌بندی از صحت بالایی برخوردار باشد (قاووز، 1996).

در این مرحله به معرفی و نحوه اجرای تکنیک‌های به

2. Image differencing

1. Dark object subtraction

$$Dx = x(t_2) - x(t_1) + C \quad (1)$$

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

تفاضل شاخص پوشش گیاهی¹

روش تفاضل شاخص پوشش گیاهی، برای تعیین تغییر در پوشش گیاهی، بسیار مفید است و می‌تواند برای 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 (آرخی و نیازی، 1388؛ سینگ، 1989). در این روش به صورت مجزا شاخص پوشش گیاهی مربوط به دو دوره متفاوت تهیه شده و سپس شاخص پوشش گیاهی ثانویه از شاخص پوشش گیاهی اولیه کم گردیده است.

تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)²

هرچه واریانس طیفی در یک تصویر بیشتر باشد، تصویر دامنه اطلاعات وسیع‌تری خواهد داشت که خود گویای پدیده‌های بیشتر در تصویر است و چنین تصویری برای مطالعه مناسب می‌باشد (نوری، 2004). مهم‌ترین فواید PCA، جمع‌آوری و متراکم ساختن اطلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف در تعدادی باند یا مؤلفه کمتر است. به عبارتی، PCA برای حذف اطلاعات زائد در داده‌های ماهواره‌ای، کاربرد فراوانی دارد (Ibid). تصور کنید که داده‌های چندزمانه در حلقه بالایی با هم همبستگی داشته باشند، در این صورت اطلاعات تغییر می‌تواند در اجزای جدید بارز گردد. دو طریق برای پایش تغییر به شیوه PCA وجود دارد: 1. تصاویر دو یا چند زمان را در یک فایل ساده قرار گیرد، سپس PCA انجام شود و اجزای کوچک تصاویر برای اطلاعات تغییر آنالیز گردد؛ 2. PCA هر تاریخ جداگانه انجام شود، سپس تصویر PCA ثانویه از اولیه تفریق گردد (آرخی و نیازی، 1388).

تجزیه مؤلفه‌های متعارف (CCA)³

CCA، یک روش تبدیل است که امکان تفکیک‌پذیری حداکثر بین کلاس‌ها را به وسیله نمونه‌های آموزشی فراهم می‌آورد. هر مؤلفه متوالی به طور تصاعدی دارای واریانس کمتری نسبت به باندهای اصلی است. تجزیه مؤلفه‌های متعارفی جهت استخراج ماتریس کواریانس از نواحی آموزشی در تصویر اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تبدیل به دست آمده از این طریق دارای محورهای اصلی جهت‌دار است که کلاس‌های آموزشی در آن به خوبی تفکیک شده‌اند (کتزینگ، 1971). این تبدیل، نسبت واریانس بین کلاسی و درون‌کلاسی را به حداکثر می‌رساند. این نسبت با رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$\frac{\partial^2_A}{\partial^2_W} \quad (2)$$

در رابطه بالا، ∂^2_A واریانس بین کلاسی و ∂^2_W واریانس درون کلاسی است.

برای به دست آوردن ماتریس تبدیل، باید مقادیر ویژه و بردارهای ویژه با حل معادله زیر به دست آید:

$$(\sum_A - \lambda \sum_W) D = 0 \quad (3)$$

در رابطه بالا، \sum_A ماتریس بین کلاسی، \sum_W ماتریس درون کلاسی، λ ماتریس قطری و D بردارهای ویژه است (Boyd et al, 1983). در این روش نیز CCA هر تاریخ، جداگانه تهیه شد و سپس تصویر CCA ثانویه از اولیه تفریق گردید.

تفاضل تسلدکپ (KT)⁴

تبدیل تسلدکپ، یک نوع تبدیل خطی ساده است. مبانی این روش مشابه با روش تجزیه مؤلفه اصلی است. بر خلاف دیگر تبدیل‌ها، این تبدیل باید برای داده‌های هر نوع سنجنده و هر کاربردی به طور جداگانه و تجربی تعیین شود. پایش تغییر بر اساس سه جزء روش‌شنایی، سبزی و رطوبت صورت

3. Canonical components analysis

4. Tasseld Cap differencing

1. NDVI differencing

2. Principal Components Analysis

در این رابطه، X_i مقدار عددی هر پیکسل، \bar{X} میانگین پیکسل‌ها، S انحراف معیار پیکسل‌ها و Z مقدار استاندارد شده متغیر است. در نهایت، برای تعیین بهترین آستانه، انحراف از میانگین‌های مختلف از قبیل $1 \pm$ ، $1/5 \pm$ ، $2 \pm$ و... بررسی شد و بهترین آستانه برای تعیین مناطق تغییر (افزایشی و کاهش) و بدون تغییر مشخص گردید.

برآورد دقت³

برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم‌اند. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت شامل، دقت کل⁴، دقت تولیدکننده⁵، دقت کاربر⁶ و ضریب کاپا⁷ هستند (لو و همکاران، 2004). از نظر تئوری احتمالات، دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد، زیرا در این شاخص، نقش شانس قابل توجه است. دقت کل از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید (علوی‌پناه، 1384):

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii} \quad (5)$$

در این رابطه،

OA = دقت کل

N = تعداد پیکسل‌های آزمایشی

$\sum P_{ii}$ = جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا

به دلیل ایرادهای وارد بر دقت کل، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود، زیرا شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود (بنیاد و حاجی قادری، 1386):

$$Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad (6)$$

در رابطه بالا،

P_o = درستی مشاهده شده

P_c = توافق مورد انتظار

می‌گیرد (آرخی و نیازی، 1388). تبدیل تسلدکپ برای داده‌های تبدیل تسلدکپ برای داده‌های TM و ETM^+ شامل سه عامل روشنایی، سبزی و رطوبت است. با توجه به مشترک بودن 3 عامل روشنایی، سبزی و رطوبت در دو داده مورد استفاده، در این تحقیق این سه عامل مبنای پایش تغییر بوده‌اند (کوت و همکاران، 1976).

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی¹

در این روش به صورت مجزا تصاویر چندزمانه به نقشه‌های موضوعی، طبقه‌بندی می‌شود و سپس روش‌هایی از قبیل مقایسه طبقه‌بندی، تفاضل نقشه و آمار تعیین تغییرات² جهت پایش تغییر استفاده می‌گردد. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی جزء روش‌های دسته طبقه‌بندی است. ویژگی این روش این است که آثار جوی، سنجنده و زیست‌محیطی بین تصاویر چندزمانه را به حداقل می‌رساند 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 (لو و همکاران، 2004).

تعیین آستانه

بسیاری از الگوریتم‌های پایش تصویر، از قبیل الگوریتم‌های موجود در دسته‌های جبر و تبدیل (از جمله تفاضل تصویر و...)، نیازمند انتخاب آستانه‌ها برای متمایز ساختن مناطق تغییر (افزایشی و کاهش) از بدون تغییر است (فانگ و همکاران، 1998). معمولاً برای انتخاب آستانه‌ها از دو روش استفاده می‌شود (بول و همکاران، 1997) 1. فرآیند آزمون و خطا، 2. روش آماری. در این مطالعه، از روش آماری که بر اساس انتخاب یک انحراف معیار مناسب از میانگین است، استفاده شد. برای اینکه وزن اعداد با هر واحدی ثابت شود، از روش استاندارد کردن استفاده می‌شود. برای استاندارد کردن داده‌ها از رابطه (4) استفاده گردید:

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (4)$$

3. Accuracy assessment
4. Overall accuracy
5. Producer's Accuracy
6. User's Accuracy
7. Kappa Coefficient

1. Post-classification method
2. Change detection statistics

مطالعه از 6 تکنیک پایش تغییر استفاده شد. در این مطالعه، پس از تعیین میانگین و انحراف معیار در نقشه‌های به دست آمده از هر تکنیک پایش تغییر، این نقشه‌ها استاندارد و سپس با گرفتن آستانه‌های مختلف مشخص شد که بهترین آستانه برای تعیین تغییرات در منطقه مورد مطالعه با $1 \pm$ 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 مادون قرمز نسبت به سایر باندها، نتایج به دست آمده از این باند، برای تعیین تغییرات مورد استفاده قرار گرفت (شکل 3). بررسی نقشه به دست آمده از این روش نشان داده است که تفاضل باند مادون قرمز مناطق در معرض تغییر (کاهشی و افزایشی) و بدون تغییرات را با دقت بالای 80% ساخته است.

تفاضل شاخص پوشش گیاهی

پس از تهیه نقشه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده در دو تاریخ 1364 و 1386، نقشه تفاضل شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تهیه شده است (شکل 4). نقشه به دست آمده از این تکنیک نشان می‌دهد که این تکنیک در تفکیک کلاس‌های تغییر (افزایشی و کاهشی)، به نحو خوبی عمل نکرده و فقط مناطق بدون تغییر را نشان داده است.

دقت تولیدکننده، احتمال اینکه یک پیکسل در تصویر کلاسه‌بندی در همان کلاس در روی زمین قرار بگیرد و دقت کاربر، احتمال اینکه یک کلاس مشخص در روی زمین در همان کلاس بر روی تصویر طبقه‌بندی شده قرار بگیرد، می‌باشد که از روابط زیر محاسبه می‌شوند (بنیاد و حاجی قادری، 1386):

$$PA = \frac{ta}{ga} \times 100 \quad (7)$$

و

$$UA = \frac{ta}{n_1} \times 100 \quad (8)$$

در روابط فوق،

PA = درصد دقت کلاس a برای دقت تولیدکننده

ta = تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به

عنوان کلاس a

ga = تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی

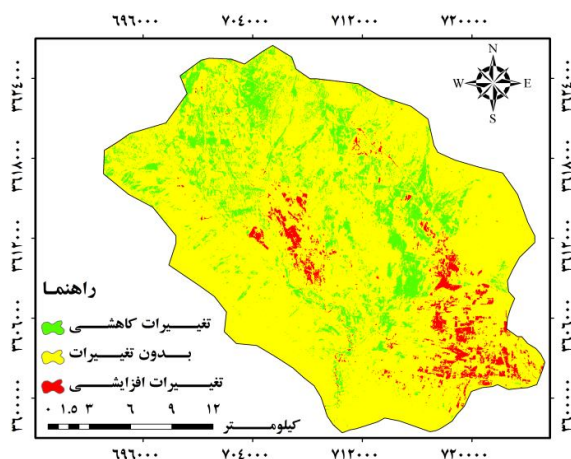
UA = درصد دقت کلاس a برای دقت کاربر

n_1 = تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی

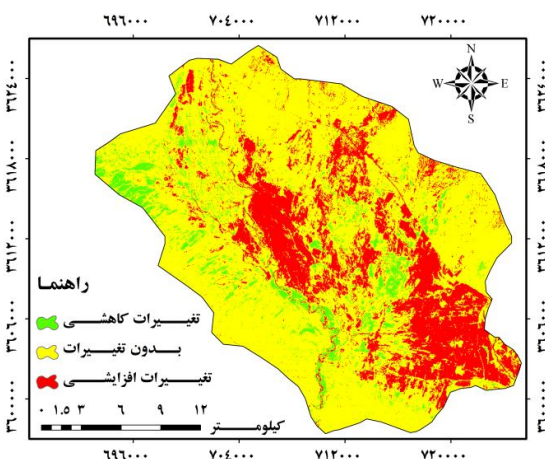
در این مطالعه، برای تعیین نقاط واقعیت زمینی از برداشت زمینی، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، عکس‌های هوایی 1:20000، و نظریات کارشناسی افراد آشنا استفاده شده است.

یافته‌های تحقیق

برای آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه مورد



شکل (4): نقشه پایش تغییر - تفاضل شاخص پوشش گیاهی

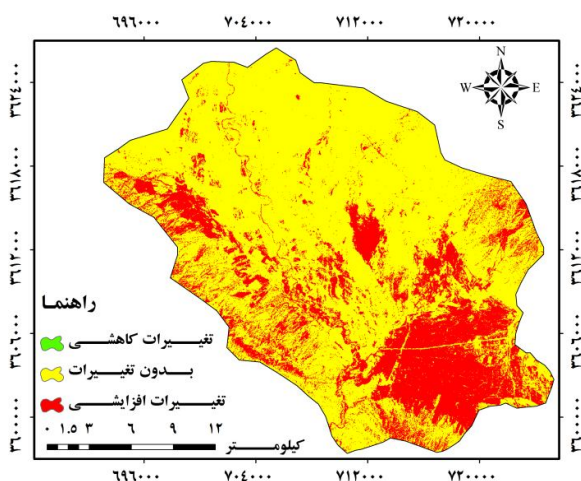


شکل (3): نقشه پایش تغییر - تفاضل باند مادون قرمز

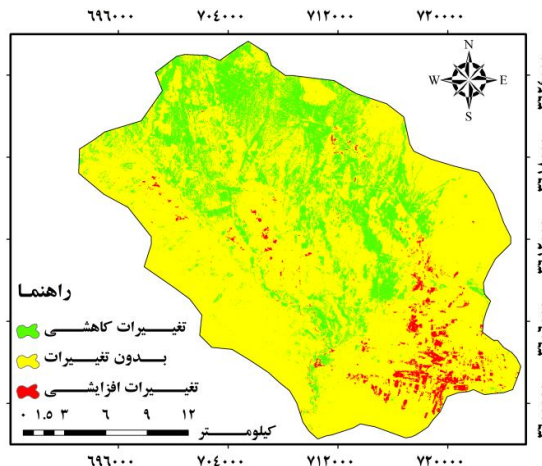
نشان داده CCA_2 و PCA_2 به ترتیب با ضریب کاپای $0/79$ و $0/38$ در مقایسه با PCA_1 و CCA_1 با ضریب کاپای $0/60$ و $0/18$ تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه را بهتر نشان داده است (اشکال 5 و 6). در ضمن، PCA_2 در تفکیک هم مناطق افزایش و کاهش و CCA_2 فقط در تفکیک مناطقی که بدون تغییر مانده‌اند، به خوبی عمل کرده است.

تفاضل PCA و CCA

در این مطالعه، ابتدا PCA و CCA هر تاریخ جداگانه محاسبه شده است. با توجه به اینکه بیشترین اطلاعات در هر دو سنجنده در دو مؤلفه اول ذخیره شده است، به همین دلیل مؤلفه‌های اول و دوم در این مطالعه، برای پایش تغییر مورد استفاده قرار گرفتند. سپس PCA و CCA اول و دوم تاریخ دوم به ترتیب از PCA و CCA اول و دوم تاریخ اول تفریق شده است. ارزیابی نقشه‌های به دست آمده



شکل (6): نقشه تفاضل CCA_2

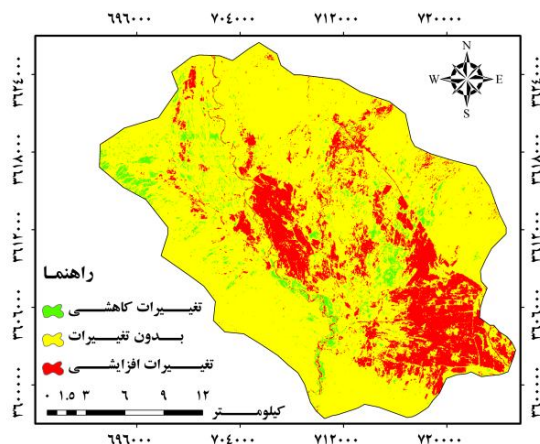


شکل (5): نقشه تفاضل PCA_2

تفاضل تسلدکپ (روشنایی)

بوده‌اند که نتایج حاصل از بررسی آن‌ها نشان داده که پایش عامل روشنایی در دو تاریخ نتایج بهتری را برای تعیین مناطق تغییر یافته ارائه کرده است (شکل 7).

تبدیل تسلدکپ برای داده‌های TM و ETM^+ شامل سه عامل روشنایی، سبزی و رطوبت است. با توجه به مشترک بودن 3 عامل روشنایی، سبزی و رطوبت در دو داده مورد استفاده در این تحقیق، این سه عامل مبنای پایش تغییر

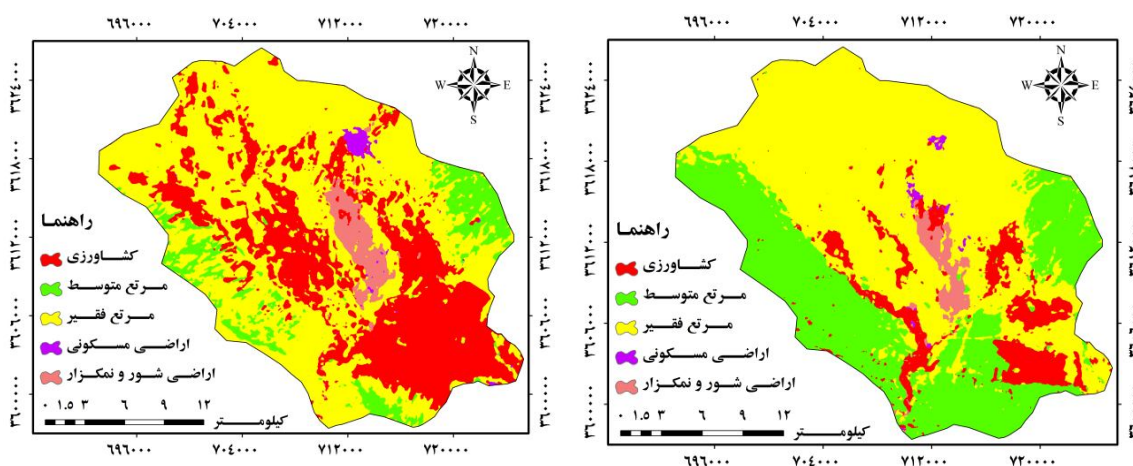


شکل (7): نقشه تفاضل تسلدکپ (روشنایی)

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

تفکیک‌پذیری کلاس‌ها، طبقه‌بندی به صورت نظارت‌شده و با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال انجام گرفت و نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های 1364 و 1386 تهیه شد (اشکال 8 و 9). در نهایت با انجام عملیات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و نمونه‌برداری تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه، پارامترهای آماری دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، ضریب کاپا و دقت کل به شرح جدول (1) استخراج گردید.

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، کلاس‌های کاربری اراضی در پنج گروه تحت عنوان کلاس کشاورزی، مرتع متوسط، مرتع فقیر، اراضی مسکونی، اراضی شور و نمکزار تعیین و سپس نمونه‌های آموزشی از سطح منطقه با استفاده از عکس‌های هوایی 1:20000، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و بازدید میدانی جمع‌آوری شد. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های تصاویر، کلاس‌های کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه تعیین و پس از مشخص کردن میزان

شکل (9): نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده ETM⁺ (1386)

شکل (8): نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده TM (1364)

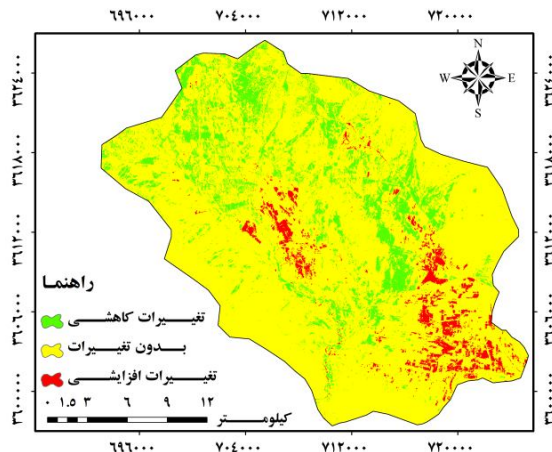
جدول (1): دقت طبقه‌بندی (%) تصویر سال‌های 1364 و 1386

| ETM ⁺ -1386 | | TM-1364 | | طبقه پوشش |
|------------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------------|
| دقت استفاده‌کننده | دقت تولیدکننده | دقت استفاده‌کننده | دقت تولیدکننده | |
| 94/24 | 99/97 | 88/77 | 100 | کشاورزی |
| 96/88 | 84/45 | 99/22 | 100 | مرتع متوسط |
| 95/64 | 91/72 | 99/09 | 77/07 | مرتع فقیر |
| 96/84 | 97/20 | 97/04 | 97/04 | مناطق مسکونی |
| 95/63 | 99/37 | 98/83 | 96/07 | اراضی شور و نمکزار |
| | 94/45 | | 94/03 | دقت کل % |
| 95/19 | | 95 | | ضریب کاپا |

روش تفاضل نقشه

در تاریخ دوم از نقشه کاربری اراضی / پوشش گیاهی در تاریخ اول تفریق می‌گردد. نتایج حاصل از این روش برای تفکیک کلاس‌های تغییر در شکل (10) ارائه شده است.

یکی از نتایج حاصل از نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده در دو تاریخ 1364 و 1386، تعیین تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش تفاضل نقشه است. بدین صورت که نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده



شکل (10): نقشه پایش تغییر- تفاضل دو نقشه طبقه‌بندی شده مربوط به سال‌های 1364 و 1386

جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های مورد استفاده در این مطالعه، 2050 نقطه واقعیت زمینی از مناطق دارای تغییرات کاهش‌ی، افزایش‌ی و بدون تغییر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، تصاویر رنگی کاذب TM و ETM^+ و بازدیدهای میدانی برداشت شد و بر اساس آن‌ها دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، دقت کل و ضریب کاپا برآورد گردید که نتایج آن در جدول (2) ارائه شده است.

جهت ارزیابی دقت تکنیک‌های مورد استفاده در این مطالعه، 2050 نقطه واقعیت زمینی از مناطق دارای تغییرات کاهش‌ی، افزایش‌ی و بدون تغییر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، تصاویر رنگی کاذب TM و ETM^+ و بازدیدهای میدانی برداشت شد و بر اساس آن‌ها دقت تولیدکننده، دقت استفاده‌کننده، دقت کل و ضریب کاپا برآورد گردید که نتایج آن در جدول (2) ارائه شده است.

جدول (2): ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر در منطقه بیابانی دهلران

| داده طبقه‌بندی شده | داده مرجع | | | کل | دقت کاربر (%) |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|------|---------------|
| | تغییرات کاهش‌ی | بدون تغییرات | تغییرات افزایش‌ی | | |
| تفاضل بانده مادون قرمز | | | | | |
| تغییرات کاهش‌ی | 336 | 49 | 0 | 385 | 94 |
| بدون تغییرات | 13 | 890 | 6 | 909 | 83 |
| تغییرات افزایش‌ی | 3 | 42 | 711 | 756 | 97 |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 85 | 96 | 91 | | |
| دقت کل (%) | 90/49 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/91 | | | | |
| تفاضل تسلدکپ (روشنایی) | | | | | |
| تغییرات کاهش‌ی | 208 | 0 | 0 | 208 | 54 |
| بدون تغییرات | 138 | 967 | 45 | 1150 | 97 |
| تغییرات افزایش‌ی | 6 | 14 | 672 | 692 | 90 |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 100 | 69 | 95 | | |
| دقت کل (%) | 88/34 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/83 | | | | |
| تفاضل PC_2 | | | | | |
| تغییرات کاهش‌ی | 188 | 1 | 0 | 189 | 50 |
| بدون تغییرات | 107 | 691 | 67 | 1135 | 95 |
| تغییرات افزایش‌ی | 57 | 19 | 650 | 726 | 85 |

| داده طبقه‌بندی شده | داده مرجع | | | کل | دقت کاربر (%) |
|------------------------------|---------------|--------------|-----------------|------|---------------|
| | تغییرات کاهشی | بدون تغییرات | تغییرات افزایشی | | |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 99 | 70 | 83 | | |
| دقت کل (%) | 84/62 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/79 | | | | |
| روش تفاضل نقشه | | | | | |
| تغییرات کاهشی | 151 | 6 | 0 | 157 | 38 |
| بدون تغییرات | 198 | 975 | 92 | 1265 | 98 |
| تغییرات افزایشی | 3 | 0 | 625 | 628 | 81 |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 95 | 56 | 99 | | |
| دقت کل (%) | 83/57 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/75 | | | | |
| تفاضل شاخص پوشش گیاهی | | | | | |
| تغییرات کاهشی | 142 | 43 | 41 | 226 | 32 |
| بدون تغییرات | 124 | 938 | 131 | 1193 | 89 |
| تغییرات افزایشی | 86 | 0 | 545 | 631 | 65 |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 55 | 59 | 79 | | |
| دقت کل (%) | 70 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/65 | | | | |
| تفاضل CCA₂ | | | | | |
| تغییرات کاهشی | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| بدون تغییرات | 94 | 865 | 253 | 1212 | 71 |
| تغییرات افزایشی | 258 | 116 | 464 | 838 | 40 |
| کل | 352 | 981 | 717 | 2050 | |
| دقت تولیدکننده (%) | 0 | 45 | 31 | | |
| دقت کل (%) | 25/48 | | | | |
| ضریب کاپا | 0/38 | | | | |

تولیدکننده در کلاس تغییرات کاهشی مربوط به روش تفاضل تسلدکپ (روشنایی)، تفاضل PCA₂، تفاضل نقشه، تفاضل باند مادون قرمز، و کمترین دقت مربوط به روش تفاضل CCA₂ بوده، اما در کلاس بدون تغییرات، فقط روش تفاضل باند مادون قرمز از دقت بالایی برخوردار بوده است. در کلاس تغییرات افزایشی نیز بیشترین دقت از روش‌های تفاضل نقشه، تفاضل تسلدکپ (روشنایی)، تفاضل باند مادون قرمز و تفاضل PCA₂ به دست آمده است و سایر روش‌ها از دقت کمتری نسبت به این روش‌ها برخوردار بوده‌اند. روش تفاضل باند مادون قرمز به ترتیب

بر اساس جدول (2) می‌توان بیان کرد که بیشترین دقت کاربر در کلاس تغییرات کاهشی به ترتیب مربوط به روش‌های تفاضل باند مادون قرمز، و کمترین دقت مربوط به روش تفاضل تفاضل CCA₂ بوده است. در کلاس بدون تغییرات، روش تفاضل PCA₂ و در کلاس تغییرات افزایشی روش‌های تفاضل باند مادون قرمز، تفاضل تسلدکپ (روشنایی)، تفاضل PCA₂ و تفاضل نقشه، بیشترین دقت کاربر را داشته‌اند در حالی که روش تفاضل شاخص پوشش گیاهی و تفاضل CCA₂ به ترتیب کمترین دقت را در تفکیک این دو کلاس داشته‌اند. بیشترین دقت

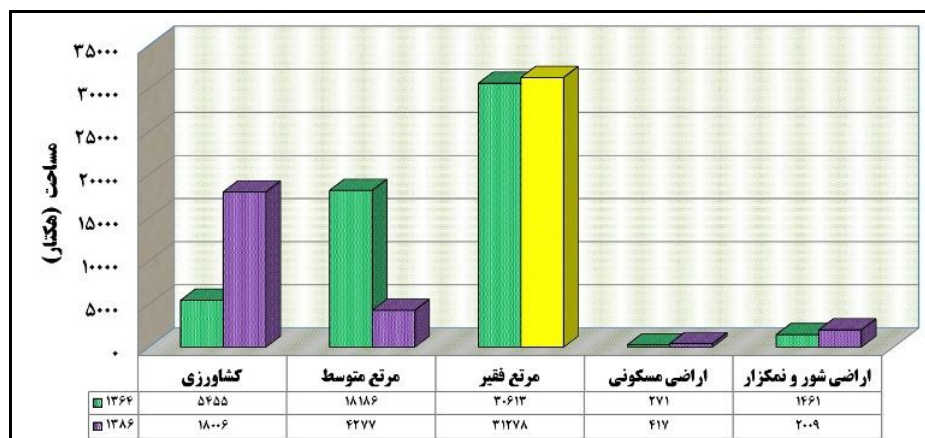
این روش در ادامه ارائه شده است:

مقایسه طبقه‌بندی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی دو تاریخ، ابتدا مساحت و درصد 5 کلاس کاربری اراضی به دست آمد که نتایج حاصل از آن در شکل (11) ارائه شده است.

با دقت کل و ضریب کاپای 90/49 و 0/91 بیشترین دقت و روش تفاضل CCA_2 به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای 25/48 و 0/38 کمترین دقت را در پایش تغییر پوشش زمین در منطقه بیابانی دهلران داشته‌اند.

با توجه به اینکه روش پس از طبقه‌بندی، امکان بررسی نوع و میزان تغییرات را نیز فراهم می‌آورد. نتایج حاصل از



شکل (11): درصد فراوانی کلاس‌های پوشش اراضی در سال‌های 1364 و 1386

آمار پایش تغییر

ارائه شده است. نتایج این جدول به خوبی نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات مثبت در اراضی کشاورزی و بیشترین تغییرات منفی در مراتع نیمه‌تراکم بوده است.

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 (3)

جدول (3): نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های 1364 تا 1386 (برحسب درصد)

| تفاضل (هکتار) | سال 1386 | سال 1364 | کلاس‌های پوشش اراضی |
|---------------|----------|----------|---------------------|
| +12551 | 18006 | 5455 | کشاورزی |
| -13910 | 4277 | 18186 | مرتع متوسط |
| +665 | 31278 | 30613 | مرتع فقیر |
| +146 | 417 | 271 | اراضی مسکونی |
| +548 | 2009 | 1461 | اراضی شور و نمکزار |
| 0 | 55987 | 55987 | کل |

خلاصه و نتیجه‌گیری

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از منابع مهم مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی است. استفاده و کاربرد این تصاویر در زمینه‌های مختلف می‌تواند قابلیت و محدودیت‌های این داده‌ها را مشخص کند. آنچه مهم است بررسی قابلیت این داده‌ها با توجه به پیشرفت‌های روزافزون قابلیت‌های طیفی و مکانی آن‌ها می‌باشد. همچنین بررسی این داده‌ها در شرایط محیطی با تنوع کاربری‌ها و پوشش گیاهی ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه، پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتریک، تکنیک‌های مختلف پایش تغییر به کار گرفته شد. در مرحله بعد، برای تعیین آستانه تغییرات در روش‌هایی که نیازمند تعیین آستانه هستند، از روش آماری استفاده شد و بر این اساس مشخص گردید که آستانه تغییر در منطقه مورد مطالعه با $1 \pm$ 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 گردید. ارزیابی دقت تکنیک‌های پایش تغییر در منطقه بیابانی دهلران نشان داد که روش تفاضل باند مادون قرمز به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای 90/49 و 0/91 بیشترین دقت و روش تفاضل CCA_2 به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای 25/48 و 0/38 کمترین دقت را در تفکیک کلاس‌های تغییر داشته است. درصد واریانس مؤلفه اول در دو تاریخ 1364 و 1386 به ترتیب 99/51 و 97/32 درصد است. در مؤلفه اول (PC_1)، بارهای عاملی تقریباً در همه باندها با هم برابر بوده که این نشان می‌دهد مؤلفه اول ارائه‌دهنده روشنایی کلی عرصه است. اما در مؤلفه دوم درصد واریانس در تاریخ 1364 و 1386 به ترتیب 0/31 و 2/43 درصد است و این مؤلفه بیشترین گرادیان پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. حداکثر بار عاملی مثبت، برای باند مادون قرمز نزدیک و بار

عاملی منفی مربوط به باندهای مرئی است. به همین دلیل، نتایج حاصل از تفاضل مؤلفه دوم در پایش تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از دقت بالاتری نسبت به تفاضل مؤلفه اول برخوردار است. نتایج به دست آمده در این تحقیق موافق نتایج به دست آمده توسط سونار (1998)، کولینز و ودکوک (1996)، سپهری و جان‌لیو (2006)، شفیعی (1383) و برخلاف نتیجه به دست آمده توسط پراکش و گوپتا (1998) می‌باشد. گرچه مطالعات زیادی در ارتباط با کاربردهای پایش تغییر اجرا شده و روش‌های مختلف پایش تغییر آزمایش شده، هنوز این سؤال که کدام روش برای یک منطقه خاص بهتر است، بدون پاسخ مانده است. بررسی انجام‌شده تاکنون یک روش منحصر به فرد برای تمام موارد نشان نمی‌دهند. انتخاب یک روش مناسب پایش تغییر به دانش تحلیل‌گر 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 سبب 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 از طریق طبقه‌بندی نظارت شده به خوبی نشان می‌دهد که در فاصله زمانی سال‌های 1364 تا 1386 اراضی کشاورزی (آبی و دیم و باغات) بیشترین تغییرات مثبت را داشته‌اند. اضافه شدن این اراضی اکثراً به قیمت از دست رفتن مرتع متوسط بوده است (به دلیل حاصل‌خیزی بالاتر). همچنین، در این فاصله زمانی 22 ساله، مرتع فقیر و اراضی شور و نم‌کزار نیز دچار تغییر و تحول شده‌اند که تغییرات افزایشی در آن‌ها را می‌توان به دلیل تخریب مراتع متوسط و اختصاص آن‌ها به کشاورزی و یا افزایش روند بیابان‌زایی به دلیل مدیریت نامناسب این اراضی دانست. این مطالعه موافق

برخورداری و همکاران (1384)، که اظهار داشته در طی 25 سال گذشته سطح اراضی مرتعی (مرتع خوب و متوسط) و بیشه‌زارهای جنگلی از 45 درصد سطح حوضه در سال 1976 به 8 درصد در سال 2002 کاهش یافته است.

نتایج به دست آمده توسط اکبری (1383) می‌باشد که اظهار داشته مهم‌ترین عوامل در بیابان‌زایی انسانی را تبدیل اراضی مرتعی به زمین‌های کشاورزی، الگوی غلط کشاورزی، چرای بیش از حد دام، وضعیت نامناسب اقتصادی و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی دانسته و همچنین

منابع

1. آرخی، صالح، نیازی، یعقوب، 1388. «ارزیابی روش‌های مختلف سنجش از دور برای پایش تغییر کاربری اراضی (مطالعه موردی حوزه دره شهر استان ایلام)»، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد 17، شماره 1: 93-74.
2. آرخی، صالح، نیازی، یعقوب، 1389. «مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی- پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی حوزه دره شهر استان ایلام)»، مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، جلد 1، شماره 1: 61-77.
3. اکبری، م، 1382. ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با تکنیک RS و GIS در منطقه خشک شمال اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی.
4. برخوردار، ج، زارع مهرجردی، م، خسرو شاهی، م، 1384. «بررسی روند تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز سد استقلال میناب با استفاده از RS و GIS»، نشریه علمی-ترویجی حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، جلد 1، شماره 2، 59-64.
5. بنیاد، ا.ا. و حاجی قادری، ط، 1386. «تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست 7»، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره 42، 627-638.
6. شفيعی، م، 1383. کاربرد فناوری سنجش از دور در ارزیابی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی دشت قزوین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، 109.
7. شهریاری، ع، حسینیه، غلامی، اکبر، فخریه، صالح، آرخی، سهیلا، نوری، 1389. مقایسه روش‌های مختلف پایش پوشش گیاهی در منطقه بیابانی عین خوش دهلران با استفاده از RS و GIS، همایش ملی ژئوماتیک 1389، سازمان نقشه‌برداری کشور.
8. زهتابیان، غ، ر، طباطبایی، م، ر، 1378. «بررسی روند بیابان‌زایی با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی»، مجله بیابان، جلد 4، شماره 2، ص 57-67.
9. علوی‌پناه، س. ک، 1384. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، 478 ص.
10. علوی‌پناه، س. ک، احسانی، ا، 1382. «بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پلاپای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه و چندطیفی»، مجله بیابان، جلد 9، شماره 1، 143-154.
11. قاسمیان یزدی، م ج، غیاثوند، غ. ز، 1378. آشکارسازی تغییرات در تصاویر با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و منطق فازی، مجموعه مقالات همایش نقشه‌برداری 1378، سازمان نقشه‌برداری کشور، ص 1-14.
12. مسگری، سعید، 1381. بررسی روند تغییر سطوح جنگل‌ها با استفاده از GIS و سنجش از دور، تهران: طرح پژوهشی دانشکده فنی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی: 1-3.

- Remote Sensing, 20 June, 2004, VOL 25 NO 12: 2365–2407.
22. Noori, s., 2004. Determination of the best vegetation indexes for assessing Mazandaran rangeland. Master thesis. Tarbiat Modarres University:pp.128.
 23. Parkash, A., Gupta, R.P., 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.
 24. Pett, C., Scudder, T., Lambin, E., 2001. Quantifying processes of land-cover change 2402 D.
 25. Sepehry, A., and Gang-Jun, L., 2006. Flood induced land cove change detection using multitemporal ETM⁺ imagery. *Center for Remote Sensing of land surface*. Bonn, 28-30 Sep.
 26. Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10: 989–1003.
 27. Sunar, F., 1998. An analysis of changes in Multi-dataset, a case study in the Ikitelia area. Istanbul. Turkey. *International journal of Remote sensing*, Vol.19 NO.2: 225-235.
 28. Tueller, P. T., 1987. Remote sensing science application in arid environments. *Remote Sensing of Environment*, 23: 143–154.
 29. UNEP., 1991. Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification. Nairobi, Kenya.
 30. Yool, S.R., Makaio, M.J., Watts, J.M., 1997. Techniques for computer-assisted mapping of rangeland change. *Journal of Range Management*, 50: 307–314.
 13. مشکوه، م، 1377. روشی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو). مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
 14. Boyd, R., Brumfield, J.O., Campbell, W., 1983. A comparison of the usefulness of canonical analysis, principal components analysis, and band selection for extraction of features from thematic mapper simulator (TMS) data for land cover analysis. The seventh international symposium on remote sensing of environment. Ann, Arbor, Michigan, May 9-13.
 15. Chavez, P. S., 1996. Image-based atmospheric corrections-Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025– 1036.
 16. Collins, J. B., Woodcock, C. E., 1996. An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*. 56: 66–77.
 17. Fung, T., Ledrew, E., 1988. The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 54: 1449–1454.
 18. Harasheh, H., Tateishi, R., 2000. Desertification mapping of west Asia-a GIS and remote ensing application.
website:<http://www.gis.development.net/aars/acrs/>
 19. Kauth, R.J., Thomas, G.S., 1976. The tasseled cap - A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. Perdue University. West Lafayette, Indiana. pp. 41-51.
 20. Kettnering, J. R., 1971. “Canonical analysis of several sets of variables”. *Biometrika*, vol 58: 433–451.
 21. Lu, D., Mause, P., Brondi'zio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *INT. J.*