



آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در حوزه آبخیز سفیددشت- بروجن با به کارگیری سلول خودکار مارکوف

فاطمه نفر^۱، عطاالله ابراهیمی^۲، علی اصغر نقی‌پور^{۳*}

۱. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۲. دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۳. استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
- * نویسنده مسئول: aa.naghipour@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۳

چکیده

با توجه به گسترش پدیده تخریب سرزمین و لزوم توجه به رصد و مهار این پدیده مخرب، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی روند تغییر پوشش در کاربری‌های مختلف اراضی در حوزه آبخیز سفیددشت- بروجن واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از تلفیق سنجش از دور و مدل‌سازی سلول‌های خودکار مارکوف انجام شد. در آغاز نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ تهیه شد. با مقایسه نقشه‌های مذکور، تغییر پوشش اراضی در هر یک از مناطق شامل اراضی مرتعی، بدون پوشش (بایر)، کشاورزی و مناطق مسکونی-صنعتی بررسی و آشکارسازی شد. سپس در قالب مدل سلول خودکار مارکوف به پیش‌بینی تغییرهای آینده پرداخته شد. برای پیش‌بینی تغییر برای سال ۱۴۰۷ در آغاز برای سال ۱۳۹۷ از روش مدل سلول خودکار مارکوف مقدار شباهت برای این سال مدل‌سازی شد و سپس با نقشه واقعیت زمینی این سال، مقایسه شد. نتایج هر دو نقشه مقدار شباهت نزدیک به هم را نشان داد و اختلاف اندکی نسبت به هم داشتند. نتایج آشکارسازی تغییرات برای سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ حاکی از کاهش ۸۸۵۶ ha اراضی کشاورزی و کاهش ۸۰۹۴ ha از اراضی مرتعی در منطقه مورد بررسی می‌باشد. ولی مساحت اراضی بدون پوشش (بایر)، ۱۴۵۴۷ ha افزایش داشته است. بر اساس پیش‌بینی سال ۱۴۰۷ بیشترین تغییر افزایشی مربوط به اراضی بایر با ۱۶۴۷۶ ha است. برآوردها نشان می‌دهد ۱۶۳۴ ha از اراضی کشاورزی کاسته خواهد شد. از مجموع مساحت کاهش‌یافته، حدود ۱۴۱۰ ha به اراضی بایر و حدود ۲۲۴ ha به اراضی مسکونی-صنعتی تبدیل خواهد شد. اراضی مرتعی نیز ۱۵۸۳۵ ha کاهش یافته که از این مقدار، ۱۵۱۴۵ ha به اراضی بایر و ۶۹۰ ha به مناطق مسکونی-صنعتی تبدیل خواهد شد. یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آبی برای منطقه مورد مطالعه مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سنجش از دور؛ تخریب سرزمین؛ مرتع؛ کشاورزی؛ استان چهارمحال و بختیاری

■ مقدمه

بیابان‌زایی به عنوان یک معضل جدی در حال حاضر دامن‌گیر بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد (۱) و طبق تعریف، عبارت است از کاهش استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی از فرآیندها، از قبیل فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی شدن، شور شدن و قلیائی‌شدن خاک که توسط عوامل محیطی یا انسانی شدت می‌یابد. به سبب نقشی که فعالیت‌های انسانی می‌توانند در گرمایش جهانی و تشدید تأثیر آن به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دارد؛ این فعالیت‌ها و چگونگی اعمال مدیریت و بهره‌برداری انسان از مناطق خشک و نیمه‌خشک حائز اهمیت بیشتری است. با توجه به گسترش روزافزون پدیده بیابان‌زایی در بسیاری کشورهای جهان، مبارزه با بیابان‌زایی و تخریب سرزمین باید به عنوان اولویت محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی در نظر گرفته شود (۲۸).

تغییر در پوشش و کاربری اراضی یکی از مهمترین عواملی است که انسان از طریق آن منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۶). ارزیابی روند تغییرات پوشش، فرآیندی است که منجر به ایجاد درک صحیحی از نحوه تعامل انسان و محیط‌زیست می‌شود. این مسئله در مورد مناطق بیابانی از اهمیت بیشتری برخوردار است (۲۵). آشکارسازی تغییرات، فرآیند شناسایی تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء به وسیله مشاهده آن در زمان‌های مختلف است (۲۷). اطلاع از تغییرات پوشش و بررسی علل و عوامل آن در یک دوره زمانی می‌تواند مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان باشد (۲۰). انتخاب روش و الگوریتم برای بازیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است، زیرا که روش انتخاب شده جهت بازیابی و کشف تغییرات در نتایج به دست آمده و تفسیر و تحلیل آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد (۱۳). چنین ابزارهایی بازیابی تغییرات پوشش اراضی در سراسر جهان را با دقت بالایی در سال‌های آینده امکان‌پذیر می‌کند (۱۱). ارزیابی روند تغییرات پوشش و محاسبه تأثیرات منفی و مثبت این دگرگونی‌ها، با استفاده از داده‌های سنجنش از دور امکان محاسبه و تهیه نقشه کاربری و اطلاعات مورد نیاز را فراهم می‌کند.

در دهه‌های اخیر، بررسی تغییرات پوشش اراضی به منظور مقایسه و اطلاع از روند تغییرات، به یکی از موضوعات ضروری و مورد بحث تبدیل شده است. مطالعات مختلف، سنجنش از دور را به عنوان روش مناسبی برای ارزیابی تغییرات دانسته‌اند (۴، ۳۷). در مطالعه‌ای، وضعیت بیابان‌زایی کویر حاج علی‌قلی در دامغان با تکنیک سنجنش از دور و برای دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶ بررسی شد. برای این کار از داده‌های ماهواره‌ای مربوط به سنجنده TM لندست ۵ و سنجنده ETM لندست ۷ و همچنین از روش‌های تحلیل مؤلفه مبنای، تسلدکپ، شاخص‌های شوری، تفاضل تصویر، طبقه‌بندی، میانگین‌گیری هندسی و ارزیابی دقت، استفاده شد. نتایج حکایت از تغییرات گسترده در ویژگی‌های اکولوژیکی و مورفولوژی پهنه مطالعاتی داشت؛ به گونه‌ای که 748 km^2 از مساحت منطقه تحت تأثیر تغییر کاربری و کاهش توان بوم‌شناختی (اکولوژیک) قرار گرفته بود (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر، بیابان‌زایی در منطقه سودان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و تحلیل طیفی ترکیبی انجام شد. نتایج این پژوهش بیان می‌دارد که استفاده از تحلیل طیفی ترکیبی و تصاویر لندست نتایج سازگار، دقیق و کم هزینه‌ای را برای مناطق در خطر نشان می‌دهد (۱۲).

برای آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی، روش‌های متعدد سنجنش از دوری وجود دارد که از جمله می‌توان به تفاضل تصویر، آنالیز مولفه‌های اصلی، تفاضل شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی، آنالیز مولفه‌های متعارف و تفاضل تسلدکپ اشاره کرد. مدل سلول خودکار مارکوف^۱ یکی از این روش‌ها می‌باشد که تلفیقی از سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف و تخصیص چندمنظوره اراضی است و برای پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش بکار می‌رود. این مدل می‌تواند پیچیدگی‌های بوم‌نظام‌ها را به سادگی بیان کند و بر اساس روند تغییرات گذشته، کالیبره شده و آینده سامانه را با دقت مناسب پیش‌بینی کند. بررسی‌های زیادی با استفاده از این مدل به‌منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی صورت گرفته است. از جمله، در پژوهشی تغییرات پوشش با استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۷-

بین $51^{\circ} 3' 54''$ تا $51^{\circ} 25' 48''$ طول شرقی و $24''$ تا $31^{\circ} 49' 27''$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). بر اساس تقسیم‌بندی‌هایی که مؤسسه تحقیقات منابع آب کشور در مورد حوضه‌های آبخیز کشور انجام داده، حوضه آبخیز بروجن از زیرحوضه‌های آبخیز کارون شمالی است. حداکثر ارتفاع حوضه برابر با m 3153 در ارتفاعات غرب حوضه و حداقل ارتفاع منطقه برابر با m 2124 از سطح دریا در محل خروجی حوضه، و در مجاورت روستای دهنو و در ضلع غربی حوضه قرار دارد. میانگین شیب منطقه مورد مطالعه برابر با $13/9\%$ است. با توجه به اطلاعات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بروجن، میانگین بارش سالانه حوضه آبخیز بروجن برابر با 254 mm است. میانگین سالانه حداکثر، حداقل و متوسط دما در آن به ترتیب برابر $18/5$ ، $2/9$ و $9/7^{\circ} \text{C}$ می‌باشد و اقلیم این منطقه براساس روش دومارتن نیمه‌خشک گزارش شده است. این حوضه دارای کاربری و پوشش‌های اراضی شامل اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی، اراضی بایر و مناطق مسکونی- صنعتی می‌باشد. در گذشته این حوضه از نظر سطح آب‌های زیرزمینی، اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی دارای شرایط مطلوبی بوده؛ ولی استفاده بیش از حد و نامناسب از آب‌های زیرزمینی و عدم مدیریت صحیح و همچنین کاهش بارش در سال‌های اخیر باعث خشک شدن اکثر چاه‌های این منطقه و همچنین موجب از بین رفتن اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی در این منطقه شده است. در حال حاضر بهره‌برداری نامناسب از منابع این حوضه باعث افزایش روند پدیده بیابان‌زایی در این منطقه شده است.

روش کار

به‌منظور بررسی و آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی در گذشته از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ و سنجنده‌های TM و OLI استفاده شد. هدف پژوهش حاضر بررسی فواصل ۱۰ ساله بود، ولی به علت ابری بودن تصاویر سال ۱۳۸۷ در مقطع زمانی مورد نظر، از تصویر سال ۱۳۸۸ استفاده شد. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر 30 m و عرض تصویربرداری آن 185 m متر است. برای ارتقای دقت طبقه‌بندی، گزینش

۱۹۸۵ بررسی شد و سپس این تغییرات برای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شد. نتایج گویای دقت 83% مدل بود (۱۷). در پژوهشی دیگر به‌منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی گسترش شهری از طریق مدل سلول‌های خودکار- مارکوف در گیلان، تصویر سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفت و نقشه طبقه‌بندی هر سه تصویر با صحت کلی بالاتر از 89% تهیه شد. سپس پیش‌بینی در دو مقطع برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۳۷ انجام شد. نتایج حاصل نشان داد در سال‌های آتی، گسترش شهر افزایش نگران‌کننده‌ای خواهد داشت (۲۱). در مطالعه‌ای دیگر برای آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دشت مهران با استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف، تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. میزان تطابق نقشه شبیه‌سازی شده و نقشه واقعی با ضریب کاپای $0/79$ نشان داد که مدل سلول خودکار مارکوف مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد (۱۹).

حوزه آبخیز سفیددشت-بروجن در شرق استان چهارمحال و بختیاری قرار داشته و یکی از دشت‌های حاصلخیز این استان محسوب می‌شود. طی سال‌های اخیر، با تغییر کاربری و عدم مدیریت صحیح، بیشتر اراضی کشاورزی این حوضه از بین رفته و عمدتاً به اراضی بایر تبدیل شده است. از طرفی، بیشتر جمعیت این منطقه در بخش کشاورزی و دامداری مشغول بوده و در برابر پدیده بیابان‌زایی بسیار آسیب‌پذیر می‌باشند. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات پوشش اراضی از طریق سنجش از دور و مدل سلول خودکار مارکوف در حوضه سفیددشت-بروجن انجام گرفته است. استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و همچنین تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات پوشش‌های مختلف از جنبه‌های مهم نوآوری در این پژوهش محسوب می‌شود.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سفیددشت-بروجن به مساحت 92565 ha واقع در استان چهارمحال و بختیاری است که

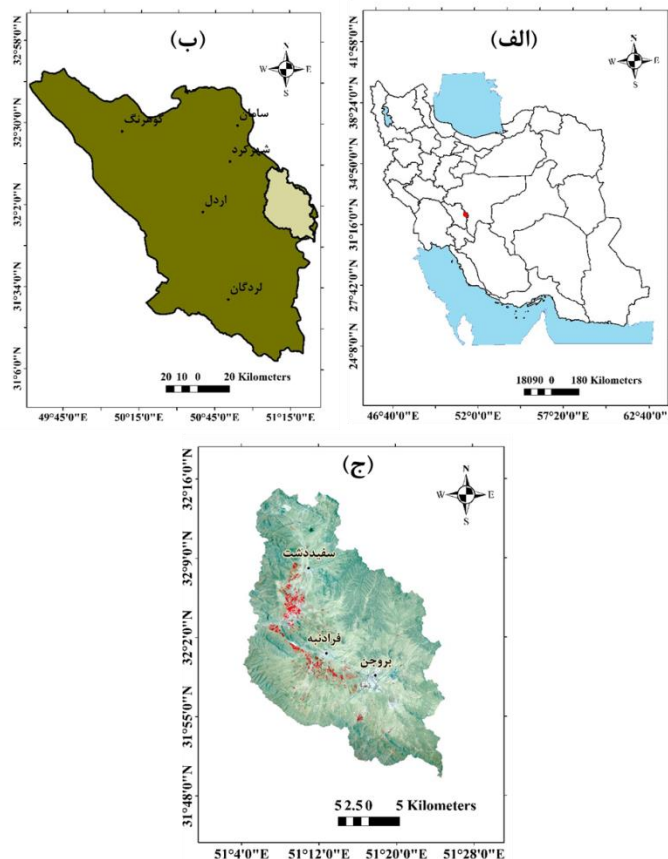
یا ماهواره می‌شود که به‌عنوان خطاهای درونی شناخته می‌شود. یا اینکه از اتمسفر و زمین ناشی می‌شوند که تغییراتی در امواج الکترومغناطیس رسیده به سنجنده ایجاد می‌شود و موجب ایجاد خطاهای رادیومتریک بر روی تصاویر ماهواره‌ای می‌شوند. برای تصحیح رادیومتریک از تصاویر چندزمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصل‌ها یا سال‌های مختلف و سنجنده‌های متفاوت، استفاده شد (۱۵). برای اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک‌تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگ‌نمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های هر سه زمان از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه‌شدگی بررسی شد.

تصاویر از ماه خرداد زمانی که پوشش گیاهی در منطقه به حداکثر رشد رویشی خود رسیده، صورت گرفت. همچنین سعی شد تا تصاویر انتخابی تا حد ممکن در یک بازه زمانی انتخاب شوند (جدول ۱).

به‌منظور بررسی تغییرات پوشش اراضی، تصاویر تصحیح شده با دقت مناسب از سایت USGS^۱ دریافت شد. از آنجا که صحت آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی^۲ به صحت تصحیحات هندسی وابسته است، قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل و پردازش، مراحل پیش‌پردازش شامل: تصحیحات هندسی و رادیومتریک^۳ روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. تصاویر مورد بازمینی بصری قرار گرفت و مشکل خاصی در تصحیحات هندسی این تصاویر مشاهده نشد. خطاها یا ناشی از خود سنجنده

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌های مورد استفاده

ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک	تعداد باند	گذر	ردیف	تاریخ تصویربرداری
Landsat 5	TM	۳۰m	۷	۱۶۴	۳۸	۱۳۸۸/۳/۲۷ - ۱۳۷۷/۳/۱۳
Landsat 8	OLI	۳۰m	۹	۱۶۴	۳۸	۱۳۹۷/۴/۵



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در: الف) کشور ایران، ب) استان چهارمحال و بختیاری، ج) حوزه آبخیز سفیددشت - بروجن

1. U.S. Geological Survey
2. Land use changes
3. Georeferencing & Radiometric Correction

با استفاده از تصاویر موجود و انجام تصحیح‌های لازم و طبقه‌بندی تصاویر در پایان نقشه کاربری و پوشش اراضی در چهار طبقه تولید شد که عبارت بودند از: ۱- اراضی کشاورزی شامل زراعت آبی، باغ، زراعت دیم، ۲- اراضی مسکونی- صنعتی انسان ساخت، جاده‌ها، روستاها، شهرها، تاسیسات و ...، ۳- اراضی مرتعی شامل صخره‌های بیرون‌زده از خاک و ۴- اراضی بایر شامل زمین‌های مرتعی و کشاورزی تخریب شده تهیه شد.

به‌منظور تعیین دقت طبقه‌بندی از نقاط کنترل زمینی استفاده شد. سپس این نقاط واقعیت زمینی با تصویر طبقه‌بندی‌شده مقایسه شدند. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی از ماتریس خطا استفاده شد (۹) در پایان بر اساس معیارهای صحت کلی که میانگینی است از دقت طبقه‌بندی که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و ضریب کاپا که دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند، میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مختلف با استفاده از محاسبه ماتریس خطا محاسبه شد (۳۵). از نظر تئوری احتمال، صحت کلی نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. صحت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه ۲ به دست می‌آید (۳).

$$OA = \frac{1}{N} \sum p_{ii} \quad (2)$$

$N =$ تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum p_{ii} =$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشند. به دلیل ایرادات وارده بر دقت کل، اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مورد توجه قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (۱۰).

$$Kappa = \frac{p_o + p_c}{1 - p_c} \times 100 \quad (3)$$

بازدید میدانی برای شناخت محدوده، انتخاب کاربری و پوشش‌های موجود در محدوده و انتخاب نمونه‌های تعلیمی برای معرفی به نرم افزار جهت طبقه‌بندی انجام پذیرفت. از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۱، برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. اولین گام در انجام یک طبقه‌بندی نظارت‌شده، تعریف مناطقی است که به عنوان نمونه‌های تعلیمی برای هر طبقه استفاده شد (۱۶). پس از تعریف نمونه‌های تعلیمی برای هر طبقه، طبقه‌بندی به‌روش حداکثر احتمال^۲ که یکی از روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است (۳۵) انجام شد. این روش از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، یکی از کاراترین روش‌ها برای طبقه‌بندی پوشش‌ها محسوب می‌شود. این روش برای طبقه‌بندی دارای صحت بالا بوده و بیشترین توانایی را در تفکیک طبقات دارا می‌باشد (۵، ۷، ۱۴، ۲۲، ۳۴، ۳۸). روش بیشینه احتمال، بیان‌کننده استدلال استقرایی می‌باشد به عنوان مثال، احتمال این که یک پیکسل با بردار ویژگی w متعلق به طبقه i باشد (رابطه ۱).

$$p(i|w) = p(i|w)p(i) / p(w) \quad (1)$$

در رابطه (۱) $p(i|w)$ تابع احتمال و $p(i)$ اطلاعات قیاسی می‌باشد. به‌عنوان مثال، احتمال رخ دادن طبقه i در محدوده مورد مطالعه و $p(w)$ احتمال آنکه w مشاهده شود (۲). در این طبقه‌بندی، بیشترین شباهت طبقه به پیکسل مورد نظری اختصاص داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن طبقه وجود دارد. این طبقه‌بندی با استفاده از توزیع نرمال چند بعدی، سطوح تصمیم‌گیری را به شکل کوادراتیک نشان می‌دهند که در نتیجه این سطوح، شکل سهمی، بیضوی و دایره خواهند داشت. این شکل از سطوح تصمیم‌گیری انعطاف بیشتری را در تقسیم‌بندی فضای چند طیفی به‌دست می‌دهد که موجب تمایز دقیق‌تری نسبت به تقریب خطی-صفحه‌ای در طبقه‌بندی کوتاه‌ترین فاصله می‌شود (۲۸).

$P_0 =$ درستی مشاهده شده و $P_0 =$ توافق مورد انتظار است.

از مدل سلول خودکار مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در سال ۱۴۰۷ استفاده شد. از آنجا که هدف پژوهش حاضر، ارزیابی و آشکارسازی تغییرات پوشش‌های اراضی با فواصل ده‌ساله بود، بنابراین پیش‌بینی مقدار تغییر پوشش‌های اراضی برای ده سال آینده انجام شد. در پژوهش حاضر پیش‌بینی وضعیت چهار طبقه‌س پوشش اراضی، شامل: اراضی کشاورزی، مرتع، اراضی بایر و اراضی مسکونی- صنعتی در منطقه مورد بررسی برای سال ۱۴۰۷ بر اساس نقشه‌های پوشش حاصل از طبقه‌بندی در سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ انجام گرفت. استفاده از سلول خودکار مارکوف برای پیش‌بینی نقشه پوشش سال ۱۴۰۷ نیازمند بررسی اولیه قابلیت مدل در پیش‌بینی تغییرات منطقه است. با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف و نقشه‌های پوشش زمین سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۸ ماتریس احتمال انتقال وضعیت و ماتریس مساحت‌های انتقال یافته در این بازه زمانی ۱۲ ساله محاسبه شدند. سپس، با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و نتایج تحلیل مارکوف در بازه زمانی اول، نقشه پوشش زمین سال ۱۳۹۷ پیش‌بینی شد. این نقشه پیش‌بینی شده با نقشه پوشش‌های همان سال که از طریق تفسیر تصاویر ماهواره‌ای به‌دست آمده بود، مورد ارزیابی صحت قرار گرفت و مدل اعتبارسنجی شد. عملگر زنجیره سلولی خودکار مارکوف با لحاظ نقشه کاربری سال ۱۳۹۷ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مرحله قبل، اجرا و نقشه کاربری در سال ۱۴۰۷ از مدل پیش‌بینی شد. همچنین ضریب کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی تصاویر به عنوان معیارهای دقت و صحت طبقه‌بندی برآورد شد.

■ نتایج

تولید نقشه‌های پوشش اراضی

نتایج بررسی کیفیت رادیومتری و کنترل هندسی تصاویر نشان داد که تصاویر هر سه سال از کیفیت مطلوب برخوردارند و به تصحیح هندسی مجدد نیاز نداشتند. پس از طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش طبقه‌بندی

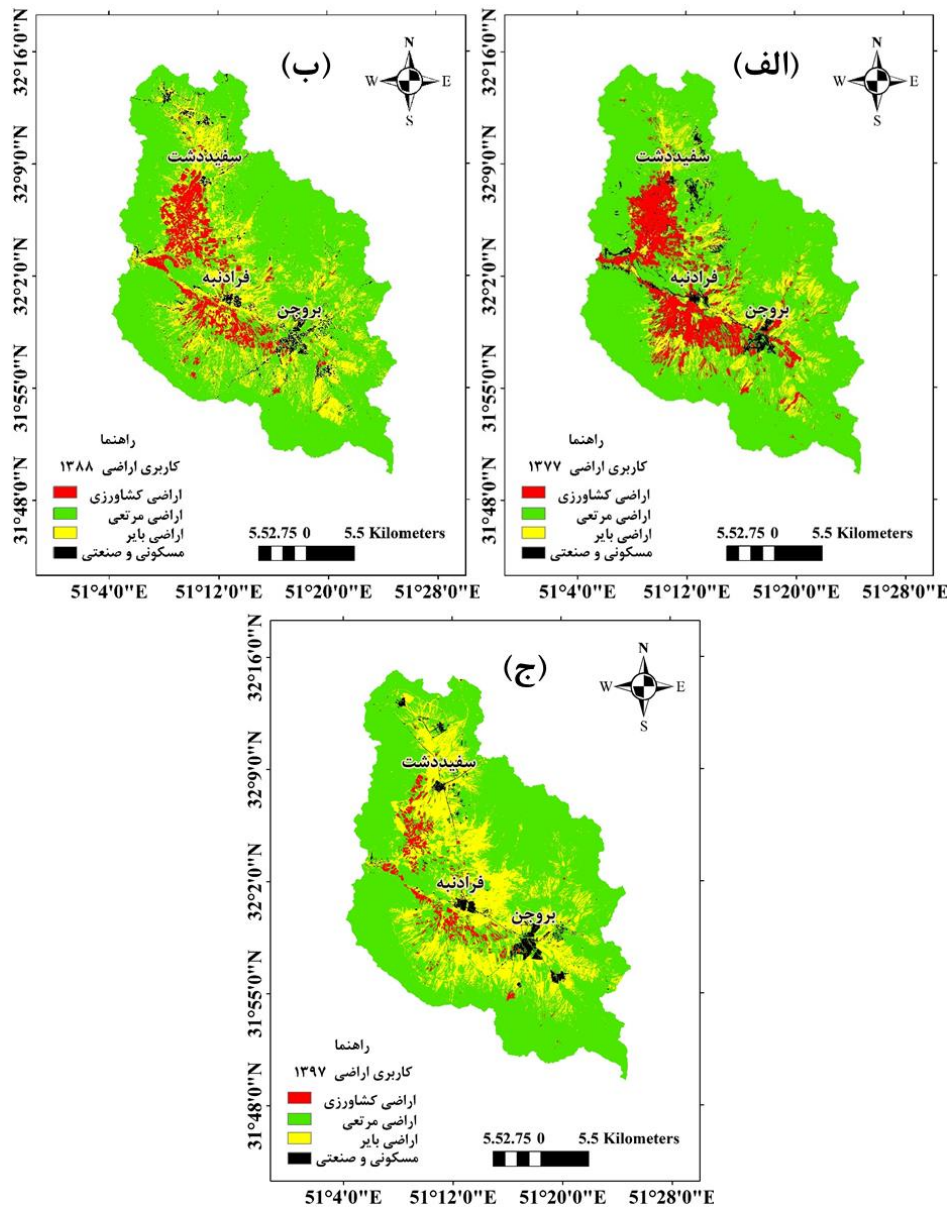
حداکثر احتمال نقشه‌های پوشش اراضی برای منطقه مورد مطالعه با چهار طبقه پوشش اراضی شامل اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی، اراضی مسکونی- صنعتی و اراضی بایر برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ تولید شد (شکل ۲).

برای ارزیابی صحت، نقشه‌های تهیه شده با واقعیت زمینی مقایسه و نتایج صحت کلی و ضریب کاپا برای هر یک از پوشش‌های اراضی برای سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ محاسبه شد (جدول ۲). ماتریس خطای پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۷ محاسبه شد. بر این اساس احتمال انتقال هر یک از پوشش‌ها با خطای کم رخ می‌دهد و بیشترین خطا مربوط به مسکونی- صنعتی به بایر می‌باشد. ضریب کاپا و صحت کلی برای سال‌های مختلف ۹۰٪ یا بیشتر از ۹۰٪ محاسبه شد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، بیشترین وسعت مربوط به منطقه تحت پوشش مرتعی است و کمترین سطح پوشش تا سال ۱۳۸۸ مربوط به مناطق مسکونی و صنعتی بوده ولی پس از سال ۱۳۸۸، اراضی کشاورزی جایگزین شده و کمترین سطح را به خود اختصاص داده است (جدول ۳).

آشکارسازی تغییرات

در پژوهش حاضر با استفاده از روش مقایسه بعد از طبقه‌بندی، تغییرات نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸، ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷، ۱۳۹۷ تا ۱۳۷۷ آشکارسازی شد و برای پیش‌بینی تغییرات وارد مدل سلول خودکار مارکوف شدند. نتایج آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی سال‌های مورد مطالعه در ادامه تشریح شدند.

نتایج آشکارسازی تغییرات سال ۱۳۷۷-۱۳۸۸ نشان داد که بیشترین تغییرات کاربری و پوشش اراضی بین این سال‌ها شامل کاهش ۶۰٪ اراضی کشاورزی به مقدار ha ۵۰۹۸ بود. از کاهش ۶۰٪ اراضی کشاورزی حدود ha ۴۹۹۹ به اراضی بایر تبدیل شده است. ha ۳۴۵۶ از اراضی مرتعی به اراضی بایر و ha ۱۰۹۵ به اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده‌اند و ha ۲۰۴ به اراضی مسکونی- صنعتی تبدیل شده است.



شکل ۲. نقشه پوشش اراضی حوزه سفیددشت - بروجن الف) سال ۱۳۷۷؛ ب) سال ۱۳۸۸؛ ج) سال ۱۳۹۷

جدول ۲. ضریب کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی تصاویر

سال	ضریب کاپا	صحت کلی
۱۳۷۷	٪۹۱	٪۹۰
۱۳۸۸	٪۹۲	٪۹۰
۱۳۹۷	٪۹۳	٪۹۱

مربوط به کاهش اراضی کشاورزی و افزایش اراضی بایر می‌باشد.

بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ بیشترین تغییرات مربوط به اراضی کشاورزی با ٪۴۲ کاهش می‌باشد. از مساحت اراضی کشاورزی ۳۷۵۸ ha کاسته شده است که از این مقدار، ۳۷۳۸ ha به اراضی بایر تبدیل شده است.

وسعت اراضی بایر در این حوزه ٪۴۹ افزایش داشته است و اراضی مسکونی- صنعتی نیز با گذشت زمان افزایش داشته و میزان این افزایش ۱۰۵۴ ha می‌باشد. تغییرات مساحت هر یک از پوشش‌های اراضی در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین تغییرات مربوط به دوره ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ بوده و همپنین عمده‌ترین تغییرات

جدول ۳. تغییرات مساحت هریک از پوشش‌های اراضی

دوره	مساحت اول (ha)	پوشش اراضی	مساحت دوم (ha)	تغییرمساحت (ha)
۱۳۷۷-۱۳۸۸	۱۱۴۸۶	کشاورزی	۶۳۸۸	-۵۰۹۸
	۷۱۲۵۱	مرتع	۶۶۴۹۶	-۴۷۵۵
	۱۰۲۴	مسکونی-صنعتی	۲۰۷۸	+۱۰۵۴
	۸۸۰۴	بایر	۱۷۶۰۳	+۸۷۹۹
۱۳۸۸-۱۳۹۷	۶۳۸۸	کشاورزی	۲۶۳۰	-۳۷۵۸
	۶۶۴۹۶	مرتع	۶۳۱۵۷	-۳۳۳۹
	۲۰۷۸	مسکونی-صنعتی	۳۴۲۷	+۱۴۴۰
	۱۷۶۰۳	بایر	۲۳۳۵۱	+۵۷۴۸
۱۳۷۷-۱۳۹۷	۱۱۴۸۶	کشاورزی	۲۶۳۰	-۸۸۵۶
	۷۱۲۵۱	مرتع	۶۳۱۵۷	-۸۰۹۴
	۱۰۲۴	مسکونی-صنعتی	۳۴۲۷	+۲۴۰۳
	۸۸۰۴	بایر	۲۳۳۵۱	+۱۴۵۴۷

۱۳۹۷ از روش سلول خودکار مارکوف مقدار تغییر برای این سال مدل‌سازی شد و سپس با نقشه واقعیت این سال مقایسه شد (جدول ۴)؛ نتایج هر دو نقشه تغییرات نزدیک به هم را نشان دادند و اختلاف اندکی نسبت به هم داشتند. ضریب کاپا و صحت کلی به ترتیب برابر ۰/۹۱ و ۰/۹۰ به دست آمد. پیش‌بینی وضعیت چهار طبقه کاربری اراضی شامل: اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی، اراضی بایر و مناطق مسکونی-صنعتی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۴۰۷ در شکل ۳ و جدول ۵ نشان داده شده است.

طبق پیش‌بینی در سال ۱۴۰۷ بیشترین تغییر مربوط به اراضی بایر با ۱۶۴۷۶ ha افزایش خواهد بود. از مساحت اراضی کشاورزی، ۱۶۳۴ ha کاسته خواهد شد که از این مقدار حدود ۱۴۱۰ ha به اراضی بایر و ۲۲۴ ha به اراضی مسکونی-صنعتی تبدیل خواهد شد. مساحت اراضی مرتعی نیز ۱۵۸۳۵ ha کاهش خواهد یافت که از این مقدار ۱۵۱۴۵ ha به اراضی بایر و ۶۹۰ ha به مناطق مسکونی-صنعتی تبدیل خواهد شد. همچنین، ۱۶۴۷۶ ha به اراضی بایر و ۱۰۱۱ ha به مناطق مسکونی-صنعتی افزوده خواهد شد.

وسعت اراضی مرتعی نیز به میزان ۳۳۳۹ ha کاسته شده که از این مساحت، حدود ۳۰۳۵ ha به اراضی بایر و ۱۰۴ ha به اراضی مسکونی-صنعتی تبدیل شده است. وسعت اراضی بایر در این حوضه بین سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۷ به میزان ۵۷۴۸ ha افزایش داشته است و اراضی مسکونی-صنعتی نیز افزایشی حدود ۱۴۴۰ ha داشته است.

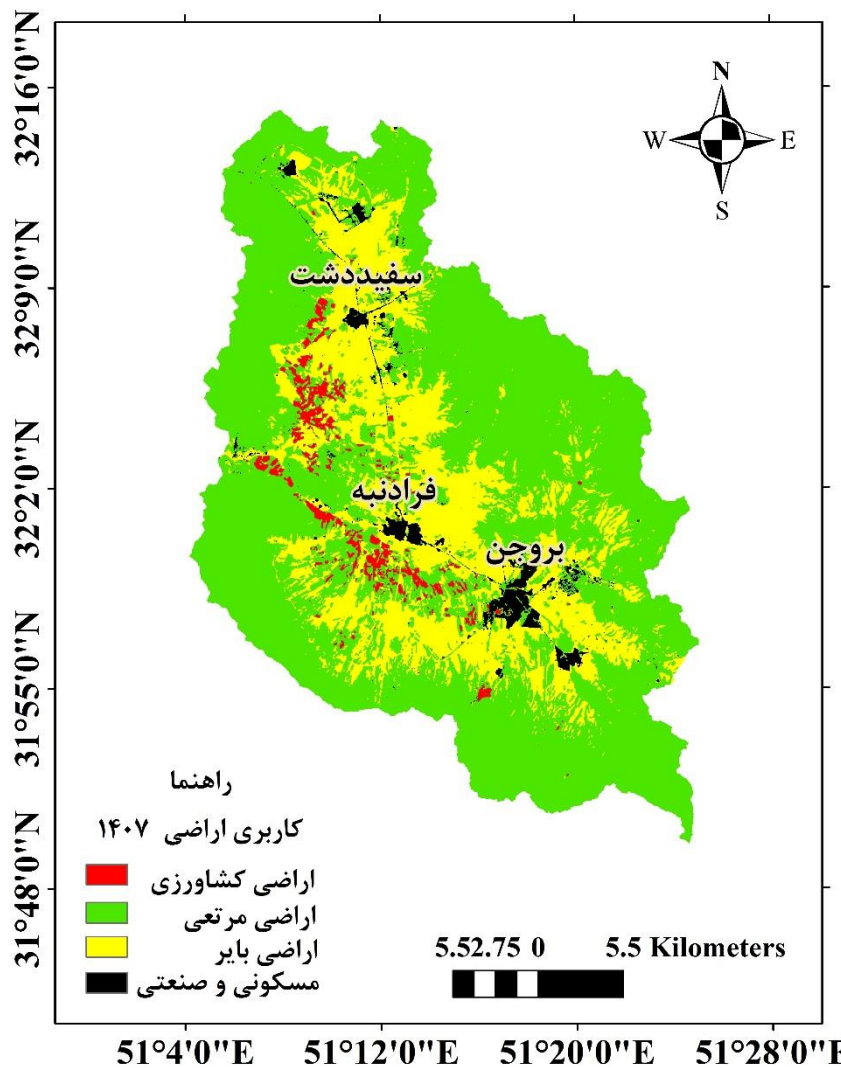
نتایج آشکارسازی برای سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ حاکی از تغییرات شدید کاهشی در مساحت اراضی کشاورزی می‌باشد به طوری که اراضی کشاورزی از ۱۱۴۸۶ در سال ۱۳۷۷ به ۲۶۳۰ ha در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است. از میزان کاهش این اراضی در منطقه مطالعاتی، بیشترین مقدار آن به میزان ۸۷۳۷ ha مربوط به اراضی بایر می‌باشد. همچنین نتایج بیانگر این است که ۸۰۹۴ ha از اراضی مرتعی کاسته شده است. تبدیل قسمت عمده مراتع و اراضی کشاورزی به اراضی بایر می‌باشد؛ به طوری که ۱۴۵۴۷ ha بر اراضی بایر منطقه افزوده شده است و بیشترین تغییر مربوط به همین اراضی است. در مجموع، اراضی بایر از ۸۸۰۴ ha در سال ۱۳۷۷ به ۲۳۳۵۱ ha در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است. برای پیش‌بینی تغییرات در سال ۱۴۰۷، ابتدا برای سال

جدول ۴. مساحت پوشش‌های اراضی واقعی و پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۷

مساحت واقعی (ha)	پوشش اراضی	مساحت پیش‌بینی شده (ha)	خطا با واحد هکتار	درصد خطا
۲۶۳۰	کشاورزی	۲۶۲۸	۲	۰/۰۷۶
۶۳۱۵۷	مرتع	۶۳۱۵۸	۱	۰/۰۰۱
۳۴۲۷	مسکونی-صنعتی	۳۴۳۰	۳	۰/۰۸۷
۲۳۳۵۱	بایر	۲۳۳۴۹	۲	۰/۰۸۵

جدول ۵. تغییرات مساحت پوشش‌های اراضی پیش‌بینی شده

سال	مساحت اول (ha)	پوشش اراضی	مساحت دوم (ha)	تغییرمساحت (ha)
۱۴۰۷-۱۳۹۷	۲۶۳۰	کشاورزی	۹۹۶	-۱۶۳۴
	۶۳۱۵۷	مرتع	۴۷۳۰۴	-۱۵۸۳۵
	۳۴۲۷	مسکونی-صنعتی	۴۴۳۸	+۱۰۱۱
	۲۳۳۵۱	بایر	۳۹۸۲۷	+۱۶۴۷۶



شکل ۳. نقشه پیش‌بینی پوشش اراضی حوزه سفیددشت- بروجن برای سال ۱۴۰۷ با استفاده از مدل سلول خودکار مارکوف

■ بحث و نتیجه‌گیری

تغییر در پوشش اراضی به عنوان عامل پایه‌ای در تغییرات زیست محیطی عمل نموده و به یک خطر مهم جهانی تبدیل شده است. آشکارسازی این تغییرات از طریق سنجش از دور و مدل‌سازی پیش‌بینی تغییرات در آینده می‌تواند به برنامه‌ریزان جهت تصمیمات آگاهانه کمک نماید. تهیه و تولید نقشه‌های پوشش اراضی از اطلاعات بسیار مهم به‌منظور اعمال برنامه‌های مدیریتی می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، یکی از روش‌های سریع و کم هزینه تهیه این نقشه‌ها با استفاده از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای است. با بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از طریق پردازش و طبقه‌بندی داده‌ها ماهواره‌ای و مقایسه اطلاعات حاصل با نقشه‌های پوشش اراضی، مقدار تغییرها مشخص و تعیین می‌گردد. برای منطقه مورد بررسی، تصاویر ماهواره‌ای برای مدیریت بر اساس واقعیت‌های موجود و بازنگری در نقشه‌های پوشش اراضی از طریق دسته‌بندی تصاویر به شکل نظارت شده، ابزار مناسبی محسوب می‌شود. در دوره ۲۰ ساله از ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ در حوزه آبخیز سفیددشت-بروجن، از تصویرها و داده‌های چندزمانه ماهواره لندست، روش طبقه‌بندی نظارت شده و آشکارسازی تغییرات برای ارزیابی و بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی با توجه به الگوریتم‌ها و روش‌های متفاوت بکارگرفته شده توسط محققین دیگر (۸، ۳۶) استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات در اراضی بایر و سپس اراضی کشاورزی صورت گرفته است. با روش طبقه‌بندی نظارت شده برای همه تصاویر در همه سال‌ها صحت کلی از محاسبه ماتریس خطا برابر یا بیش‌تر از ۹۰٪ حاصل شد که از صحت زیادی برخوردار بود و با واقعیت زمینی تطابق بالایی داشت. یافته‌های به دست آمده توسط دیگر محققان نیز نشان‌دهنده صحت زیاد روش طبقه‌بندی نظارت شده در بررسی تغییرات پوشش اراضی است (۶، ۱۸). نتایج مقایسه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی دوره‌های یاد شده نشان‌دهنده تغییر سطح همه پوشش‌هاست. یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر کاهش قابل توجه اراضی کشاورزی در روند کلی ارزیابی تغییرات ۲۰

ساله می‌باشد؛ به طوری که ۶۵/۵٪ این اراضی نسبت به سال ۱۳۷۷ کاهش یافته است. در مطالعه‌ای نیز همچون یافته‌های پژوهش حاضر، کاهش وسعت اراضی کشاورزی گزارش گردید (۳۲). نتایج مطالعه‌ای در بروجن نشان داد به طور کلی خشکسالی‌های شدیدی که به دلیل کاهش نزولات جوی رخ داده است، به همراه اضافه برداشت از چاه‌های موجود، منطقه را با بحران شدید کاهش سطح آب زیرزمینی مواجه کرده که کاهش کیفیت آب و فرونشست زمین را در پی دارد (۲۴). در این منطقه نیز علاوه بر دخالت‌های انسانی که نمود بارز آن را می‌توان برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی دانست؛ از دیگر دلایل کاهش اراضی کشاورزی می‌توان به تغییر پوشش اراضی، حاکمیت خشکسالی بر منطقه و کاهش نزولات جوی در این دوره اشاره نمود. در مطالعه‌ای مشابه با پژوهش حاضر که در آفریقای مرکزی انجام شد، کاهش مساحت اراضی کشاورزی به دلیل خشکسالی و کاهش نزولات جوی گزارش شده است (۲۳). در بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ نیز مطالعه‌ای در خصوص بررسی تغییرات کاربری در شهر داکا بنگلادش انجام شد و نتیجه‌گیری شد که در دوره مورد مطالعه، ساخت و ساز زیادی صورت گرفته و نیز در پوشش گیاهی، زمین‌های زراعی و میزان آب کاهش زیادی رخ داده است که علت آن را افزایش شهرنشینی و توسعه اقتصادی بیان کردند (۱۳).

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در منطقه مورد بررسی از اراضی مرتعی به شدت کاسته و به اراضی بایر افزوده شده است. محققان دیگر نیز در بررسی‌های خود، کاهش اراضی مرتعی را طی زمان گزارش نموده‌اند (۲۹، ۳۳، ۳۹). بررسی و تجزیه و تحلیل‌های آشکارسازی تغییرات نشان داد که در این حوضه، اراضی کشاورزی و اراضی بایر در ۳ مقطع زمانی در بین پوشش‌های موجود بالاترین تغییرات را داشتند، به طوری که بیشترین تغییرات در دوره زمانی ۱۳۷۷-۱۳۹۷ مربوط به اراضی کشاورزی بوده است. اراضی کشاورزی در سه مقطع زمانی ۱۳۷۷-۱۳۸۸، ۱۳۸۸-۱۳۹۷ و ۱۳۷۷-۱۳۹۷ به ترتیب حدود ۴۰، ۵۰ و ۶۰٪ کاهش یافته است که بیشترین بخش این اراضی به اراضی بایر تغییر یافته است. علاوه بر این اراضی مرتعی هم کاهش یافته است. روند افزایش

نشان‌دهنده این است که در حوضه سفیددشت- بروجن در طی ده سال آینده منابع آبی و به تبع آن کشاورزی در این منطقه کاهش خواهد داشت، لذا باید با مدیریت بلند مدت و جامع، منابع آب و خاک را حفظ کرد و تا حد امکان مانع از تخریب این منابع ارزشمند شد.

از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه و چند طیفی جهت بارزسازی تغییرات خصوصاً در مورد پایش بیابان‌زایی دارای قابلیت وسیعی می‌باشد. همچنین روش مقایسه پس از طبقه‌بندی برای مشخص شدن نوع و جهت تغییرات رخ داده مفید می‌باشد. روش مذکور به‌عنوان ابزار پایش تغییرهای محیطی در شرایط شکننده خشک و نیمه خشک کشور برای ارزیابی دخالت‌های انسانی و شیوه مدیریتی بر محیط طبیعی ما بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، نقشه‌های پوشش شبیه‌سازی شده در این پژوهش می‌تواند به‌عنوان هشدار نسبت به پیامدهای تأثیر آینده تغییر پوشش و بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

مناطق مسکونی- صنعتی نسبت به گذشته نشان‌دهنده تخریب اراضی مرتعی به مناطق مسکونی و صنعتی است. همچنین در دوره ۱۳۹۷-۱۴۰۷ نیز کاهش ۷۰٪ اراضی کشاورزی را خواهیم داشت. نتیجه مدل حاصل از داده‌های سنجنش از دوری نشان داد که روند تخریب سرزمین از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ روندی رو به رشد داشته است. که این روند طبق پیش‌بینی همچنان تا سال ۱۴۰۷ نیز در صورت عدم تغییر شیوه مدیریتی به صورت جدی ادامه خواهد یافت.

در مجموع، آشکارسازی تغییرات پوشش طی بیست سال نشان داد که کاربری‌های کشاورزی و مرتع در این منطقه کاهش و اراضی بایر افزایش داشته است. همچنین آشکارسازی تغییرات طی ده سال آینده نشان دهنده کاهش اراضی کشاورزی و افزایش اراضی بایر می‌باشد و این نشانگر این واقعیت است که در طی سالیان آتی منابع آبی در این منطقه کاهش و استفاده نامناسب از منابع آبی و پوشش اراضی افزایش خواهد داشت. همچنین بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل شبکه‌سازی پوشش در آینده با استفاده از مدل مارکوف که می‌تواند تغییرات کاربری آینده را با توجه به شرایط محیطی موجود پیش‌بینی کند،

References

- Ahmadi, H. (1995). Applied geomorphology. Tehran University Press, Iran. (in Farsi)
- Ahmad, A. (2012). Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data, *Applied Mathematical Sciences*, 6(129), 6425- 6436.
- Alavi Panah, S. K. (2005). Application of remote sensing in geo sciences. Tehran University Press, Iran. (in Farsi)
- Aplin, P., & Atkinson, P. M. (2004). Predicting missing field boundaries to increase per field classification Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(1), 141-14.
- Ara, H., Kianian, M. K., Sohrabi, H., & Ahmadabadi, A. (2020). Studying effectiveness of Landsat ETM⁺ satellite images classification methods in Identification of desert pavements (case study: south of Semnan), *Environmental Erosion Research Journal*, 10(2), 1-20 (in Farsi)
- Arzani, H., Mirakhorlou, K. H., & Hosseini, S. Z. (2009). Land use mapping using Landsat7 ETM data (case study in middle catchment's of Taleghan). *Range and Desert Research*, 16(2), 150-160 (in Farsi)
- Asghari Zamani, A., Ahad Nejhadi Roshani, M., & Khodavandi, A. (2016). Analytical assessment of the spatial-spatial extent of urban areas and its effect on land use changes using GIS and RS (Case study: Shiraz during the period of 1950-1987), *Geographical Space*, 53: 57-76. (in Farsi)

8. Ashraf, M., & Yasushi, Y. D. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29(3), 390-401.
9. Bakr, N., Weindorf, D. C., Bahnassy, M. H., Marei, S. M., & El-Badawi, M. M. (2010). Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multi-temporal Landsat data. *Applied Geography*, 30(4), 592-605.
10. Bonyad, A. A., & Hajyghaderi, T. (2007). Inventorying and mapping of natural forest stands of Zanjan province using landsat ETM⁺ image data. *Crop Production and Processing*, 10(42), 627-638. (in Farsi)
11. Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., & Lambin, E. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596.
12. Dawelbait, M., & Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. *Arid Environments*, 80, 45-55.
13. Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29(3), 390-401.
14. Doski, J., Shattri, A. I., Mansor, B., Shafri, H. Z., (2013), Change detection process and techniques, *Civil and Environmental Research*, 3(10), 632-635.
15. Du, Y., Teillet, P. M., & Cihlar, J. (2002). Radiometric normalization of multi-temporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote sensing of Environment*, 82(1), 123-134.
16. Eastman, J. R. (2006). IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
17. Fathizad, H., Rostami, N., & Faramarzi, M. (2015). Detection and prediction of land cover changes using Markov chain model in semi-arid rangeland in western Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10), 629. 1-12.
18. Hager W. H. (1987). Lateral outflow over side weirs. *Hydraulic Engineering*, 113(4), 491-504.
19. Heidarizadi, Z., & Mohamadi, A. (2016). Predicting the land use change using markov- cellular automata model in Mehran plain. *The Ecosystem of Desert Engineering*, 5(10), 57-68. (in Farsi)
20. Johnson, R. D., & Kasischke, E. S. (1998). Change vector analysis: A technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. *Remote Sensing*, 19(3), 411-426.
21. Jafari, M., Majedi, H., Monavari, S. M., Alesheikh, A. A. & Zarkesh, M. K. (2016). Dynamic simulation of urban expansion through a CA-Markov model case study: hyrcanian region, Gilan, Iran. *European Journal of Remote Sensing*, 49(1), 513-529.
22. Khazaei, M., Zare, M., Mokhtari, M. H., Rashtian, A., & Arabi Aliabad, F. (2019). Comparing the accuracy of different classification methods in preparing land use map (Case study: Yazd city). *Geographical Exploration of Desert Areas*, 7 (1): 165-178. (in Farsi)
23. Kileshye Onema, J.-M., & Taigbenu, A. (2009). NDVI-rainfall relationship in the Semliki watershed of the equatorial Nile. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34 (13-16), 711-721.
24. Khosravi, D. A., Mirabbasi, N. R., Samadi, B. H., & Ghasemi, D. A. (2019). Monitoring and Forecasting of Groundwater Drought Using Groundwater Resource Index (GRI) and First to Third-Order Markov Chain Models (Case study: Boroujen Plain). *Water and Soil conservation*, 26(2), 117-136. (in Farsi)
25. Lambin, E. F., & Geist, H. (2006). Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts. Springer.

26. Lausch, A., & Herzog, F. (2002). Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2(1), 3-15.
27. Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *Remote Sensing*, 28(5), 823-870.
28. Melchiade, B. (2009). Secretariat of the convention to combat desertification. CSD-17 Intergovernmental Preparatory Meeting Panel on Desertification. New York, February 26.
29. Mosayebi, M., & Maleki, M. (2014). Change detection in land use using remote sensing data and GIS (Case study: Ardabil County). *Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science*, 5(1), 75-86. (in Farsi)
30. Mousavi, S. H., Vali, A. A., Moayeri, M., & Ranjbar, A. (2013). Monitoring the desertification status of Haji Ali Gholi Playa (1987-2006). *Quantitative Geomorphological Research*, 1(4), 85-102. (in Farsi)
31. Norozi, M., (2013), Investigation and forecasting land use change using LCM model (Case Study: Part of Tajan and Black River Rivers), Master's thesis, *Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Sari University. (in Farsi)
32. Peijun, D. U., Xingli, L., Wen, C., Yan, L., & Huaping, Z. (2010). Monitoring urban land over and vegetation change by multi-temporal Remote Sensing information. *Mining Science and Technology*, 20(6), 922-932
33. Prabakaran, S., Srinivasa, R. K., Lakshumanan, C., & Ramalingam, M. (2010). Remote sensing and GIS applications on change detection study in coastal zone using multi temporal satellite data. *Geomatics and Geosciences*, 1(2), 159-166
34. Safari Shad, M., Habibnejad Roshan, M., Soleimani, K., Ildermi, A. R., & Zeinivand, H. (2019). The maximum Likelihood method valuation in detecting land use change using NDVI index (Case study of Hamedan-Bahar watershed). *Geographical Space*, 18(64), 159-176. (in Farsi)
35. Schulz, J. J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., & Benayas, J. M. R. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3), 436-447.
36. Shataee, S., & Abdi, O. (2007). Land cover mapping in Mountainous lands of Zagros using ETM+ data, case study: Sorkhab watershed, Lorestan province. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1), 129. (in Farsi)
37. Singh, P., & Khanduri, K. L. (2011). Use and land cover change detection through Remote Sensing & GIS technology: case study of pathankot and dhar kalan tehsils, Punjab. *Geomatics and Geosciences*, 1(4), 839-846.
38. Vahidi, M. J., Jafarzadeh, A. A., Fakheri, A., Sadeghi, H. R., Moghadam, M. H., & Valizade, K. H. (2015). Study of land use and land cover change in Lighvan watershed, East Azerbaijan Province, *Geographical Space*, 15(49), 75-100. (in Farsi)
39. Zhang, F., Tiyp, T., Feng, Z. D., Kung, H-T., Johnson, V. C., Ding, J. L., Tashpolat, N., Sawut, M., & Gui, D.W. (2015). Spatio-temporal patterns of land use/cover changes over the past 20 years in the middle reaches of the Tarim River, Xinjiang, China. *Land Degradation and Development*, 26(3), 284-299.



Land Cover Change Detection and Prediction in Sefiddasht-Borujen Basin Using Ca-Markov

F. Nafar¹, A. Ebrahimi², A. A. Naghipour^{3*}

1. MSc. in Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
2. Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
3. Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

* Corresponding Author: aa.naghipour@sku.ac.ir

Received date: 06/11/2020

Accepted date: 22/01/2021

Abstract

The aim of this study is to evaluate the land cover changes in the basin of Sefiddasht-Borujen using remote sensing. Using remote sensing data, land cover maps of satellite images of 1998, 2009, and 2018 were prepared and classified. Then, using the image differencing method, land cover changes for the time periods of 1998 to 2018 were detected. Finally, predicted land cover changes were investigated in each land cover using a CA-Markov model. To predict the probable changes for the year of 2028, the 2018 land cover was modeled using 1998-2009 images by applying of the CA-Markov method of change detection. Next, the resulted of modeled 2018 land cover map were compared with the ground truth map of this year. The results of both maps showed relatively similarity and there was a slight difference between these predicted and classified images of 2018. Therefore, this method was used to predict 2028 land cover image too. The results of change detection for the years 1998 to 2018 indicates the reduction of 8339 hectares of agricultural lands in the study area, as well as 11824 ha from rangelands. Conversely, the bare land increased 14601 ha. According to predicted map for 2028, the largest incremental change in the bare land will be 16476 ha. Estimates show that 8664 hectares of these lands will be from agricultural lands, but approximately 8580 ha will be transformed into the bare land and about 224 ha to residential-industrial lands. Rangelands also will be reduced by 13055 ha including 11663 ha to bare land and 1069 ha will be transformed into residential-industrial areas. 16476 ha will be added to bare land and 1420 ha to residential-industrial areas. The results of the present study can be used for future planning for the study area.

Keywords: Remote sensing; Desertification; Rangeland; Agricultural lands; Chaharmahal va Bakhtiari province