

پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سمل - استان بوشهر)

غلامرضا راهی^۱، عطااله کاویان*^۲، کریم سلیمانی^۳، علی‌اکبر نظری سامانی^۴، حمیدرضا پورقاسمی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۳۰

چکیده

بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی اطلاعات مفیدی به طراحان، برنامه‌ریزان و مدیران جهت برنامه‌ریزی مدیریت تغییرات کاربری اراضی ارائه می‌دهد. هدف از این مطالعه، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز سمل در استان بوشهر با استفاده از سری تصاویر ماهواره‌های لندست (L5-TM-1371، L7-ETM⁺-1381 و L8-OLI-1392) است. بدین منظور ابتدا پیش‌پردازش و پردازش‌های لازم همانند تصحیح هندسی و اتمسفریک و همچنین ساخت شاخص گیاهی انجام شد. در منطقه سه کاربری عمده شامل مرتع، اراضی بایر و اراضی کشاورزی شناسایی شد. در این مطالعه، برای طبقه‌بندی از روش حداکثر احتمال و برای تعیین تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد. همچنین برای پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۱۴۰۲ از روش زنجیره مارکوف استفاده شد. نتایج نشان داد که تصاویر TM، ETM⁺ و OLI به ترتیب با صحت کلی و ضریب کاپای ۸۴/۴۵، ۹۹ و ۹۸ درصد و ۰/۸۲، ۰/۹۸ و ۰/۹۷ طبقه‌بندی شد. نتایج مربوط به ارزیابی دوره‌های واسنجی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی نشان داد که دوره واسنجی ۱۳۹۲-۱۳۸۱ بالاترین صحت را جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۲ داشت. نتایج تغییرات کاربری اراضی حاکی از آن بود که طی دوره ۱۳۸۱-۱۳۹۲، میزان کاهش مرتع و اراضی کشاورزی به ترتیب ۲/۱۹، ۴/۱۸ درصد بوده است. همچنین طی دوره مذکور اراضی فاقد پوشش گیاهی (اراضی بایر) ۵۶/۱۳ درصد افزایش یافت. در مجموع نتایج نشان داد اراضی مرتعی نسبت به سایر کاربری‌های موجود در منطقه دارای بیشترین پایداری و اراضی بایر دارای کمترین پایداری است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره مارکوف، ماهواره لندست، مدل‌سازی کاربری اراضی.

۱. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. دانشیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، نویسنده مسئول / ataollah.kavian@gmail.com

۳. استاد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴. دانشیار گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۵. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شیراز

۱. مقدمه

کاربری اراضی از دو کلمه کاربری و اراضی تشکیل شده است. اراضی به همه امکانات طبیعی با خصوصیات و شرایط طبیعی یک محل نظیر اقلیم، توپوگرافی، هیدرولوژی اطلاق می‌شود. کاربری به معنی استفاده از امکانات طبیعی موجود برحسب نیازهای انسانی که ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و شیوه‌های علمی یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب‌کننده اراضی باشد (فائو^۱، ۱۹۸۱). پوشش اراضی و تغییرات آن، متغیرهای مهمی هستند که اثرات قابل توجهی روی محیط و فرایندهای محیطی می‌گذارند (فودی^۲، ۲۰۰۰). برای مثال تخریب جنگل، شهرسازی و دیگر کاربری‌های اراضی، توزیع سالانه و فصلی جریان رودخانه را در حوزه آبخیز به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد (دانی و لیولد^۳، ۱۹۷۸). درک چگونگی تأثیر تغییرات کاربری اراضی، برنامه‌ریزان را به طراحی استراتژی‌هایی برای کاهش اثرات نامطلوب تغییرات کاربری اراضی در آینده قادر می‌سازد (الانسی^۴ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ترابی حقیقی و همکاران، ۲۰۱۵).

بنابراین آگاهی از تغییرات و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است، به همین دلیل استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات با گذشت زمان ضروری به نظر می‌رسد (لو و همکاران^۵، ۲۰۰۴). با توجه به تغییرات روز افزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (پارک^۶ و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از مهم‌ترین راه‌ها و هزینه‌مقرون‌به‌صرفه برای تعیین تغییرات استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. روش‌های

مختلفی برای پیش‌بینی تغییرات وجود دارد. یکی از مهم‌ترین روش‌ها، روش زنجیره مارکوف است. سیستم مارکوف، سیستمی است که می‌تواند از یک حالت به حالت دیگر در مرحله زمانی بعد مطابق با احتمالات ثابت انتقال یابد (جوربین^۷ و همکاران، ۲۰۱۳) در داخل و خارج کشور مطالعات مختلفی در این زمینه انجام شده است. برای مثال جوربین و همکاران (۲۰۱۳)، روش رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف را در پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین شرق استان مازندران به کار بردند. آن‌ها تغییرات کاربری اراضی را برای سال ۱۳۹۲ پیش‌بینی کردند که نتایج پیش‌بینی آن‌ها نشان داد مساحت اراضی جنگلی و کشاورزی در سال ۱۳۹۲ در مقایسه با سال ۱۳۸۵ کاهش و مناطق مسکونی و باغ افزایش خواهند یافت. میرعلی‌زاده‌فرد و علی‌بخشی (۱۳۹۵) از مدل زنجیره مارکوف و مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دشت برتش دهلران ایلام استفاده کردند. از دیگر مطالعات داخلی می‌توان به پژوهش‌های انجام‌شده توسط شاتی^۸ و باقری (۲۰۱۰)، زارع‌گریزی و همکاران (۲۰۱۱)، بابایی اقدام و ابراهیم‌زاده (۲۰۱۲) و غلامعلی‌فرد و همکاران (۲۰۱۳) نام برد.

پژوهش‌های انجام‌شده در خارج از کشور نیز به این صورت است که ویو^۹ و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب مدل رگرسیونی و زنجیره مارکوف برای بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در بیجینگ چین استفاده کردند. نتایج آن‌ها مبین رشد قابل توجه کاربری شهری و کاهش مراتع طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ بوده است. این تغییرات بیش از همه در مناطق شهری و حومه آن‌ها رخ داده است. ضمن آنکه با استفاده از مدل‌سازی مارکوف و مدل رگرسیونی، تغییرات کاربری زمین را برای دوره زمانی ۲۰ سال آینده پیش‌بینی کردند. کامیاب و همکاران (۲۰۱۰) نیز به بررسی پیش‌بینی توسعه شهر گرگان با استفاده از استفاده از رگرسیون لجستیک پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که

1. FAO
2. Foody
3. Dunne & Leopold
4. Alanci
5. Lu
6. Park

7. Joorabian
8. Shattae
9. Wu

مارکوف استفاده کرد و هدف از انجام آن نیز ارائه نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی برای آینده است. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به‌عنوان زیربنای دیگر مطالعات مورد نیاز در منطقه مورد مطالعه باشد. برای مثال نتایج این تحقیق را می‌توان به‌عنوان یک ورودی در مطالعات مربوط به سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری و زیست‌محیطی منطقه در نظر گرفت و اثر تغییرات کاربری اراضی را بر موارد بیان‌شده مورد بررسی قرار داد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سمل در شمال روستای چاهکوتاه به فاصله ۴۰ کیلومتری بوشهر در جاده بوشهر- چاه پیر واقع شده است. مساحت آن تا خروجی حوضه آبخیز حدود ۲۹۷۵۰ هکتار است. حوضه مزبور بین $51^{\circ}7'$ تا $51^{\circ}25'$ طول شرقی و 28° تا $29^{\circ}10'5''$ عرض شمالی قرار گرفته است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور و استان بوشهر را نشان می‌دهد.

۲.۲. تصاویر مورد استفاده

برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز سمل تصاویر ماهواره لندست ۵، ۷ و ۸ که به‌ترتیب دارای سنجنده‌های TM (۱۳۷۱)، ETM+ (۱۳۸۱) و سنجنده OLI (۱۳۹۲) هستند، استفاده شد (جدول ۱).

در این مطالعه پس از اطمینان از عدم وجود خطای رادیومتری و هندسی، از روش COST برای کاهش یا حذف اثر اتمسفریک بر روی تصاویر استفاده شد.

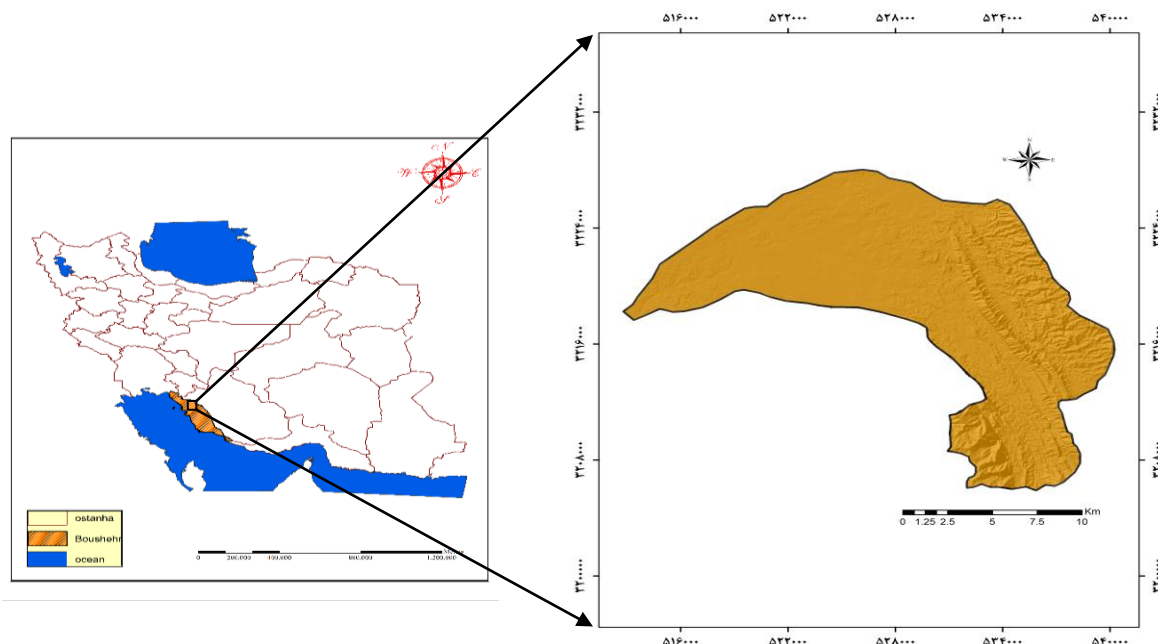
جدول (۱): تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر

Table (1): Satellite data of the study

| ماهواره | سنجنده | زمان جمع‌آوری | قدرت تفکیک مکانی (متر) | شماره گذر و ردیف | تعداد باندها |
|---------|--------|---------------|------------------------|------------------|--------------|
| لندست ۵ | TM | ۱۳۷۱/۱۲/۱ | ۲۸/۵ | ۱۶۳/۴۰ | ۷ |
| لندست ۷ | +ETM | ۱۳۸۱/۱۲/۲۰ | ۳۰ | ۱۶۳/۴۰ | ۷ |
| لندست ۸ | OLI | ۱۳۹۲/۰۱/۲۷ | ۳۰ | ۱۶۳/۴۰ | ۹ |

کاربری مرتعی و کشاورزی بیشترین پتانسیل را برای تبدیل به کاربری مسکونی دارند. اونات و ساندر^۱ (۲۰۱۰) از مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM^۲) برای مدل‌سازی تخریب و احیای جنگل‌های خزان‌کننده گرمسیری مکزیک بهره جستند. آن‌ها مدل‌سازی نیروی انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیا، زیر مدل جنگل و زیر مدل اختلال، به‌ترتیب به صحت ۵۹/۲، ۳۵/۲ و ۵۹/۶ درصد دست یافتند. پریزویگا^۳ و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات کاربری سرزمین در حوزه آبخیز چیرا را با استفاده از رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. لردیسا^۴ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از رگرسیون لجستیک به شبیه‌سازی دینامیک پوشش اراضی در حوضه رودخانه دولسی آرژانتین در سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۵ پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که به‌علت کاهش پوشش علفزار و تخریب اکوسیستم‌ها در اثر تشدید کشاورزی و چرای بیش از حد، شبیه‌سازی کمک مجدد سناریوهای جایگزین می‌تواند به برنامه‌ریزی کاربری اراضی به‌منظور تولید و حفاظت اکوسیستم‌ها کند. محققان دیگری نیز در نقاط مختلف دنیا از روش‌های مختلف رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی استفاده کرده‌اند که می‌توان به پژوهش‌های اولانی^۵ و همکاران همکاران (۲۰۱۲)، ونگ^۶ و همکاران (۲۰۱۲) و پادل و یان^۷ (۲۰۱۲) اشاره کرد. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه پایش و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور انجام شده است. آنچه مسلم است نیاز است تا با انجام پژوهش‌های علمی بیشتر روند تغییرات و پیش‌بینی تغییرات در سایر قسمت‌های ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. حوزه آبخیز سمل، یکی از مهم‌ترین حوزه‌های آبخیز استان بوشهر است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز سمل، از روش‌های زنجیره

1. Onate & Sendra
2. Land Change Modeler
3. Perez-Vega
4. Lourdesa
5. Olaniyi
6. Wang
7. Paudel & Yuan



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و استان بوشهر
Figure (1): Location of the study area in Iran and Booshehr province

حذف وابستگی باندها و همچنین کشف باندها با محتوای اطلاعاتی کم استفاده می‌شوند (فاطمی و رضایی، ۲۰۱۰). در این مطالعه از شاخص‌های 1NDVI ، 3SAVI ، $MSAVI2$ و 5SR استفاده شد.

۴.۲. ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی

تک‌پارامترهایی نظیر ضریب کاپا و صحت کلی فقط با کل طبقه‌بندی سروکار دارند و اطلاعاتی دربارهٔ تک‌تک کلاس‌ها یا توزیع مکانی خطا ارائه نمی‌دهند (همان، ۲۰۱۰). بنابراین برای برآورد دقت کلی و دقت تک‌تک کلاس‌ها از عامل‌های آماری ماتریس خطا یعنی دقت تولیدکننده^۷، دقت کاربر^۷، خطای گماشته‌شده^۸ و خطای حذف‌شده^۹ استفاده شد (لی و یه^{۱۰}، ۲۰۰۲؛ یان^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵).

۳.۲. تهیه نقشه کاربری اراضی

لازمه اجرای این تحقیق، در اختیار داشتن نقشه کاربری اراضی از سه مقطع زمانی است. برای این منظور با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات، به‌ویژه تهیه نقشه کاربری اراضی، با استفاده از بازدیدهای میدانی، تفسیر بصری و نرم‌افزار Google Earth نمونه‌های تعلیمی با استفاده از روش نمونه‌برداری انتخابی برداشت شد. ۷۰ درصد نمونه برای طبقه‌بندی (آموزش) استفاده شد و ۳۰ درصد برای ارزیابی استفاده شد. نمونه‌های برداشت‌شده ۳ طبقه کاربری اراضی شامل کشاورزی، مرتع، اراضی بایر را شامل شد. پس از اعمال پیش‌پردازش‌های موردنیاز از قبیل تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک به‌منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی الگوریتم طبقه‌بندی نظارت‌شده و روش حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI4.8 استفاده شد. در این راستا، آنالیز وابستگی باندها و همچنین انتخاب بهترین مجموعه باندها نیز انجام شد. در تحقیق حاضر به‌جز روش PCA روش تبدیل کسر کمترین نویز^۱ (MNF) نیز برای

2. Normalized different vegetation index
3. soil-adjusted vegetation index
4. modified soil-adjusted vegetation index
5. Simple ratio
6. Producers Accuracy
7. User Accuracy
8. Commission
9. Omission
10. Li & Yeh
11. Yuan

1. Minimum Noise Fraction Transform

۵.۲. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

در این تحقیق، نقشه کاربری اراضی تولیدشده مربوط به سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ به‌عنوان ورودی برای تحلیل تغییرات منطقه (لامبین، ۱۹۹۷) و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی انتخاب شدند. در این تحقیق، کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش سرزمین به‌صورت نقشه و نمودار با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد.

۶.۲. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

احتمال انتقال محاسبه‌شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۲ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت اجرا شد (غلامعلی فرد و همکاران، ۲۰۱۳؛ جورابیان و همکاران، ۲۰۱۳). با مقایسه نقشه پیش‌بینی و طبقه‌بندی تهیه‌شده و با توجه به قابلیت نسبتاً بالای نقشه پیش‌بینی، از این روش برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۲ استفاده شد.

۳. نتایج

۱.۳. تعیین بهترین ترکیب باندی

نتایج نشان داد که سنجنده TM با ترکیب باندی ۱ PCA، ۷ و ۴ (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۸۲ و ۸۴/۴۵)، سنجنده ETM+ با ترکیب باندی ۳، PCA۱ و NDVI (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۹۸ و ۹۹) و سنجنده OLI با ترکیب باندی ۴، ۵ و ۷ (دارای ضریب کاپا و صحت کلی ۰/۹۷ و ۹۸) که به‌ترتیب در RGB قرار می‌گیرند، بالاترین ضرایب را ارائه می‌دهند، بنابراین به‌عنوان بهترین ترکیب باندی معرفی شدند.

۲.۳. نقشه کاربری اراضی

پس از تهیه همه لایه‌های اطلاعاتی شامل کشاورزی، مرتع، اراضی بایر نقشه‌های کاربری اراضی حوزه آبخیز سمل در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ به دست آمد. شکل (۲) نقشه کاربری اراضی مربوط به این سال‌ها را نشان می‌دهد. موقعیت مکانی اراضی کشاورزی و مرتعی به‌ترتیب در شرق، غرب حوزه آبخیز و اراضی بایر (مرتعی تخریب‌یافته) در نواحی مرکزی، جنوبی، خروجی محدوده مورد مطالعه پراکنده است.

۳.۳. ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

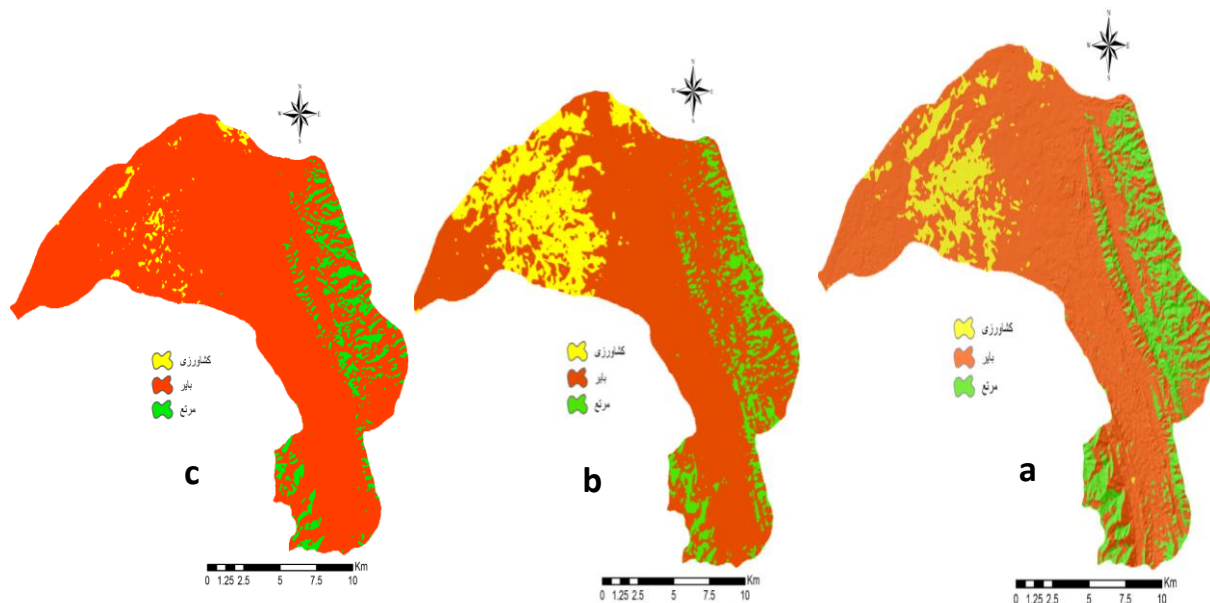
صحت نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های مورد مطالعه به‌ترتیب در جدول (۲) ارائه شده است. خطای گماشته‌شده و حذف‌شده مربوط به کلاس‌های کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. خطای گماشته‌شده نشان‌دهنده مساحت اراضی یک کلاس است که واقعاً به آن کلاس تعلق ندارد و خطای حذف‌شده نشان‌دهنده میزان مساحت اراضی یک کلاس است که جزء کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده‌اند (دونر و کلار، ۱۹۹۶).

۴.۳. آشکارسازی تغییرات

نتایج نشان داد که کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات چشمگیری شده‌اند. مساحت هر کاربری در سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۲ در جدول (۳) نشان داده شده است.

۵.۳. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

در این مرحله، ابتدا احتمال انتقال به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف صورت پذیرفت. سپس نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده مربوط به سال ۱۴۰۲ با استفاده از زنجیره مارکوف به دست آمد (شکل ۳).



شکل (۲): نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: (a) سال ۱۳۷۱، (b) سال ۱۳۸۱ و (c) سال ۱۳۹۲

Figure (2): Land use map of the study area: (a) date 1992, (b) date 2002, (c) date 2013

جدول (۲): نتایج ارزیابی طبقه بندی

Table (2): Results of the classification assessment

| سال | نوع کاربری | صحت کاربر | صحت تولیدکننده | خطای گماشته شده | خطای حذف شده | صحت کلی (درصد) | ضریب کاپا |
|------|------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------|
| ۱۳۷۱ | کشاورزی | ۱۰۰ | ۸۵/۹۵ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۹۶/۴۷۷۹ | ۰/۹۴۵۴ |
| | اراضی بایر | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۸/۰۲ | ۰/۰۰ | | |
| | مرتع | ۹۱/۰۸ | ۸۴/۸۵ | ۰/۰۰ | ۱۵/۱۵ | | |
| ۱۳۸۱ | کشاورزی | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۹۹/۶۸۵۵ | ۰/۹۹۵۰ |
| | اراضی بایر | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | | |
| | مرتع | ۹۷/۱۰ | ۹۱/۶۷ | ۲/۹۰ | ۸/۳۳ | | |
| ۱۳۹۲ | کشاورزی | ۱۰۰ | ۹۵/۰۴ | ۴/۵۵ | ۰/۰۰ | ۹۸/۸۵۰۶ | ۰/۹۷۶۷ |
| | اراضی بایر | ۹۸/۲۸ | ۱۰۰ | ۰/۰۰ | ۱/۷۲ | | |
| | مرتع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | | |

جدول (۳): نتایج آنالیز تغییرات کاربری اراضی

Table (3): Results of land use change analysis

| نوع کاربری | سال ۱۳۷۱ | | سال ۱۳۸۱ | | سال ۱۳۹۲ | |
|------------|-----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد |
| کشاورزی | ۲۱۷۰/۸ | ۸/۶۳ | ۳۹۴۲/۵۴ | ۱۵/۶۸ | ۳۷۶/۱۱ | ۱/۴۹ |
| بایر | ۱۸۹۹۴/۸۶ | ۷۵/۵۳ | ۱۸۶۶۷/۸۹ | ۷۴/۲۳ | ۲۲۸۰۳/۱۲ | ۹۰/۶۱ |
| مرتع | ۳۹۸۲/۱۴۰۰ | ۱۵/۸۳ | ۲۵۳۷/۳۷ | ۱۰/۰۹ | ۱۹۸۷/۵۶ | ۷/۸۹ |
| جمع کل | ۲۵۱۴۷/۸ | ۱۰۰ | ۲۵۱۴۷/۸ | ۱۰۰ | ۲۵۱۶۶/۷۹ | ۱۰۰ |

جدول (۴): ماتریس احتمالات انتقال محاسبه شده با استفاده از زنجیره مارکوف

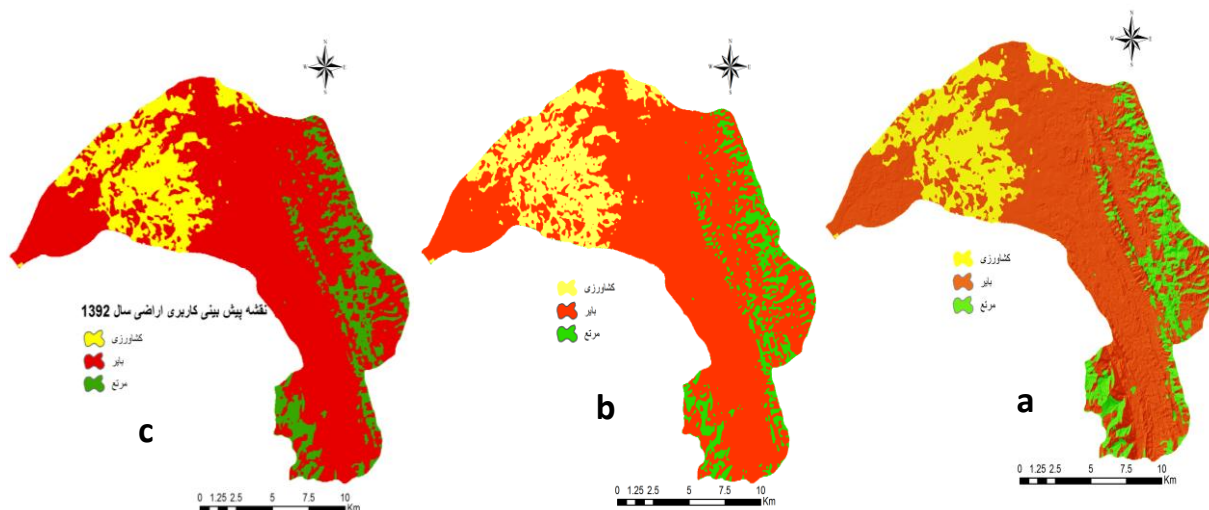
Table (4): Transition probability matrix using markov chain

دوره ۱۳۸۱-۱۳۹۲

| کشاورزی | بایر | مرتع | |
|---------|--------|--------|--------|
| کشاورزی | ۰/۸۸۸۹ | ۰/۱۰۳۹ | ۰/۰۰۲۹ |
| بایر | ۰/۱۱۷۴ | ۰/۸۴۶۷ | ۰/۰۳۵۹ |
| مرتع | ۰/۰۰۰۰ | ۰/۵۹۵۷ | ۰/۴۰۴۳ |

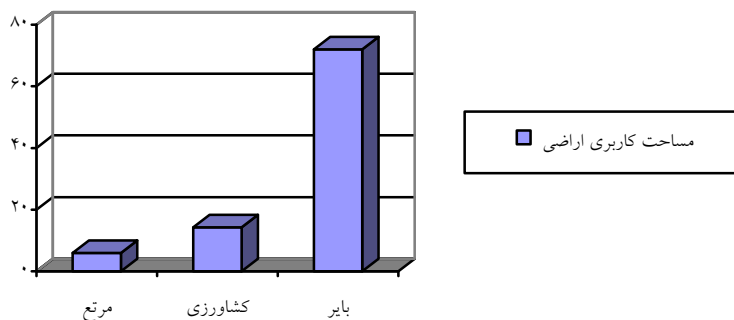
شکل (۳) به ترتیب شامل نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۴۰۲، نقشه کاربری اراضی واقعی مربوط به سال ۱۳۹۲ و نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده مربوط به سال ۱۳۹۲ است. نقشه تهیه شده دارای ضریب کاپای ۸۰ درصد بود. درصد‌های ارائه شده نشان‌دهنده درصدی از مساحت کل حوضه است. مساحت کاربری‌های مختلف مربوط به سال ۱۴۰۲ برحسب درصد در شکل (۴) ارائه شده است. تغییرات حاکی از آن بود طی سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۹۲ مساحت کاربری

اراضی کشاورزی و مرتع به ترتیب ۳۵۵۵/۶۳ و ۵۸۸/۱۵ هکتار افزایش و اراضی فاقد پوشش گیاهی (اراضی بایر) ۴۱۴۳/۷۸ هکتار کاهش خواهد یافت. تخریب مراتع بیشتر در راستای تبدیل این اراضی به اراضی فاقد پوشش گیاهی، کشاورزی بوده است. لذا توسعه اراضی فاقد پوشش گیاهی در دوره پیش‌بینی شده می‌تواند به دلیل استفاده بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی از اراضی مراتع و تبدیل شدن آن‌ها به اراضی فاقد پوشش گیاهی و دیمزارهای کم‌بازده باشد.



شکل (۳): نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه: (a) نقشه مربوط به سال ۱۴۰۲، (b) نقشه کاربری فعلی، (c) نقشه پیش‌بینی مربوط به سال ۱۳۹۲

Figure (3): Land use map date 2023 (a), Current land use (b), predicted land use map 2013 (c).



شکل (۴): مساحت کاربری مختلف اراضی (برحسب درصد) مربوط به سال ۱۴۰۲

Figure (4): Different land use area (%) 2023

در جدول (۵) میزان تغییرات در کاربری سال ۱۴۰۲ بایر و تخریب یافته با ۷۲ درصد فاقد تغییرات بود. نسبت به سال ۱۳۹۲ آورده شده است. نتایج نشان داد اراضی

جدول (۵): میزان درصد تغییرات در نقشه پیش‌بینی سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۹۲

| ردیف | تغییرات کاربری | تغییرات سطح (%) |
|------|---|-----------------|
| ۱ | کشاورزی بدون تغییر | ۱/۴ |
| ۲ | اراضی بایر به کشاورزی | ۱۴/۳ |
| ۳ | اراضی کشاورزی به اراضی بایر و تخریب یافته | ۰/۱ |
| ۴ | اراضی بایر و تخریب یافته بدون تغییر | ۷۲ |
| ۵ | مرتع به اراضی بایر و تخریب یافته | ۲ |
| ۶ | اراضی بایر و تخریب یافته به مرتع | ۴/۴ |
| ۷ | مرتع بدون تغییر | ۵/۹ |

Table (5): Change percentile between 2013-2023

۴. بحث و نتیجه‌گیری

چرای دام توسط دامداران و تعداد دام در مرتع و وضعیت مراتع درخصوص روند قهقراپی آن دانست. گسترش اراضی فاقد پوشش گیاهی (اراضی بایر) در منطقه مورد مطالعه می‌تواند سبب افزایش فشار بر اراضی طبیعی از قبیل اراضی مرتعی شود و شرایط تخریب هرچه بیشتر آن‌ها را فراهم کند. همچنین تغییرات فیزیکی در ساختار اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه که در طی دوره مورد مطالعه اتفاق افتاده است، می‌تواند اثرات مهمی را در عملکرد اکولوژیکی و به‌طور خاص در شرایط انرژی طبیعی منطقه داشته باشد. بحران اقلیمی و خشکسالی‌های سال‌های اخیر روند تجدید حیات را در دهه‌های اخیر مشکل نموده و این امر روند بهبود پوشش گیاهی را با مخاطرات جدی مواجه کرده است. آنالیز کاربری‌های اراضی و مدل‌سازی انتقال آن‌ها، پارامترهای مهمی برای مطالعات اکولوژیکی، زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی به‌منظور تعیین مؤلفه‌های اصلی ساختارهای اکولوژیکی و کاربری اراضی و همچنین برای دستیابی به فراوانی، پیچیدگی‌های مکانی، یکپارچگی و دیگر ویژگی‌های کاربری اراضی یک منطقه‌اند. این تجزیه و تحلیل‌ها می‌تواند اصول و پایه‌های مقایسه سناریوهای کاربری‌های مختلف را فراهم کند. از این‌رو درک تغییرات اساسی در شرایط مختلف کاربری اراضی را در طی دوره‌های مختلف فراهم کند. همچنین چنین مطالعاتی می‌تواند داده‌های کمی و مناسبی را از مقدار و حدود گستره کاربری‌های مختلف را در

مقایسه پیش‌بینی تغییرات اراضی در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که اراضی کشاورزی گسترش می‌یابد و این افزایش با توجه به تغییرات کاربری و افزایش جمعیت منطقی به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، به دلیل مرز مشترک اراضی بایر (مرتع فقیر) با اراضی کشاورزی بیشترین تبدیل و تغییر اراضی کاربری مزبور به اراضی بایر است. بر این اساس از وسعت اراضی بایر نسبت به سال ۱۳۹۲ کاسته خواهد شد. از طرف دیگر، روند تخریب اراضی مرتعی که در دهه دوم به واسطه شرایط خشکسالی شروع شده بود، در این دوره متوقف شده و وسعت اراضی مرتعی به سال ۱۳۸۱ خواهد رسید. بیشترین تخریب اراضی مرتعی و بایر در حاشیه اراضی کشاورزی اتفاق افتاده است که می‌تواند به دلیل دسترسی آسان به این نواحی و توسعه فعالیت‌های انسانی و تأثیر عوامل انسانی بر مراتع و بحث مالکیت اراضی و مسائل اجتماعی باشد. از آنجا که اراضی کشاورزی غالباً در شیب‌های کمتر از ۲۰ درصد در نواحی مرکزی تا جنوبی حوضه این شرایط را فراهم کرده‌اند، تخریب مراتع و اراضی بایر در این مناطق بیشتر اتفاق افتاده است. پارکر و همکاران (۲۰۰۳) نیز عمده‌ترین دلیل تخریب جنگل‌های یونان را تبدیل به اراضی کشاورزی اعلام کردند. علاوه بر این، از دیگر دلایل تخریب اراضی مرتعی چرای زودرس و خارج از ظرفیت آن‌ها، نام برد که این می‌تواند به دلیل عدم نظارت بر

این محدودیت‌ها نقش مهمی در استفاده مطمئن از کاربری‌های مختلف اراضی در فرایند برنامه‌ریزی ایفا می‌کند. بنابراین ایجاد شرایط پایدار در منطقه و مدل‌سازی آن به منظور استفاده منظم و پایدار از منابع طبیعی یک منطقه از پیش شرط‌های رسیدن به چشم‌اندازها و اسناد بالادستی از جمله طرح توسعه پایدار است.

طی دوره‌های مختلف گذشته، حال و آینده و همچنین حدود و گستره آن‌ها را به لحاظ مکانی نیز در اختیار متولیان امر قرار دهد. اگرچه شناخت شرایط کاربری‌های مختلف اراضی در طی دوره‌های آینده، برنامه‌ریزی برای آینده را به واسطه ایجاد اطلاعات به لحاظ الگوی پراکنش مکانی آن‌ها تسهیل می‌کند ولی حفظ و ایجاد شرایط پایدار برای آینده هم به لحاظ آماری و هم به لحاظ اکولوژیکی از محدودیت‌های آن است.

منابع

- Alansi, A.W., M.S.M., Amin, G., Abdul Halim, H.Z.M., Shafri, A.M., Thamer, A.R.M., Waleed, W., Aimrun, and M.H., Ezrin., 2009. The Effect of Development and Land Use Change on Rainfall-Runoff and Runoff-Sediment Relationships under Humid Tropical Condition: Case Study of Bernam Watershed Malaysia. *European Journal of Scientific Research*, 31 (1): 88-105.
- Babaei Aghdam, F., and H., Ebrahimzadeh., 2012. Land use modeling change and of agricultural land and Bareland to urban area in the Ardabil city using CLUE_S model. *Journal of Geography and Development*, 26: 21-34. (In Persian)
- Donner, A., and N., Klar., 1996. The statistical analysis of kappa statistics in multiple samples. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49: 1053-1058.
- Dunne, T., and L.B., Leopold., 1978. Water in environmental planning. W. H. Freeman and Co New York Pub, 818 pp.
- FAO., 1981. State of the world's forest. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 144 pp.
- Fatemi, S.B., and Y., Rezaei., 2010. Principles of remote sensing. Tehran. T: Azadeh, Tehran. 257 pages. (In Persian)
- Foody, G.M., 2000. Mapping Land Cover from Remotely Sensed Data with a Softened Ghats (India), *Sensors*, 8: 6132-6153.
- Gholamali fard, M., Sh., Shooshtari, S.H., Hosseini Kanooj, and M., Mirzaei., 2013. Modeling of land use changes using GIS and LCM in the coastal province, Mohit shenasi, 4: 109-124. (In Persian)
- Joorabian, Sh., E., Esmaili Sari, M., Hosseini, and M., Gholamali fard., 2013. Logistic Regression and Markov Chain to predict the land use change in the East of Mazandaran. *Journal of Natural Resources – Environment*, 66: 351-361 (in Persian).
- Kamyab, H., A., Salman Mahiny, M., Hosseini, and M., Gholamalifard., 2013. Adopt a data-driven approach using logistic regression to model the urban growth in Gorgan, *Journal of Environmental Studies*, 36: 89-96. (In Persian).
- Lambin, E.F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21: 375–393.
- Li, X., and A., Yeh., 2002. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (4): 323-343.
- Lourdesa, L., Z., Karinac, L., Pedrob, M., Héctora, and M., Néstorc, 2011. A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina. A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina, *Procedia Environmental Sciences*, 7: 194–199.
- Lu, D., P., Mausel, E., Brondizio, and E., Moran., 2004. Change detection techniques, mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat of plausible future states, *EARSeL proceedings*, 5 (1): 63-76.
- Mir Alizadehfard, S. R. and Alibakhshi, S. M. 2016. Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam), *RS & GIS for Natural Resources*, 7(2): 33-45.
- Olaniyi, A.O., A.M., Abdullah, M.F., Ramli, and M.S., Alias., 2012. Assessment of drivers of coastal land use change in Malaysia. *Journal of Ocean & Coastal Management*, 67: 113-123.
- Park, S.J., N., Giesen, and P., Vlek., 2005. Optimal Spatial Scale for Land Use Change Modelling: A Case Study in a Savanna Landscape in Northern Ghana. *Journal of the Korean Geographical Society*, 40 (2): 221-241.
- Parker, D.C., S.M., Manson, and M.J., Deadman. 2003. Multi agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review, *Annals of the Association of American Geographers*, 43: 314-337.
- Paudel, S., and F., Yuan., 2012. Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16: 66–76.

20. Perez-Vega, A., J., Mas, and A., Ligmann-Zielinska., 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environmental Modelling & Software*, 29 (1): 11-23.
21. Shattaei, Sh., and R., Bagheri., 2010. Decreasin of forest area modeling using the logistic regression (Case Study: Chehl-chay Watershed, Golestan province). *Journal of forest*, 3: 243-252. (In Persian)
22. Torabi Haghghi, A., Kløve, B., 2015. Development of monthly optimal flow regimes for allocated environmental flow considering natural flow regimes and several surface water protection targets. *Ecol.Eng.* 82, 390-399.
23. Wanga, S.Q., X.Q., Zhenga, and X.B., Zangb., 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1238-1245.
24. Wu, Q., H.q., Li. R.S., Wang, J., Paulussen, Y., He, and L. Wa., 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78 (4): 322-333.
25. Yuan, F., M.E., Bauer, N.J., Heinert, and G.R., Holden., 2005. Multi-level Land Cover Mapping of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area with Multi-seasonal Landsat TM/ETM+ Data. *Geocarto International*, 20 (2): 5-13.
26. Zare-Garizi, A., Sh., Vahed bordi, A., Sadodin, and S.E., Mahini., 2011. Using logistic regression in the spatial patterns modeling of vegetation change. *Fazaye Geghraphiaei*, 37: 56-68. (In Persian).

Land use Changes Modelling using Satellite Data and Markov Chain (case study: Samal Watershed in Bushehr province)

Gholamreza Rahi¹, Ataollah Kavian^{*2}, Karim Soleimani³, Ali Akbar Nazari Samani⁴, Hamid Reza Pourghasemi⁵

Received: 5/07/2017

Accepted: 21/12/2017

Introduction

Assessment of land use spatiotemporal changes provide valuable data for managers to elaborate plans. Land use change modeling is one of the methods used by planners to manage land use changes. Detection of such changes may help decision makers and planners to understand the factors in land use and land cover changes in order to take effective and useful measures. Remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) techniques are among the effective tools to detect and assess land use changes. Land cover mapping and change detection have increasingly been recognized as one of the most effective tools for environmental resource management. The latter is recently one of the most widely used techniques to predict land use through the variation of this model. The Markov prediction methods can serve to analyze the dynamic behavior of land use in a time-space pattern to provide forecasts of future changes that can help in making decisions. The present study aims to predict land use changes using Markov chain model in Samal watershed in Bushehr province.

Methods

The study area is located in the southwestern of Iran, in the Bushehr Province, with a surface area of 29,750 ha. Geographically, it is located between longitudes 51°7' to 51°25'E and latitudes 28°59' and 29°10.5' N. Land use maps of the study area were prepared from Landsat images (L5-TM-1992, L7-ETM+-2002 and -L8-OLI-2013). Firstly, the pre-processing and the necessary processing such as geometric and atmospheric correction, as well as the vegetation index were made. NDVI and principal component analysis were used to separate the green cover and barren land, respectively. The classification accuracy can be assessed by an error matrix. Many measurements such as Kappa coefficient have been proposed to improve the interpretation of the error matrix. In the region, three major uses including grassland, bare land, and agriculture lands were identified. In this study, to classify the supervised classification, maximum likelihood method and to determine the comparative method of classification changes used. Each of the land use and land cover map was compared to the reference data to assess the accuracy of the classification. The reference data were prepared by considering random sample points, the field knowledge, and Google earth data. The ground truth dataset was obtained and used to verify the classification accuracy. In order to predict land use for 2023, a Markov Chains and Cellular Automata (CA), which are based on probabilistic modeling techniques, were employed. The combination of Markov and Cellular Automata (CA_Markov) allows simulating the evolution of the geographical area represented by pixels. Each pixel can take a value from a finite set of states. In this research, we use the 1992 and 2002 land cover maps to predict the 2013 land cover map and then use the 2002 and 2013 land cover maps to predict the 2001 land cover map.

Results

The results showed that TM, ETM+, and OLI images were classified respectively with 84.45, 99, and 98% accuracy and 0.82, 0.98, 0.97 kappa coefficients. The analysis of the change dynamics was assessed based on the results of calibration periods using kappa coefficients showed that the period 2002-2013 has the highest accuracy

1. PhD student of Watershed Management, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University

2. Associate Professor, College of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University
ataollah.kavian@gmail.com

3. Professor, College of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University

4. Associate Professor, College of Natural Resources, University of Tehran

5. Assistant Professor, College of Natural Resources, Shiraz University

to predict 2023 land use map. The results of the land use changes showed that over the period 2002-2013, the decrease rate in grassland and agriculture land was 2.19 and 4.18%, respectively. Also during this period, bare land increased 56.13%. Overall, the results showed that rangeland has the most stability and non-vegetated lands have the least stability. Changes in the extent of bare land of the study area were further projected until 2028, indicating that the area of bare land could be continuously reduced.

Discussion and Conclusion

This study employs three time-period changes to better account for the trend and the modeling exercise. The Markov chain analysis describes the change of one land cover to another and predicts its trend. Modeling of land cover change plays a major role to understand the impacts of the changes. The results show that the RS and GIS technology is an effective approach in the analysis of land use change modeling with Markov. Finally, using Markov chain analysis land cover area statistics were predicted for the year 2020. This analysis would help to have an aggregate view of the future setting of Samal Watershed use to guide the policymakers.

Keywords: Markov chain, Accuracy assessment, Landsat satellite, Land use modeling.