

## آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در افق ۲۰۴۰ میلادی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در حوزه آبخیز جیرفت

مجتبی سلیمانی ساردو<sup>۱\*</sup> و اسماعیل سیلاخوری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت و <sup>۲</sup> دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

### چکیده

پدیده تغییر کاربری اراضی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی است که امروزه بشر با آن روبرو است. اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهمترین موارد در برنامه‌ریزی‌ها مدیریتی است. هدف از این پژوهش، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز جیرفت در مقاطع زمانی ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی و پیش‌بینی آن در سال ۲۰۴۰ میلادی است. برای این منظور، تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و OLI در هر یک از مقاطع زمانی تهیه شد و در محیط نرم‌افزار ENVI، از نظر اتمسفری و رادیومتریکی تصحیح شد. در گام بعد، ترکیب کاذب رنگی و همچنین، نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI برای هر یک از سال‌های مزبور تهیه شد. سپس، با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده و روش بیشینه احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی هر یک از مقاطع زمانی به‌دست آمد. در ادامه، نقشه‌های کاربری اراضی به‌دست آمده به فرمت مناسب مدل LCM تبدیل شد و تغییرات کاربری اراضی مورد تحلیل قرار گرفت. در نهایت، با استفاده از زنجیره مارکوف و نرم‌افزار IDRISI، کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ میلادی پیش‌بینی شد. نتایج پژوهش نشان داد که استخراج نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده با ضریب کاپای بیش از ۰/۷۶ در هر یک از تصاویر، دقت قابل قبولی داشته است. بررسی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز جیرفت نشان داد، بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی مناطق شهری (۱۶۹/۵ درصد)، اراضی کشاورزی (۶/۸ درصد)، شوره‌زارها و اراضی بایر (۱۱۹/۸ درصد) افزایش و اراضی جنگلی (۳۲/۸ درصد) کاهش یافته است و پیش‌بینی می‌شود که با ادامه روند مدیریت فعلی، مناطق شهری و اراضی کشاورزی و اراضی بایر در دوره آتی افزایش و اراضی جنگلی و باغی کاهش یابند که نیازمند تمهیدات مناسب مدیریتی با رعایت توان بوم‌شناختی سرزمین و توجه به اصول توسعه پایدار در این ناحیه خواهد بود.

**واژه‌های کلیدی:** اراضی کشاورزی، بحران‌های اکولوژیکی، ماهواره لندست، مدل LCM، مدیریت اراضی

### مقدمه

منابع طبیعی و صنعت می‌باشد (Salajegheh و همکاران، ۲۰۱۱). کاربری اراضی مجموعه‌ای از خاک و موجودات زنده است که شامل پوشش طبیعی، کشاورزی و سازه‌های انسانی بوده و رابط مهمی بین

کاربری اراضی در معنای کلی آن، به نوع استفاده از زمین در وضعیت کنونی گفته می‌شود که دربرگیرنده انواع کاربری‌های مختلف مانند کشاورزی،

اراضی آپنینس مرکزی ایتالیا را طی ۵۱ سال (۲۰۰۶-۱۹۵۵) مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که میزان اراضی جنگلی به دلیل احیاء طبیعی به ترتیب ۶۰ و ۱۴ درصد افزایش یافته است و غالب پوشش منطقه را شامل می‌شود، در حالی که میزان مراتع، علفزارها و اراضی زراعی کاهش یافته‌اند. نتایج پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی کاربری اراضی رودخانه ژین جیانگ چین در دو دوره ۱۹۸۹-۱۹۹۸ و ۲۰۰۹-۱۹۹۸ نشان داد که مساحت زمین‌های زراعی، زمین‌های شور و زمین‌های توسعه‌نیافته (زمین‌های بایر، غیرقابل استفاده و زمین‌های صنعتی روستایی-شهری) در دو دوره ۱۹۸۹-۱۹۹۸ و ۲۰۰۹-۱۹۹۸ افزایش یافته است، در حالی که دیگر انواع کاربری اراضی مانند اراضی جنگلی کم شده‌اند و به‌طور کلی تغییرات زیست‌محیطی نامطلوب مانند شوری‌زایی و بیابان‌زایی بر اثر تغییرات کاربری اراضی منتج شده است. Ayanlade و Howard (۲۰۱۷)، با بررسی تغییرات کاربری اراضی در دلتای نیجر با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و روش طبقه‌بندی نشان دادند که جنگل‌زدایی شدید مخصوصاً در مناطق شمال غربی و شمال شرقی دلتا به‌وقوع پیوسته است. همچنین، گسترش مناطق شهری و گسترش مزارع پنبه طی ۲۵ سال گذشته افزایش یافته است.

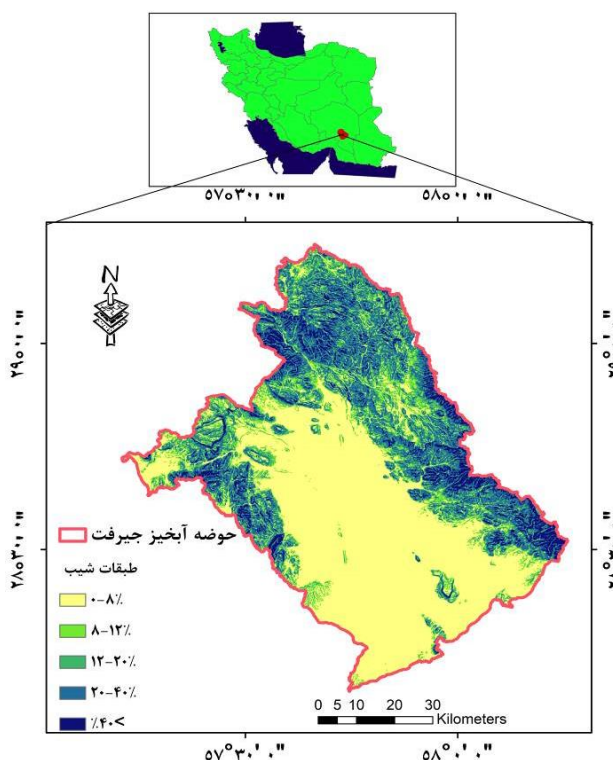
جمع‌بندی سوابق تحقیقاتی نشان‌دهنده اهمیت توجه به تغییرات کاربری اراضی در جهان است تا با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان، نسبت به پیش‌بینی آن‌ها مبادرت کرد و اقدامات مقتضی را در جهت مدیریت بهینه آن‌ها انجام داد. از این‌رو، در پژوهش حاضر، به آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در افق ۲۰۴۰ میلادی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در حوزه آبخیز جیرفت پرداخته می‌شود تا با شناخت و درک بهتر تغییرات، کمک شایانی به مدیریت بهینه حوزه آبخیز جیرفت، به‌عنوان یکی از مهمترین مناطق کشاورزی کشور شود. از سوی دیگر، با توجه به رشد بیش از حد اراضی کشاورزی در حوزه آبخیز جیرفت و فشار تحمیل شده بر منابع آب و خاک، این مهم نیازمند بررسی علمی به‌منظور تصویرسازی از افق آینده در این ناحیه است.

فعالیت‌های انسانی و محیط زیست طبیعی به شمار می‌رود (Mendoza و همکاران، ۲۰۱۱). پدیده تغییر کاربری اراضی از مهمترین مخاطرات محیطی بوده که همواره بشر با آن روبرو بوده است که آگاهی از روند تغییرات آن در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل از اهمیت بالایی برخوردار است (Mousavi و همکاران، ۲۰۱۵). در دهه‌های اخیر، توجه بسیاری از پژوهشگران به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌های مختلف و به کمک فناوری سنجش از دور معطوف بوده است که از آن جمله، Falahatkar و همکاران (۲۰۰۹)، به‌منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر اصفهان در سال ۱۴۰۴، از مدل مارکوف CA استفاده کردند و نشان دادند، در صورتی که فرایندهای تغییر پوشش اراضی در منطقه ثابت باشد، مدل با اعتبار کمتر از ۷۰ درصد به پیش‌بینی تغییرات در ۲۴ سال آینده می‌پردازد. Mosibi و Melki (۲۰۱۴)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سه دوره زمانی ۱۳۶۶، ۱۳۷۷ و ۱۳۹۰) تغییرات کاربری اراضی شهرستان اردبیل را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که سطح کاربری‌های زراعت آبی، باغات، مناطق مسکونی، صنعتی و اراضی بایر در بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ شمسی افزایش و در مقابل مساحت کاربری‌های جنگل، مرتع و اراضی دیم، روندی کاهشی داشته است. Teimouri و همکاران (۲۰۱۹)، در بررسی اثر تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک حوزه آبخیز کندران با استفاده از مدل LCM به پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین و پوشش گیاهی پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که میانگین فرسایش خاک در دوره پایه ۹/۸ (تن در هکتار در سال) بود که طی دو دهه آینده، به‌طور متوسط ۱۶ درصد و طی پنج دهه آینده قریب ۲۰ درصد بر میزان فرسایش افزوده خواهد شد. Rajitha و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از زنجیره مارکوف، کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۰ میلادی در هندوستان را بین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰ پیش‌بینی کردند و بیان داشتند که در سال ۲۰۱۰ میلادی اراضی کشاورزی از ۵۰۱۲۲ به ۴۶۹۷۸ هکتار کاهش خواهد یافت. Bracchetti و همکاران (۲۰۱۲)، تغییرات کاربری

## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** حوزه آبخیز جیرفت در جنوب استان کرمان و بین طول‌های شرقی  $۱۲^{\circ} ۵۷'$  و  $۱۵^{\circ} ۵۸'$  و عرض‌های شمالی  $۲۸^{\circ} ۹'$  و  $۲۹^{\circ} ۱۴'$  به مساحت قریب ۵۴۲۸۴۲ هکتار واقع شده است که از نظر تقسیمات سیاسی متعلق به شهرستان جیرفت از توابع استان کرمان است (شکل ۱). قسمت‌های شمال شرقی منطقه، بیشتر کوهستانی و سردسیر است و حال آن‌که

جیرفت و دشت‌های اطراف آن اقلیم گرمسیری دارند. خاک‌های منطقه مورد مطالعه نیز اغلب دارای رژیم رطوبت اریدیک و رژیم حرارتی هایپرترمیک هستند. در این حوضه، رودخانه‌های دائمی هلیل‌رود و شور و رودهای فصلی جریان دارند و از منظر اهمیت تولیدات کشاورزی در کشور، از جایگاه بالایی برخوردار است که همواره به‌عنوان یکی از قطب‌های تامین امنیت غذایی حائز اهمیت فراوان است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

**روش پژوهش:** به‌منظور انجام این پژوهش، تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه جیرفت از پورتال زمین‌شناسی آمریکا<sup>۱</sup> دریافت شد و برای جلوگیری از اختلافات ناشی از تغییرات فصلی، سه تصویر در یک مقطع زمانی از سال اخذ شد. از این‌رو، تصاویر ماهواره لندست ماه آپریل هر یک از سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی انتخاب شدند (جدول ۱) و تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفریک مورد نیاز در محیط نرم‌افزار ENVI بر روی

تصاویر اعمال شد. به‌منظور تشخیص بهتر عوارض مختلف و طبقه‌بندی آن‌ها از ترکیب رنگی کاذب، تحلیل تسلدکپ و تحلیل مؤلفه اصلی برای بارزسازی عوارض استفاده شد. همچنین، به‌منظور استخراج کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز جیرفت از شاخص تفاوت نرمال‌شده پوشش گیاهی<sup>۲</sup> (NDVI) نیز استفاده شد. در نهایت، نقشه کاربری اراضی منطقه جیرفت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در محیط نرم‌افزارهای ArcGIS، ERDAS و TerrSet Idrisi استخراج شد. نقشه‌های طبقه‌بندی

<sup>2</sup> Normalized Difference Vegetation Index

<sup>1</sup> <https://earthexplorer.usgs.gov>

مارکوف است. نهایتاً به کمک ماتریس مساحت انتقال در مدل CA مارکوف، پیش‌بینی نقشه شبیه‌سازی شده از کاربری اراضی در آینده امکان دارد. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پس از آشکارسازی تغییرات، مدل‌سازی پتانسیل انتقال، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات و ارزیابی صحت مدل‌سازی به‌دست می‌آید.

**مدل LCM:** مدل‌سازی تغییر کاربری زمین (LCM<sup>۴</sup>) به‌منظور تجزیه و تحلیل تغییرات استفاده می‌شود. مدل LCM یک روش یکپارچه بوده، قادر به شبیه‌سازی تغییرات چندین کاربری به‌طور هم‌زمان است (Estman, ۲۰۰۹). در این روش، ابتدا ماتریس احتمال و مساحت تغییرات به کمک مدل زنجیره‌ای مارکوف تهیه می‌شود که بیانگر احتمال تغییر یک کاربری به سایر کاربری‌ها در یک مدت زمانی مشخص است. سپس، بر مبنای تغییرات عمده رخ داده در منطقه، زیرمدل‌های انتقال تغییر کاربری اراضی در منطقه مشخص می‌شوند و در نهایت، نقشه‌های احتمال انتقال تغییر هر کاربری به‌دست می‌آید. به این منظور، برای تولید نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۴۰، ابتدا از نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۷ و ۲۰۰۸ برای پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ استفاده می‌شود. سپس، نقشه پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل با نقشه کاربری اراضی تهیه شده مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در همین خصوص، تحلیل زنجیره مارکوف با استفاده از ابزار Markov chain در نرم‌افزار IDRISI انجام شد. تحلیل زنجیره مارکوف برای دو منظور تهیه می‌شود، ماتریس اول برای کالیبراسیون و ماتریس دوم به‌منظور شبیه‌سازی تغییرات احتمالی رخ داده در آینده انجام می‌گیرد، خروجی مدل نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده<sup>۵</sup> هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی<sup>۶</sup> برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (Gilks, ۲۰۰۵). نقشه طبقات مورد مطالعه برای سال ۲۰۴۰ میلادی بر

کاربری اراضی در مقاطع زمانی مشخص شده با استفاده از الگوریتم بیشینه احتمال<sup>۱</sup> تهیه شدند. این مرحله خود شامل مراحل تعریف طبقات طبقه‌بندی، انتخاب نمونه‌های تعلیمی، استخراج اطلاعات و در نهایت، ارزیابی صحت نتایج حاصله است (Lu و Weng, ۲۰۰۷).

به‌منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه بندی شده، از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند، استفاده شد. برای هر کاربردی تعداد ۵۰۰ نمونه برداشت شد که از این تعداد ۲۰۰ نمونه برای ارزیابی صحت مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور، با استفاده از نقاط کنترل زمینی که از بازدید صحرائی و تصاویر گوگل‌ارث به‌عنوان داده‌های مرجع برای کاربری‌های کشاورزی، اراضی مرتعی، جنگلی، باغی، شوره‌زار، بایر و مناطق شهری که در جدول ۲ به تفکیک بیان شده است، به‌طور تصادفی برداشت گردیده بود، عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا در نرم‌افزار ERDAS IMAGINE انجام شد و صحت کلی<sup>۲</sup> و ضریب کاپا<sup>۳</sup> محاسبه شدند.

**پیش‌بینی روند تغییرات با مدل CA-Markov:** زنجیره‌های مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پیش‌بینی آن دارند. در این مدل، با استفاده از شرایط گذشته و حال، می‌توان آینده را پیش‌بینی کرد. زنجیره مارکوف به کمک رابطه (۱) نشان داده می‌شود (Jafarbeglou و همکاران، ۲۰۱۲).

$$s(t+1) = pij \times s(t) \quad (1)$$

که در آن،  $s(t)$  و  $s(t+1)$  حالت‌های سامانه در زمان  $t$  و  $t+1$  هستند و  $pij$  ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$Pij = \begin{bmatrix} P11 & \dots & P1n \\ Pn1 & \dots & Pnn \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$(0 \leq Pij \leq 1 \text{ and } \sum Pij = 1, (i, j = 1, 2, \dots, n))$$

سه خروجی اصلی زنجیره مارکوف عبارتند از: ماتریس احتمال انتقال، ماتریس مساحت و مدل

<sup>۴</sup> Land Change Modeler

<sup>۵</sup> Transition Areas Matrix

<sup>۶</sup> Conditional Probability Images

<sup>۱</sup> Maximum likelihood

<sup>۲</sup> Overall accuracy

<sup>۳</sup> Kappa coefficient

اساس نقشه‌های کاربری حاصل از طبقه‌بندی فازی در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۱۸ انجام شد، بدین صورت که در مرحله اول در مدل مارکوف نقشه کاربری سال ۱۹۹۷ به‌عنوان نقشه قدیمی و نقشه کاربری سال ۲۰۱۸ به‌عنوان نقشه جدید معرفی شدند. نقشه شبیه‌سازی سال ۲۰۱۸ نیز با معرفی نقشه‌های سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۸ به‌منظور اعتبارسنجی مدل در نظر گرفته شدند.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در پژوهش حاضر

نام ماهواره	سنجنده	شماره مسیر	شماره ردیف	تاریخ تصویربرداری
لندست ۵	TM	۱۵۹	۴۰	۱۰ آوریل ۱۹۹۷
لندست ۵	TM	۱۵۹	۴۰	۲۴ آوریل ۲۰۰۸
لندست ۸	OLI-TIRS	۱۵۹	۴۰	۲۰ آوریل ۲۰۱۸

جدول ۲- شرح طبقات کاربری اراضی مورد استفاده

طبقات کاربری و پوشش اراضی	شرح کاربری
کشاورزی	اراضی کشاورزی و زمین‌های زراعی
مرتعی	مراعات همراه با پوشش گیاهان علفی، بوته‌زارها و درختچه‌زارها
اراضی باغی	باغات (به‌ویژه مرکبات و نخلستان‌ها)
شهری و مسکونی	مناطق شهری و ساختمان‌ها، سکونت‌گاه‌های حاشیه شهرها و روستاها
اراضی جنگلی	نواحی پوشیده از درختان و درختچه‌ها (به‌ویژه درختان بنه، بادام و اورس)
شوره‌زارها	اراضی شور همراه با ظواهر نمکی و پراکنش گیاهان شورپسند
اراضی بایر	مراعات تنک با پوشش کم و پراکنده، اراضی بدون پوشش و اراضی آیش و رها شده

## نتایج و بحث

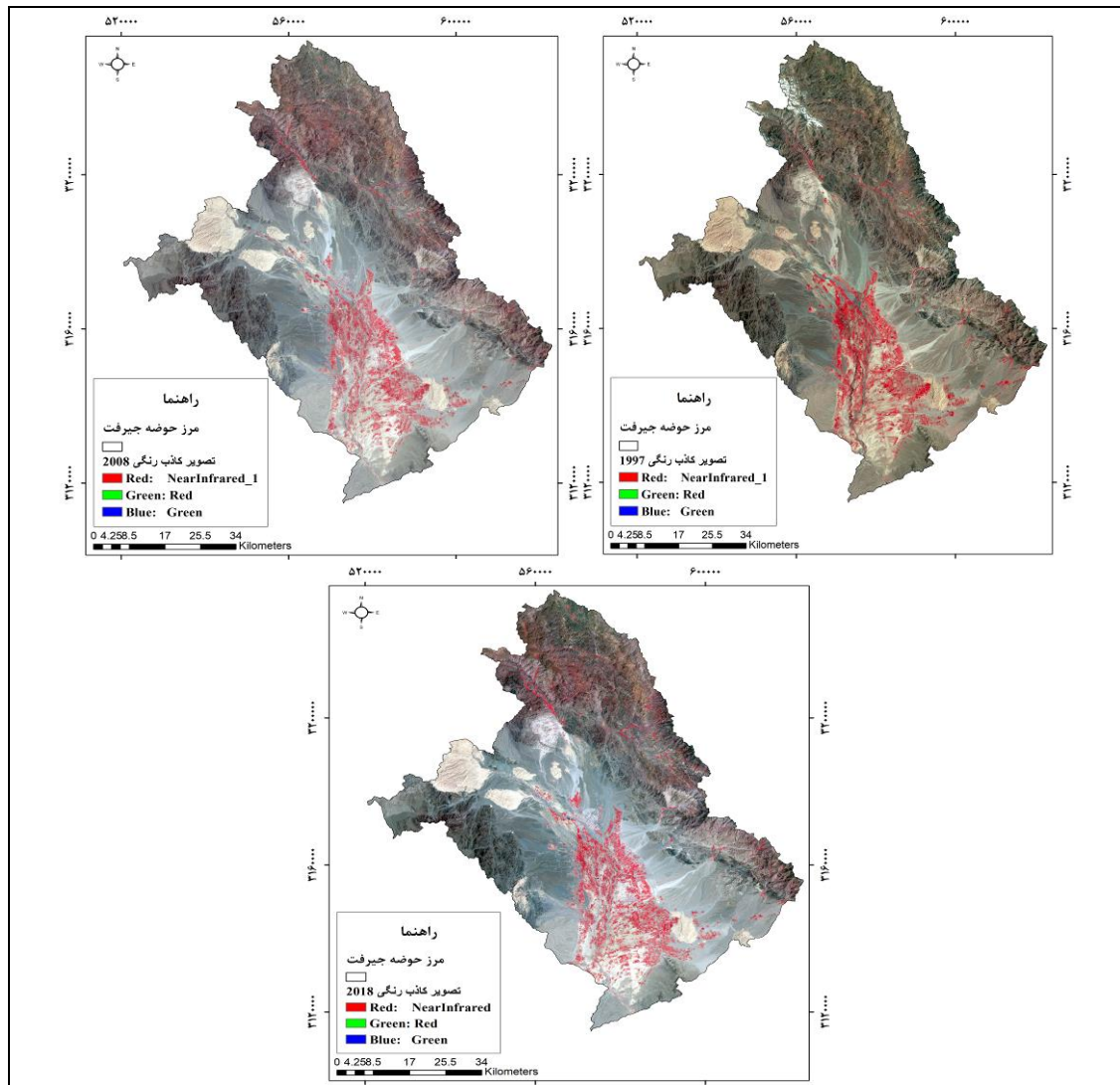
در این پژوهش، پس از اعمال تصحیحات مورد نظر، برای بارزسازی بهتر عوارض از تحلیل‌های کاذب رنگی، شاخص گیاهی و در نهایت، طبقه‌بندی کاربری‌های منطقه جیرفت انجام شد. تصاویر کاذب رنگی حوزه آبخیز جیرفت در هر یک از مقاطع زمانی در شکل ۲ نشان داده شده است.

در پژوهش حاضر، شاخص گیاهی NDVI، برای استخراج کاربری زراعت، باغات، مراعات و اراضی بدون پوشش مورد استفاده قرار گرفت. شاخص گیاهی NDVI و تغییرات آن در بین مقاطع زمانی در شکل ۳ مشخص شده است.

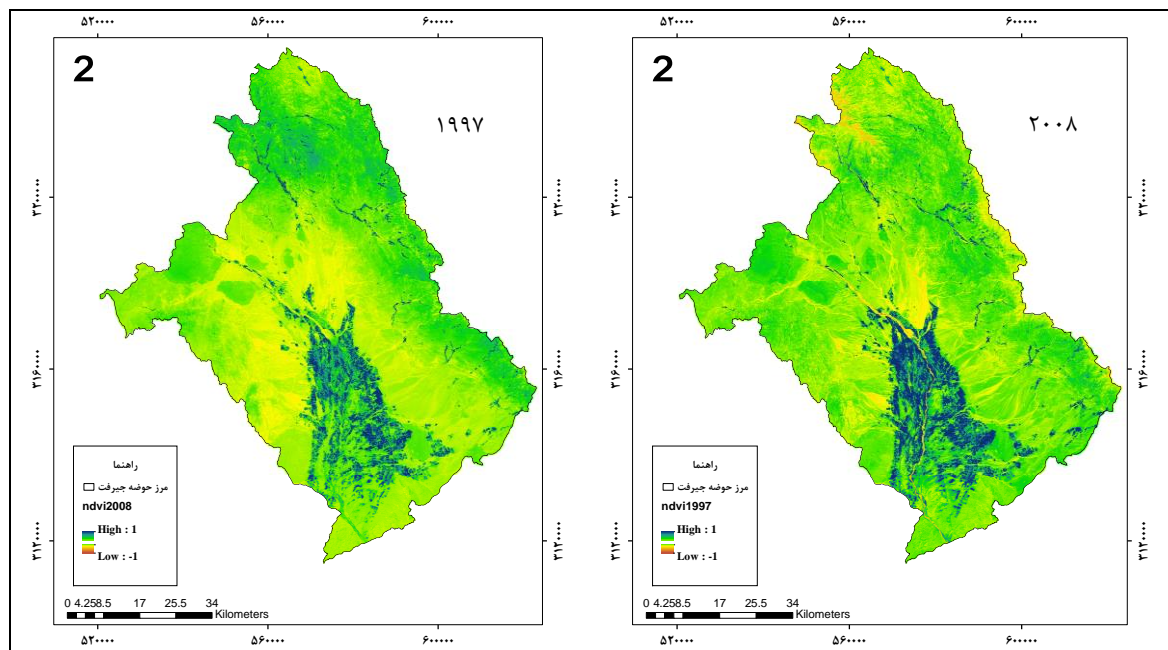
طبقات کاربری اراضی هر یک از مقاطع زمانی مشخص شده با استفاده از روش طبقه‌بندی و الگوریتم بیشینه احتمال، در شکل ۴ نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۳ و شکل ۴ مشخص شده است، مناطق شهری بین مقاطع زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی افزایش یافته است، به‌طوری‌که از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی، ۳۱۰۶/۰۸ هکتار افزایش

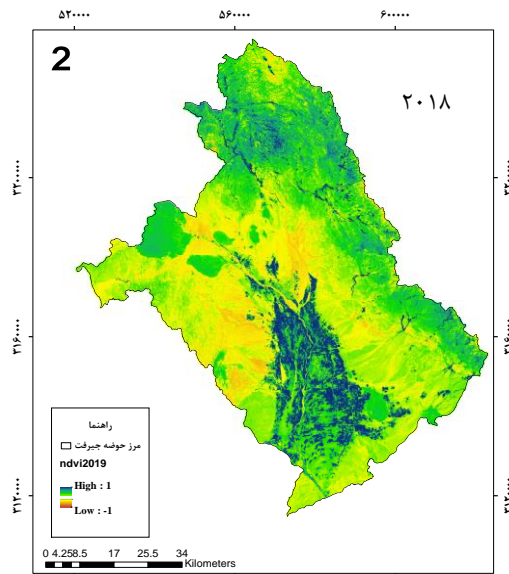
یافته است که با پژوهش‌های Sanjari و Borumand (۲۰۱۳)، Thapa (۲۰۰۶) و Zhang و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر توسعه مناطق مسکونی هم‌خوانی دارد. اراضی کشاورزی نیز از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی افزایش یافته است. همچنین، سطح جنگل-های پراکنده منطقه جیرفت که در مناطق کوهستانی و مرتفع منطقه جیرفت قرار دارند، در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی تخریب شده و کاهش یافته-اند که با پژوهش‌های Karimirad و همکاران (۲۰۱۸)، Rajitha و همکاران (۲۰۱۰) و Ayanlade و Howard (۲۰۱۷) که جنگل‌زادایی را در دوره‌های زمانی گزارش کردند، هم‌خوانی دارد. اراضی باغی نیز در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی، ۲۲۲۱/۰۳ هکتار کاهش یافته است و اراضی مرتعی منطقه در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ افزایش یافته‌اند که با پژوهش Azizghalani و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشته است. اراضی بایر و شوره‌زار نیز همان‌طور که در تصاویر مشخص است، در بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی افزایش یافته‌اند.



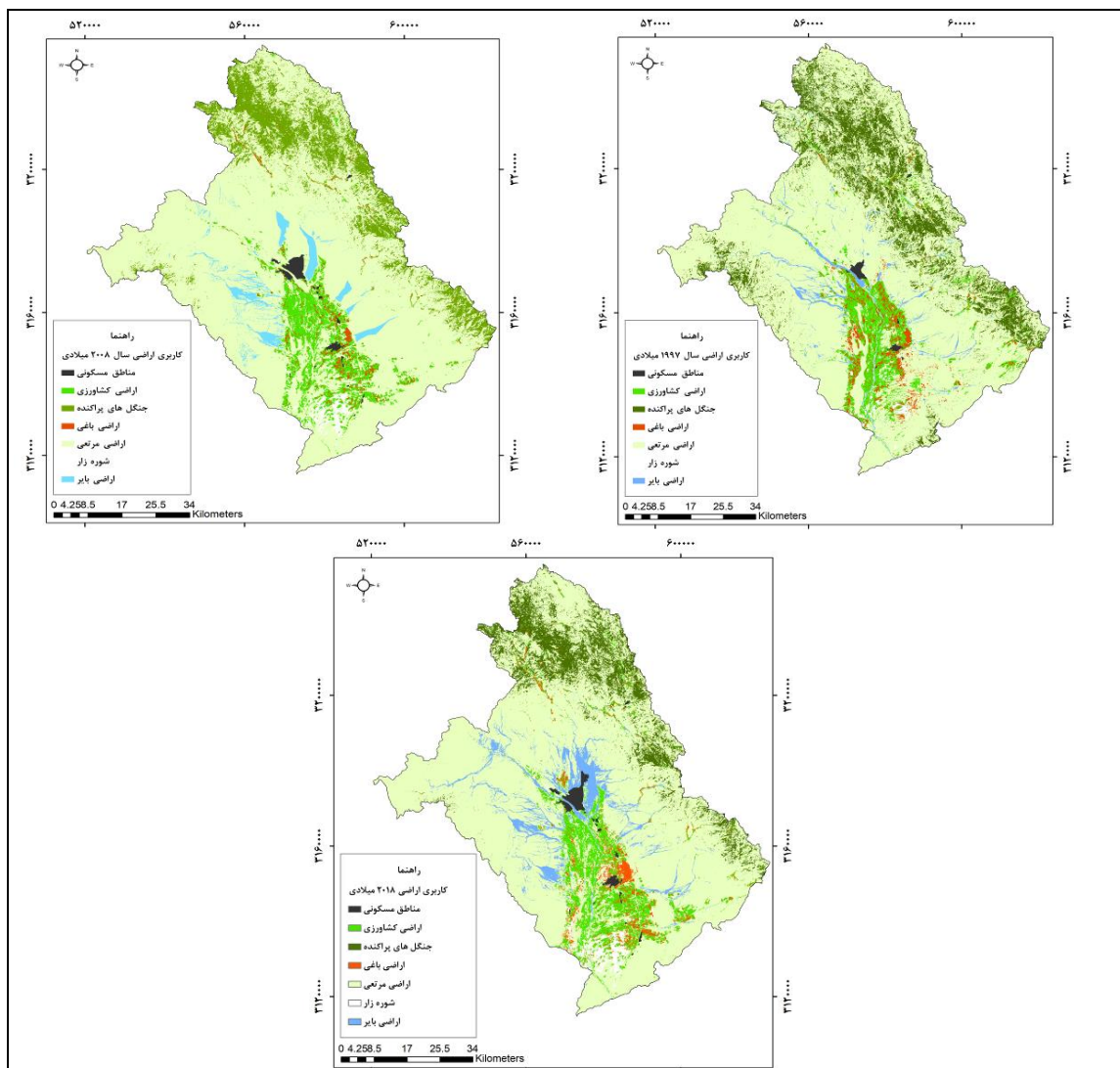
شکل ۲- تصاویر کاذب رنگی مادون قرمز منطقه جیرفت در هر یک از مقاطع زمانی (نواحی با رنگ قرمز نشان دهنده پوشش گیاهی است)



شکل ۳- تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI در هر یک از مقاطع زمانی منطقه جیرفت



ادامه شکل ۳- تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI در هر یک از مقاطع زمانی منطقه جیرفت



شکل ۴- نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی مقاطع زمانی مختلف در منطقه جیرفت



**جدول ۳- تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی مختلف بین مقاطع زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی (هکتار و درصد)**

کاربری/پوشش اراضی	۱۹۹۷		۲۰۰۸		۲۰۱۸	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
مناطق شهری	۱۸۳۰/۵۳	۴۱۶۷/۵۷	۴۹۳۴/۰۷	۲۳۳۷/۰۵	۱۲۷/۶۷	۲۳۳۷/۰۵
اراضی کشاورزی	۳۹۰۰۹/۷۹	۴۰۹۰۶/۳۸	۴۱۶۷۰/۷۲	۱۸۹۶/۵۹	۴/۸۶	۱۸۹۶/۵۹
جنگل‌های پراکنده	۷۵۷۳۹/۹۱	۶۴۳۴۱/۰۵	۵۰۹۰۶/۴۳	-۱۱۳۹۸/۸۶	-۱۵/۰۵	-۱۱۳۹۸/۸۶
اراضی باغی	۱۴۳۷۰/۵۸	۸۱۳۷/۱۵۴	۱۲۱۴۹/۵۵	-۶۲۳۳/۴۳	-۴۳/۳۸	-۶۲۳۳/۴۳
اراضی مرتعی	۳۹۲۶۸۵/۳	۴۰۳۱۷۴/۲	۳۹۷۷۱۳/۴	۱۰۴۸۸/۸۶	۲/۶۷	۱۰۴۸۸/۸۶
شوره‌زار	۵۱۷۳/۶۶۲	۵۱۸۹/۶۵۹	۶۹۲۱/۷۲	۱۶/۰۰	۰/۳۱	۱۶/۰۰
اراضی بایر	۱۲۱۱۲/۷	۱۵۰۰۶/۵	۲۶۶۲۶/۵۹	۲۸۹۳/۸۰	۲۳/۸۹	۲۸۹۳/۸۰
جمع	۵۴۰۹۲۲/۵	۵۴۰۹۲۲/۵	۵۴۰۹۲۲/۵	۰/۰۰	۱۰۰/۹۸	۰/۰۰

روش صحت کلی و کاپا بالاتر از ۰/۷۵ است که نشان‌دهنده این است که به‌طورکلی، توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد (جدول ۴).

در این مطالعه، محاسبه ماتریس خطا برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی برای تمامی تصاویر طبقه‌بندی شده مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی صحت نشان می‌دهد که برای تمامی تصاویر در هر دو

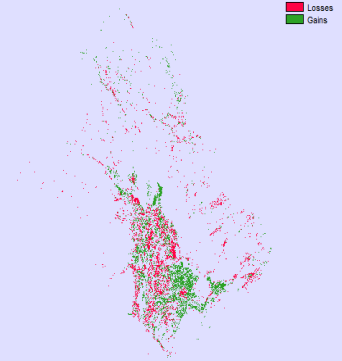
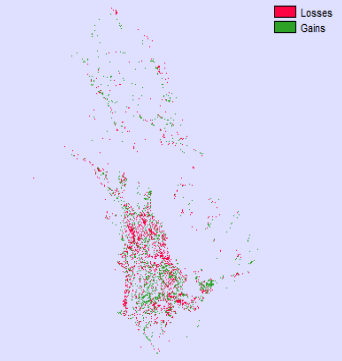
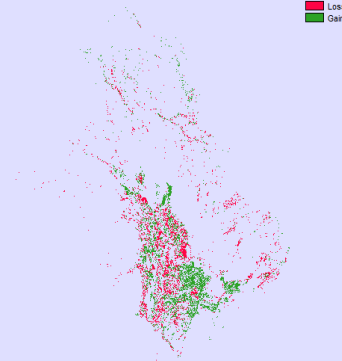
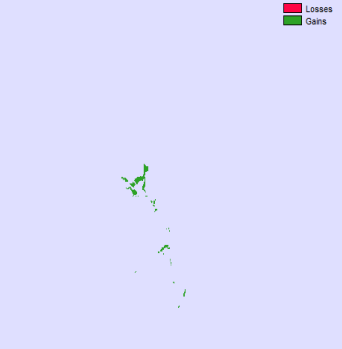
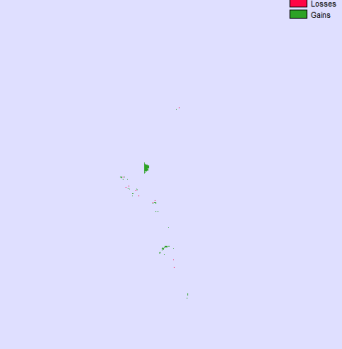
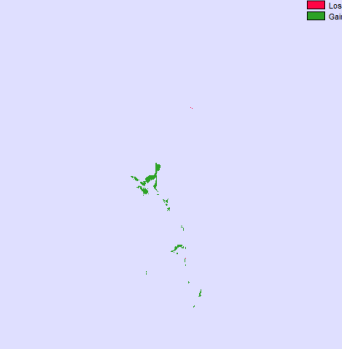
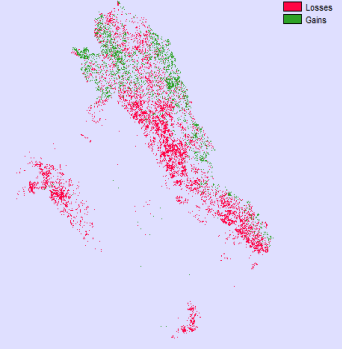
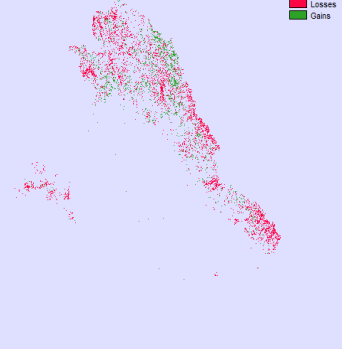
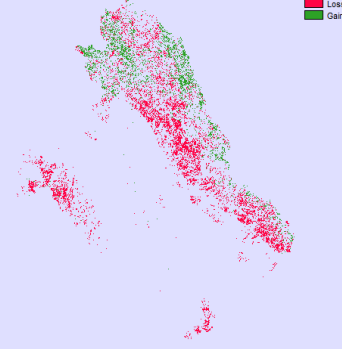
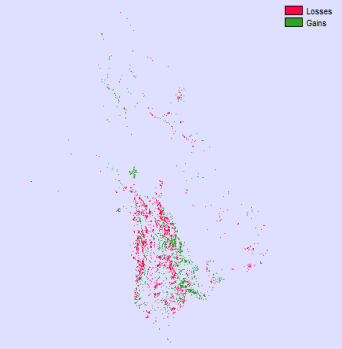
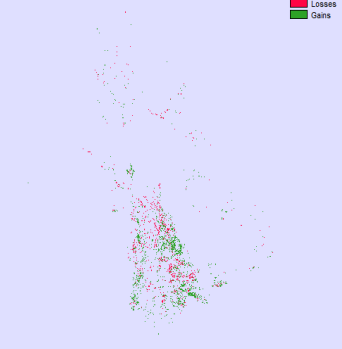
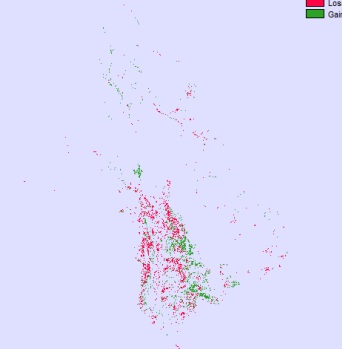
**جدول ۴- صحت و کاپای کلی کاربری‌های اراضی طبقه‌بندی شده**

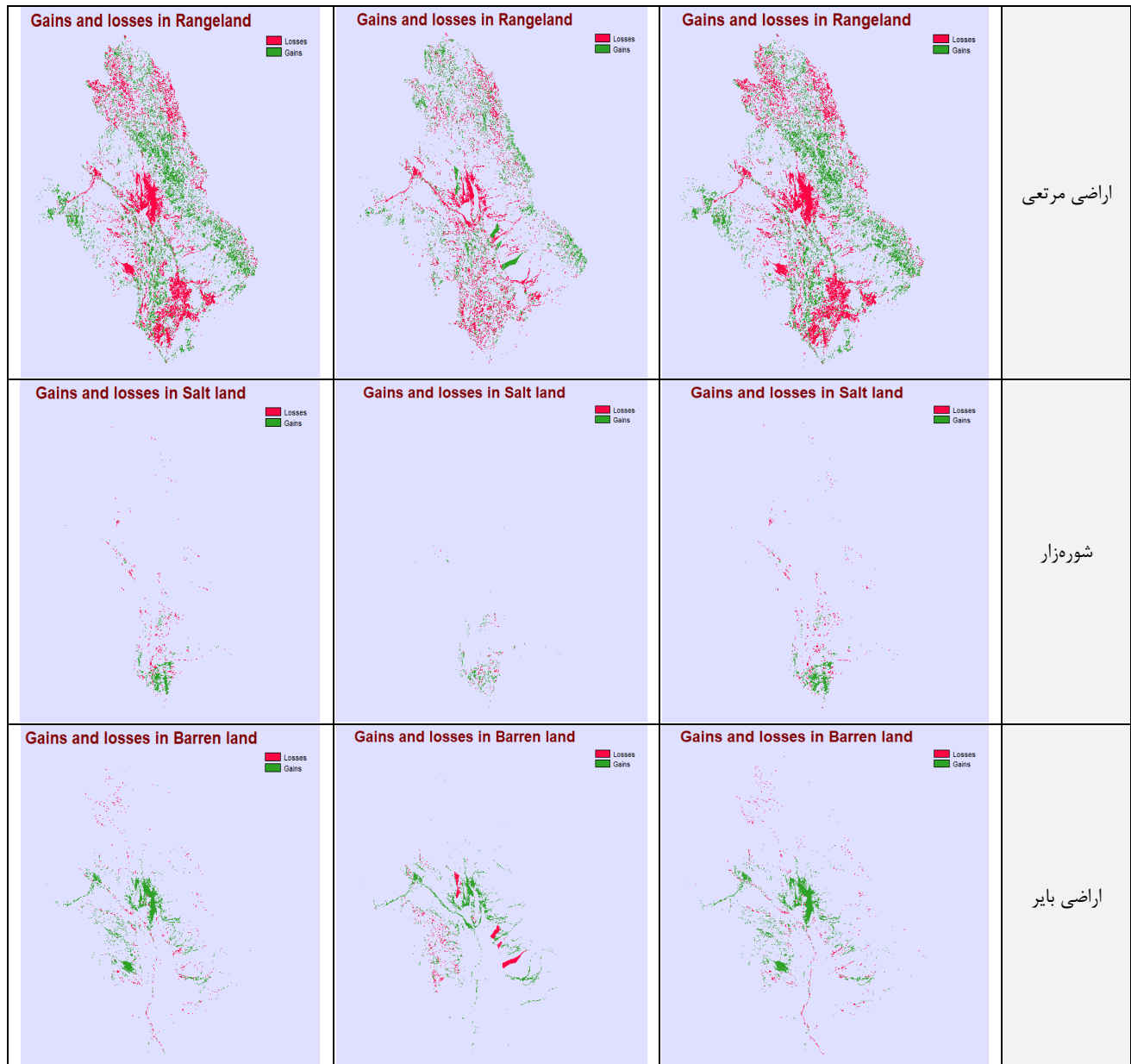
ضریب کلی کاپا	صحت کلی	کاربری/پوشش اراضی
۰/۸۱	۸۶/۳۲ درصد	۱۹۹۷ میلادی
۰/۷۶	۸۲/۵۵ درصد	۲۰۰۸ میلادی
۰/۸۰	۸۴/۹۷ درصد	۲۰۱۸ میلادی

نقشه‌ها تغییرات مکانی کاهشی و افزایشی هر یک از کاربری‌ها مشخص شده است. پهنه‌های سبز رنگ معرف مناطقی‌اند که کاربری مورد نظر افزایش یافته و پهنه‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده کاهش کاربری مورد نظر در منطقه هستند، در شکل ۵ این تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸، و ۲۰۱۸ میلادی مشخص شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اراضی کشاورزی تغییرات متفاوتی را تجربه کرده‌اند، ولی اراضی بایر جای خود را به سایر کاربری‌ها داده‌اند، اراضی شهری نیز در این مقاطع زمانی افزایش یافته است. در سایر مقاطع زمانی نیز، تغییرات مکانی کاربری‌ها مشهود بوده و مناطق مسکونی توسعه یافته و کاربری‌ها تغییر کرده‌اند.

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین تغییرات کاربری در بازه زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸ میلادی به کاربری مراتع اختصاص داشته است. تغییرات خالص بین مقاطع زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ میلادی نشان داد که اراضی با کاربری بایر بیشترین درصد تغییرات را به خود اختصاص داده است و پس از آن کاربری شوره‌زار تغییرات بیشتری را نسبت به مساحت خود داشته است. همان‌طور که در شکل ۵ نیز مشخص شده است، بین مقاطع زمانی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸ میلادی، کاربری بایر و شوره‌زار و سپس، اراضی باغی بیشترین درصد تغییرات را تجربه کرده‌اند. نتایج تغییرات کاربری اراضی بین مقاطع زمانی مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. در این



تغییرات از ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۸	تغییرات از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸	تغییرات از ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸	کاربری/پوشش اراضی
<p><b>Gains and losses in Irrigation</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Irrigation</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Irrigation</b></p> 	<p>اراضی کشاورزی</p>
<p><b>Gains and losses in Built-up area</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Built-up area</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Built-up area</b></p> 	<p>مناطق شهری</p>
<p><b>Gains and losses in Forest</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Forest</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Forest</b></p> 	<p>اراضی جنگلی</p>
<p><b>Gains and losses in Orchard</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Orchard</b></p> 	<p><b>Gains and losses in Orchard</b></p> 	<p>اراضی باغی</p>



شکل ۵- کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی مختلف بین مقاطع زمانی ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی

مارکوف و کاربری‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۸ میلادی به‌دست آمد و پس از مقایسه با نقشه کاربری اراضی فعلی که در بخش طبقه‌بندی به‌دست آمده بود، صحت مدل مارکوف مورد آزمون قرار گرفت و با صحت کلی ۷۴ درصد، صحت آن تأیید شد. همچنین، از کاربری‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی برای تجسم کاربری اراضی سال ۲۰۴۰ میلادی استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص شده است، با ادامه روند مدیریتی فعلی، مناطق شهری به توسعه خود ادامه داده و اراضی کشاورزی نیز افزایش می‌یابند که بیش از پیش فشار بر منابع طبیعی جیرفت را افزایش

روند فضایی تغییر هر یک از انواع کاربری به سایر کاربری‌ها نشان داد که بیشترین تغییر اراضی مسکونی به سایر کاربری‌ها در جنوب منطقه، تغییر کاربری جنگلی به سایر کاربری‌ها در شمال منطقه و بیشترین تغییر کشاورزی به سایر کاربری‌ها در مرکز حوضه و جنوب حوضه رخ داده است.

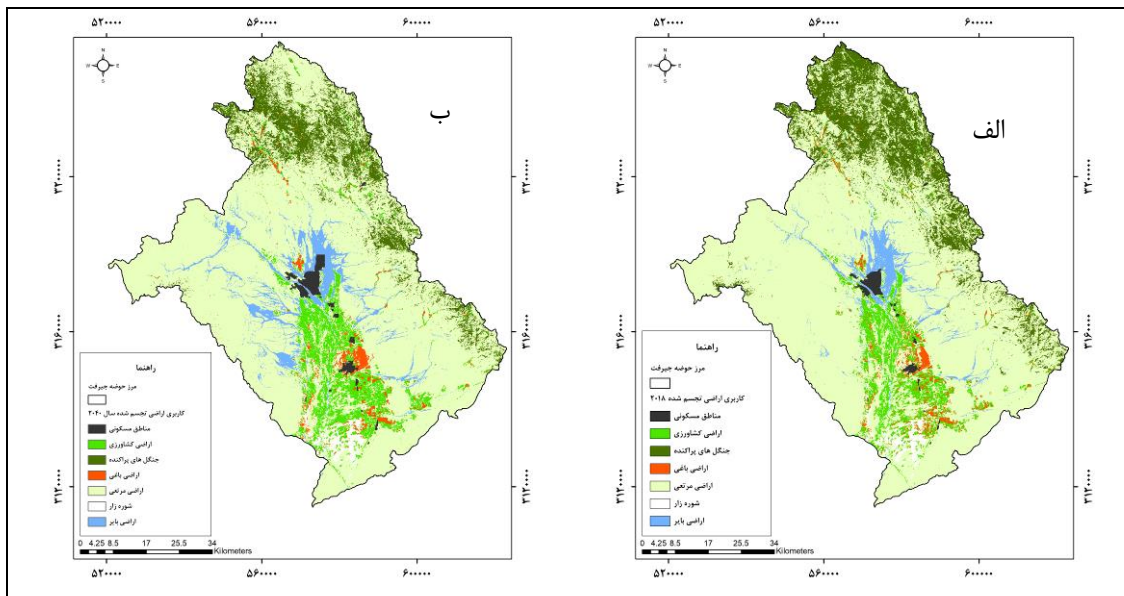
نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی در ۲۲ سال آتی (۲۰۴۰ میلادی) به کمک مدل مارکوف و CA مارکوف و مدل LCM در شکل ۶ و جدول ۵ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر، کاربری اراضی ۲۰۱۸ میلادی با استفاده از مدل

خواهند یافت و اراضی بایر در سال ۲۰۴۰ میلادی افزایش می‌یابد که نیازمند تمهیدات مدیریتی مناسب در این زمینه است.

خواهند داد که با پژوهش Azizghalani و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی دارد. بنابر یافته‌های تحقیق، کاربری‌های جنگلی، باغ‌ها و اراضی مرتعی کاهش

جدول ۵- احتمال تغییر کاربری‌ها در بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۴۰ میلادی

کاربری/پوشش اراضی	مناطق شهری	اراضی کشاورزی	جنگل‌های پراکنده	اراضی باغی	اراضی مرتعی	شوره‌زار	اراضی بایر
مناطق شهری	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
اراضی کشاورزی	۰/۰۲	۰/۴۲	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۰۰
جنگل‌های پراکنده	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۴۳	۰/۰۰	۰/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۰
اراضی باغی	۰/۰۱	۰/۵۵	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۰
اراضی مرتعی	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۳
شوره‌زار	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۰۰
اراضی بایر	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۵۲



شکل ۶- الف) کاربری اراضی تجسم شده سال ۲۰۱۸ میلادی و ب) کاربری اراضی تجسم شده سال ۲۰۴۰ میلادی

جدول ۶- پیش‌بینی تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی مختلف بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۴۰ میلادی (هکتار)

کاربری اراضی	۲۰۱۸	۲۰۴۰	۲۰۴۰-۲۰۱۸	تغییرات (درصد)
مناطق شهری	۴۹۳۴/۰۷	۶۷۴۸	۱۸۱۳/۹۳	۳۶/۷۶
اراضی کشاورزی	۴۱۶۷۰/۷۲	۴۳۳۲۷	۱۶۵۶/۲۸	۳/۹۷
جنگل‌های پراکنده	۵۰۹۰۶/۴۳	۵۰۷۹۹	-۱۰۷/۴۳	-۰/۲۱
اراضی باغی	۱۲۱۴۹/۵۵	۹۶۱۳	-۲۵۳۶/۵۵	-۲۰/۸۸
اراضی مرتعی	۳۹۷۷۱۳/۴	۳۹۶۳۲۵/۵	-۱۳۸۷/۹۲	-۰/۳۵
شوره‌زار	۶۹۲۱/۷۲	۶۷۴۸	-۱۷۳/۷۲	-۲/۵۱
اراضی بایر	۲۶۶۲۶/۵۹	۲۷۳۶۲	۷۳۵/۴۱	۲/۷۶
جمع	۵۴۰۹۲۲	۵۴۰۹۲۲	۰/۰۰	۱۹/۵۵

## نتیجه‌گیری

توجه به توان اکولوژیک سرزمین توجه شود. از دیگر دلایل تغییر کاربری اراضی منطقه جیرفت، می‌توان احداث سد هلیل‌رود را برشمرد که باعث تغییرات مثبت و منفی فراوانی شده است. همچنین، کوچک شدن اراضی و عدم تأمین نهاده‌ها به‌وسیله کشاورز نیز از دلایل تغییر کاربری اراضی منطقه است. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که دولت با برنامه‌ریزی‌های اقتصادی در بخش‌های اجتماعی، به مسائل اقتصادی و مالی و وضعیت اشتغال ساکنین روستاهای منطقه توجه ویژه‌ای کند و با تأسیس مشاغل زودبازده با ریسک کم، معیشت جایگزین کشاورزی را در منطقه شکل دهد. همچنین، با سامان‌دهی دامداری، تولیدات دامی و عرضه نهاده‌های دامی، راه‌کار مؤثری در جهت دستیابی به توسعه پایدار و حفاظت عرصه‌های منابع طبیعی را پیش‌گیرد تا با کاهش فشار بر منابع، منطقه تغییرات کمتر کاربری‌های اراضی را شاهد باشد.

## تشکر و قدردانی

این پروژه در قالب طرح پژوهشی به شماره ۶-۹۸-۴۸۱۲ و با بهره‌مندی از اعتبارات پژوهشی دانشگاه جیرفت به انجام رسیده است. از همه همکارانی که در تصویب و انجام این پژوهش ما را همیاری کرده‌اند، قدردانی می‌شود.

پژوهش حاضر، به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در مقاطع زمانی ۱۹۹۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ میلادی و پیش‌بینی کاربری‌های آتی انجام شد. صحت قابل قبول هر یک از نقشه‌های موضوعی تولید شده، نشان از دقت طبقه‌بندی نظارت شده است که می‌تواند برای برنامه‌های مدیریتی و همچنین، پژوهش‌های مرتبط مورد استفاده قرار گیرد. در بررسی تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM، مشخص شد که مناطق شهری در دوره زمانی مورد مطالعه گسترش زیادی داشته‌اند که فشار بر منابع را بیش از پیش افزایش داده است. به‌طورکلی اراضی کشاورزی در بین دوره مورد مطالعه در برخی مناطق جای خود را به توسعه اراضی شهری و اراضی باغی داده‌اند و در برخی مناطق نیز با تغییر کاربری‌های دیگر، افزایش یافته است، اما در نهایت، مقدار آن افزایشی بوده است که می‌توان پیامد آن را در فشار بر منابع و افت سفره‌های زیرزمینی و همچنین، شوری‌زایی جستجو کرد. به‌طورکلی بیشترین سهم عامل تغییرات کاربری اراضی در منطقه، به‌دلیل تغییر در میزان نزولات جوی، پایین آمدن سطح آب زیرزمینی بوده و این موضوع در نهایت، باعث تغییر رفتار کشاورزی خواهد شد. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود، به روش‌های آبیاری نوین، تغییرات الگوی کشت و کاربری اراضی از طریق

## منابع مورد استفاده

1. Ayanlade, Y. and M.T. Howard. 2017. Understanding changes in a Tropical Delta: a multi-method narrative of landuse/landcover change in the Niger Delta. *Ecological Modelling*, 364: 53-65.
2. Azizi Ghalaty, S., K. Rangzan, A. Taghizadeh and Sh. Ahmadi. 2015. Application of artificial neural network and ordinary least squares regression in modeling land use changes. *Journal of Forest and Wood Products*, 1: 1-16 (in Persian).
3. Bracchetti, L., L. Carotenuto and A. Catorci. 2012. Land-cover changes in remote area of central Apennines (Italy) and management directions. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 104: 157-170.
4. Falahatkar, S., A. Sefyanian, S.J. Khajeadin and H.R. Ziaei. 2010. Investigating the ability of CA Markov model in predicting land cover map, case study: Isfahan. *National Geomatics Conference, Tehran* (in Persian).
5. Gilks, W.R. 2005. *Markov chain Monte Carlo*. John Wiley and Sons, 384 pages.
6. Hadian, F., R. Jafari and H. Bashari. 2014. Land cover/use changes detection using satellite imagery. *International Bulletin of Water Resources and Development*, 1(2): 36-59 (in Persian).
7. Jafarbeglou, M. 2018. Investigation and prediction of land use changes for lands under the influence of sand dunes in the eastern of the city of Boshrooyeh using remote sensing and geographic information system. *Quantitative Geomorphological Researches*, 6(3): 117-134 (in Persian).
8. Lu, D. and Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, Taylor and Francis, 28(5):

- 823-870.
9. Mendoza, M., E. Granados, D. Geneletti, D. Perez-Salicrup and V. Salinas. 2011. Analyzing land cover and land use change processes at watershed level: a multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). *Applied Geography*, 31: 237-250.
  10. Mosayebi, M. and M. Maleki. 2014. Change detection in land use using remote sensing data and GIS, case study: Ardabil County. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5(1): 75-86 (in Persian).
  11. Mousavi, S.H., A. Ranjbar and M. Haseli. 2016. Monitoring and trending of land use changes in Abarkooh Basin, using satellite images (1976-2014). *Geographical Data*, 25(97): 129-146 (in Persian).
  12. Rajitha, K., C.K. Mukherjee, R. Vinu Chandran and M.M. Prakash Mohan. 2010. Land-cover change dynamics and coastal aquaculture development: a case study in the East Godavari Delta, Andhra Pradesh, India using multi-temporal satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 31: 4423-4442.
  13. Salajegheh, A., S. Razavizadeh, N. Khorasani, M. Hamidifar and S. Salajegheh. 2011. Land use changes and its effects on water quality, case study: Karkheh Watershed. *Journal of Environmental Studies*, 37(58): 81-86 (in Persian).
  14. Sanjari, S. and N. Boroomand. 2013. Land use/cover change detection in last three decades using remote sensing technique, case study: Zarand region, Kerman Province. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 4(1): 67-67 (in Persian).
  15. Teimouri, F., O. Bazrafshan and E. Rafiei Sardoei. 2019. Assessment of climate change and land use change on soil erosion, case study: Kondaran. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 6(2): 353-368 (in Persian).
  16. Thapa, R.B. and Y. Murayama. 2006. Land use change analysis using remote sensing and GIS: a case study of Kathmandu metropolitan. *Research Abstracts on Spatial Information Science*, 22 pages.
  17. Zhang, F., T. Tiyip, Z.D. Feng, H.T. Kung, V.C. Johnson, J.L. Ding, N. Tashpolat, M. Sawut and D.W. Gui. 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: 284-299.