



ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تکنیک‌های سنجش از راه دور و GIS

مطالعه موردی: شهرستان اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۲

جاوید حمدالله*^۱، عاطفه تاج‌آبادی^۲، مصطفی کابلی‌زاده^۳

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط زیست، دانشگاه منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

مطالعه میزان تغییرات و تخریب منابع در سال‌های گذشته و امکان‌سنجی و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع و کنترل و مهار تغییرات غیراصولی گام مهمی باشد. هدف این مطالعه ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین شهرستان اهواز است. برای رسیدن به اهداف مطالعه داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM سال‌های ۱۳۷۶، تصویر سنجنده ETM⁺ سال ۱۳۸۸ و تصویر سنجنده OLI سال ۱۴۰۰ به کار گرفته شد. پس از انجام پیش پردازش‌های مورد نیاز، تصاویر ماهواره‌ای با انتخاب نقاط تعلیمی مناسب مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفتند. برای ارزیابی تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد و جداول و نقشه‌های تغییرات تهیه گردید. تغییرات کلی در دوره ۲۴ ساله به این شکل است که مساحت مناطق ساخته شده با نرخ رشد ۶ کیلومتر مربع در سال از ۱۰۰/۲۷ کیلومتر مربع به ۲۳۰/۳۳ کیلومتر مربع افزایش یافته است این روند توسعه اراضی ساخته شده با تخریب اراضی بایر و کشاورزی حومه شهر همراه بوده است و کاربری کشاورزی در این بازه از ۹۵۱/۵۲ کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۶ به ۹۵۷/۲۶ در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. مدل‌سازی با استفاده مدل‌های زنجیره مارکوف انجام گرفت. این نتایج نشان‌دهنده توانایی خوب مدل مارکوف در مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات است. سپس با مدل CA-Markov نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۴۱۲ شبیه‌سازی گردید. نتایج نشان داد که طی این بازه زمانی، ۹۴/۹۵ کیلومتر مربع به اراضی ساخته شده اضافه گشته و ۱ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی، ۶۴/۲۸ کیلومتر مربع از اراضی بایر، ۲۲/۷۴ کیلومتر مربع از اراضی شور، ۴/۵۵ کیلومتر مربع از اراضی پهنه آبی و ۲/۶ کیلومتر مربع از اراضی تپه ماسه کاهش یافته است.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی تغییرات، کاربری اراضی، زنجیره مارکوف، مدل CA-Markov، سنجش از دور، اهواز.

۱- مقدمه

منابع در دسترس انسان برای بهره‌برداری در کره زمین بسیار محدود است. همین منابع محدود نیز روز به روز در اثر استفاده بی‌رویه و نادرست در حال تخریب است. در برخی محیط‌ها طبیعت با کمترین خرابی مهبی بالاترین توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. این معنا بیان‌کننده آن است که برای انجام توسعه پیش از برنامه‌ریزی باید به ارزیابی توان و تناسب اکولوژیکی آن در چارچوب یک برنامه‌ریزی منطقه‌ای پرداخت. امروزه رشد جمعیت، گسترش فعالیت‌های انسان در طبیعت، کاربری‌های نامناسب اراضی و بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب، خاک و پوشش گیاهی عرصه‌های وسیعی از کشور را در معرض بیابان‌زایی و تخریب اراضی قرار داده است که نتیجه آن بروز زوال پوشش گیاهی، فرسایش، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تولید، بیکاری و پیامدهای منفی اقتصادی - اجتماعی شده است. لذا مقابله با این وضعیت نیازمند یک برنامه جامع استفاده از سرزمین است که در آن کاربری‌ها در یک چارچوب مشخص به صورت منطقی و متناسب با توان محیط انتخاب شود (۱۵).

فعالیت‌های انسانی همیشه باعث تغییر و تحول در کاربری‌ها و پوشش اراضی شده است و چهره منابع طبیعی را دگرگون ساخته است که لازم است تغییرات کاربری‌ها و پوشش اراضی در بازه‌های زمانی پایش شود تا تغییرات نامناسب با استفاده از برنامه‌های مدیریتی کنترل گردد. تغییرات در کاربری و پوشش اراضی نتایج چشمگیری در محیط زیست دارد. الگوهای موجود کاربری اراضی به دلیل تأثیر نوع استفاده از اراضی در آینده نیز دارای اهمیت است. پایداری منابع طبیعی به طور مستقیم یا غیرمستقیم با پوشش سطحی اراضی منطقه ارتباط دارد، از این رو حفظ هماهنگی بین منابع پایدار و نیازهای اجتماعی - اقتصادی، نیازمند مطالعاتی در زمینه پوشش اراضی و کاربری اراضی است. افزایش شناخت محیط زیست و تلاش برای مدیریت پایدار منابع طبیعی، نیازمند مطالعه و پایش کاربری اراضی، پوشش اراضی و تغییرات آنها در مقیاس زمانی و مکانی گوناگون است (۱۷).

مطالعه تغییرات پوشش سطح زمین از جمله مهم‌ترین مباحث علوم محیط زیستی است که امروزه به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده به عنوان یک فرایند می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان عرصه محیط زیست را بدین سمت هدایت نماید که تغییرات پوشش سطح زمین منشأ آثار شدیدی بر تنوع زیستی بوم و ظرفیت تولید بوم‌سازگان و همچنین گرمایش جهانی است و مستلزم اقدامات منجمی جهت جلوگیری از تخریب بی‌رویه طبیعت و محیط زیست است (۲۸).

اما یکی از نیازهای اساسی بشر در ارزیابی و مدیریت هر چه بهتر منابع طبیعی، ارزیابی تغییرات است. این تکنیک شامل فرایندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌های عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های

چندزمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در زمان‌های مختلف تصویربرداری، تغییراتی داشته است (۱۸). امروزه روش‌ها و داده‌های مختلفی برای ارزیابی تغییرات یک منطقه طی زمان وجود دارد. در این میان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود مانند دید وسیع، یکپارچگی، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف انرژی برای ثبت خصوصیات پدیده‌های دوره بازگشت کوتاه و امکان به کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها و کم‌هزینه و سریع‌تر بودن بررسی و نیز فراهم کردن امکان پایش منطقه در گذشته و حال موجب شده است که در دنیا با استقبال خاصی رو به رو شود. از جمله توانایی‌های داده‌های ماهواره‌ای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی در حال و گذشته است. تهیه این نقشه‌ها کمک زیادی به بهبود روند مدیریت از طریق مقایسه کاربری‌های فعلی و مساحت هر کاربری با سال‌های گذشته در ارزیابی توان سرزمین کرده است (۲۲). در حال حاضر فن‌آوری سنجش از دور بهترین ابزار برای پایش تغییرات محیطی و استخراج کاربری و پوشش‌های اراضی زمین بوده که بیشترین سرعت و دقت را دارا می‌باشد. با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می‌توان به استخراج پوشش‌های زمین اقدام نموده و سپس با مقایسه آنها در دوره‌های زمانی مختلف، نسبت تغییرات را ارزیابی کرد. آشکارسازی صحیح اشکال سطح زمین، درک بهتری از ارتباط بین انسان و پدیده‌های طبیعی جهت مدیریت بهتر منابع را فراهم می‌کند (۱۳). افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های انسانی در چند دهه اخیر سطح زمین را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده است. امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت و تمایل به زندگی شهری، بیشترین تغییرات پوشش اراضی در نواحی شهری به وقوع می‌پیوندد (۲۷). در سال‌های اخیر، به دلیل دسترسی آسان به تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت‌های GIS مدل‌سازی تغییرات کاربری/پوشش زمین و پیش‌بینی آینده بسیار رایج شده است. به این منظور، روش‌های متفاوتی چون روش‌های آماری از جمله روش‌های رگرسیون لجستیک، تجزیه و تحلیل زنجیره مارکف و شبکه‌های خودکار گسترش یافته است که در اکولوژی سیمای سرزمین کاربرد گسترده‌ای دارد.

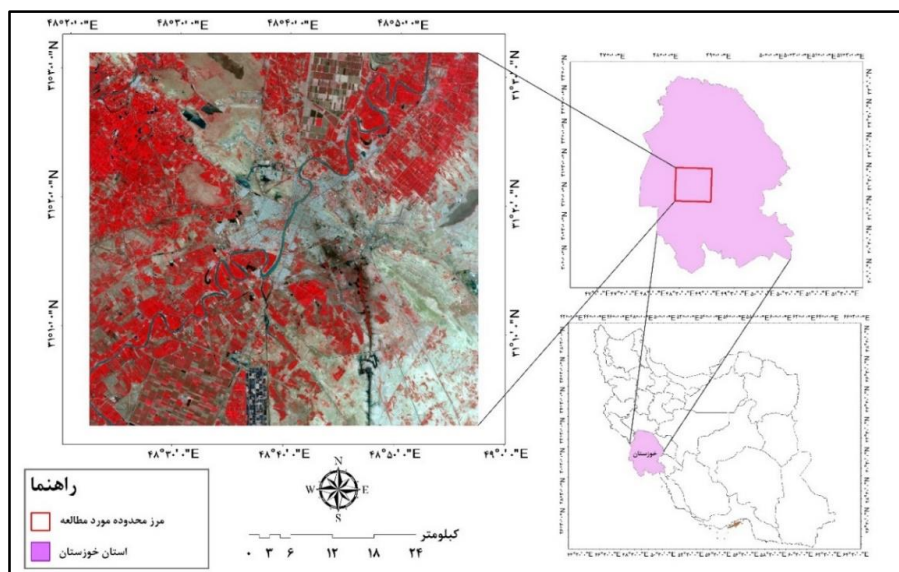
رمضانی و جعفری (۲۶) تحقیقی با عنوان آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای افق ۱۴۰۴ شهر اسفراین با استفاده از مدل مارکف انجام دادند. نتایج این مطالعه کاهش ۵۰۰۰ و ۴۰۰ هکتاری را به ترتیب در سطح مراتع و اراضی کشاورزی نشان داد. به علاوه، مدل پیش‌بینی کرد که سطح مراتع ۳۰ هکتار و اراضی مسکونی ۴۵۰ هکتار در ۱۳ سال آینده افزایش دارد. عزیزی قلاتی و همکاران (۲) تحقیقی به منظور پیش‌بینی تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل CA-Markov در منطقه کوهمره سرخی در استان فارس انجام دادند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، بیشترین تغییرات کاربری در ناحیه جنگل بوده و به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل خواهد شد. اگاتونا و همکاران (۴) به منظور پایش کشف تغییرات اراضی منطقه حوضه آبخیز کیتا روم در غرب استان جاوه اندونزی از تصاویر TM 1997، TM 2005 و OLI 2014 ماهواره

لندست و روش آشکار سازی پس از طبقه‌بندی استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه مربوط به کاهش اراضی جنگلی و تبدیل شدن آن به اراضی کشاورزی و مسکونی بوده است. هابوو همکاران (۱۴) از سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف به منظور پایش و مدل سازی تغییرات کاربری شهر Tai an چین استفاده کردند. پایش تغییرات در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ نشان از افزایش سریع مناطق انسان ساخت و تغییر کاربری کشاورزی داشته است. عامل این تغییرات رشد اقتصادی و توسعه صنعتی در این منطقه ذکر شده است. جمع بندی پیشینه ی تحقیق نشان می دهد که مدل Ca-Markov برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی از دقت قابل قبولی برخوردار است و این مدل به خوبی می تواند تغییرات کاربری را برای آینده شبیه سازی کند. پس آیا مدل مارکوف و سلول های خودکار میتوانند تغییرات کاربری آینده شهر اهواز را شبیه سازی کند؟ بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در گذشته و پیش بینی این تغییرات برای آینده مسلماً گام مهمی در اتخاذ راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کنترل تغییرات غیراصولی، برنامه ریزی و استفاده بهینه از منابع سرزمین دارا می باشد، بنابراین هدف تحقیق حاضر ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای برای بازه زمانی ۱۳۷۶ تا ۱۴۰۰ و پیش بینی وضعیت کاربری ها در آینده در شهرستان اهواز با استفاده از مدل سازی Ca_Markov است.

۲- مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه

شهرستان اهواز مرکز استان خوزستان و بزرگ ترین شهرستان استان خوزستان است این شهرستان از شمال به شهرستان های شوش و شوشتر و باوی، از غرب به شهرستان دشت آزادگان، از جنوب شهرستان های خرمشهر، شادگان و ماهشهر و از شرق به شهرستان های رامشیر، رامهرمز و هفتگل محدود می شود و فاصله آن با دورترین شهر خوزستان در شمال شرق ۲۷۶ کیلومتر (ایده) و نزدیک ترین آن ۳۰ کیلومتر (حمیدیه در غرب اهواز) است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۲ متر است. شهرستان اهواز بزرگ ترین شهرستان استان از نظر وسعت است و همچنین جمعیت این شهرستان طبق سرشماری آمار ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۱۷۰۰۰۰۰ نفر می باشد که ۲۶/۵ درصد از جمعیت استان را به خود اختصاص داده است. منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۳۰/۰۰ تا ۳۱/۳۰ درجه شمالی و ۴۸/۲۰ تا ۴۹/۰۰ درجه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). از دیدگاه زمین شناسی این شهرستان جز زاگرس چین نخرده است. اما از نظر زمین ساخت صفحه ای، قسمتی از صفحه عربستان محسوب می شود (۳). از نظر آب و هوایی شهرستان اهواز نیمه استوایی با تابستان های گرم و طولانی و زمستان های معتدل و کوتاه می باشد در این شهرستان بر اساس مطالعات انجام شده بر مبنای روش دمارتون آب و هوای گرم و خشک حکم فرماست. در این اقلیم گرما عموماً از اردیبهشت ماه شروع و تا مهر ماه ادامه دارد (۱۹).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

Fig (1): The study area

داده‌های مورد استفاده

بر این اساس، سه فریم تصویر ماهواره‌ای از گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۸ ماهواره لندست مربوط به فصل رویش از سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۸، ۱۴۰۰ انتخاب و از سایت انجمن زمین‌شناسی آمریکا فراهم گردید. در سنجنده TM از باندهای ۱ تا ۷ بدون باند حرارتی، سنجنده ETM⁺ باند ۱ تا ۷ بدون باند حرارتی و سنجنده OLI باندهای ۲ تا ۷ استفاده گردید. در انتخاب تصاویر مورد استفاده سعی گردید علاوه بر توجه به کیفیت بالای تصاویر، حداکثر فاصله زمانی ممکن برای آشکار سازی تغییرات رخ داده در نظر گرفته شد تا بهترین داده‌ها برای تهیه نقشه‌ها جمع‌آوری گردد. این تصاویر در فروردین ماه هر سال از منطقه برداشت شده‌اند. دلیل انتخاب تصویر فصل بهار، وجود حداکثر پوشش گیاهی سبز در منطقه است که برای بررسی پوشش سبز امری ضروری است. برخی از ویژگی‌های فراداده تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ موجود است. (منبع: نگارندگان)

جدول (۱): برخی از ویژگی‌های تصاویر مورد استفاده

Table (1): Some features of the images used

ماهواره	تاریخ اخذ داده	شماره مسیر و ردیف	سنجنده	قدرت تفکیک مکانی (متر)
لندست ۵	۱۳۷۶/۱/۲	۳۸-۱۶۵	TM	۳۰
لندست ۷	۱۳۸۸/۱/۶	۳۸-۱۶۵	ETM ⁺	۳۰
لندست ۸	۱۴۰۰/۱/۱	۳۸-۱۶۵	OLI	۳۰

پیش‌پردازش داده‌های ماهواره‌ای

تصحیح هندسی: تصاویر اولیه و خام داده‌های ماهواره‌ای بنا به دلایل مختلف مانند گردش زمین و تغییر در ارتفاع ماهواره دارای هندسه ناصحیح بوده و در این حالت قابل استفاده با سایر داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه با یکدیگر نیستند. بنابراین برای این که بتوان داده‌های مختلف را پردازش و تفسیر کرد، ابتدا باید تصاویر چند طیفی و چند زمانه به یک سیستم مختصات واحد تبدیل شوند (۹). به منظور تصحیح هندسی، نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب جمع‌آوری و تصاویر ماهواره‌ای با خطای RMS برابر ۰/۳۲. با روش تثبیت هندسی تصویر به تصویر زمین مرجع شدند.

تصحیح رادیومتریکی: به طور کلی اصلاح رادیومتریکی برای بازگرداندن بازتاب طیفی سطح پوشش‌های زمین از اندازه‌گیری‌های به دست آمده از طریق یک سیستم سنجش از دوری، که از طریق کاهش تاثیرات تابش نور پراکنده شده از آئروسول‌ها و اجسام اطراف آن اعمال می‌شود (۲۱). برای انجام تصحیحات رادیومتریکی نیز ابتدا به کمک روابط و ضرایب کالیبراسیون مربوط به هر کدام سنجنده‌ها، مقادیر DN به مقادیر بازتاب شدند. در ادامه برای از بین بردن اثرات ناخواسته اتمسفری از روش فلش استفاده گردید این الگوریتم تصاویر را از جذب ناشی از بخار آب، اکسیژن، کربن دی‌اکسید، متان، ازن اتمسفری و نیز پخش ناشی از آئروسول‌ها با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.3 تصحیح می‌کند.

طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آنها که دارای رفتار یکسانی باشند، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود. به عبارتی طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را، طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گفته می‌شود (۱). روش‌های طبقه‌بندی را به طور مرسوم به دو دسته طبقه‌بندی‌های نظارت شده و نظارت نشده تقسیم می‌نمایند. روش‌های نظارت شده به اطلاعات اولیه نظیر تعداد کلاس‌ها، خصوصیات آنها و همچنین مقداری نمونه‌های معلوم از هر کلاس نیاز دارد. در مقابل، روش‌های نظارت نشده بیشتر روش‌های خودکاری هستند، که به نمونه‌های معلوم نیاز ندارند و بر اساس مقادیر خود پیکسل‌ها در مورد طبقه‌بندی آنها تصمیم‌گیری می‌کنند (۱۰). بعد پردازش‌های اولیه، با استفاده ترکیب رنگی مرکب، شاخص‌های طیفی و تصاویر گوگل ارث انواع پوشش کاربری منطقه از قبیل: پهنه آبی، ساخته شده، اراضی بایر، اراضی شور، مرتع، کشاورزی، اراضی تپه ماسه و نیزار شناسایی شد. در مرحله بعد به منظور تهیه نمونه‌های آموزشی برای طبقه‌بندی تصاویر از تصاویر گوگل ارث، تصاویر رنگی کاذب و شاخص‌های طیفی (NDSI, NDVI) استفاده گردید. پس از جمع‌آوری نمونه‌های آموزشی، نمونه‌ها توسط نرم‌افزار ENVI5.3 در سطح تصویر پیاده شدند. سپس از روش ماشین بردار

پشتیبان برای طبقه‌بندی کلاس‌ها استفاده گردید. توسعه روش ماشین بردار پشتیبان از اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و محبوبیت SVM برای شناخت الگو و طبقه‌بندی در اواخر ۱۹۹۰ افزایش یافت. این روش یک روش غیرپارامتریک خطی است. در سنجش از دور، ماشین بردار پشتیبان در درجه اول برای طبقه‌بندی تصاویر ابر طیفی و تشخیص شی استفاده می‌شود، اگر چه محققان اخیراً برای داده‌های سنجش از دور چند طیفی استفاده می‌کنند. مزیت اصلی SVM توانایی تعمیم خوب با نمونه‌های آموزشی محدود است (۷). این طبقه‌بندی به صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فراصفحه از هم جدا می‌کند (۲۵).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

چند روش برای ارزیابی دقت وجود دارد. ماتریس خطا به عنوان یکی از روش‌های معمول برای اندازه‌گیری دقت نقشه‌های موضوعی در نظر گرفته شده است (۱۵). برای اطمینان از طبقه‌بندی، صحت طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود. در این تحقیق، از دو شاخص ضریب کاپا و صحت کل استفاده شد. صحت کلی عبارت است از نسبت پیکسل‌های به درستی طبقه‌بندی شده بر تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده که از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (۲۴).

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

در این رابطه OA دقت کلی، N معرف تعداد کل پیکسل‌های آموزشی و $\sum P_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست. به دلیل ایرادات وارد بر دقت کلی، غالباً در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود، چون شاخص کاپا پیکسل‌های را که نادرست طبقه‌بندی شده‌اند، مورد توجه قرار می‌دهد و این از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (۶).

$$KAPPA = \frac{P_{O-P_C}}{1-P_C} \quad (2)$$

که در آن، P_O درستی مشاهده P_C توافق مورد انتظار است. در نتیجه با نمونه‌های برداشت شده از تصاویر گوگل ارث، تصاویر رنگی کاذب و شاخص‌های طیفی، دقت کل و ضریب کاپا محاسبه شدند.

آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی تغییرات تکنیکی است که برای مشخص کردن تغییر پوشش و کاربری زمین در محدوده زمانی معین مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶). برای آشکارسازی تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با استفاده از عملگر Crosstab نرم‌افزار ایدرسی استفاده شد. روش پس از طبقه‌بندی که شامل مقایسه دو تصویر طبقه‌بندی شده به صورت جداگانه است جهت تخمین تغییرات در کاربری‌های اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد

(۸ و ۵). این روش بهترین شیوه برای تخمین تغییرات در داده‌هایی است که طبقه‌بندی شده‌اند (۲۳). این روش به دلیل این که اطلاعات کاملی در مورد انواع طبقات کاربری اراضی قبل و بعد از تغییر در طول زمان فراهم می‌کند استفاده شد. پس از اطمینان از صحت قابل قبول نقشه‌های تولیدی، برای مشخص کردن تغییرات پوشش اراضی طی دوره‌های زمانی ابتدا مساحت و درصد مساحت کاربری و پوشش اراضی، در سال‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. سپس تغییرات کلاس‌های نقشه‌های طبقه‌بندی شده‌ی مربوط به سال‌های مختلف به صورت دو به دو مقایسه شدند. در نتیجه با استفاده از این روش امکان تعیین تغییرات رخ داده در هر کلاس نسبت به کلاس دیگر وجود دارد. در نهایت آشکارسازی تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین مربوط به سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۸ (تغییرات ۱۲ ساله)، ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ (تغییرات ۱۲ ساله) و ۱۳۷۶ تا ۱۴۰۰ (تغییرات ۲۴ ساله) مورد بررسی قرار گرفت و جداول نقشه‌های تغییرات تهیه گردید.

پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش زمین

تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی و پیش‌بینی آنها ابزاری برای ارزیابی تغییرات اکوسیستم و اثرات محیطی آن در مقیاس‌های گوناگون زمانی و مکانی فراهم می‌کند. علاوه بر ارتباط آنها این داده‌های کمی مشخص می‌کند کجا، چگونه و چه وقت تغییرات رخ داده غلط و ناقص است. پس از آشکارسازی تغییرات در دو دهه اخیر تصمیم گرفته شد تا مقدار این تغییرات برای ۱۲ سال آینده (سال ۱۴۱۲) بررسی گردد.

ابتدا از مدل زنجیره‌ای مارکوف برای ایجاد ماتریس احتمال انتقال و مساحت انتقال انواع طبقات پوشش اراضی استفاده گردید که اطلاعات جزئی تر در مورد انتقال بین طبقات در انواع گوناگون پوشش اراضی می‌دهد. پس از آن پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از مدل CA-Markov و بر اساس احتمال انتقال حاصل از آنالیز زنجیره‌ای مارکوف انجام گرفت که می‌تواند به ما نقشه شبیه سازی پوشش اراضی را در آینده بدهد.

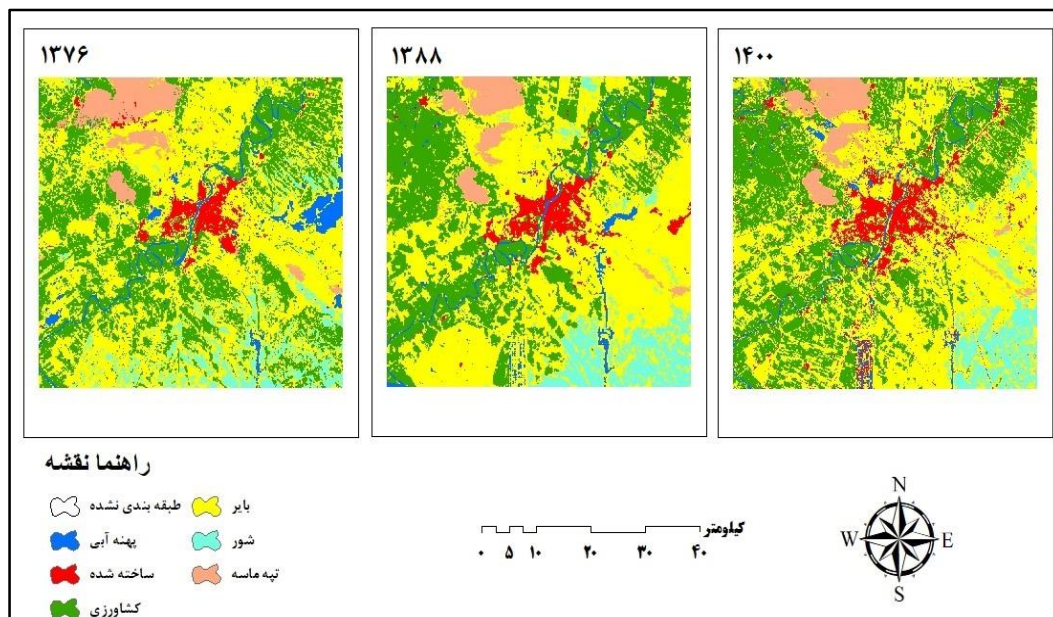
برای پیش‌بینی کلاس‌های کاربری در سال ۱۴۱۲ از نقشه‌های واقعی کاربری اراضی سالهای ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ استفاده شد. در مرحله اول در مدل مارکوف نقشه کاربری سال ۱۳۸۸ به عنوان نقشه زمان ۱ و نقشه کاربری سال ۱۴۰۰ به عنوان نقشه زمان ۲ معرفی و ماتریس احتمال انتقال، ماتریس مساحت انتقال برای ۱۲ سال آینده سال (۱۴۱۲) با خطای ۱۵٪ محاسبه گردید سپس مدل CA-Markov با لحاظ نقشه کاربری سال ۱۴۰۰ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مدل مارکوف اجرا و نقشه کاربری برای سال ۱۴۱۲ از مدل پیش‌بینی گردید.

سنجش اعتبار نقشه‌های پیش‌بینی شده

برای مشخص شدن اعتبار نتایج ایجاد شده به وسیله مدل یک نقشه پوشش اراضی واقعی در یک زمان مشخص با نقشه پوشش اراضی پیش‌بینی شده آن زمان مقایسه می‌شوند بدین منظور در این مطالعه نیز از نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۸۸ برای شبیه‌سازی نقشه پوشش سال ۱۴۰۰ استفاده شد. در مرحله بعد نقشه حاصل از مدل‌سازی با نقشه واقعی کاربری اراضی با استفاده از روش محاسبه توافق و عدم توافق، اعتبار مدل مورد بررسی قرار گرفت. این روش بر اساس موقعیت و کمیت پیکسل‌ها به مقایسه توافق و عدم توافق ۲ نقشه می‌پردازد. در این جدول با توجه به پارامترهای محاسبه شده توافق کلی و عدم توافق کلی ۲ نقشه مرجع و مقایسه به طور کمی بیان می‌گردد (۱۲). از دستور Validate نرم‌افزار ایدرسی برای محاسبه شاخص‌های کاپای مکانی K_{no}، K_{histo} و نیز محاسبه توافق و عدم توافق نقشه واقعی و شبیه‌سازی شده سال ۱۴۰۰ استفاده شد.

۳- نتایج

در تحقیق حاضر، طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین، به روش ماشین بردار پشتیبان که یک روش طبقه‌بندی نظارت شده است، انجام گردید. نقشه کاربری اراضی برای سه دوره زمانی (سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰) در شکل ۳ آورده شده است.



شکل (۲): نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین (۱۳۷۶، ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰)
Fig (2): Land use and land cover map (1997, 2009 and 2021)

مساحت و درصد مساحت کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در جدول (۲) ارائه شده است. بیشترین درصد مساحت منطقه مطالعاتی در هر سه دوره مربوط به کاربری اراضی بایر و کمترین درصد مساحت در کاربری‌ها مربوط به پهنه‌های آبی می‌باشد.

جدول (۲): مساحت و درصد طبقات نقشه‌های نهایی کاربری اراضی و پوشش زمین سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰

Table (2): The area and percentage of floors of the final land use and land cover maps of 1997, 2009 and 2021

۱۴۰۰		۱۳۸۸		۱۳۷۶		کاربری/پوشش اراضی
مساحت(%)	مساحت(KM ²)	مساحت(%)	مساحت(KM ²)	مساحت(%)	مساحت(KM ²)	
۲/۳۱	۶۹/۲۱	۲/۸۱	۸۳/۹۵	۳/۹۰	۱۱۶/۷۴	پهنه آبی
۷/۷۰	۲۳۰/۳۲	۴/۴۱	۱۳۱/۹۴	۳/۳۵	۱۰۰/۲۷	ساخته شده
۳۲/۰۰	۹۵۷/۲۶	۳۰/۷۰	۹۱۸/۲۳	۳۱/۸۱	۹۵۱/۵۲	کشاورزی
۴۸/۰۴	۱۴۳۶/۹۰	۵۰/۰۵	۱۴۹۷/۰۷	۴۹/۱۲	۱۴۶۹/۲۸	بایر
۵/۰۱	۱۴۹/۹۷	۷/۳۳	۲۱۹/۲۹	۶/۰۶	۱۸۱/۲۱	شور
۴/۹۳	۱۴۷/۵۵	۴/۷۰	۱۴۰/۷۲	۵/۷۶	۱۷۲/۱۸	تپه ماسه
۱۰۰	۲۹۹۱/۲۳	۱۰۰	۲۹۹۱/۲۳	۱۰۰	۲۹۹۱/۲۳	کل

اراضی ساخته شده در این دوره ۲۴ ساله رشد ۴/۳۵ درصدی داشته است. همچنین اراضی بایر در این دوره حدود ۱/۰۸ درصد کاهش یافته است. پهنه‌های آبی با ۳/۹۰ درصد مساحت منطقه در سال ۱۳۷۶ به میزان ۱/۵۹ درصد کاهش یافته و فقط ۲/۳۱ درصد از مساحت آن در سال ۱۴۰۰ باقی مانده است. اراضی کشاورزی هم در این مدت حدود ۰/۱۹ درصد افزایش یافته‌اند.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

در تحقیق حاضر دقت طبقه‌بندی تصاویر، با بهره‌گیری از نمونه‌های آموزشی و ماتریس خطا و محاسبه شاخص‌های آماری دقت کلی و ضریب کاپا انجام شد. نتایج دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول (۳): دقت طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین (۱۳۷۶، ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰)

Table (3): Accuracy of classification of land use and land cover maps (1997, 2009 and 2021)

سال	دقت کل	ضریب کاپا
۱۳۷۶	٪۹۶	٪۹۵
۱۳۸۸	٪۹۵	٪۹۳
۱۴۰۰	٪۹۴	٪۹۱

آشکارسازی تغییرات

برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین از مدل Cross Tabulation استفاده گردید. بر اساس جدول ۴ و ۵ که ماتریس درصد تغییرات را در کاربری‌ها نشان می‌دهد، طی دوره ۱۲ سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۸، کاربری‌های اراضی بایر، پهنه آبی و کشاورزی بیشترین کاهش را به سمت اراضی ساخته شده داشته، به طوری که به ترتیب ۱۸/۵۹، ۷/۷۷ و ۵/۸۹ درصدی به نفع رشد اراضی ساخته شده بوده است. اراضی شور و تپه ماسه در رده‌های بعدی هستند که کاهش ۰/۶۰ درصدی و ۰/۰۶ درصدی را نشان می‌دهند. همچنین اراضی شور بیشترین پیشروی را به سمت اراضی کشاورزی و بایر داشته که به ترتیب باعث کاهش ۱۴/۸۲ درصدی و ۷/۵۹ درصدی این اراضی شده است. همچنین در همین دوره ۲۳/۶۵ درصد از پهنه آبی، ۱۱/۴۳ درصد از اراضی تپه ماسه و ۱/۳۵ درصد از اراضی کشاورزی به اراضی بایر تبدیل شدند. در دوره زمانی ۱۲ ساله ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ اراضی ساخته شده همچنان بیشترین پیشروی را داشته که این پیشروی بیشتر به سمت اراضی بایر، پهنه آبی و کشاورزی بوده است که این میزان در هر سه کاربری به ترتیب ۵۹/۲۲، ۱۵/۴۴ و ۵/۲۰ درصد بوده است. همچنین اراضی شور نسبت به دوره قبل که رشد صعودی داشته در این دوره رشد نزولی داشته و بیشترین کاهش را به سمت اراضی بایر (۲۷/۴۳ درصد) و کشاورزی (۴/۰۳ درصد) داشته است و همچنین اراضی تپه ماسه بیشترین پیشروی را به سمت اراضی بایر و کشاورزی به ترتیب با ۰/۳۷ درصد و ۰/۱۵ درصد داشته است. در نهایت در طی این دوره بیست و چهار ساله (۱۴۰۰-۱۳۷۶) بیشترین کاهش را اراضی پهنه آبی (۶۸/۶۹ درصد)، اراضی شور (۲۰/۸۳ درصد)، تپه ماسه (۱۶/۶۹ درصد) و بایر (۲/۲۵ درصد) و بیشترین افزایش را اراضی ساخته شده (۵۶/۴۶ درصد) و کشاورزی (۰/۶۰ درصد) داشته‌اند.

جدول (۴): ماتریس درصد تغییرات کاربری‌های در دوره ۱۳۷۶-۱۳۸۸

Table (4): Matrix of the percentage of changes in land use in the period 1997-2009

طبقه کاربری اراضی	پهنه آبی	ساخته شده	کشاورزی	بایر	شور	تپه ماسه
پهنه آبی	۰	-۷/۷۷	-۰/۰۹	-۱/۸۸	۱/۵۲	۰/۴۰
ساخته شده	۶/۶۷	۰	۰/۶۲	۱/۲۷	-۰/۳۳	-۰/۰۴
کشاورزی	۰/۷۱	-۵/۸۹	۰	-۰/۸۸	-۱۴/۸۲	۶/۷۰
بایر	۲۳/۶۵	-۱۸/۵۹	۱/۳۵	۰	-۷/۵۹	۱۱/۴۳
شور	-۲/۳۷	۰/۶۰	۲/۸۲	۰/۹۴	۰	-۰/۲۲
تپه ماسه	-۰/۵۸	۰/۰۶	-۱/۲۱	-۱/۳۴	۰/۲۱	۰

جدول (۵): ماتریس درصد تغییرات کاربری‌های در دوره ۱۳۸۸-۱۴۰۰

Table (5): Matrix of the percentage of changes in land use in the period 2009-2021

تپه ماسه	شور	بایر	کشاورزی	ساخته شده	پهنه آبی	طبقه کاربری اراضی
۰	۰	-۰/۰۶	-۰/۰۹	-۹/۸۳	۰	پهنه آبی
-۰/۰۹	۰/۱۳	۵/۲۲	۰/۷۵	۰	۱۵/۴۴	ساخته شده
-۰/۹۵	۴/۰۳	۲/۵۱	۰	-۵/۲۰	۱/۰۰	کشاورزی
-۳/۹۷	۲۷/۴۳	۰	-۴/۰۹	-۵۹/۲۲	۱/۱۲	بایر
-۰/۰۳	۰	-۴/۰۲	-۰/۹۶	-۰/۲۲	۰	شور
۰	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۱۵	-۰/۰۹	۰	تپه ماسه

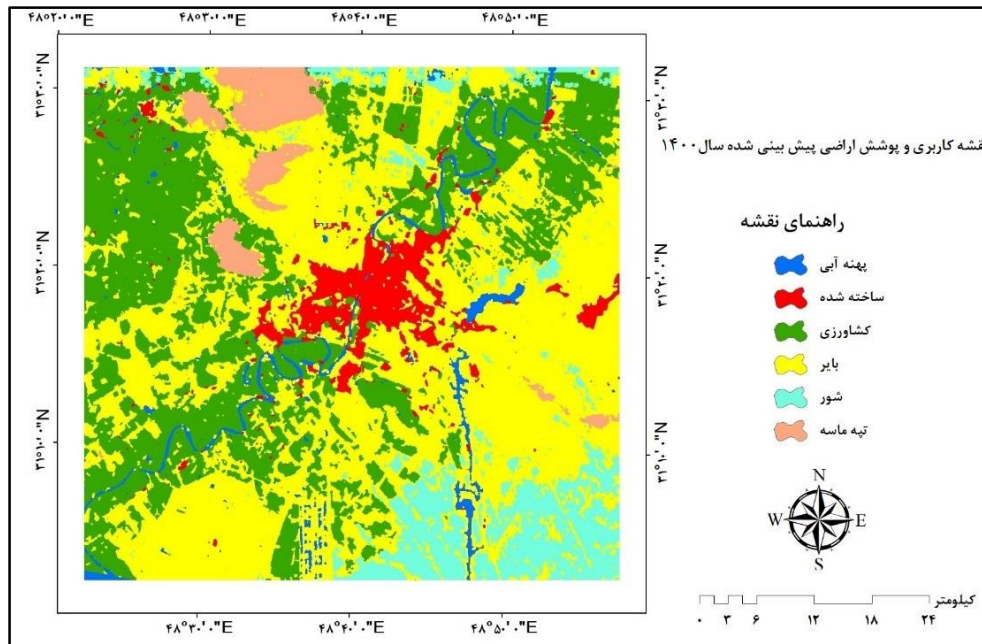
پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف در سال ۱۴۰۰

برای تهیه نقشه پوشش اراضی حاصل از پیش‌بینی برای سال ۱۴۰۰ از نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۸۸ استفاده شد تا احتمال و مساحت انتقال طبقات بین این دو سال با استفاده از مدل مارکوف محاسبه شود. سپس با استفاده از نقشه سال ۱۳۸۸ و ماتریس احتمال انتقال بین دو سال ۱۳۷۶ و ۱۳۸۸ در مدل CA-Markov مدل‌سازی نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۰۰ انجام شد. با توجه به ماتریس احتمالات به دست آمده از مدل مارکوف برای سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۸۸ پایدارترین طبقه عبارت از اراضی ساخته شده که احتمال انتقال آن عبارت از ۰/۶۱۴۱ بوده است. ولی دیگر کاربری‌ها از ناپایداری زیادی در این بازه زمانی برخوردار بودند. در شکل ۳ نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۰۰ حاصل از مدل و در جدول ۶ ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها آورده شده است.

جدول (۶): ماتریس احتمال انتقال طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین بر اساس مدل مارکوف (۱۳۷۶-۱۳۸۸)

Table (6): Probability matrix of transfer of land use classes and land cover based on Markov model (1997-2009)

۱۳۸۸						
تپه ماسه	شور	بایر	کشاورزی	ساخته شده	پهنه آبی	کاربری اراضی
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۳۲	۰/۵۴۶۰	۰/۱۴۴۱	۰/۰۸۶۱	۰/۲۲۰۰	پهنه آبی
۰/۰۰۸۶	۰/۰۱۰۰	۰/۳۲۲۷	۰/۰۴۰۸	۰/۶۱۴۷	۰/۰۰۳۲	ساخته شده
۰/۰۱۵۷	۰/۰۵۴۳	۰/۴۶۷۴	۰/۴۳۴۱	۰/۰۱۱۲	۰/۰۱۷۲	کشاورزی
۰/۰۲۳۷	۰/۰۹۳۱	۰/۵۱۳۱	۰/۳۰۸۱	۰/۰۳۷۲	۰/۰۲۴۷	بایر
۰/۰۰۳۰	۰/۳۲۳۵	۰/۵۷۳۱	۰/۰۸۰۳	۰	۰/۰۲۰۱	شور
۰/۴۶۱۶	۰	۰/۳۴۸۲	۰/۱۸۲۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۵۷	تپه ماسه



شکل (۳): نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۴۰۰
Fig (3): Forecast map of land use and land cover changes for the year 2021

تعیین اعتبار و ارزیابی مدل زنجیره مارکوف

در این روش نقشه واقعی و نقشه پیش‌بینی شده با یکدیگر از نظر تعداد سلول‌ها برای هر کلاس و همچنین وضعیت مکانی سلول‌ها در دو تصویر مقایسه می‌شوند و شاخص کاپا در فاصله ۱-۰ برای تفسیر نتایج استفاده می‌گردد. بدین منظور در تحقیق حاضر شاخص کاپا با استفاده از دستور Validate در نرم‌افزار IDRISI با مقایسه نقشه‌های واقعی و مدل‌سازی شده برای سال ۱۴۰۰ محاسبه شد. نتایج ارزیابی اعتبار مدل مارکوف در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق، این نتایج برای سال ۱۴۰۰ استنباط می‌گردد که توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده $[M(m)]$ برابر با $0/80$ است، عدم توافق بین دو نقشه نیز با توجه به رابطه $1-[M(m)]$ برابر با $0/20$ است، در جدول فوق مؤلفه $N(n)$ توافق ناشی از شانس را بیان می‌کند که این مؤلفه برای نقشه سال ۱۴۰۰ برابر $0/33$ است. این توافق در واقع بدون داشتن هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره موقعیت و کمیت به دست می‌آید، رابطه $[N(m)]-[N(n)]$ نشان‌دهنده توافق ناشی از کمیت (تعداد سلول‌ها برای هر کلاس در دو نقشه) است که در این نمونه $0/16$ برآورد شده است، عدم توافق ناشی از کمیت نیز بر اساس فرمول $P(P)-P(M)$ بیان می‌شود که از جدول بالا $0/09$ برآورد می‌گردد Klocation که نشان‌دهنده توانایی مدل در پیش‌بینی مکان پیکسل هاست $0/79$ است. با توجه به مقدار توافق کلی (بالای 80%) نتیجه گرفته می‌شود که

بین دو نقشه توافق خوبی وجود دارد و مدل توانایی بالا در پیش‌بینی کلاس‌ها داشته است. همچنین با توجه به مقدار Klocation می‌توان گفت مدل مکان پیکسل‌ها را به خوبی پیش‌بینی کرده است.

جدول (۷): توافق و عدم توافق نقشه واقعی و نقشه شبیه‌سازی شده بر مبنای مدل CA-Markov سال ۱۴۰۰

Table(7): Agreement and disagreement between the real map and the simulated map based on the CA-Markov model in 2021

	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]			
Perfect[P(x)]	P(n)	0/46	P(m)	0/91	P(p)	1
MediumGrid[M(x)]	M(n)	0/45	M(m)	0/80	M(p)	0/80
No[N(x)]	N(n)	0/33	N(m)	0/49	N(p)	0/49

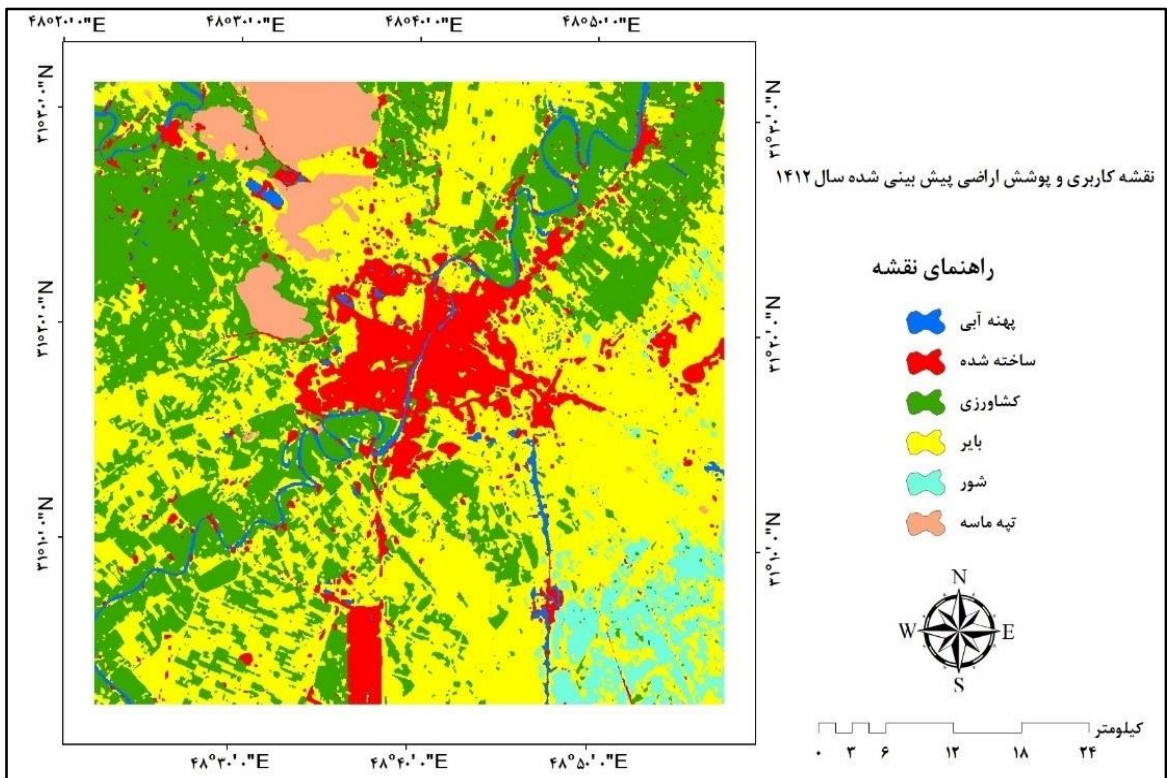
پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره ای مارکوف در سال ۱۴۱۲

به منظور پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر دو زمان پیاپی استفاده شد و نقشه پوشش اراضی سال بعدی با فاصله زمانی مورد نظر پیش‌بینی گردید. در این تحقیق نیز مدل‌سازی و پیش‌بینی وضعیت ۶ کلاس کاربری شامل اراضی پهنه آبی، ساخته شده، کشاورزی، اراضی بایر، اراضی شور و اراضی تپه ماسه در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۴۱۲ انجام گرفت. برای این کار از تصویر سال ۱۳۸۸ و ۱۴۰۰ با فاصله زمانی ۱۲ ساله استفاده شد و نقشه پوشش اراضی برای ۱۲ سال آینده پیش‌بینی گردید. ابتدا ماتریس احتمال انتقال و مساحت انتقال با اجرای مدل مارکوف به دست آمد، سپس نقشه کاربری واقعی سال ۱۴۰۰ و همچنین فایل مساحت انتقال به دست آمده از مدل مارکوف در مدل CA-Markov استفاده شده و نقشه کاربری سال ۱۴۱۲ پیش‌بینی گردید. این نقشه در شکل ۴ و وضعیت انتقال کاربری‌ها در ۱۲ سال آینده در جدول ۸ نشان داده شده است.

نتایج مدل نشان می‌دهد در نقشه شبیه‌سازی شده، محدوده‌ی مناطق ساخته شده افزایش و مساحت کاربری‌های کشاورزی، بایر، پهنه آبی، شور و اراضی تپه ماسه کاهش یافته است مساحت پوشش اراضی بر مبنای مدل C A-Markov در جدول ۹ قابل مشاهده است.

جدول (۸): ماتریس احتمال انتقال طبقات کاربری‌اراضی و پوشش زمین بر اساس مدل مارکوف (۱۳۸۸-۱۴۰۰)
Table (8): Probability matrix of transfer of land use classes and land cover based on Markov model (2009-2021)

کاربری اراضی	پهنه آبی	ساخته شده	کشاورزی	بایر	شور	تپه ماسه
پهنه آبی	۰/۳۹۲۷	۰/۲۱۲۹	۰/۰۹۷۱	۰/۲۹۹۵	۰	۰/۰۰۰۸
ساخته شده	۰/۰۰۵۶	۰/۶۶۴۹	۰/۰۱۳۵	۰/۳۱۴۲	۰/۰۰۱۹	۰
کشاورزی	۰/۰۰۹۹	۰/۰۱۱۴	۰/۶۳۰۷	۰/۳۳۸۵	۰	۰/۰۰۹۵
بایر	۰/۰۱۸۵	۰/۱۰۱۹	۰/۲۲۸۰	۰/۵۷۰۸	۰/۰۵۹۵	۰/۰۲۱۳
شور	۰/۰۰۰۱	۰	۰/۰۴۵۵	۰/۶۸۰۰	۰/۲۷۴۴	۰
تپه ماسه	۰/۰۰۱۰	۰	۰/۰۵۸۲	۰/۲۲۲۷	۰	۰/۷۱۳۱



شکل (۴): نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی سال ۱۴۱۲
Fig (4): Forecast map of land use and land cover changes in 2033

جدول (۹): مساحت طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۱۴۱۲ پیش بینی شده به روش CA-Markov
 Table (9): Area of land use classes and land cover in 2033 predicted by CA-Markov method

کاربری اراضی	مساحت (KM ²)	مساحت (%)
پهنه آبی	۶۴/۶۶	۲/۱۶
ساخته شده	۳۲۵/۲۷	۱۰/۸۷
کشاورزی	۹۵۶/۴۷	۳۱/۹۸
بایر	۱۳۷۲/۶۲	۴۵/۸۹
شور	۱۲۷/۲۳	۴/۲۵
تپه ماسه	۱۴۴/۹۵	۴/۸۵
کل	۲۹۹۱/۲۳	۱۰۰

۴- بحث و نتیجه گیری

داشتن آمار و اطلاعات به روز از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است (۲۰). نتایج بررسی تغییرات در شهرستان اهواز نشان می‌دهد که در طی دوره زمانی (۱۳۸۸-۱۳۷۶) بیشترین تغییرات رخ داده در این بازه زمانی تبدیل حدود ۳۲۹/۲۲ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی به اراضی بایر است. این امر می‌تواند ناشی از این امر باشد که اراضی که در دوره‌های قبلی به سبب داشتن پوشش گیاهی در طبقه اراضی کشاورزی طبقه‌بندی شده بودند در این دوره پوشش خود را از دست داده و در طبقه اراضی بایر طبقه‌بندی گردید. بخشی از کاهش کاربری کشاورزی نیز ناشی از تأثیر توسعه شهر و به زیرساخت و ساز رفتن زمین‌های کشاورزی در اثر توسعه کالبدی شهر می‌باشد. مساحت کاربری پهنه آبی در این دوره کاهش یافته و بیشتر آن ناشی از تبدیل این اراضی به اراضی بایر بوده که این تبدیل به دلیل کم‌بارشی و پدیده خشکسالی در طی این زمان بوده است. در این دوره بیشتر افزایش مساحت اراضی ساخته شده ناشی از تبدیل اراضی بایر به مناطق ساخته شده در قسمت‌های غربی و جنوبی منطقه مورد مطالعه رخ داده که بیشتر این نوع تبدیل به دلیل گسترش و توسعه مناطق مسکونی است. همچنین اراضی شور در این دوره روند افزایشی داشته که بیشترین تغییرات را اراضی بایر به سمت این کاربری داشته است که دلیل این امر می‌تواند ناشی از اراضی باشد که در دوره‌های قبلی به سبب داشتن پوشش گیاهی در طبقه اراضی بایر طبقه‌بندی شده بودند در این دوره پوشش خود را از دست داده و به علت بازتاب متفاوت با اراضی بایر در طبقه اراضی شور طبقه‌بندی شده‌اند. بررسی تغییرات در دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ نشان می‌دهد در نتیجه افزایش جمعیت شهری و رشد شهر و به تبع آن افزایش نیاز به مواد غذایی کاربری کشاورزی در این دوره روند افزایشی داشته که بیشتر این افزایش ناشی از تبدیل ۲۲۴/۹۸ کیلومتر مربع از اراضی بایر به این کاربری بوده است. از تغییرات مهم دیگر در این دوره افزایش مساحت مناطق ساخته شده

است که از دلایل اصلی آن را می‌توان به افزایش جمعیت و مهاجرت به شهر اشاره کرد. بیشترین تغییرات طی این بازه زمانی مربوط به کاهش اراضی شورزار است که بخشی از آن ناشی از به زیر کشت رفتن برخی از این اراضی توسط کشاورزان است. بخشی دیگر آن نیز ناشی از این بوده که بهبود وضعیت پوشش گیاهی باعث شده که اراضی که در سال ۱۳۸۸ در اراضی شور طبقه‌بندی شده بودند در سال ۱۴۰۰ در طبقه اراضی بایر طبقه‌بندی شوند. اراضی تپه ماسه نیز با اندکی تغییری به میزان ۰/۲۳ درصد افزایش مساحت داشته است، که بیشتر این تغییر ناشی از رها شدن بخش‌هایی از اراضی بایر و تبدیل آنها به اراضی تپه ماسه بوده است. همچنین اراضی پهنه آبی در این دوره ۰/۵۰ درصد کاهش مساحت داشته که بیشتر تغییر این کاربری ناشی از کمبود نزولات جوی و تبدیل آن به اراضی بایر بوده است. همچنین در طی کل دوره موردبررسی بین سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۴۰۰ طبقه مناطق ساخته شده با نرخ رشد ۶ کیلومتر مربع در سال از ۱۰۰/۲۷ کیلومتر مربع به ۲۳۰/۳۲ کیلومتر مربع افزایش یافته است. افزایش مساحت مناطق ساخته شده ریشه در توسعه شهرنشینی بر اثر افزایش جمعیت و مهاجرت دارد و افراد به دلایلی مثل تحصیل، جستجوی کار و شغل بهتر اقدام به مهاجرت کرده‌اند. در این مطالعه اعتبار سنجی مدل CA-Markov که با مقایسه نقشه‌های واقعی سال ۱۴۰۰ با نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی این سال با روش محاسبه توافق و عدم توافق انجام شد. توافق کلی بین نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از پیش‌بینی و نقشه‌ی واقعی برای سال ۱۴۰۰، ۸۰٪ درصد برآورد گردید که نشان‌دهنده توافق خوب این دو نقشه و توانایی نسبتاً بالای مدل در پیش‌بینی تغییرات است. ارزیابی نتایج به طور کلی نشان می‌دهد که مدل دارای توانایی نسبتاً بالای در پیش‌بینی تغییرات بوده است، و همچنین هرچه فاصله زمانی کوتاه‌تر و تعداد طبقات کمتر باشد نتایج پیش‌بینی بهتر خواهد بود. همچنین نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از مدل مارکوف و Ca-Markov برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین از کارایی لازم برخوردار می‌باشد. به‌گونه‌ای که دقت توافق کلی آن برای سال ۱۴۰۰ برابر با ۸۰ درصد برآورد شد. این نتیجه با مطالعات دیگر در این زمینه در مناطق مختلف همچون: رضائی و جعفری (۲۶)، عزیزی قلاتی و همکاران (۲)، آگاتا و همکاران (۴) و هابیو و همکاران (۱۴) تطابق دارد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی در این مطالعه به طور کلی نشان‌دهنده کاهش مساحت کاربری کشاورزی در منطقه است که ممکن است به دلیل کمبود آب در منطقه به وقوع بپیوندد. علاوه بر این مدل افزایش سطح مناطق ساخته شده را پیش‌بینی کرده است که این توسعه مستلزم برنامه ریزی برای موارد گوناگون از جمله نیازهای جمعیتی افزوده شده در منطقه در زمینه تأمین اشتغال، مکان‌زدگی طوری که کمترین آسیب به منابع منطقه وارد شود، است. البته این پیش‌بینی با فرض ثابت ماندن عوامل اجتماعی اقتصادی، اقلیمی و سیاسی انجام شده است. ولی در دنیای واقع چنین امری غیر ممکن خواهد بود و این امر می‌تواند باعث متفاوت بودن نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل و آنچه به وقوع می‌پیوندد، شود.

۵- منابع

- 1- Alavi Panah, S, K. (2003). Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences). Tehran University Publications. Tehran. 291.
- 2- Azizi Ghalati, S., Rangzan, K., Sadidi, J., Heydarian, P., Taghizadeh, A. (2016). Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov Model (Case study: Kohmare Sorkhi, Fars province). Remote sensing and geographic information system in natural resources, year 7, Number 1, pages 59-71.
- 3- Alayi Talghani, M. (2005). Geomorphology of Iran, Third edition, Tehran. Qoms publication.
- 4- Agaton, N., Setiawan, Y., Effendi, H. (2016). Land use/land cover change detection an urban watershed: a case study of upper Citarum watershed, West Java Province Indonesia, 33: 54-660.
- 5- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin E. (2004). Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, International journal of remote sensing, No. 25. pp. 1565-1596.
- 6- Daneshi, a., Panahi, M. (2016). Efficiency Comparison of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Algorithms for Monitoring Land Use Changes (case study: Simineh Rood watershed), remote sensing and GIS of Iran, 8 (2): 73-86.
- 7- Deilmai, B.R., Ahmad, B.B., Zabihi, H. (2014). Comparison of two classification methods (MLC and SVM) to extract land use and land cover in Johor Malaysia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 20: 1-6.
- 8- El-Kawy, O.A., Rod, J., Ismail, H., Suliman, A. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, Applied Geography, No.31. pp. 483-494.
- 9- Fathi Zad, H., Fallah Shamsi, R., Mahdavi, A., Arekhi, S. (2015). Comparison of two classification methods of maximum probability and artificial neural network of fuzzy Art map in making Range land cover maps (case study: Range land area of Dovoraj area, Dehloran). Quarterly scientific-research journal of pasture and desert research in Iran, 22 (1): 59-72.
- 10- Fatemi, S, B., Rezaei, Y. (2014). Azadeh publications. Tehran.
- 11- Foody, G. M. (2000). Mapping land cover from remotely sensed data with a softened feedforward Neural Network classification. J. Intell. Robotics Syst., 29(4): 433-449.
- 12- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., and Hokao. K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model, Ecological Modelling, No. 222. pp. 3761-3772.
- 13- Hashmi Tangestani, M. (2009). Fundamentals of geological and environmental remote sensing. University Publishing Center of Tehran.

- 14- Haibo, Y., Longjiang, D., Hengliang, G., Jie, Z. (2011). Tai'an land use analysis and prediction based on RS and Markov model. *Procedia Environmental Sciences*, 10: 2625– 2630.
- 15- Karamian, R., Onagh, M., Payamati, K. (2008). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Number 2, Pages 183- 192.
- 16- Karanja, F.N. (2002). Use of knowledge based systems for the detection and monitoring of unplanned developments.
- 17- Levin, S.A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems, *Ecosystems*, No. 1. pp. 431-436.
- 18- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran. E. (2004). Change Detection Techniques, *International journal of remote sensing*, No. 25. pp. 2365-2401.
- 19- Management and planning organization of Khuzestan province. (1997). *Statistical Yearbook of Khuzestan Province*.
- 20- Mohammadi, Sh., Habashi, Kh. Pormanafi, S. (2018). Monitoring and prediction land use/land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). *Remote sensing and geographic information system in natural resources*, Number 1, page 36.
- 21- Maryantira, N. and Lin, L. (2017). Exploring changes of land use and mangrove distribution in the economic area of Sidoarjo District, East Java using multi-temporal Landsat images, *information processing in agriculture*, (4): 321-332.
- 22- Petit, C., Lambin, E. (2002). Impact of data integration technique on historical land-use/land-cover change: comparing historical maps with remote sensing data in the Belgian Ardennes, *Landscape Ecology*, No. 17. pp. 117-132.
- 23- Peters, G.A. (1991). Apollo and other plant-cyanobacteria symbioses: aspects of form and function, *Plant and Soil*, No. 137. pp. 25-36.
- 24- Rasouli, A., (2008). *Basics of remote sensing with emphasis on satellite image processing*. Tabriz University Publications, Tabriz.
- 25- Rezaei Moghaddam, M, H., Andariani, S, Valizadeh, K, Almaspour, F. (2016). Determining the best land use and land cover extraction algorithm and detecting changes from Landsat satellite images (case study: Maragheh Sufi Chai basin). *Geographical space scientific-research journal*, 16 (55): 65-85.
- 26- Ramezani, N, Jafari, R, (2014). Revealing land use and land cover changes in the 1404 horizon using the CA-Markov chain model. *Geographical Research Quarterly*, Number 4, Pages 83-96.
- 27- Wu, Q., Li, H.q., Wang, R.S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B.h., Wang, Z. (2006) Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS, *Landscape and Urban Planning*, No. 78. pp 322-333.

- 28- White, R., Engelen, G. (1993). Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns, *Environment and planning A*, No. 25. pp. 1175-1199.