فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴

۱۴۲-۱۳۳

شبیه‌سازی تغییرات پویای کاربری زمین با استفاده از مدل تلفیقی CA-MARKOV (بررسی موردی: شهرستان ملکان)

وحید امینی پارسا[۱*]، اسماعیل صالحی[۲]، شهاب عادلی قرجه‌داغی[۳] و علی عزیزی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران
[۲] دانشیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران
[۳] کارشناس ارشد سنجش‌از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم جغرافیا، دانشگاه تبریز، تبریز
[۴] دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲

چکیده

سطح زمین تاکنون در معرض تغییرات چشمگیر کاربری و پوشش زمین قرار گرفته که این در پهنه‌ها و حوزه‌های نفوذ مناطق سکونتگاهی بسیار مشـــهودتر اســـت. تغییرات کاربری زمین نقش مهمی در درک ارتباط متقابل بین فعالیت‌های بشـر و محیط‌زیســت دارد، بنابراین بررســی این تغییرات به صورت توالی زمانی از گذشته تا آینده (رهیافت پویا) ضروری اســت. در این تحقیق با کاربرد فنون ســنجش‌ازدور و ســیســتم اطلاعات جغرافیایی، کاربری‌های زمین برای ســه دوره ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ به ترتیب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM، ETM+ و OLI برای شـهرسـتان ملکان اسـتخراج و تغییرات کاربری زمین بین این سـه دوره پایش شـــد. در ادامه به‌منظور پیش‌بینی وضـــعیت کاربری زمین آینده منطقه برای افق ۱۴ ســاله از مدل ســی‌ای مارکوف اســتفاده شــد. نتایج تحقیق نشـان‌دهنده رشـد زمین‌های کشـاورزی و مناطق انسـان‌سـاخت (مســکونی) از ســال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ اســت؛ در حالی‌که در همین دوره وسعت کاربری بایر کاهش یافته است. نتایج حاصل از پیش‌بینی کاربری زمین آینده منطقه نشـــان می‌دهد که در دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۸ کاربری کشـاورزی از ۲۴/۵۳ درصـد به ۲۵/۶۷ درصـد خواهد رسـید که نمایانگر روند افزایشی است. طبق پیش‌بینی به عمل آمده میزان کاربری مناطق انسان ساخت در منطقه در سال ۲۰۲۸ به ۳/۷۵ می‌رسد که در مقایسه با مقدار مشابه در سال ۲۰۱۴ افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیق حاضر می‌تواند در ارتقا استراتژی‌های مدیریت کاربری زمین منطقه مورد بررسی نقش مفیدی ایفا کند.

کلمات کلیدی: مدل ســـی‌ای مارکوف، تغییرات کاربری زمین، سنجش‌ازدور، آذربایجان شرقی.

Simulation of Land Use Change Dynamics Based on the CA-Markov Model (Case Study: Malekan County, Iran)

Vahid Amini Parsa, [1]* Esmail Salehi, [2] Shahab Adeli [3] & Ali Azizi[4]

[1] *PhD.Student in Environmental Planning, Department of Environmental Planning, Management and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran*
[2] *Associate Professor, Department of Environmental Planning, Management and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran*
[3] *MSc. in RS and GIS, Faculty of Geography, University of Tabriz, Tabriz*
[4] *PhD.Student in Environmental Planning, Department of Environmental Planning, Management and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran*

Abstract

The land surface has experienced significant land use and land cover changes especially with regard to the human built environment. Land use changes is an important component in understanding the interactions between human activities and the environment, so analyzing these changes from the past to the future on the basis of a dynamic approach is necessary. In this research, land use maps for Malekan County in East Azerbaijan (Iran) for the years 1987, 2000 and 2014 were extracted, respectively, using Landsat TM, ETM+ and OLI using RS and GIS techniques. Land use changes detected over the past 27 years were analyzed. The CA-Markov model was used to predict the land use pattern for 2024. Results show that agricultural land and human built areas increased but bare land decreased during the period 1987-2014. The simulated land use map for 2024 indicates an incremental trend in agricultural land (from 24.53% to 25.67%) and also in human built areas (from 2.69% to 3.75%) during 2014-2028. These results can play useful role to improve land use management strategies in the study area.

Keywords: Land Use Change, CA-Markov Model, RS, East Azerbaijan.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: aminiparsa@ut.ac.ir

۱- مقدمه

تغییرات پو شش و کاربری زمین (LUCC[1]) مو ضوعی مرتبط با سامانه‌های انسانی محیط‌زیستی هستند که از تعاملات بین محرک‌های مختلف پدید می‌آیند. این تعاملات بازخوردهایی دارند که بر تعاملات و تو سعه‌های بعدی نیز اثر می‌گذارند [۱]. عموماً تغییرات کاربری و پو شش زمین بیانگر تمامی انواع تغییرات و تصرفات بشر روی سطح زمین ا ست [۲]. برای برر سی تغییرات کاربری زمین گام اول شنا سایی عوا مل مؤثر بر تغییرات کاربری و تخصیص م کان یابی کاربری‌ها است. در بسیاری از مواقع، تغییرات پوشش و کاربری زمین به‌و سیله برخی از عواملی ایجاد می شوند که از نظر مکانی و زمانی دورتر از مکان و زمان مشاهداتی هستند، این امر مبین آن است که فرایند تغییر پوشش و کاربری زمین در مقیاس‌های زمانی و مکانی متعدد عمل می‌کند [۳]. در مقیاس‌های متفاوت، نیروهای محرکه متفاوت اثر برجسته‌ای دارند. برای مثال در سطح محلی، سیاست کاربری زمین محلی می‌تواند مهم‌ترین عامل محسوب شود در حالی که در مقیاس منطقه‌ای، فاصله تا بازار می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عامل شناخته شود [۴]. ممکن است جستجوی محرک‌های تغییر کاربری زمین، تنها در حوزه مرزها و چارچوب زمانی مطالعات تغییر پوشش و کاربری زمین ناکافی باشد. هرچند ضرورت‌های محلی و میزان در دسترس بودن داده‌ها مطالعات را به مقیاس‌های زمانی و مکانی مشخص محدود می‌کند [۵]. مفاهیم مختلف تغییر کاربری زمین نشان‌دهنده تلاش های مختلف به‌منظور توانمندسازی علم برای تشریح و در نتیجه ترجمه و تبدیل واقعیت‌های زمینی به مدل است [۶]. با توجه به کمبود داده‌های در دسترس و عدم امکان تجربه همه رویدادهای طبیعی، محققان برای بررسی روند تغییر پوشش و کاربری زمین و پیش‌بینی وضعیت آینده سامانه‌ها از مدل‌سازی ا ستفاده می‌کنند. مدل‌های شبیه سازی کاربری زمین، تغییر کاربری زمین را در طول زمان و مکان پیش‌بینی یا توصیف می‌کنند. مرور منابع اخیر در زمینه مدل‌های شبیه‌سازی کاربری زمین نشان‌دهنده وجود تعداد بسیار زیادی از انواع مختلف مدل‌ها و کاربردها ا ست [۴]. برر سی‌های دقیق منابع و ادبیات موجود درباره مدل‌سازی نشانگر این است که تمامی مدل‌های شبیه سازی کاربری زمین حداقل بر ا ساس یکی از چهار اصول اساسی تغییر کاربری زمین است [۶]: ادامه توسعه تاریخی، تناسب زمین، نتایج تعاملات همسایگی، نتایج تعاملات عاملین. بررسی منابع متعدد نشان می‌دهد که مدل سازی کاربری زمین با روش‌های متعدد بسته به هدف و محدودیت‌های تحقیق انجام می شود. در این قسمت شماری از تجربیات و برر سی‌های صورت گرفته در زمینه مدل سازی تغییرات پو شش و کاربری زمین در دو بخش مطالعات داخل کشور و مطالعات خارج از کشور آورده شده ا ست. ویجانارتو در سال ۲۰۰۶ از آنالیزهای زنجیره مارکوف و مدل اتومای سلولی برای پیش‌بینی تغییرات فضایی و زمانی پوشش گیاهی حو ضه بنتی بی ا ستفاده کرد و به این نتیجه د ست یافت که مدل سی‌ای مارکوف بهتر از سایر مدل‌ها در بررسی تغییرات پو شش گیاهی قابل ا ستفاده ا ست [۷]. یو سون در سال ۲۰۰۸، مدل سی‌ای مارکوف موجود در بسته نرم‌افزاری ادریسی را برای تجزیه و تحلیل الگوهای کاربری زمین و پیش‌بینی و نمایش تغییرات آینده کاربری زمین در اوهایو به کار برد و الگوی کاربری زمین این حوضه را برای سال ۲۰۵۰ تجزیه و تحلیل کرد [۸]. استیفانو و همکاران در سال ۲۰۱۰ پویایی کاربری و پو شش زمین منطقه گوبالافتو ووردا اتیوپی را با استفاده از مدل سی‌ای مارکوف ارزیابی کرد. با ارزیابی الگوهای کاربری زمین برای ۳۲ سال گذشته با استفاده از سی‌ای مارکوف، روند تخریب طبیعت، محل و بزرگی تغییرات را تعیین کرده و الگوی کاربری زمین حوضه برای سال ۲۰۲۰ را شبیه سازی کردند [۹]. نریمان سمات و همکاران در سال ۲۰۱۱، با کاربرد مدل سی‌ای مارکوف و GIS تغییرات کاربری زمین با تمرکز بر روی تو سعه شهرنشینی در منطقه سبرانگ پیرائی مالزیا را برر سی کردند. با ا ستفاده از داده های کاربری زمین برای سال های ۱۹۹۸- ۱۹۹۲، پراکنش کاربری زمین برای سال ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ را مدل‌سازی کردند [۱۰]. پیداموویو در سال ۲۰۱۱، با استفاده از مدل سی‌ای مارکوف، فنون RS و GIS به مدل‌سازی تغییر کاربری و پوشش زمین و ارزیابی تخریب زمین در حوضه کیسکاما واقع در استان کیپ شرقی افریقای جنوبی پرداخت [۱۱]. وفایی در سال ۱۳۹۱ با به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست به پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف در بخش غربی شهرستان مریوان پرداخت [۱۲]. طاهری و همکاران (۱۳۹۲) به مدل‌سازی تغییرات پوشش زمین شهرستان تبریز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف پرداختند؛ نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی در وسعت مناطق شهری و مسکونی و روند کاهشی در مراتع، زمین‌های بایر و کشاورزی است [۱۳]. مظاهری و همکاران (۱۳۹۲) در

تحقیقی به پایش تغییرات زمانی کاربری زمین شهرستان جیرفت استان کرمان با استفاده از فنون سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند [۱۴]. مسیبی و ملکی در سال ۱۳۹۳ تغییرات کاربری زمین شهرستان اردبیل را در ۲۵ سال اخیر پایش کردند و به این نتیجه رسیدند که در بازه زمانی مورد بررسی سطح کاربری‌های زراعت آبی، باغات، مناطق مسکونی، صنعتی و نیز زمین‌های بایر افزایش یافته‌اند [۱۵]. ایمانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ روند تغییرات کاربری زمین استان همدان را در سه دهه گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند؛ نتایج نشان‌دهنده کاهش در مساحت طبقات کاربری زمین مرتعی، کوهپایه‌ای- صخره‌ای و در مقابل افزایش پهنه های آبی، زمین بایر و مناطق مسکونی- صنعتی در دوره مورد بررسی است [۱۶].

شهرستان ملکان واقع در استان آذربایجان شرقی به سبب افزایش شدید جمعیت، تغییرات چشمگیری را طی دهه‌های اخیر در اراضی و سیمای سرزمین حوزه نفوذش تجربه کرده است. رشد لجام‌گسیخته جمعیت و به دنبال آن، ساخت‌وسازهای صورت گرفته در شهرها و روستاها سبب تخریب زمین های کشاورزی مجاور و گسترش مناطق مسکونی و همچنین تبدیل زمین های مرتعی و بایر به زمین های کشاورزی شده و زمینه‌ساز تغییرات و دگرگونی‌های قابل‌توجهی در پوشش زمین شهرستان ملکان شده‌اند؛ از این‌رو سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان حوزه کاربری زمین منطقه جهت اتخاذ و ارائه سیاست‌ها و برنامه‌های مناسب و درخور، نیازمند درک روند، نوع و میزان تغییرات فضایی و زمانی کاربری زمین در گذشته، حال و آینده منطقه هستند. هدف از این تحقیق بررسی الگوی تغییرات پوشش و کاربری زمین شهرستان ملکان است که با بررسی روند تغییرات این الگوها در سال‌های گذشته به پیش‌بینی و شبیه‌سازی تغییرات الگوی کاربری زمین در سال‌های آتی پرداخته می شود. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق اطلاعات به‌روز و مفیدی درباره وضعیت پویای کاربری زمین، نوع و میزان تغییرات در منطقه مورد بررسی را در اختیار مسئولین و برنامه‌ریزان محلی و منطقه‌ای قرار می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد بررسی

شهرستان ملکان با مساحت حدود ۸۹۳۵۱/۴۶ هکتار محل اتصال استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی است و در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان تبریز واقع شده است. از شمال و شمال شرقی به شهرستان مراغه و از سمت شمال به شهرستان بناب و از قسمت جنوب و جنوب‌غربی به شهرستان میاندوآب محدود می‌شود (شکل ۱). این شهرستان دارای ۲ بخش، ۳ نقطه شهری و ۵ دهستان است. آب و هوای ملکان تحت تأثیر جریان‌های آسیای مرکزی، اقیانوس اطلس، دریای خزر، دریای سیاه و دریای مدیترانه است. طبق آمار سرشماری نفوس سال ۱۳۹۰، جمعیت شهرستان ملکان برابر ۱۰۶۱۱۸ نفر بوده که از این میزان ۵۴۰۹۰ نفر مرد است. لازم به ذکر است کل جمعیت شهرستان در سال ۸۵ برابر ۱۰۱۵۱۸ نفر بوده است که این مهم نشان‌دهنده افزایش ۴۶۰۰ نفری جمعیت کل این شهرستان از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ است [۱۷]. ملکان به سبب حاصلخیزی خاک، مساعد بودن اوضاع جوی و دسترسی آسان به آب‌های سطحی و زیرزمینی مرکز کشاورزی مهمی است که عمده محصولات آن غلات، میوه به‌ویژه انگور، صیفی‌جات و سیب‌زمینی است.

۲-۲- روش تحقیق

به‌منظور بررسی روند تغییر کاربری زمین منطقه، نقشه‌های کاربری زمین در محدوده زمانی قابل‌قبول بعد از انجام مرور منابع و مشخص کردن روش تحقیق (شکل ۲) تهیه شد. برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دوره‌های مختلف زمانی، در نظر داشتن مواردی از جمله یکسان بودن سطح تفکیک مکانی تصاویر، نداشتن پوشش ابر بیش از ۵ در صد سطح تصویر و مرتبط با یک زمان یا فصل مشخص در سال (به‌ویژه فصل رشد گیاهان) حائز اهمیت است [۱]؛ که با توجه به موارد فوق و مرور منابع انجام شده، تصاویر ماهواره لندست برای بررسی تغییرات کاربری زمین منطقه مورد مطالعه استفاده شد. بدین منظور تصاویر ماهواره لندست ۵ (TM) به تاریخ ۱۹۸۷/۷/۱۹، لندست ۷ (ETM+) به تاریخ ۲۰۰۰/۷/۱۴ و لندست ۸ (OLI) با تاریخ برداشت ۲۰۱۴/۷/۲۹ از سایت یو اس جی اس[۲] دریافت شد. طبق بازدیدهای میدانی به‌عمل‌آمده از منطقه مورد بررسی و با توجه به این نکته که مقیاس‌های زمانی و مکانی داده‌های به کار رفته با در دسترس بودن داده ها و ملاحظات خاص تحقیق کنترل می‌شود [۵]، سطح تفکیک ۳۰ متر تصاویر ماهواره‌ای لندست برای دستیابی به تغییرات کاربری زمین در سطح لکه در منطقه مورد مطالعه کافی به نظر رسید. با توجه به محدودیت‌های پیش رو در تهیه و انتخاب تصاویر متناسب، دوره زمانی تصاویر برای این تحقیق ۲۷ سال در نظر گرفته شد. طبق الگوریتم تحقیق (شکل ۳) در مرحله پیش‌پردازش برای

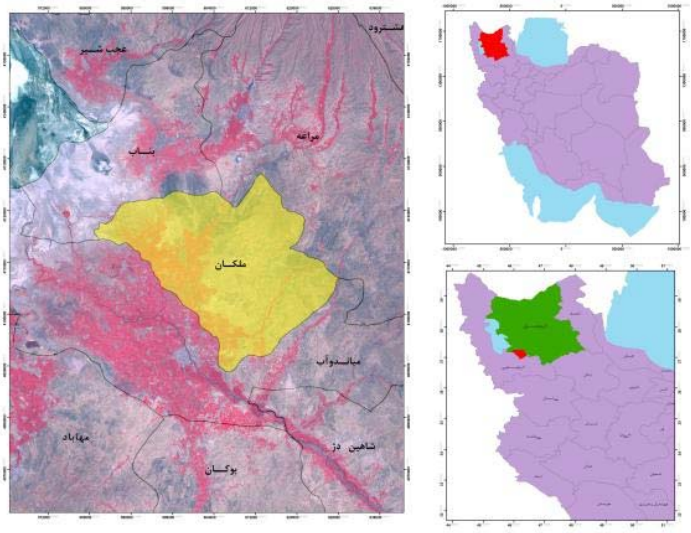
بارزسازی رادیومتریک از روش تعدیل هیستوگرام[3] استفاده شد. در ادامه مراحل زیر برای طبقه‌بندی تصاویر و استخراج نقشه‌های کاربری زمین دنبال شد:

الف) در مرحله اول اقدام به اجرای طبقه‌بندی نظارت‌نشده در نرم‌افزار اردس ایمجین ۹٫۱[4] شد. هدف از انجام این طبقه‌بندی دستیابی به شناخت کلی از کلاس‌های کاربری زمین موجود در منطقه بود. از خروجی‌های این مرحله به‌عنوان ابزاری کمکی برای تعیین نمونه‌های تعلیمی[5] استفاده شد.

ب) برای تعیین نمونه‌های تعلیمی مناسب برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده، با توجه به نتایج حاصل از مرحله قبل و همچنین استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و شناخت قبلی از منطقه، عازم منطقه مورد مطالعه شده و اقدام به نمونه‌برداری‌های میدانی با استفاده از جی‌پی‌اس شد و نمونه‌های حاصله به محیط نرم‌افزار اردس ایمجین ۹٫۱ وارد شد.

ج) طبقه‌بندی نظارت‌شده با استفاده از نمونه‌های تعلیمی به‌دست‌آمده از مرحله قبل به روش حداکثر احتمال[6] در نرم‌افزار اردس ایمجین ۹٫۱ به‌طور مجزا برای هر یک از تصاویر انجام شد. حاصل این مرحله نقشه کاربری زمین اولیه هر تصویر بود. در ادامه تصحیحاتی روی این نقشه‌ها صورت گرفت و در نهایت نقشه‌های کاربری زمین در سه دوره مورد بررسی استخراج شد و پس از پایان مرحله طبقه‌بندی تصاویر، ارزیابی صحت نقشه‌های مستخرج، با استفاده از ۲۵۶ نقطه حاصل از وجود شناخت نسبی از منطقه، کاربرد نرم‌افزار گوگل ارث و نقاط جی‌پی‌اس از طریق الگوریتم نمونه‌گیری لایه‌ای تصادفی[7] صورت پذیرفت.

پس از تهیه نقشه‌های کاربری زمین برای زمان‌های مختلف، با استفاده از روش ماتریس متقاطع[8] که از روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی[9] است، لایه‌های کاربری زمین ایجاد شده دوبه‌دو در محیط نرم‌افزار ادریسی سلوا مقایسه شدند و تغییرات بین کاربری‌ها استخراج شد. برای پیش‌بینی کاربری زمین آینده منطقه در این تحقیق از مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و اتوماتای سلولی (سی‌ای مارکوف[10]) استفاده شد. مدل مارکوف به‌طور گسترده‌ای در مدل سازی اکولوژیکی استفاده می‌شود [۱۸].



شکل ۱ – موقعیت منطقه مورد مطالعه

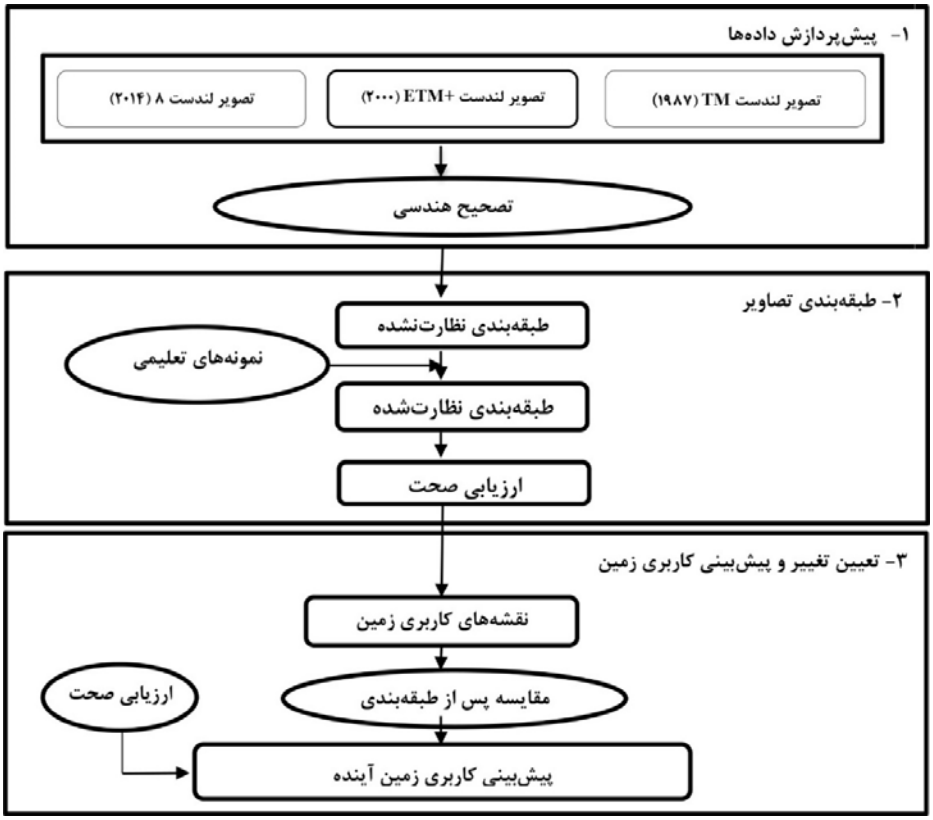
معادله زنجیره مارکوف با استفاده از توزیع کاربری زمین در ابتدا (M_t) و انتهای یک دور زمانی گسسته (M_{t+1}) و هم‌چنین یک ماتریس انتقال (M_{LC}) که نشان‌دهنده نحوه تغییراتی است که در طول دوره زمانی مورد نظر رخ داده است، ایجاد می‌شود. با توجه به این فرض، تغییر کاربری در قطعه‌ای از سرزمین بر اساس احتمالات محاسبه‌شده و در ماتریس انتقال محاسبه می‌شود [۱۸]:

$$M_{LC} \times M_t = M_{t+1}$$

$$\begin{bmatrix} LC_{uu} & LC_{ua} & LC_{uw} & .. \\ LC_{au} & LC_{aa} & LC_{aw} & .. \\ LC_{wu} & LC_{wa} & LC_{ww} & .. \\ .. & .. & .. & .. \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_t \\ A_t \\ W_t \\ .. \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_t \\ A_t \\ W_t \\ .. \end{bmatrix} \quad (۱)$$

اتوماتای سلولی وضعیت یک پیکسل را بر مبنای وضعیت اولیه‌اش، شرایط در پیکسل‌های پیرامونش و برخی از قوانین

انتقال محاسبه می‌کند [۹, ۱۹]. زنجیره مارکوف هیچ دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربری زمین ایجاد نمی‌کند. به عبارتی هیچ مؤلفه مکانی در خروجی مدل سازی وجود ندارد. به همین دلیل اتوماتای سلولی می‌تواند به‌عنوان مکمل این مدل مورد استفاده قرار گیرد [۱,۱۹]. در این تحقیق از مدل تلفیقی سی‌ای مارکوف برای پیش‌بینی کاربری زمین آینده استفاده شد. به‌منظور بررسی میزان دقت پیش‌بینی صورت گرفته توسط مدل یا به‌عبارت‌دیگر اعتبارسنجی مدل یک دوره زمانی سپری‌شده، پیش‌بینی شد. برای تحقق این بخش از کار به پیش‌بینی کاربری زمین در سال ۲۰۱۴ اقدام شد. اطلاعات و داده‌های موجود و ملزوم برای ورودی مدل آماده و وارد مدل شد و سپس نقشه کاربری زمین حاصل از مدل و نقشه واقعی کاربری زمین سال ۲۰۱۴ باهم مورد مقایسه قرار گرفت و میزان دقت پیش‌بینی مدل سی‌ای مارکوف به دست آمد. برای این منظور از ضرایب کاپا استفاده شد. آماره‌های کاپا میزان نیکویی برازش یا بهترین ارزش بین دو مدل پیش‌بینی شده و حقیقی را می سنجد که به‌وسیله شانس برای صحت تصحیح شده‌اند [۲۰]. با توجه به اینکه نقشه‌های کاربری زمین جزو نقشه‌های طبقه‌بندی شده‌اند، کاپا می‌تواند برای ارزیابی نیکویی برازش بین نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده و نقشه‌های واقعی در آخر دوره شبیه‌سازی استفاده شود [۲۱,۲۲]. ارزش کاپا بین ۱ و ۱- است. Kno شاخصی که توافق کلی را محاسبه می‌کند، Klocation شاخصی که به محاسبه توافق فقط بر مبنای مکان می پردازد، Klocation Strata شاخصی که سطح توافق را بر مبنای کمیت می‌سنجد [۲۳].



شکل ۲ - فلوچارت تحقیق

۳- نتایج و بحث

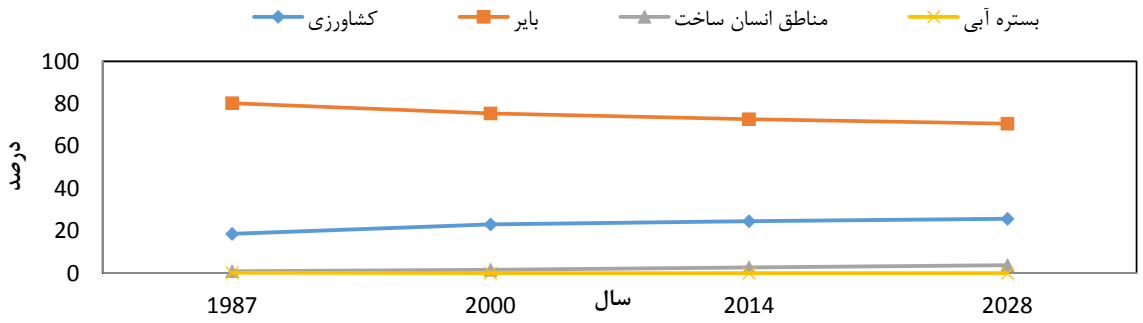
به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری زمین دوره زمانی تصاویر ۲۷ سال در نظر گرفته شد و نقشه‌های کاربری زمین برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ استخراج شد (شکل ۳). جدول ۱ نشان‌دهنده مساحت هر یک از کاربری‌ها و درصد هر یک برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ در منطقه است. پس از پایان طبقه‌بندی تصاویر ارزیابی دقت با استفاده از ۲۵۶ نقطه، به صورت نمونه‌گیری لایه‌ای تصادفی انجام شد که شاخص دقت (ضریب کاپا) برای نقشه‌های کاربری استخراج‌شده از تصاویر لندست ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ به ترتیب برابر ۰/۷۹، ۰/۸۱ و ۰/۸۶ به‌دست آمد. هدف اصلی ارزیابی دقت فراهم کردن شاخصی برای مشخص کردن درجه صحیح بودن نقشه یا طبقه‌بندی تصویر است [۲۱]. شاخص‌های کاپای به‌دست آمده دقت بالای طبقه‌بندی

را برای هر نقشه نشان می‌دهد [۲۴]. جدول ۱ نشان می‌دهد که در دوره زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ میلادی میزان پوشش کاربری کشاورزی در منطقه از ۱۸/۵۴ درصد به ۲۳/۰۴ درصد افزایش داشته است؛ این روند افزایشی در منطقه در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی نیز ادامه داشته و به ۲۴/۵۳ درصد رسیده است. وسعت کاربری مناطق مسکونی از ۰/۹۴ درصد در سال ۱۹۸۷ به ۱/۵۵ درصد در سال ۲۰۰۰ افزایش و همچنین در سال ۲۰۱۴ دارای سهم ۲/۶۹ درصدی در کاربری‌های منطقه داشته است و نشان‌دهنده روند افزایش در مساحت مناطق مسکونی است.

نکته جالب در دوره اول موردبررسی تبدیل‌شدن کامل بستره آبی به کاربری‌های کشاورزی و بایر است، به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۰ اثری از بستره آبی در شهرستان مشاهده نشد. در ادامه کار نقشه کاربری زمین برای سال ۲۰۲۸ با کاربرد مدل سی‌ای مارکوف با فرض ادامه یافتن روند فعلی در منطقه پیش‌بینی شد (شکل ۳، جدول ۱).

نتایج حاصل از پیش‌بینی در منطقه نشان می‌دهد که در دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۸ کاربری کشاورزی از ۲۴/۵۳ درصد به ۲۵/۶۷ درصد خواهد رسید که نشان‌دهنده روندی افزایشی است. میزان کاربری مناطق انسان‌ساخت در منطقه در افق ۱۴ ساله پیش‌بینی‌شده به ۳/۷۵ می‌رسد که در مقایسه با مقدار مشابه در سال ۲۰۱۴ افزایش خواهد یافت. شکل ۴ نشان‌دهنده روند تغییرات درصد هر یک از کاربری‌های زمین در بازه‌های موردبررسی است.

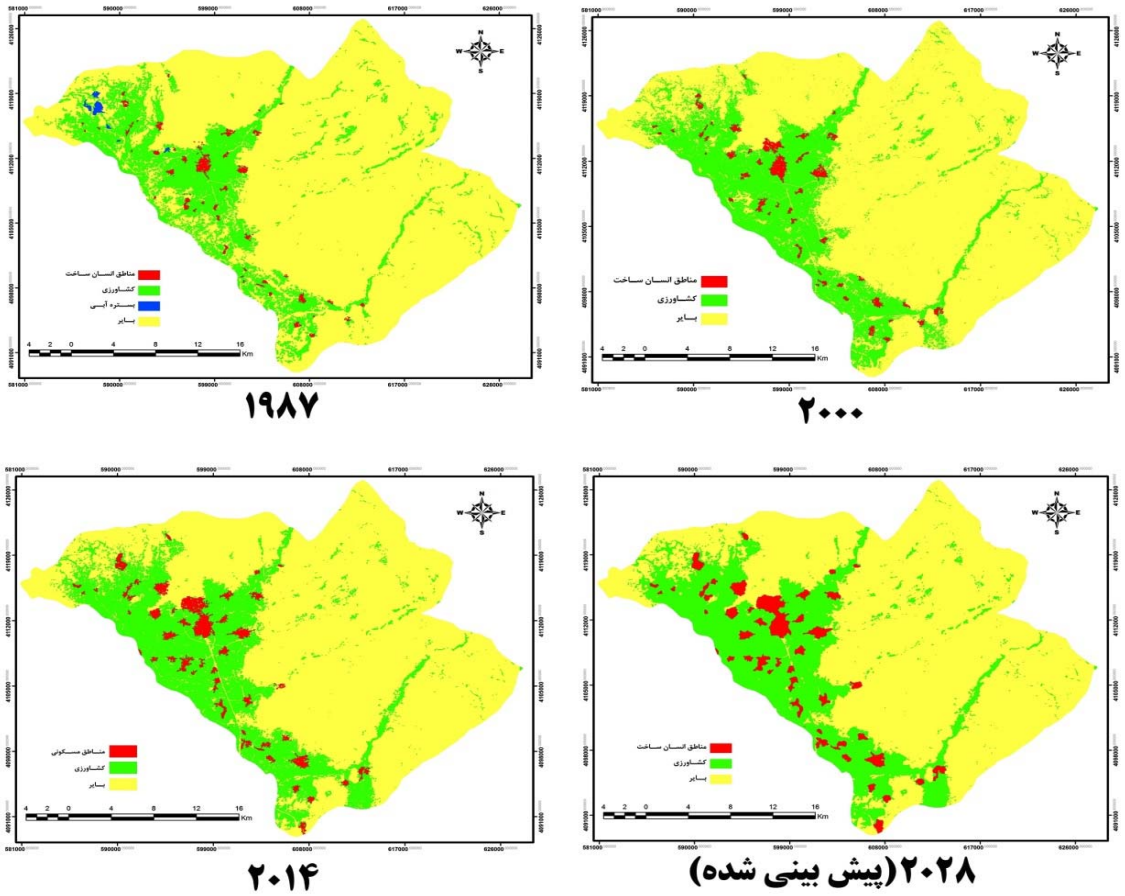
سنجش اعتبار مدل پیش‌بینی کاربری زمین (سی‌ای مارکوف) از طریق پیش‌بینی یک دوره زمانی سپری‌شده انجام شد. در این راستا کاربری زمین سال ۲۰۱۴ از طریق مدل مذکور مورد پیش‌بینی قرار گرفت. نقشه کاربری پیش‌بینی‌شده با نقشه واقعی کاربری زمین سال ۲۰۱۴ مقایسه شد. شکل ۵ و شکل ۶ به ترتیب نشان‌دهنده درصد هر یک از کاربری‌ها و نقشه کاربری زمین پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۱۴ است. مساحت هر یک از کاربری‌های زمین پیش‌بینی شده در سال ۲۰۱۴ برای کاربری‌های کشاورزی، بایر و مناطق انسان‌ساخت (مسکونی) به ترتیب برابر ۲۱۶۰۸۸۵۵۹/۸ (۲۴/۱۸٪)، ۶۵۴۲۳۰۰۱۳/۸ (۷۳/۲۲٪) و ۲۳۱۹۵۹۹۶/۹۷ (۲/۶٪) مترمربع است. مقایسه نقشه‌های کاربری زمین سال ۲۰۱۴ واقعی و پیش‌بینی شده (شکل ۵) نشان می‌دهد که در نقشه پیش‌بینی‌شده، مساحت کاربری‌های بایر به‌صورت جزئی کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است، ولی میزان مساحت مناطق انسان‌ساخت و کشاورزی پیش‌بینی‌شده به‌صورت جزئی بیش‌تر از میزان حقیقی آن در سال ۲۰۱۴ است.



شکل ۴ –روند تغییرات درصد هر یک از کاربری‌های زمین در بازه‌های زمانی مورد بررسی

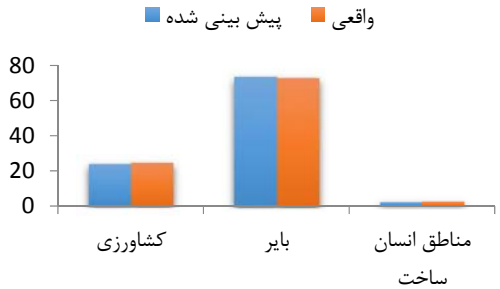
جدول ۱ – مساحت (برحسب مترمربع) و درصد هر یک از کاربری‌های زمین

کاربری		سال			
		۱۹۸۷	۲۰۰۰	۲۰۱۴	۲۰۲۸
کشاورزی	مساحت	۱۶۵۶۸۲۷۸۴/۳	۲۰۵۹۴۷۸۴۹/۵	۲۱۹۲۵۱۵۱۵/۵	۲۲۹۳۸۶۷۲۶ /۳
	درصد	۱۸/۵۴	۲۳/۰۵	۲۴/۵۳	۲۵/۶۷
بایر	مساحت	۷۱۷۳۴۸۸۱۶۰۵	۶۷۳۷۴۶۲۹۴/۳	۶۵۰۱۵۴۰۴۵/۹	۶۳۰۵۷۹۹۳۴ /۳
	درصد	۸۰/۲۸	۷۵/۴	۷۲/۷۶	۷۰/۵۷
مناطق انسان‌ساخت	مساحت	۸۴۱۰۲۶۹/۸۶۹	۱۳۸۷۵۱۰۵/۵۷	۲۴۱۰۹۰۰۹/۳۳	۳۳۵۴۷۹۰۹/۹۸
	درصد	۹۴/۰	۱/۵۵	۲/۶۹	۳/۷۵
بستره آبی	مساحت	۲۰۷۲۷۰۰/۰۶۴	–	–	–
	درصد	۰/۲۳	–	–	–

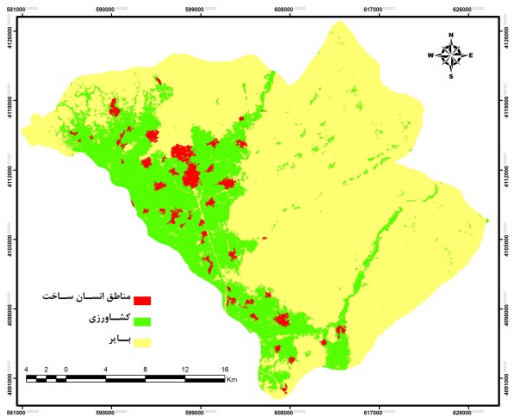


شکل ۳ – نقشه‌های کاربری زمین

محاسبات آماره‌های کاپا (K) به‌منظور ارزیابی توافق بین نقشه‌های کاربری واقعی و پیش‌بینی‌شده سال ۲۰۱۴ به کار رفت. آماره های Kno برابر ۰/۹۹۴۸، Klocation برابر ۰/۹۹۶۶، KlocationStrata برابر ۰/۹۹۶، Kstandard برابر ۰/۹۹۳۵ به‌دست آمد. به علت بالا بودن مقادیر تمام آماره‌های کاپا از ۰/۸، مدل سی‌ای مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در شهرستان ملکان اعتبار دارد [۲۴].



شکل ۵– مقایسه درصد واقعی هر یک از کاربری‌ها در نقشه کاربری زمین سال ۲۰۱۴ با مقدار پیش‌بینی‌شده



شکل ۶ – نقشه کاربری زمین پیش‌بینی‌شده برای سال ۲۰۱۴

جدول ۲ تغییرات و تبدیلات هر یک از کاربری های زمین را در دوره‌های مختلف مورد بررسی در تحقیق نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰، میزان ۶۳۶۷۱۴۰۰، ۴۵۶۷۵۰۰ مترمربع از مناطق بایر منطقه به ترتیب به کاربری های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت تبدیل شده است. در همین بازه کل بستره آبی

موجود در منطقه به کاربری کشاورزی و بایر تبدیل شده است. مقایسه نتایج حاصل از تبدیل و تغییر کلاس‌های کاربری‌های زمین در دوره زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۴ (پیش‌بینی‌شده) در منطقه نشان می‌دهد که اگر روند بهره‌برداری از سرزمین با شیوه مدیریت فعلی ادامه یابد ۶۰۴۲۶۰۰ مترمربع از کشاورزی به مناطق مسکونی تبدیل خواهد شد. نتایج پیش‌بینی نشان‌دهنده این است که ۱۶۸۵۳۴۰۰ و ۳۳۸۲۲۰۰ مترمربع به ترتیب از بایر به کشاورزی و مناطق مسکونی تبدیل خواهد شد.

جدول ۲ - تبدیل و تغییر کلاس‌های کاربری‌های زمین در دوره‌های مورد بررسی برحسب مترمربع

تبدیل کاربری	دوره مورد بررسی		
	۱۹۸۷-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۱۴	۲۰۱۴-۲۰۲۸
کشاورزی به مناطق انسان‌ساخت	۲۳۳۴۶۰۰	۷۰۱۳۷۰۰	۶۰۴۲۶۰۰
کشاورزی به بایر	۲۳۲۱۴۶۰۰	۲۰۱۵۴۶۰۰	۰
بایر به کشاورزی	۶۳۶۷۱۴۰۰	۳۹۵۹۰۱۰۰	۱۶۸۵۳۴۰۰
بایر به مناطق انسان‌ساخت	۴۵۶۷۵۰۰	۴۹۵۹۰۰۰	۳۳۸۲۲۰۰
بستره آبی به مرتع	۱۲۹۹۶۰۰	-	-
بستره آبی به کشاورزی	۷۷۳۱۰۰	-	-

۴- نتیجه‌گیری

استخراج نقشه‌های کاربری زمین سبب فراهم سازی اطلاعات بسیار مهم برای اعمال برنامه‌های مدیریتی می‌شود. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین این امکان را به‌وجود می‌آورد تا بتوان از نحوه تغییرات در آینده اعم از مقدار، موقعیت و زمان تغییرات آگاهی یافت و با استفاده از این آگاهی‌ها به برنامه‌ریزی مناسب و سیاست‌گذاری‌های به‌موقع جهت رسیدن به توسعه پایدار پرداخت. مدل بررسی تغییرات کاربری زمین ابزار مفیدی برای تحلیل و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین و پیامدهای آن است [۲۵] و می‌تواند به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی آینده برای رسیدن به توسعه‌ای پایدار استفاده شود. همان‌گونه که از نتایج آشکارسازی تغییرات پیداست در دوره مورد بررسی ۲۷ ساله، با گسترش مناطق انسان‌ساخت شاهد تخریب و تبدیل زمین های بایر و کشاورزی اطراف مناطق مسکونی در شهرستان ملکان هستیم. ادامه این روند می‌تواند به تشدید آسیب‌های محیط‌زیستی منجر شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد کاربری‌هایی چون انسان‌ساخت و کشاورزی روند افزایشی داشته درحالی‌که کاربرهای ساخته نشده‌ای چون اراضی بایر روند کاهشی را تجربه می‌کنند. شایان‌ذکر است که در سال ۱۹۸۷ شهرستان ملکان دارای یک سری بسترهای آبی بوده که با گذشت زمان این بسترها به کاربری‌های کشاورزی و بایر تبدیل‌شده‌اند؛ به‌طوری‌که در نقشه کاربری سال ۲۰۰۰ اثری از این بسترهای آبی در منطقه مورد بررسی مشاهده نشد. بررسی صحت نتایج حاصل از پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه اطلاعات آن‌ها بیانگر این است که طبقه‌بندی تصاویر به‌صورت نظارت‌شده برای منطقه مورد بررسی به واقعیت‌های زمینی نزدیک بوده و از صحت قابل قبولی برخوردار است. نتایج حاصل از صحت سنجی مدل پیش‌بین نشان‌دهنده توانایی خوب مدل برای پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در شهرستان ملکان است؛ به‌طوری‌که با نتایج تحقیقات [۱, ۸, ۹, ۱۹] هم‌راستا بوده و بیانگر قابل استفاده بودن روش سی‌ای مارکوف در منطقه است. پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین آینده، این امکان را به وجود می‌آورد که با دخالت مسئولان و مدیران از طریق سیاست‌گذاری‌های درست و به‌موقع از آسیب و تغییرات ناخواسته جلوگیری شود. توجه به پیش‌بینی صورت گرفته در مورد کاربری آینده منطقه و میزان تغییرات ممکن، توجه به تناسب منطقه برای انواع کاربری‌ها و نظرات مردم و مدنظر قرار دادن محرکه‌های مختلف تغییرات کاربری زمین در برنامه‌ریزی‌های توسعه کاربری زمین منطقه پیشنهاد می‌شود. استفاده از تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا یا متوسط مثل ASTER، SPOT، IRIS جهت به‌دست آوردن نقشه‌های کاربری زمین با دقت بیشتر، کاربرد سایر مدل‌های پیش‌بینی کاربری زمین مثل مدل رگرسیون لوجستیک، مدل‌های عامل‌مبنا، مدل‌های کاربری زمین مبتنی بر اقتصاد، شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه نتایج و هم‌چنین تهیه پایگاه داده‌های منطقه‌ای کاربری زمین به‌عنوان پیشنهادهایی برای مطالعات هم سو ارائه می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

[1]Land use and land cover changes (LUCC)
[2]USGS (EarthExplorer)
[3]Histogram Equalization
[4]Erdas Imagine 9.1
[5]Training Samples
[6]Maximum Likelihood
[7]Stratified Random Sampling
[8]Cross Tabulation
[9]Post Classification Comparison
[10]CA-Markov

منابع

[1] Nejadi A. Developing a Decision Support System to manage the protected areas based on land use change modeling Case study: Lisar protected area. Ph.D.: Environmental Planning, University of Tehran, Iran; **2012**. p. 133. **[In Persian]**

[2] Jokar A J. Dynamic Land Use/Cover Change Modelling: Geosimulation and Agent-Based Modelling. PhD.: Carteography and Geoinformation, University of Vienna, Austria; **2011**. p. 189.

[3] Skole D, Tucker C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 and 1988. Science; **1993**;**260:**1905-1910.

[4] Verburg P H, Schot P, Dijst M, Veldkamp A. Land use change modelling: current practice and research priorities. GeoJournal; **2004**;**61**(4): 309-324.

[5] Alnoubani A. Dynamic of Land use and Land cover change: the case of the Palestinian Westbank. Ph.D.: Urban Design and Planning, University of Washington., United States; **2010**. p. 156.

[6] Eric k, Judith B B. Land-Use Modelling in Planning Practice. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, Inc.; **2011**. p. 231.

[7] Wijanarto A B. Application of Markov change detection technique for detecting Landsat ETM derived land cover change over Banten Bay. Journal of Ilmiah Geomatica**; 2006**;**12**(1): 11-21.

[8] Sun Y. Simulating Future Land Use Change in the East Fork Little Miami River (EFLMR) Watershed in Ohio. MSc.: Geography, University of Cincinnati, United States; **2008**. p. 91.

[9] Estifanos L G. Land use and land cover Dynamics in Post-Resettlement Areas using Cellular Automata model: The case of Gubalafto Woreda. MSc.: Remote sensing and GIS, Addis Ababa University, Ethiopia; **2010**. p. 75.

[10] Narimah S, Rosmiyati H, Yasin A E E. Modelling Land Use Changes at the Peri-Urban Areas Using Geographic Information Systems and Cellular Automata Model. Journal of Sustainable Development; **2011**;**4**(6): 72-84.

[11] Paidamwoyo M. Land use/cover change modelling and land degradation assessment in the KEISKAMMA catchment using Remote sensing and GIS. Ph.D.: Faculty of Science, Nelson Mandela Metropolitan University, South Africa; **2011**. p. 200.

[12] Vafayi S. Monitoring and predicting land use changes using remote sensing and GIS (Marivan region). MSc.: Forestry, University of Tehran, Iran; **2012**. p. 111. **[In Persian]**

[13] Taheri M, Gholamalifard M, Bakhtiari R A, Rahimoghli S. Land Cover Changes Modeling of Tabriz Township Using Artificial Neural Network and Markov Chain. Physical Geography Research Quarterly; **2014;45**(4):97-121. **[In Persian]**

[14] Mazaheri M R, Esfandiari M, Masih Abadi M H, Kamali M. Detecting temporal land use changes using remote sensing and GIS techniqes (Case study: Jiroft, Kerman Province). Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science; **2013;4**(2):25-39. **[In Persian]**

[15] Mosayebi M, Maleki M. Change detection in land use using remote sensing data and GIS (Case study: Ardabil County). Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science; **2014;5**(1):81-93. **[In Persian]**

[16] Imani H J, Kaboli M, Feghhi J, Taherzadeh A, Asadi A. Studying Land Use-Cover Changes during the Last Three Decades in Hamedan Province using Satellite Images. Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources); **2014; 67**(1):1-12. **[In Persian]**

[17] Statistical Center of Iran, Statistical Year book, http://www.amar.org.ir, (assessed: January 10, **2015**)

[18] Muller M R, Middleton J. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara region, Ontario, Canada, Landscape Ecology; **1994**; **9**:151-157.

[19] Amini P V. Modeling Plausible Impacts of Land Use Changes of the Surrounding Buffer Zone on the Management of the Arasbaran Biosphere Reserve. MSc.: Environmental Planning, Manangement and Education, University of Tehran, Iran; **2014**. p. 149. **[In Persian]**

[20] Vliet J V, White R, Dragicevic S. Modeling urban growth using a variable grid cellular automaton. Computers. Environment and Urban Systems**;** **2009**; **33**(1): 35-43.

[21] Foody G M. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment; **2002**;**80**(1):185-201.

[22] Najat Q O, Mohd S S A, Wan M, Narimah S. Modelling Land-use and Land cover Changes Using Markov-CA, and Multiple Decision Making in Kirkuk City. International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences; **2014**;**2**(1): 29-42.

[23] Almatar M. Utilizing geographic information systems and remote sensing to investigate urbanization processes: in both the US and KUWAIT. Ph.D.: Geography, University of Florida, United States; **2011**. p. 133.

[24] Viera A J, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic, Family Medicine; **2005**;**37**(5): 360-363.

[25] Lambin E F, Turner B L, Geist H J, Agbola S B, Aegelsen A, Bruce J W, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C. George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran E F, Mortimore M, Ramakrishnan P S, Richards J F, Skanes H, Steffen W, Stone G D, Svedin U, Veldkamp T A, Vogel C, Xu J. The causes of land use and land cover change: moving beyond the myths. Global Environmental Change; **2001**;**22**: 122-129.