علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره یک، بهار ۹۶

مدلسازی روند تغییرات پوشش/ کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار (مطالعه موردی استان همدان)

جلیل ایمانی هرسینی*[۱]

Jalil.Imani@alumni.ut.ac.ir

محمد کابلی[۲]

جهانگیر فقهی[۳]

علی طاهرزاده[٤]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۲ **تاریخ پذیرش:۹۴/۹/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف: میزان گسترش و تخریب منابع، با پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری سرزمین مشخص می‌شود و از این طریق می‌توان این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد. در این مطالعه، هدف مدل‌سازی روند تغییرات پوشش/کاربری استان همدان با استفاده از تصویر ماهواره‌ای LANDSAT سنجنده TM در سال ۱۹۸۹ میلادی و تصویر سنجنده LISS3 ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ میلادی است.

روش بررسی: پس از انجام تصحیحات لازم به روش طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری- پوشش اراضی برای محدوده مورد مطالعه در طی دو سال مورد نظر تهیه گردید، سپس با استفاده از زنجیره مارکوف با توجه به دو نقشه کاربری- پوشش اراضی بـه‌دست آمده، ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها به یکدیگر محاسبه شد. برای مکانی کردن این تغییرات از روش شبکه خودکار استفاده گردید.

یافته‌ها: در نهایت نقشه پوشش- اراضی استان همدان برای ۱۹ سال بعد یعنی سال ۱۴۰۷ به‌دست آمد و مساحت هریک از کاربری‌ها به تفکیک برآورد شد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهند که طبقات پوشش کاربری اراضی طبیعی در آینده روند کاهشی خواهند داشت و به کاربری‌های انسانی تبدیل خواهند شد. با توجه به افزایش جمعیت و نیز افزایش نیاز انسان به زمین و نیز تمایل انسان به بهره برداری از طبیعت، وقوع چنین تبدیلاتی قابل تصور است، اما باید روند این تغییرات مورد توجه قرار بگیرد تا منابع طبیعی منطقه به شیوه پایدار مورد بهره برداری قرار گرفته و این تغییرات منجر به نتایج وخیمی نگردد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، روند تغییر، زنجیره مارکوف، شبکه خودکار، استان همدان.

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، ایران* (مسوول مکاتبات).

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. تهران، ایران.

۴- کارشناس ارشد سنجش ازدور سازمان فضایی ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.1, spring, 2017

Land use / land cover change modelling using Markov chain and Cellular Automata (Case study: Hamedan province)

Jalil Imani Harsini*[1]
Jalil.Imani@alumni.ut.ac.ir
Mohammad kaboli[2]
Jahangir Feghhi[3]
Ali Taherzadeh[4]

Abstract

Background and Objective: The extent of spread and source degradation would be determined using prediction of land use/ land cover changes. In this way these changes would be guided in the right directions. The aim of this study is modeling the process of land use / land cover changes of Hamedan province using Landsat TM satellite image of 1989 and IRS LISS III image of 2008.

Method: After running the necessary corrections, land use/ land cover maps of the study area in the past two years were obtained using supervised classification with maximum likelihood algorithm. Then probability matrix of land use transition (to each other) were calculated using Markov chain with respect to land use/ land cover map. In the next step, Cellular Automata method was used to geo specified these changes.

Findings: Finally land use/ land cover map of Hamedan province for 19 years later (2024) was obtained and the area of each land use/ land cover was calculated.

Discussion and Counclusion: The results of this research shows that natural land use/ land covers will be decreased and transmited to human land uses in future. These changes are conceivable due to population growth and increasing human needs to exploit the nature; but this process should be considered to exploit the natural resources in a sustainable manner to avoid severe consequences in future.

Key words: Modelling, Change Process, Markov Chain, Cellular Automata, Hamedan Province

1- Ph.D of Environmental Sciences, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan-University, Gorgan, Iran*(Corresponding Author).
2-Associate Professor Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran.
3- Associate Professor Department of foresty and forest Economics, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran.
4- MSc of remote sensing in Iranian Space Agency, Iran.

مقدمه

اکوسیستم‌ها در سراسر جهان در هر دو مقیاس زمانی و مکانی در حال تغییر هستند و علت این تغییرات می‌تواند طبیعی، انسانی و یا ترکیبی از این دو باشد (۱). تغییر در اکوسیستم‌ها به عنوان تغییر در اجزای پوشش گیاهی (۲) و یا به عنوان جابه‌جایی مکانی و طیفی در طی زمان تعریف می‌شود (۳). تشخیص به موقع و دقیق تغییر ویژگی‌های سطح زمین، پایه و اساس درک بهتر روابط و تعاملات بین انسان و پدیده‌های طبیعی را فراهم می‌کند و سبب مدیریت بهتر و استفاده بهینه از منابع می‌گردد (۴). رشد سریع شهرهای دنیا فشار سنگینی بر سرزمین و منابع اطراف آن وارد کرده و در نهایت منجر به ایجاد مشکلات جدی اجتماعی و محیط‌زیستی در این نواحی می‌شود. در بیشتر موارد این تغییرات سریع کاربری اراضی بدون درک روشن از اثرات آن اتفاق افتاده است. نمونه‌ای از این نوع توسعه در شهر همدان به چشم می‌خورد که طی دهه‌های اخیر با توسعه محور حمل ونقل جاده ای و افزایش مطلوبیت‌های اقتصادی و افزایش جمعیت در محدوده‌ی خود رو به رو است.

سنجش از دور این امکان را فراهم می‌آورد تا با بررسی روند تغییرات مکانی در گذشته بتوان روند تغییرات آینده کاربری – پوشش اراضی را پیش بینی نمود. مدل‌های تغییرات کاربری - پوشش اراضی ابزاری قدرت‌مند هستند که می‌توانند برای درک و تجزیه و تحلیل ارتباطات مهم بین فرآیندهای اجتماعی و اقتصادی، با استراتژی‌های توسعه، کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرند و راه‌هایی را که این تغییرات، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بررسی نماید (۵). مدل‌ها ابزار مناسبی برای ترجمان پیچیدگی فرآیندهای خارجی می‌باشند. ازاین‌رو از گذشته تاکنون، مدل-های مختلفی توسط محققان توسعه یافته است تا از طریق به-کارگیری این مدل‌ها بتوان پیچیدگی، پویایی و روند توسعه کاربری‌ها را شبیه‌سازی نمود. در بین مدل‌های دینامیکی، مدل شبکه خودکار – مارکوف با تعیین احتمال تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین در فرآیند زنجیره مارکوف و نیزشبیه‌سازی تغییرات مکانی آن از راه تعیین قوانین محلی با استفاده فیلتر مکانی سلول‌های خودکار و نقشه‌های شایستگی کاربری‌ها به مدل‌سازی دینامیک تغییرات زمانی و مکانی کاربری/ پوشش سرزمین می‌پردازد. حجم زیاد و رو به افزایش تحقیقات نشان می‌دهد که شبکه خودکار یک ابزار مناسب برای مدل‌سازی دینامیک مکانی است، دلیل استفاده از مدل شبکه‌های خودکار برای شبیه سازی رشد شهری، سادگی، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قابلیت درک شهودی و شفافیت و مخصوصاً برخورداری از توانایی مواجه شدن با ابعاد مکانی و زمانی فرآیند توسعه شهری است (۶).

تاکنون تلاش‌های بسیاری در زمینه بررسی و کمی کردن تغییرات کاربری اراضی و توسعه پراکنده شهرها صورت گرفته است. به عنوان مثال سفیانیان و همکاران (۷) با به کارگیری فنون سنجش از دور و سلول‌های خودکار به بررسی توسعه پراکنده شهر اصفهان پرداختند. سروستانی و همکاران (۸) نیز علاوه بر استفاده از فنون سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی از شاخص آنتروپی شانون برای بررسی توسعه پراکنده شهر شیراز و بررسی چگونگی روند تغییر کاربری اراضی استفاده کردند. شیخ گودرزی و همکاران (۹) جهت بررسی آثار ناشی از توسعه شهر بر مطلوبیت پهنه‌های حفاظتی، از مدلی که مبتنی بر سلول‌های خودکار است، استفاده کردند. بابایی اقدم و حسن‌زاده (۱۰) نیز جهت مدلسازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر به سطوح ساخته شده در منطقه شهری اردبیل، از مدل CLUE-S[1] استفاده کردند.

در این مطالعه نیز هدف استفاده از داده‌های حاصل از سنجش از دور، جهت پیش‌بینی روند تغییرات آینده برای طبقات پوشش – کاربری اراضی استان همدان می‌باشد، در ادامه روش دستیابی به این هدف به تفصیل بیان می‌شود.

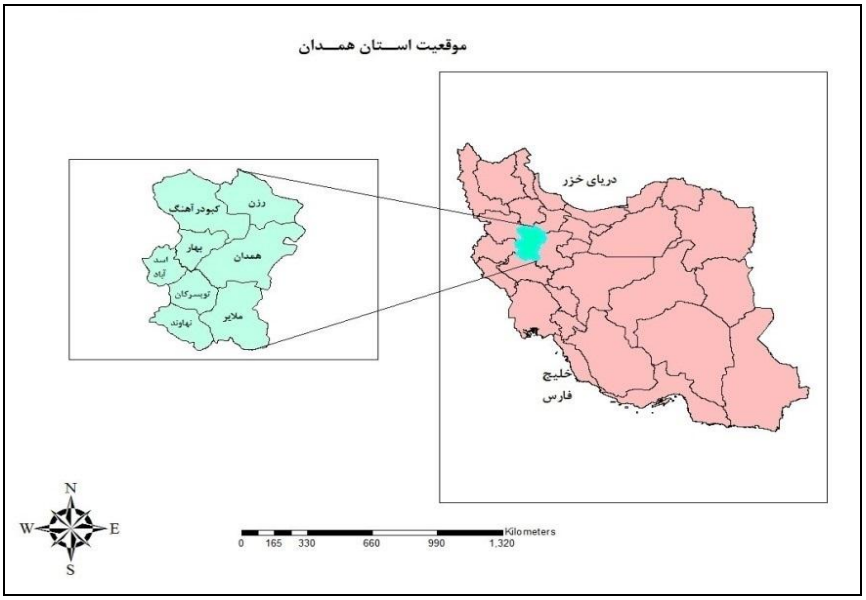
1- Conversion of land use and its effects in small scale extend

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان همدان در غرب ایران بین ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و بخشی از رشته کوه زاگرس میانی و فلات مرکزی ایران را شامل می‌شود. استان همدان از لحاظ جمعیت، چهاردهمین و از لحاظ مساحت، بیست و سومین استان کشور محسوب می‌گردد. جمعیت آن بر پایه سرشماری سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۱۷۰۳۲۶۷ نفر بوده است.

استان همدان از شمال به استان‌های زنجان و قزوین، از شرق به استان مرکزی، از جنوب به استان لرستان و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود است. این استان وسعتی معادل ۱۹۵۹۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. براساس آخرین اطلاعات تقسیمات سیاسی کشور (۱۳۸۵)، این استان از ۸ شهرستان تشکیل شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت استان همدان

Figure 1- Geographic position of Hamedan province

روش کار

یکی از پرکاربردترین مدل‌ها در حیطه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، مدل‌هایی بر پایه شبکه‌های خودکار است. رویکردی که در به‌کارگیری این دسته از مدل‌ها اتخاذ می‌شود، موسوم به رویکرد پایین به بالا است. از ویژگی‌های این مدل‌ها، می‌توان به سادگی آن‌ها اشاره نمود. به‌کمک مدل‌های شبکه خودکار می‌توان پویایی سیستم‌های پیچیده را شناسایی نمود و در قالب قوانین ساده ارایه کرد. سپس از طریق این قوانین، آینده سیستم را به‌صورت فضایی مدل‌سازی نمود (۱۱ و ۱۲).

CA به‌عنوان روشی با پویایی زمانی- مکانی می‌تواند تغییرات را در فضای دوبعدی شبیه‌سازی کند. این روش به‌صورت گسترده‌ای در بسیاری از زمینه‌های جغرافیایی، خصوصاً به‌منظور پیش‌بینی رشد شهر و تغییرات کاربری سرزمین به‌کار برده شده است (۱۳). زنجیره مارکوف توسط یک ریاضی‌دان روسی به نام A.Markov در سال ۱۹۰۷ ارایه شده است. زنجیره مارکوف از مجموعه‌ای مقادیر احتمال تشکیل شده که احتمال تبدیل کاربری‌ها به هم را در یک فاصله زمانی، وابسته به مقدار تغییر در گذشته نشان می‌دهد. به‌صورت تئوری قسمت معینی از زمین ممکن است در هر زمان از یک گروه کاربری زمین به هر گروه دیگر تبدیل شود (۱۴). تحلیل زنجیره مارکوف از ماتریس‌هایی جهت تحلیل تمامی تغییرات کاربری زمین میان تمامی گروه‌های موجود منحصر به فرد، جهت نمایش کاربری‌های زمین بهره می‌برد. معادله این زنجیره با استفاده از توزیع

کاربری زمین در ابتدا (M_t) و انتهای یک دوره زمانی گسسته (M_{t+1}) و نیز یک ماتریس انتقال (M_{LC}) که نشان دهنده نحوه تغییراتی است که در طول دوره زمانی مورد نظر رخ داده است، ایجاد می‌گردد. باتوجه به این فرض، تغییر کاربری در قطعه‌ای از سرزمین، براساس احتمالات محاسبه شده در ماتریس انتقال محاسبه می‌گردد (۱۵). (شکل۲).

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

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

شکل ۲- نمایی از یک ماتریس انتقال

Figure 2- Perspective of a transfer matrix

یکی از اساسی‌ترین فرضیات زنجیره، تصادفی بودن تغییرات در پوشش اراضی است، در این هنگام طبقات مختلف به‌عنوان حالت‌های یک زنجیره درنظر گرفته می‌شوند (۱۶). مشکل اصلی استفاده از زنجیره مارکوف در تحلیل‌های مکانی عدم وجود و قابلیت این زنجیره در اختصاص مکانی تغییرات است. به عبارت دیگر زنجیره مارکوف در پیش‌بینی مقادیر تغییرات موثر است اما در استخراج موقعیت مکانی این تغییرات توانمند نیست. برای حل این مشکل راه‌های مختلفی وجود دارد که استفاده از شبکه خودکار به همراه نتایج تحلیل زنجیره مارکوف یکی از راه‌های حل مشکل مکانی این تحلیل‌ها است. شبکه خودکار از مقادیر مربوط به میزان تغییر که از تحلیل مارکوف استخراج گردیده استفاده کرده و موقعیت‌های محتمل برای این تغییرات را استخراج می‌کند.

در این مطالعه از تصویر ماهواره LANDSAT سنجنده TM در سال ۱۹۸۹ میلادی و تصویر سنجنده LISS3 ماهواره IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ میلادی استفاده شد. در زمان انتخاب تصویر برای کاهش خطا تلاش گردید تا تصاویر مربوط به یک بازه زمانی نزدیک به هم، در فصل رویش انتخاب شوند و به همین علت هر دو تصویر از ماه ژوئن انتخاب گردید.

جهت تصحیح هندسی یک تصویر، لازم است از یک نقشه مرجع یا تصویری که قبلا تصحیحات روی آن انجام گرفته و دارای سیستم مختصات مناسب می باشد استفاده شود. برای این منظور با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.3، تصحیح هندسی تصاویر ETM با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه انجام گرفته است. ابتدا موقعیت ۳۰۰ نقطه برروی نقشه مشخص و سپس موقعیت همان نقاط بر روی تصویر منتقل شده است. در این راستا سعی گردیده است که نقاط مذکور از پراکنش خوبی برخوردار بوده و بیشتر از محل‌های مشخص استفاده شود. زیرا در بعضی موارد به علت مسطح بودن و همگن بودن منطقه، عوارض به خوبی قابل تشخیص نبوده‌اند. در نهایت پس از انتخاب نقاط با استفاده از معادله چند جمله‌ای خطی و روش نمونه گیری از نوع نزدیکترین همسایه، تصحیح هندسی انجام گرفت. برای این منظور سعی شد که مقدارRMSE خطا به کمترین میزان برسد و برای این امر تعدادی از نقاط که خطای زیادی را نشان می‌دادند، حذف شدند، به طوری که در نهایت با ۲۸۰ نقطه کنترل زمینی مقدار خطای RMSE (خطای مجذور میانگین مربعات) به ۰/۱۸ رسید. پس از اصلاح تصاویر TM، تصحیح هندسی تصاویر LISS3 با استفاده از روش تصویر به تصویر با ۳۰۰ نقطه کنترل زمینی وخطای ۰/۱۶ انجام گرفت.

سپس با استفاده از نرم افزار ERDAS 9.3 و نقشه محدوده استان، تصاویر ماهواره برش داده شد و تصویر هر باند در تمامی تصاویر برای محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. با استفاده از شیوه‌های مناسب بارزسازی تصایر ماهواره‌ای درک بهتری از منطقه و پدیده‌های آن حاصل می‌شود. یکی از عمومی‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها در این زمینه، استفاده از باندهای قرمز، سبز و آبی در ایجاد تصویر رنگی کاذب (False Color Composite) می‌باشد. این تصاویر از ترکیب حداقل سه باند تصویر در محدوده طیفی رنگی (Blue, Green, Red) RGB به وجود می‌آیند که پس از آشکار سازی با روش‌های موجود، پدیده های زمینی با وضوح قابل اعتمادتری در آن‌ها قابل تفسیر و تعبیر می شوند (۱۷). در این مطالعه نیز از ترکیب باندهای ۴، ۳ و ۲ با توجه به عامل مطلوبیت و مشاهده بصری استفاده شد.

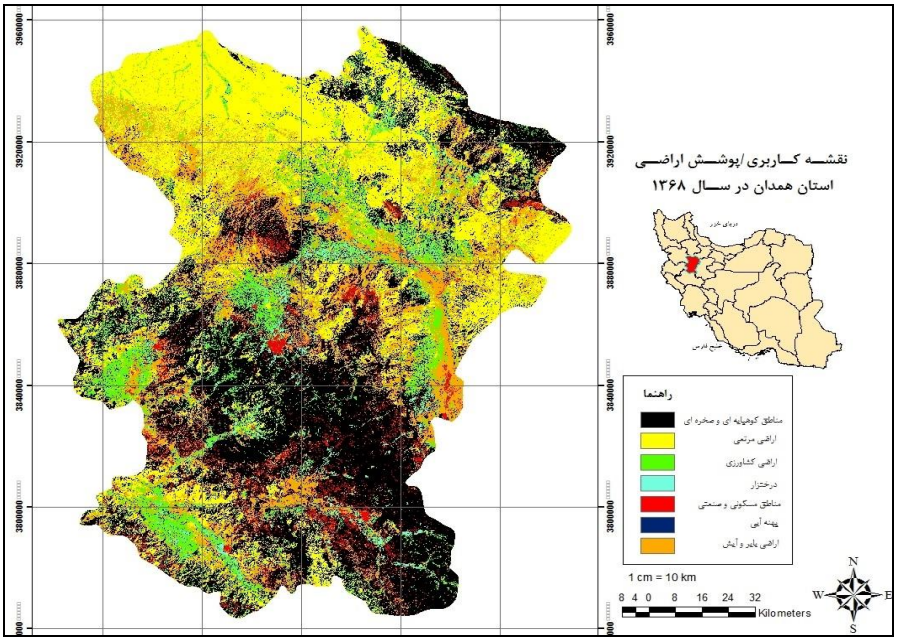
با توجه به بازدیدهای انجام گرفته از منطقه و تفاوت بازتابی تصاویر ماهواره‌ای و نیز پژوهش‌های انجام گرفته مشابه، هفت طبقه کاربری/پوشش برای منطقه مورد مطالعه تعریف گردید (جدول ۱).

جدول ۱- انواع کاربری/پوشش مورد استفاده در طبقه بندی

Table 1- Landuse/land cover used in categorisation

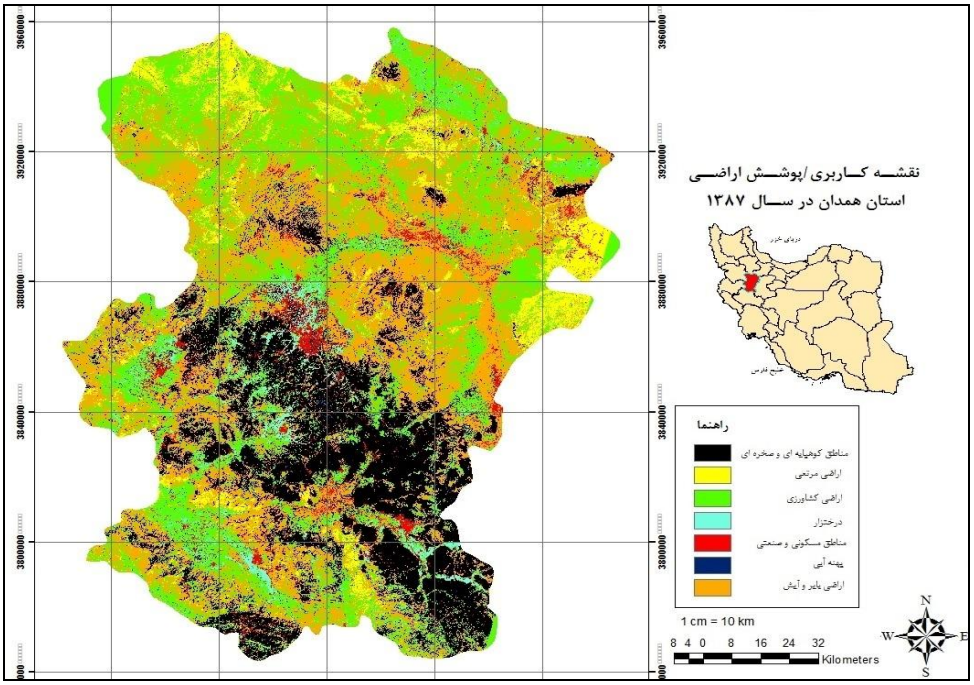
کد کاربری	نوع کاربری
۱	اراضی کوهپایه‌ای- صخره‌ای
۲	اراضی مرتعی
۳	اراضی کشاورزی
۴	درختزار
۵	مناطق مسکونی و صنعتی
۶	پهنه های آبی
۷	اراضی بایر

سپس با استفاده از نرم افزار IRDISI 15 ،به روش طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری- پوشش اراضی برای محدوده مورد مطالعه در طی دو سال مورد نظر تهیه گردید (شکل‌های ۳ و ۴). در روش حداکثر احتمال، احتمال تعلق پیکسل‌ها به هر یک از طبقات محاسبه و بر اساس بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه بندی و اختصاص پیکسل ها به طبقات صورت می‌گیرد. در این شیوه که روشی آماری جهت طبقه بندی است، طبقات در هنگام اجرای صحیح این شیوه باید از توزیع نرمال برخوردار باشند. این طبقه‌بندی کننده نیاز به زمان محاسبه ی طولانی‌تری دارد ولی در مجموع نتایج بهتری ارایه می‌دهد (۱۸).



شکل ۳- نقشه پوشش- کاربری اراضی استان همدان در سال ۱۳۶۸

Figure 3- Landuse/land cover map of Hamedan province in 1989



شکل ۴- نقشه پوشش- کاربری اراضی استان همدان در سال۱۳۸۷

Figure 4- Landuse/land cover map of Hamedan province in 2008

سپس با استفاده از نرم افزار IDRISI 15 و روش مارکوف با توجه به دو نقشه کاربری- پوشش اراضی به دست آمده، ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها به یک دیگر محاسبه شد(جدول ۲). این ماتریس، احتمال تغییر هر طبقه پوشش یا کاربری به سایر طبقات را نشان می‌دهد (۱۹). در ماتریس مذکور ردیف‌ها نشان‌دهنده طبقات پوشش/کاربری اراضی قدیمی‌تر و ستون‌ها نشان‌دهنده طبقات پوششی جدیدتر هستند. در ادامه برای مکانی کردن این تغییرات از روش شبکه خودکار استفاده گردید و نقشه پوشش- اراضی استان همدان برای ۱۹ سال بعد یعنی سال ۱۴۰۷ به دست آمد (شکل ۵).

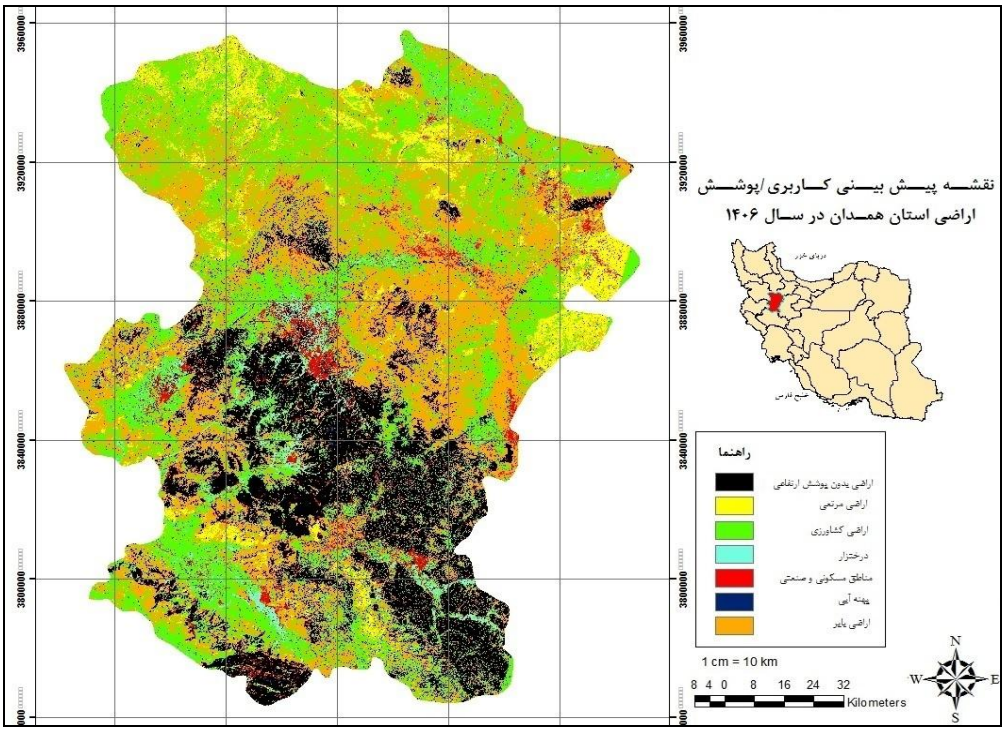
جدول ۲- ماتریس احتمال انتقال کاربری-پوشش اراضی به یک دیگر

Table 2- Transfer matrix of landuse/landcover change

طبقات کاربری	اراضی کوهپایه ای-صخره ای	اراضی مرتعی	اراضی کشاورزی	درختزار	مناطق مسکونی و صنعتی	پهنه‌های آبی	اراضی بایر
اراضی کوهپایه ای-صخره ای	۰/۲۹۱	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۰۴۵	۰/۰۶۰	۰/۰۰۱	۰/۳۲۸
اراضی مرتعی	۰/۰۵۴	۰/۱۳۵	۰/۴۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۰۰۳	۰/۳۵۸
اراضی کشاورزی	۰/۱۷۰	۰/۰۶۱	۰/۴۰۱	۰/۰۴۳	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰۶	۰/۲۵۵
درختزار	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۲۱۴	۰/۳۳۳	۰/۰۸۰	۰/۰۰۲	۰/۲۸۴
مناطق مسکونی و صنعتی	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۱۹۶	۰/۰۳۳	۰/۳۱۲	۰/۰۰۱	۰/۳۵۰
پهنه های آبی	۰/۰۵۷	۰/۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۸۴	۰/۰۰	۰/۸۱۷	۰/۰۱۱
اراضی بایر	۰/۰۶۸	۰/۱۶۰	۰/۳۲۰	۰/۰۳۳	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰۴	۰/۳۵۸

نتایج

به منظور برآورد صحت نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۹ میلادی از عکس‌های هوایی سال ۱۹۸۹ که توسط سازمان نقشه برداری کشور تهیه شده بود، استفاده شد و بر این اساس صحت کل برابر با ۸۵/۷ ٪ با ضریب کاپای برابر با ۸۲/۱٪ به دست آمد که میزان قابل قبولی می‌باشد و صحت کل نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۸ میلادی نیز با استفاده از برداشت زمینی بوسیله GPS برابر با ۸۸/۶۷٪ با ضریب کاپای ۸۶/۴٪ تعیین شد که این میزان صحت نیز در سطح قابل قبول قرار دارد. با مبنا قرار دادن نقشه کاربری – پوشش اراضی استان همدان در سال ۱۳۸۷ و با استفاده از ماتریس احتمال انتقال به روش شبکه خودکار، نقشه پوشش- کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در سال ۱۴۰۶ به دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه پوشش- کاربری اراضی پیش بینی شده برای استان همدان در سال ۱۴۰۶

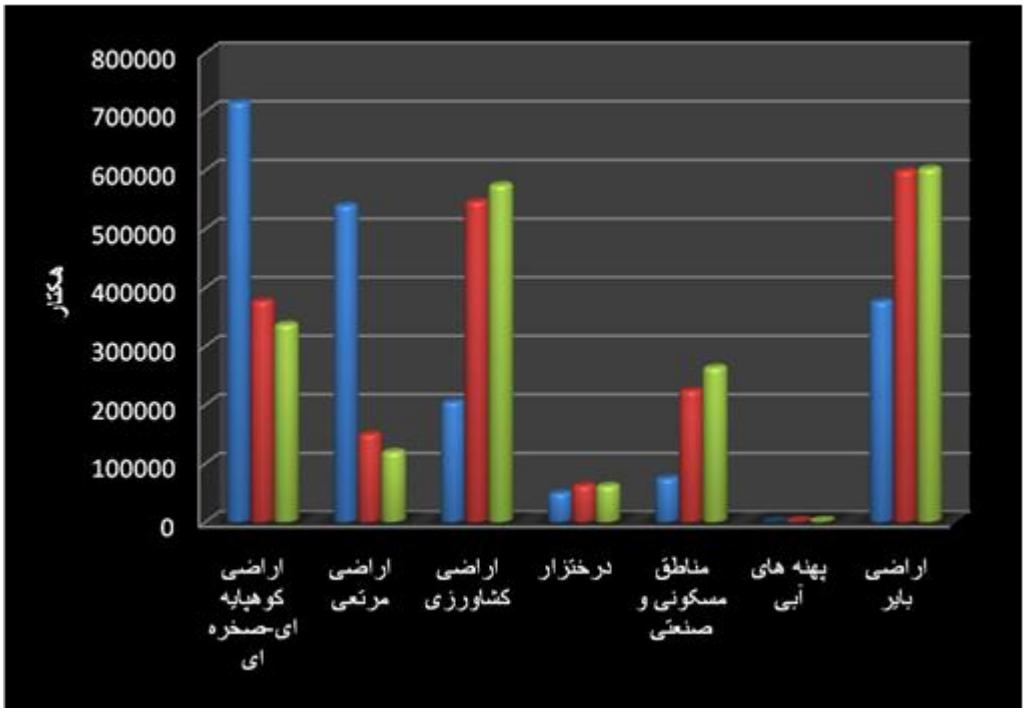
Figure 5- Predicted landuse/land cover map of Hmedan province for 2027

جدول۳- مساحت طبقات پوشش/ کاربری اراضی استان همدان در سال‌های مورد مطالعه

Table 3- the area of landuse/land cover classes of Hamedan province in studied years

	۱۳۶۸ مساحت (هکتار)	۱۳۸۷ مساحت (هکتار)	۱۴۰۶ مساحت (هکتار)
اراضی کوهپایه‌ای-صخره‌ای	۷۱۵۱۷۶/۸۱	۳۷۶۶۵۰/۸۵	۳۳۶۵۵۰/۴۵
اراضی مرتعی	۵۳۹۶۹۷/۹۴	۱۴۹۶۲۲/۲۸	۱۱۹۴۱۵/۰۵
اراضی کشاورزی	۲۰۴۶۱۸/۹۵	۵۴۶۵۱۶/۰۲	۵۷۴۴۳۵/۳۱
درختزار	۴۹۱۹۹/۷۶	۶۲۰۸۵/۴۱	۶۱۴۷۲/۴۳
مسکونی	۷۴۴۸۰/۴۹	۲۲۴۱۱۴/۱۲	۲۶۳۲۴۴/۵۶
پهنه‌های آب	۲۳/۵۸	۱۳۵۶/۱۲	۱۵۰۰/۸۳
اراضی بایر	۳۷۵۸۵۸/۱۹	۵۹۸۶۹۹/۳۵	۶۰۲۴۳۷/۱۲

با توجه به نقشه‌های حاصل، مساحت طبقات پوشش- کاربری اراضی در هر سه سال مورد مطالعه به دست آمد(جدول ۳). شکل (۶) مقایسه مساحت هریک از این طبقات در سه سال مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۶- مقایسه مساحت طبقات پوشش-کاربری اراضی استان همدان در سه دوره مورد مطالعه

Figure 6-Comparison of landuse/ land cover classes area of Hamedan prvince in three studied time periods

بحث و نتیجه گیری

با پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری سرزمین، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد. فرآیند مارکوف در جایی استفاده می‌شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به صورت کلی براساس وضعیت ماقبل مدل‌سازی کرد. آنالیز زنجیره مارکوف تغییرات پوشش و کاربری را از یک دوره زمانی به دوره زمانی دیگر توصیف می‌کند و مبنایی برای پیش‌بینی تغییرات آینده سیستم فراهم می‌نماید. در این آنالیز ماتریسی از تغییرات کاربری اراضی از زمان t به کاربری دیگر در زمان t+1 تولید می‌شود.

مدل‌های مبتنی بر شبکه خودکار از توانایی بالایی در نشان دادن فرآیندهای غیر خطی مکانی چون تغییرات کاربری/پوشش سرزمین برخوردار هستند (۲۰) و مطالعات به‌کار رفته در این زمینه بیان‌گر توانایی این دسته از مدل‌ها در شبیه‌سازی توسعه و تغییرات پوشش/کاربری سرزمین است (۱۳، ۱۶ و ۲۱).

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات پوشش- کاربری اراضی در استان همدان می توان بیان کرد که در دو طبقه شامل اراضی کوهپایه‌ای- صخره‌ای و اراضی مرتعی موجود در سطح این استان روند کاهشی که از گذشته وجود داشته است در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت. با توجه به این که این طبقات جز طبقات پوشش- کاربری اراضی طبیعی هستند، این روند کاهشی نشان دهنده تبدیل این طبقات طبیعی به کاربری‌های انسانی خواهد بود. با توجه به افزایش جمعیت، افزایش نیاز انسان به زمین و نیز تمایل انسان به بهره برداری از طبیعت، وقوع چنین تبدیلاتی قابل تصور است اما باید روند این تغییرات مورد توجه قرار بگیرد تا منابع طبیعی منطقه به شیوه

پایدار مورد بهره برداری قرار بگیرند و این تغییرات منجر به نتایج وخیمی نگردد.

چهار طبقه دیگر پوشش- کاربری شامل اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و صنعتی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر در طول دوره مورد مطالعه روند افزایشی داشته‌اند و این مدل‌سازی نشان می‌دهد که این روند در سال‌های آینده نیز ادامه خواهد داشت و بیشترین افزایش در اراضی بایر و اراضی کشاورزی است. در طی دوره مورد مطالعه بخش وسیعی از طبقات با پوشش طبیعی به اراضی کشاورزی تبدیل شده‌اند. با توجه به این که در بخش کشاورزی این منطقه تغییرات زیادی به وجود آمده و کشاورزی منطقه به سوی مکانیزه شدن پیش رفته، این تغییرات دوراز ذهن نیست. در طی سال‌های گذشته بخش وسیعی از اراضی مرتعی و اراضی کوهپایه‌ای به زیر کشت رفته و با توجه به این که اراضی تغییر یافته توان کافی برای کاربری کشاورزی را نداشته‌اند پس از گذشت چند سال رها شده‌اند و این امر موجب افزایش اراضی بایر در سطح منطقه شده است. با توجه به این امر که این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت ضروری است که با یک مدیریت صحیح از تخریب اراضی مرتعی و کوهپایه‌ای که جز اموال ملی به حساب می‌آیند جلوگیری شود. پهنه‌های آبی منطقه مورد مطالعه نیز در طی این سال‌ها در حال افزایش بوده‌اند که این امر در اثر احداث و آبگیری سدهایی در سطح منطقه ایجاد شده است. مناطق مسکونی و صنعتی نیز در طی دوره مورد مطالعه و سال‌های آتی رو به افزایش خواهد بود که این موضوع از یک سو ناشی از افزایش جمعیت و نیاز به مسکن و از سوی دیگر، نتیجه احداث مناطق و شهرک‌های صنعتی در سطح منطقه خواهد بود.

منابع

1. Coppin P I., Jonckheere K., Nackaerts B., Muys. 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. Remote Sensing, VOL. 25, NO. 9, 1565–1596.
2. Milne A. K. 1988. Change direction analysis using Landsat imagery: a review of methodology. Proceedings of the IGARSS'88 Symposium Edinburgh, Scotland, ESA SP-284 (Noordwijk, Netherlands: ESA): 541–544.
3. Lund H. G. 1983. Change now you see it—now you don't. Proceedings of the International Conference on Renewable Resource Inventories for Monitoring Changes and Trends, Oregon State University, Corvallis, OR, USA (Corvallis, OR: Oregon State University). 211–213.
4. LU D. S., Mausel P., Brondizio E. S., Moran E. 2004. Change detection techniques. International journal of remote sensing, Washington, DC. Vol, 25, NO. 12, 2365–2407.
5. Turner, B. L. and Meyer, W. B. 1991. Land use and land cover in global environmental change: considerations for study. International Social Sciences Journal, No,130, 669–667.
6. Candau J.T. 2002. Temporal Calibration Sensitivity of the SLEUTH Urban Growth Model. MSc Thesis. Santa Barbara University. 116pp.
7. Soffianian, A., M. A. Nadoushan, L. Yaghmaei and S. Falahatkar. 2010 Mapping and analyzing urban expansion using remotely sensed imagery in Isfahan, Iran, World Applied Sciences Journal, Vol 9(12), 1370-1378.
8. Sarvestani, M., A. Latifi Ibrahim and P. Kanaroglou. 2011. Three decades of urban growth in the city of Shiraz, Iran: A remote sensing and geographic information systems application. Cities, Vol, 28(4), 320-329.
۹. شیخ گودرزی. م، علیزاده شعبانی. ا، سلمان ماهینی. ع. ر. و فقهی. ج، ۱۳۹۱، بررسی آثار ناشی از توسعه شهر بر مطلوبیت پهنه‌های حفاظتی با رویکرد

سیمای سرزمین (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرگان‌رود). اکولوژی کاربردی. شماره ۱، صص۴۳-۳۰.

۱۰. بابایی اقدم. ف، و ابراهیم‌زاده. ح، ۱۳۹۰، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر سطوح ساخته شده در منطقه شهری اردبیل با استفاده از مدل CLUE_S، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶، صص ۳۴-۲۱.

11. Singh A. K. 2003. Modeling Landuse Landcover Changes using Cellular automata in geo-spatial Environment. MSc Thesis ITC. Netherland.58pp.
12. Torrens P.M. 2000. Cellular Automata and Urban Simulation: Where do we go from here, Environment and Planning,Vol, 28. No, 3, 163-168.
13. Stevens D., Dragicevic S., Rothley K: iCity. 2007. A GIS-CA modeling tool for urban planning and decision making", Environmental Modeling & Software, Vol, 22, 761-773
14. Ye, B. and Bai, Z. 2008. Simulation land use/ cover changes of Nenjiang country based on CA Markov model, Computer and Computing Technologies in Agriculture, Vol. 1, 321–329.
15. Muller M. R., J. Middleton. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. Landscape Ecology, pp. 151-157.
16. Brown D. G., Pinjanowski B. C., Duh J. D. 2000. Modeling the relationship between landuse and landcover on private lands in the upper Midwest. Journal of environmental management. Vol, 59, 247-263.

۱۷. یمانی. م، مزیدی. ا، ۱۳۸۶، بررسی تغییرات سطح و پوشش گیاهی کویر سیاه‌کوه با استفاده از داده‌های سنجش از دور، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱-۱۲.

18. Tso B., Mather P. M. 2001. Classification methods for remotely sensed data. Taylor and Francis. New York.

۱۹. ماهینی. ع و کامیاب. ح، ۱۳۸۸، سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ایدریسی، انتشارات مهر مهدیس، تهران ،۵۸۲ ص.

20. Batty M., Xie Y., Sun Z. 1999. Modeling urban dynamics through GIS -based cellular automata. Computers, Environment and Urban Systems: Vol, 23, 205-233.
21. Yaung G., Li X., Shi X. 2008. Cellular automata for simulating landuse changes based on support vector machines. Computers & geosciences: Vol, 34, 592-602.