



پیش بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA

(مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)

سارا عزیزی قلاتی^{۱*}، کاظم رنگزن^۲، جواد سدیدي^۳، پیمان حیدریان^۱، ایوب تقی زاده^۴

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. استادیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی

۴. مربی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۰ فروردین ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۸ مهر ۱۳۹۴

دسترسی اینترنتی: ۱۰ فروردین ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

مدلسازی

پیش‌بینی

مدل زنجیره مارکوف

چکیده

تغییر کاربری اراضی به عنوان عاملی پایه در تغییرات زیست‌محیطی عمل کرده و به یک خطر جهانی تبدیل شده است. بازبینی این تغییرات از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل آنها از طریق مدلسازی می‌تواند به برنامه‌ریزان محیط زیست و مدیران منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. هدف این تحقیق بازبینی، مدلسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دوره ۲۵ ساله ۱۳۶۶-۱۳۹۱ توسط مدل زنجیره مارکوف-CA (CA-Markov) در منطقه کوهمره سرخی استان فارس است. بدین منظور نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ و TM ماهواره لندست در سه دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تهیه گردید. سپس صحت‌سنجی نقشه‌ها و آشکارسازی تغییرات انجام شد. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۷۹-۱۳۶۶) با ضریب کاپای ۸۳٪ و دوره دوم (۱۳۷۹-۱۳۹۱) با ضریب کاپای ۸۸٪ نشان می‌دهد که بیش‌ترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع و بیش‌ترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل رخ داده است. به منظور کالیبره کردن مدل زنجیره مارکوف، نقشه کاربری سال ۱۳۹۱ پیش‌بینی شد و ماتریس خطای بین نقشه حاصل از مدلسازی و نقشه کاربری مرجع سال ۱۳۹۱، ضریب کاپای ۷۵٪ بدست داد. سپس نقشه کاربری اراضی برای چشم‌انداز ۱۴۰۳ با مدل زنجیره مارکوف-CA پیش‌بینی گردید. نتایج نهایی حاکی از آن است که بیش‌ترین تغییر کاربری نسبت به سال ۱۳۹۱، در ناحیه جنگل بوده و به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل می‌شود که می‌تواند در برنامه‌ریزی آینده توسط مسئولان مورد استفاده قرار گیرد.

*saraazizi353@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

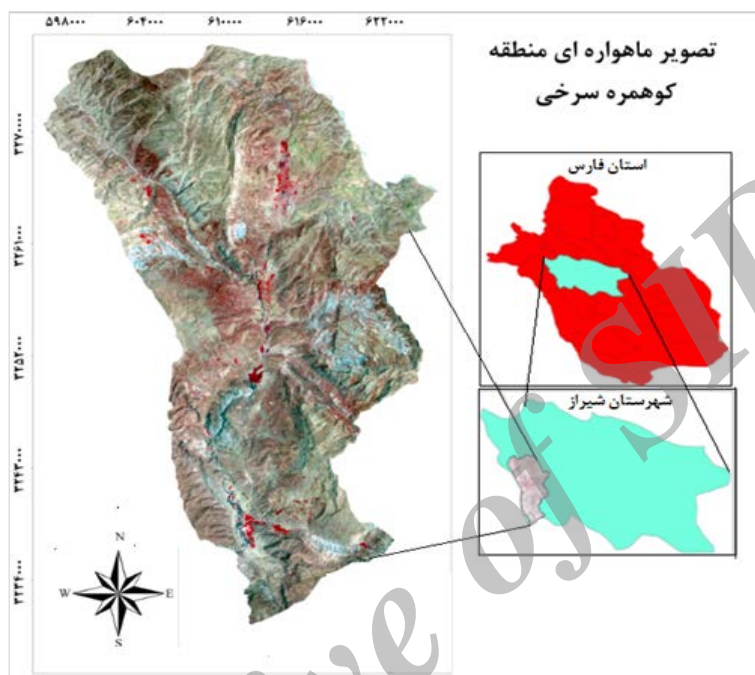
آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (۱) و یکی از منابع اطلاعات مؤثر، مفید و قابل کاربرد در شناسایی پوشش‌های زمین و تغییرات آن، داده‌های سنجش از دور است (۸ و ۱۲). در این میان تصاویر دوره‌ای ماهواره لندست یکی از مهم‌ترین منابع داده‌ای برای مطالعه انواع مختلف تغییر کاربری و پوشش اراضی، از قبیل جنگل‌زدایی، افزایش و گسترش کشاورزی، رشد شهری (۴ و ۲۱) و کاهش زمین‌های مرطوب است (۲۰). استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به وسیله طبقه‌بندی از پرکاربردترین روش‌های موجود است (۱۱) و از آنجا که داده‌های سنجش از دور به سادگی در محیط GIS وارد می‌شود، می‌توان از آن به طور خیلی گسترده در مدل‌سازی GIS استفاده کرد (۲ و ۵). مدل‌سازی یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل پویایی نظام کاربری اراضی است، که با استفاده از آن، چارچوب علمی آنالیز سیستم‌های تغییر کاربری اراضی از حالت توصیفی به سمت کمی تغییر پیدا می‌کند (۱۵). مدل‌هایی که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ابزارهای مفید، تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند (۱۴ و ۲۲). یکی از مدل‌هایی که در مطالعه حاضر استفاده شده و در پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین بسیار کارآمد می‌باشد، مدل زنجیره مارکوف Cellular Automata- CA- Markov chain است که از تکنیک تلفیق دو مدل زنجیره مارکوف و سلولار اتوماتا بهره می‌گیرد. دلیل این ترکیب این است که مدل زنجیره مارکوف به تنهایی قادر به شرح کمیت حالت‌های تبدیل بین انواع کاربری نیست، اما توانایی آشکارسازی میزان تبدیل بین انواع کاربری‌های گوناگون را دارد (۱۹). از طرفی مدل سلول‌های خودکار یک تکنیک مدل‌سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود. وضعیت سلول معمولاً پوشش و کاربری اراضی آن سلول را ارائه می‌دهد و تغییر در نوع کاربری یک سلول به کاربری دیگر، وابسته

به وضعیت کاربری سلول در زمان حال و وضعیت سلول‌های همسایه است (۳). مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکوف، کاربری اراضی را برای سال‌های آینده شبیه‌سازی می‌کند (۶). در سال‌های اخیر، تحقیقات بسیاری در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است (۱۸، ۱۹، ۲۳ و ۲۴). از جمله علی‌محمدی و همکاران (۱۰) تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه جنوب غربی تهران را با استفاده از مدل سلول‌های خودکار شبیه‌سازی کرده و کارایی این مدل را برای شرایط منطقه مطالعه مناسب ارزیابی کرده‌اند. چانگ چنگ و چانگ جویی (۱۳) برای بررسی پوشش گیاهی و پیش‌بینی تغییرات منطقه جیوجیو از روش CA-Markov و داده‌های ماهواره اسپات در دوره‌های زمانی ۱۹۹۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ استفاده کرده‌اند که نتایج آن گویای قابلیت بالای مدل مذکور در پیش‌بینی روند تغییرات پوشش گیاهی است. همچنین می‌توان به مطالعه لی و یا (۱۶) اشاره کرد که چگونگی توسعه و ترکیب سلولار اتوماتا با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای کمک به برنامه‌ریزان، برای بهتر شدن فرم‌های شهری جهت توسعه پایدار را مورد بحث قرار داده‌اند. نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که طی دهه‌های اخیر در ایران و سایر مناطق دنیا تغییرات کاربری به صورت تبدیل کاربری جنگل و مرتع به سایر کاربری‌ها مانند کشاورزی بوده است. طی سال‌های اخیر در استان فارس نیز تغییرات کاربری زیادی در جنگل‌های زاگرسی و مراتع صورت گرفته و منطقه کوهمره سرخی با توجه به ویژگی‌های آن از این قاعده مستثنی نبوده است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و سپس تلفیق مدل سلول‌های خودکار با مدل تصادفی زنجیره مارکوف برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و در نهایت پیش‌بینی این تغییرات در آینده در منطقه کوهمره سرخی استان فارس است.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان شیراز و در بخش کوهمره سرخی واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه کل حوزه ۱۰۰۲/۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۳/۸ برآورد شده است (شکل ۱).

منطقه کوهمره سرخی با مساحت ۷۴۲۰۹/۱۴ هکتار در موقعیت جغرافیایی "۵۱°۵۹'۳۷" تا "۵۲°۱۷'۵۶" شرقی و "۲۹°۱۱'۵۷" تا "۲۹°۳۶'۰۵" عرض شمالی در استان فارس،



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

اداره کل منابع طبیعی استان فارس، مدل رقومی ارتفاع، نقشه مناطق روستایی مورد استفاده قرار گرفته است.

نقشه کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات

یکی از راه‌های تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و فرآیند طبقه‌بندی تصاویر است. به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی با انجام پیش‌پردازش‌های اولیه مانند تصحیح هندسی و اتمسفری، همچنین تهیه نمونه‌های تعلیمی، تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار IDRISI[®] 16.3، با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و اجرای دستور تبدیل MNF طبقه‌بندی گردیدند. سپس فیلتر اکثریت بر روی نتیجه طبقه‌بندی اعمال گردید. همچنین آشکارسازی تغییرات، فرآیند شناسایی تفاوت‌ها در وضعیت یک شیء یا

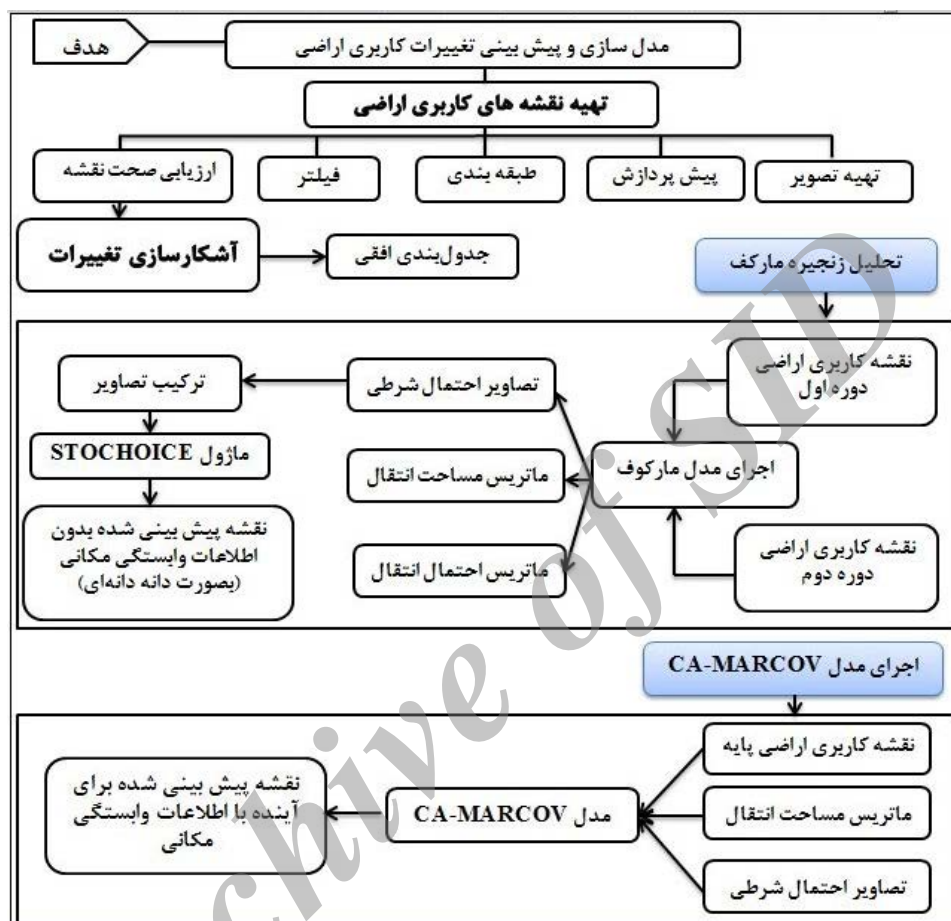
روش تحقیق

مراحل کلی اجرای تحقیق شامل؛ تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، آشکارسازی تغییرات، تحلیل زنجیره مارکف و اجرای مدل CA-Markov است که طی مراحل شکل ۲ انجام پذیرفت.

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از سه دوره تصاویر ماهواره‌ای لندست شامل لندست ۵ سنجنده TM (۱۳۶۶/۰۴/۲۵)، لندست ۷ سنجنده ETM⁺ (۱۳۷۹/۰۴/۲۱)، لندست ۷ سنجنده ETM⁺ (۱۳۹۱/۰۴/۲۲) استفاده شده است. همچنین نقشه تپ اراضی اخذ شده از اداره کل منابع طبیعی استان فارس با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۵، نقشه توپوگرافی استان فارس و مرز منطقه مورد مطالعه اخذ شده از

پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان‌های متفاوت است (۱۷). در این پژوهش به منظور آشکارسازی تغییرات با مقایسه پس انتخاب روش و الگوریتم برای بازیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است. از طبقه‌بندی و از جدول‌بندی افقی استفاده شده است.



شکل ۲. فلوچارت مراحل اجرای تحقیق

مدل زنجیره مارکف

مدل مارکف به طور معمول در پیش‌بینی ویژگی‌های جغرافیایی بدون هیچ اثر ثانوی استفاده می‌شود و در حال حاضر به یک روش پیش‌بینی مهم در تحقیقات جغرافیایی تبدیل شده است (۱۹). زنجیره مارکف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر را بیان کرده و از آن به عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد که به عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره‌های زمانی آینده مورد استفاده قرار

خواهد گرفت (۷). بر اساس احتمال شرطی فرمول بیز، پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی در مدل مارکف با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۱۹).

$$S(t+1) = p_{ij} \times s(t) \quad [1]$$

در این رابطه؛ $S(t)$ و $S(t+1)$ حالت‌های سیستم در زمان t و $t+1$ هستند، و P_{ij} ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

و در مقابل شبکه خودکار عاملی است که توانایی تغییر وضعیتش را بر اساس به کارگیری قانونی که وضعیت جدید را مطابق با وضعیت قبلی و وضعیت همسایگانش نشان می‌دهد داراست. از فیلتر CA برای توسعه یک فاکتور وزن‌دهی - مجاورت مکانی برای تغییر وضعیت سلول‌ها بر اساس وضعیت همسایه‌اش استفاده خواهد شد. بنابراین برای مرتفع ساختن مشکلات این دو روش، از روش CA-MARKOV استفاده می‌شود (۷).

نتایج

نقشه‌های کاربری اراضی برای سه دوره زمانی (سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱) در شکل‌های ۳ تا ۵ آورده شده است. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر در سال ۱۳۹۱ با برداشت نقاط کنترل زمینی (۲۰۰ نقطه)، از ماتریس خطا استفاده شد و ضریب کاپا ۰/۷۸ به دست آمد. همچنین برای سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۶۶ با تفسیر تصاویر ترکیب رنگی کاذب و مناطقی که طی زمان تغییر نکرده بودند (برای هر سال ۲۰۰ نقطه واقعیت زمینی)، با استفاده از ماتریس خطا صحت طبقه‌بندی تصاویر ارزیابی شدند و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۷۵ به دست آمد.

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره زمانی مورد مطالعه شد. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر کلاس و انتقال از یک کلاس به کلاس‌های دیگر است. با توجه به نتایج در دوره اول، تغییرات خالص کاهش مساحت در نواحی جنگل، اراضی بدلدن و رودخانه به ترتیب ۳۹۵۳/۷۵، ۵۰۸ و ۱۴ هکتار است. از طرفی تغییرات خالص افزایش مساحت در نواحی مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی به ترتیب ۴۲۲۴، ۹۳ و ۱۵۹ هکتار است (جدول ۱).

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad [۲]$$

$$(0 \leq P_{ij} < 1 \text{ and } \sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, (i, j = 1, 2, \dots, n))$$

مدل سلول‌های خودکار (CA)

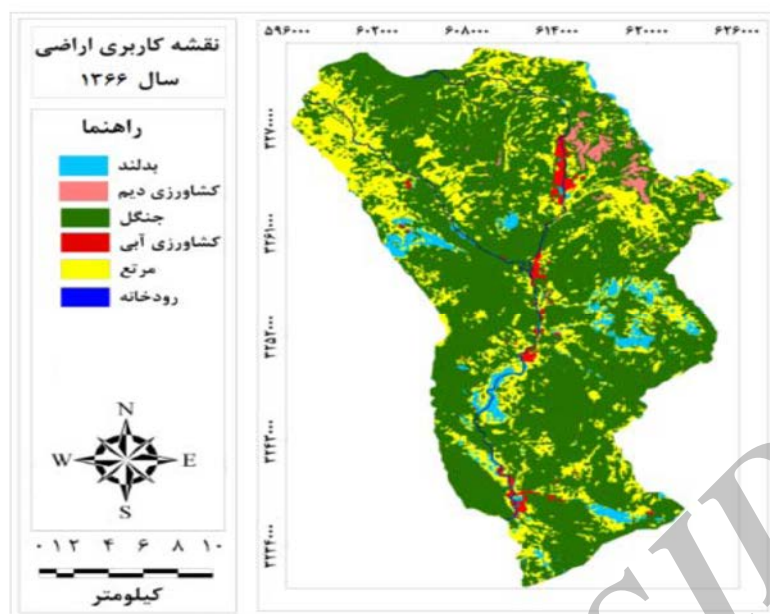
سلول‌های خودکار (اتوماتای سلولی) مدل‌های دینامیک گسسته‌ای هستند که در شبیه‌سازی گسترده وسیعی از فرآیندهای طبیعی و انسانی کاربرد دارند. در مدل سلول‌های خودکار، فضا به صورت یک شبکه تعریف می‌گردد که به هر خانه آن یک سلول گفته می‌شود. سلول‌های اتوماتای سلولی در زمان‌های گسسته به طور همزمان و بر طبق یک قانون محلی به‌هنگام می‌شوند. مقدار هر سلول بر اساس مقادیر سلول‌های همسایه و خود آن سلول تعیین می‌گردد (۱). مدل سلول‌های خودکار را می‌توان از رابطه ۳ به دست آورد (۱۹).

$$S(t, t+1) = f(S(t), N) \quad [۳]$$

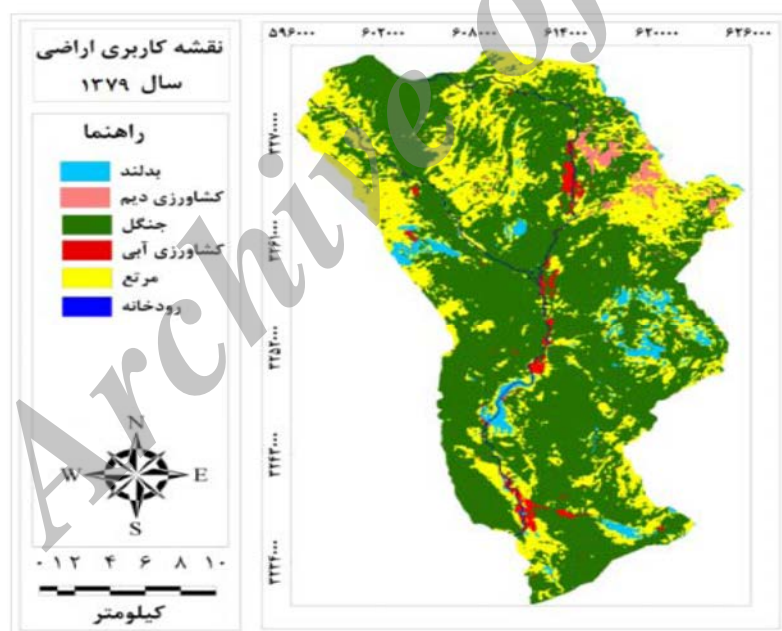
در این رابطه؛ S مجموعه محدود و مجزا از حالت‌های سلولی، N زمینه سلولی، t و t+1 نشان‌دهنده زمان‌های مختلف و f قوانین انتقال حالت‌های سلولی در فضای محلی است.

مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

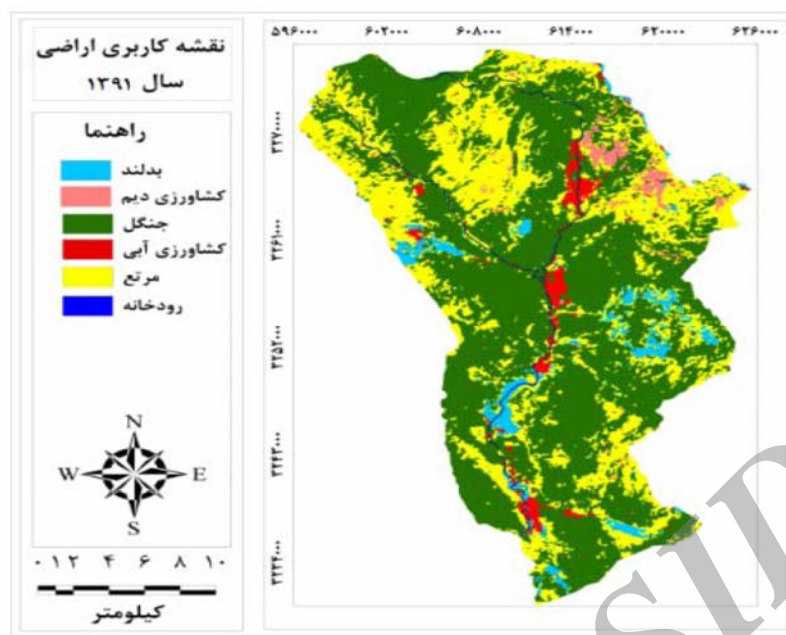
با اجرای مدل مارکوف چند تصویر احتمال ایجاد می‌شود. این تصاویر که از ماتریس احتمال انتقال به دست آمده اند، احتمال اینکه هر نوع از پوشش زمین در هر موقعیت مکانی در آینده پیدا شود را بیان می‌کنند. اگر چه احتمالات انتقال در هر کاربری دارای دقت زیادی است، اما اطلاعاتی از توزیع مکانی مربوط به کاربری‌ها وجود ندارد. بنابراین، مدل تصادفی مارکف فاقد هر گونه اطلاعات وابستگی مکانی است



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۶۶



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۷۹



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۹۱

جدول ۱. ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ بر مبنای هکتار

		نقشه سال ۱۳۶۶					نقشه سال ۱۳۷۹
مجموع	رودخانه	اراضی بدلند	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۴۸۱۹۹/۶۳	۷۷/۹۴	۱۶۰/۹۲	۴۱۳۰/۱	۱۵۶/۳۳	۲۱۳/۸۴	۴۳۴۶۰/۵۵	جنگل
۱۰۴۳/۲۸	۴۱/۳۱	۹۶/۵۷	۷۴/۸۸	۰	۶۱۴/۱۶	۲۱۶/۳۶	کشاورزی آبی
۱۱۳۵/۴۴	۰	۳/۳۳	۷/۸۳	۷۷۵/۲۶	۰	۳۴۹/۰۲	کشاورزی دیم
۲۴۵۸/۴۴	۵۳/۸۲	۲۰۲۶/۶۲	۲۲۲/۶۶	۰	۵/۱۳	۱۵۰/۲۱	اراضی بدلند
۲۰۵۰۵/۱۵	۷۱/۰۱	۶۰۴/۷۱	۱۱۷۸۹/۸۲	۱۱۱/۲۴	۲۷/۲۷	۷۹۰/۱/۱	مرتع
۸۶۷/۱۵	۶۳۷/۴۷	۷۴/۴۳	۵۵/۶۲	۰	۲۳/۴۹	۷۶/۱۴	رودخانه
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۸۱/۵۵	۲۹۶۶/۵۸	۱۶۲۸۰/۹۱	۱۰۴۲/۸۳	۸۸۳/۸۹	۵۲۱۵۳/۳۸	مجموع

در سال ۱۳۷۹ و تغییرات کاربری زمین در دوره ۱۲ ساله قبلی بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ متکی است. بعد از اجرای تحلیل زنجیره مارکف بر روی دو نقشه کاربری اراضی به دست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، یک ماتریس احتمال انتقال، ماتریس مساحت انتقال یافته، و چند تصویر احتمال شرطی ایجاد شد (جدول ۳ و ۴). در هر دو جدول زیر، ردیف نشان‌دهنده پوشش زمین دوره اول و ستون نشان‌دهنده پوشش زمین در دوره دوم است. تصاویر احتمال شرطی حاصل از

همچنین در دوره دوم کاهش مساحت در نواحی جنگل و رودخانه به ترتیب ۳۰۸۲ و ۳۵ هکتار، و افزایش مساحت در نواحی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع و بدلند به ترتیب ۷۱۶، ۹۶، ۱۸۷۲ و ۴۳۳ هکتار است (جدول ۲).

بعد از تولید نقشه‌های کاربری به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای دوره ۱۲ ساله اولیه یعنی سال ۱۳۷۹ از تحلیل زنجیره مارکف استفاده می‌شود. پیش‌بینی تغییرات با استفاده از تحلیل مارکف، به طور کلی بر وضعیت کاربری زمین

ادریسی یکی می‌شود. ماژول STCHOICE یک نقشه پوشش زمین تصادفی را با برآورد احتمالات شرطی که هر پوشش زمین می‌تواند در هر سلول در مقابل توزیع تصادفی همگن احتمالات وجود داشته باشد، ایجاد می‌کند. نتایج STCHOICE مشکل مدل تصادفی مارکف را بیان می‌کند (شکل ۶).

تحلیل زنجیره مارکف، از ماتریس احتمال انتقال به دست آمده است، احتمال اینکه هر نوع پوشش زمین در هر موقعیت مکانی در آینده پیدا شود را بیان می‌کند که بر اساس دو تصویر پوشش زمین قبلی نقشه‌سازی شده است. در نهایت ۶ تصویر احتمال شرطی با استفاده از ماژول STCHOICE در نرم‌افزار

جدول ۲. ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ بر مبنای هکتار

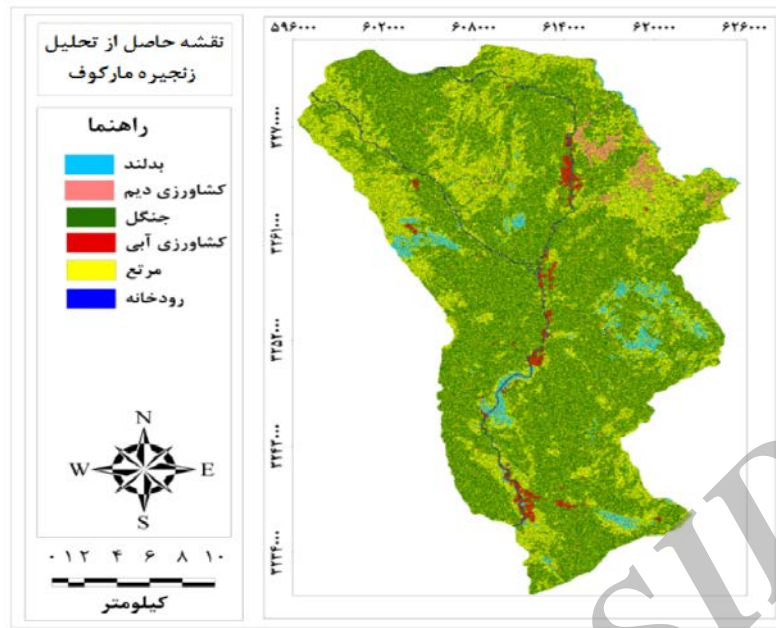
نقشه سال ۱۳۷۹							نقشه سال ۱۳۹۱
مجموع	رودخانه	اراضی بدلدن	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۴۵۱۱۷/۶۳	۱۰۷/۹۱	۸۹/۱۹	۲۱۰۱/۶۸	۳۰/۸۷	۹۶/۳	۴۲۶۹۱/۶۸	جنگل
۱۷۵۹/۵	۵۹/۷۹	۴۵/۸۱	۲۰۶/۲۸	۱/۰۸	۸۰۲/۶۲	۵۹۲/۹۲	کشاورزی آبی
۱۲۳۱/۵۶	۰	۰	۱۵۸/۵۸	۸۵۲/۲۱	۰	۲۲۰/۷۷	کشاورزی دیم
۲۲۳۷۶/۹۷	۷۷/۴	۱۷۳/۰۷	۱۷۳۳۱/۲۱	۲۴۷/۲۳	۳۴/۸۳	۴۵۱۳/۲۳	مرتع
۲۸۹۱/۱۶	۵۵/۷۱	۲۱۰۵/۱	۵۶۶/۶۴	۴/۰۵	۶۳/۶۳	۹۶/۰۳	اراضی بدلدن
۸۳۲/۳۲	۵۶۹/۳۴	۴۵/۲۷	۸۶/۷۶	۰	۴۵/۹	۸۵/۰۵	رودخانه
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۶۷/۱۵	۲۴۵۸/۴۴	۲۰۵۰۵/۱۵	۱۱۳۵/۴۴	۱۰۴۳/۲۸	۴۸۱۹۹/۶۸	مجموع

جدول ۳. ماتریس احتمال انتقال

رودخانه	اراضی بدلدن	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۵۰	۰/۲۶۵۱	۰/۰۱۱۷	۰/۰۰۷۳	۰/۷۰۸۳	جنگل
۰/۰۳۵۷	۰/۰۰۷۸	۰/۰۴۱۴	۰/۰۰۰۰	۰/۵۹۰۶	۰/۳۲۴۶	کشاورزی آبی
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۱۵۳۰	۰/۶۳۱۹	۰/۰۰۰۰	۰/۲۱۵۱	کشاورزی دیم
۰/۰۰۴۸	۰/۰۱۹۱	۰/۶۱۵۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۶۴	۰/۳۵۳۶	مرتع
۰/۰۳۳۲	۰/۵۸۰۷	۰/۲۶۹۸	۰/۰۰۱۵	۰/۰۴۳۱	۰/۰۷۱۸	اراضی بدلدن
۰/۶۱۴۷	۰/۰۸۵۰	۰/۱۱۲۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۵۲	۰/۱۲۳۰	رودخانه

جدول ۴. ماتریس مساحت انتقال یافته

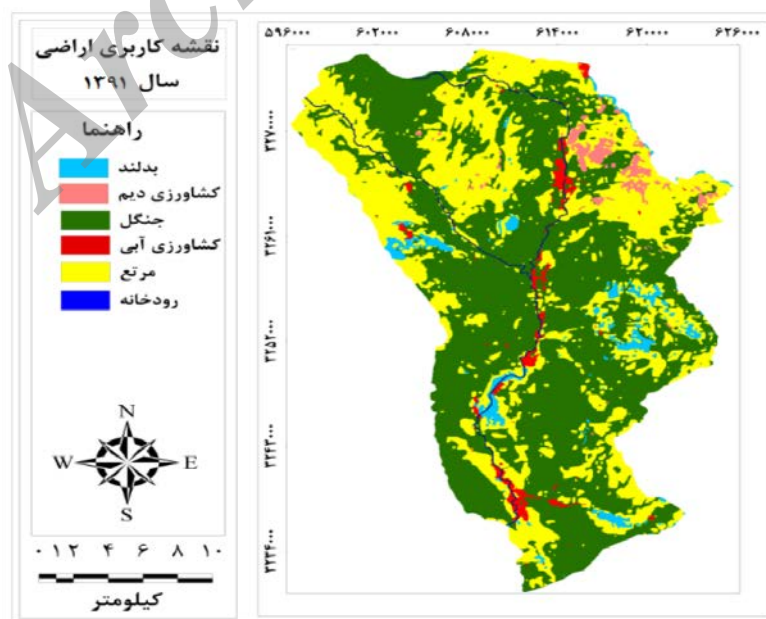
رودخانه	اراضی بدلدن	مرتع	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۱۳۶۸	۲۶۹۹	۱۴۱۹۸۱	۶۲۷۲	۳۸۸۸	۳۷۹۳۴	جنگل
۴۱۳	۹۰	۴۸۰	۰	۶۸۴۶	۳۷۶۲	کشاورزی آبی
۰	۰	۱۹۳۱	۷۹۷۲	۰	۲۷۱۳	کشاورزی دیم
۱۰۸۵	۴۳۴۳	۱۴۰۲۳۹	۱۵۳	۱۴۶۰	۸۰۵۵۵	مرتع
۹۰۷	۱۵۸۶۲	۷۳۶۹	۴۱	۱۱۷۷	۱۹۶۱	اراضی بدلدن
۵۹۲۲	۸۱۹	۱۰۸۰	۰	۶۲۸	۱۱۸۶	رودخانه



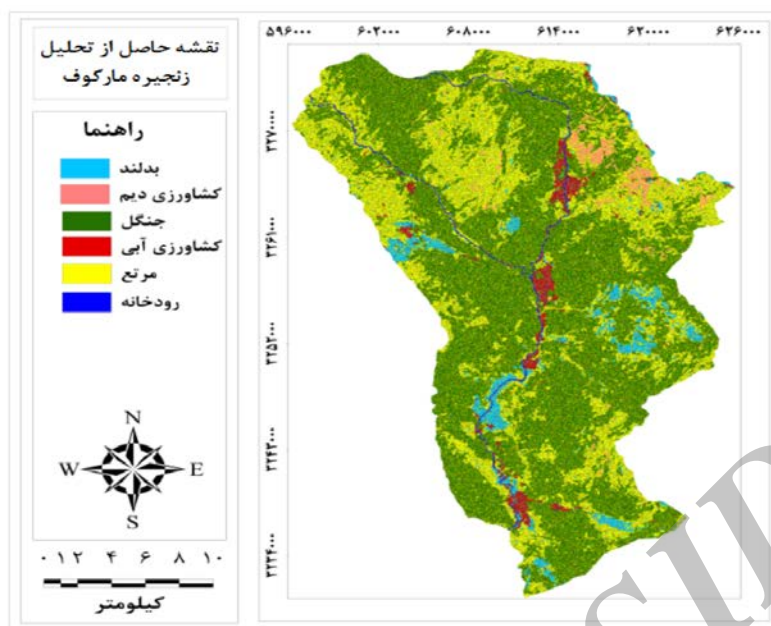
شکل ۶. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۳۹۱ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف

ضریب کاپای حاصل از ماتریس خطا بین نقشه به دست آمده از مدل‌سازی و نقشه کاربری اراضی به دست آمده از تصویر لندست سال ۱۳۹۱، ۷۵ درصد به دست آمد. برای ایجاد سناریوی آینده در سال ۱۴۰۳، با استفاده از تغییرات رخ داده در دوره دوم، مدل مارکف بر روی نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ اجرا شد (شکل ۸).

در اینجا به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده مدل CA-Markov، از جدول مساحت انتقال یافته و تصاویر احتمال شرطی استفاده می‌شود. شکل ۷ نقشه پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۱ را با استفاده از مدل تلفیقی CA-Markov نشان می‌دهد. نقشه کاربری اراضی حاصل از مدل‌سازی را می‌توان با نقشه کاربری اراضی به دست آمده از تصویر لندست سال ۱۳۹۱ به عنوان مرجع، مقایسه کرد.



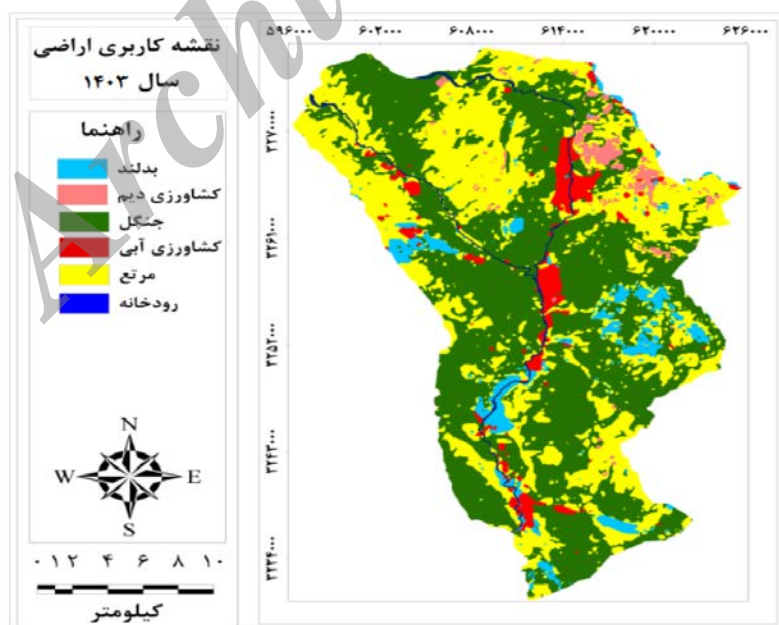
شکل ۷. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۳۹۱ با استفاده از مدل CA-Markov



شکل ۸. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۴۰۳ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف

می‌دهد که ۶۳۵۴ هکتار کاهش اراضی جنگلی خواهیم داشت، همچنین افزایش مساحت در اراضی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، بدلند و رودخانه به ترتیب ۱۲۸۰، ۳۱۷، ۳۷۹۳، ۷۷۰ و ۱۹۴ هکتار خواهد بود.

سپس با استفاده از مساحت انتقال یافته و تصاویر احتمال شرطی به دست آمده، مدل CA-Markov به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۳ اجرا شد (شکل ۹). مقایسه نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۴۰۳ و نقشه سال ۱۳۹۱، نشان



شکل ۹. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۴۰۳ با استفاده از مدل CA-Markov

بحث و نتیجه‌گیری

به اراضی مرتعی تبدیل می‌گردد. مقایسه نقشه پیش بینی شده سال ۱۴۰۳ و نقشه سال ۱۳۹۱، نشان می‌دهد که کاهش اراضی جنگلی خواهیم داشت. با توجه به شکنندگی اکوسیستم جنگل و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، انتظار می‌رود که این تغییرات ایجاد شود. بنابراین می‌توان این گونه بیان کرد که با توجه به کمبود قوانین صریح در زمینه تغییر کاربری اراضی در کشور، نسبت به بررسی قوانین پیشگیرانه در زمینه تغییر کاربری بویژه در زمینه تخریب جنگل اقدام گردد. نتایج این مطالعه گویای این است که تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در اجرای مدل‌های ارزیابی تغییرات مکانی - زمانی کاربری اراضی، به منظور آگاهی از نوع و درصد کاربری اراضی و میزان تغییرات آنها، در منابع طبیعی و بخش‌های دیگر بسیار کارآمد است. همچنین به عنوان یک پارامتر مدیریتی می‌تواند برنامه ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید.

منابع مورد استفاده

- اسلمی، ف.، ا. قربانی، ب. سبجانی و م. پناهنده. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبانی و شی‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندسست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۶۳): ۱-۱۴.
- آذر مهر، م. ر.، م. س. مسگری و م. کریمی. ۱۳۸۹. مدل‌سازی مکانی زمانی بیماری مالاریا با استفاده از Geographic Information System و روش Cellular Automata. فصلنامه بیماری‌های عفونی و گرمسیری وابسته به انجمن متخصصین بیماری‌های عفونی و گرمسیری، (۱۵): ۶۱-۶۹.
- جباری، م. ک. و س. احمدی. ۱۳۹۱. مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلول‌های خودکار. (ترجمه)، انتشارات آذر کلک، زنجان. ۲۰۰ صفحه.
- حیدریان، پ.، ک. رنگزن، س. ملکی و ا. تقی‌زاده. ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی

بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی نیاز به الگوها و مدل‌های منطقه دارد، تا ضمن رعایت دستورالعمل‌های مدل‌های اکولوژیک، بهره‌برداری پایدار نیز مد نظر قرار گیرد. بی‌گمان بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مطالعات محیطی برآورد دقیق، صحیح، سریع و اقتصادی این تغییرات غیرممکن است. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی مطالعات پیشین و نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان این گونه بیان کرد که به دلیل اشراف کلی تصاویر ماهواره‌ای بر پدیده‌ها و منابع زمین، استفاده از آنها در تجزیه و تحلیل‌های مکانی و زمانی نقش عمده‌ای بازی می‌کند. همچنین پژوهش حاضر در مقایسه با مطالعات پیشین مانند مطالعه چانگ چنگ و چانگ جویی در سال ۲۰۰۶ (۱۳) که هر دوره زمانی را ۳ ساله در نظر گرفته‌اند، روند معتبرتری را در پیش گرفته است زیرا دوره‌های زمانی این مطالعه ۱۲ ساله بوده و این دوره زمانی برای پایش تغییرات و پیش‌بینی بر مبنای آن بسیار منطقی‌تر است. در این مطالعه با توجه به نتایج دوره اول، تغییرات خالص کاهش مساحت در نواحی جنگل، اراضی بدلند و رودخانه و تغییرات خالص افزایش مساحت در نواحی مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی است (جدول ۳). همچنین در دوره دوم کاهش مساحت در نواحی جنگل و رودخانه و افزایش مساحت در نواحی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مرتع است (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که کاهش چشمگیری در ناحیه جنگل صورت گرفته است. این کاهش مساحت به دلیل قطع جنگل توسط دامداران و روستائیان از یک طرف و حضور دام در جنگل و چرای مفرط در جنگل از طرف دیگر باعث عدم موفقیت زادآوری می‌شود. همچنین پوشش جنگلی در مکان‌هایی که امکان آبیاری وجود دارد مانند حاشیه رودخانه و زمین‌های مجاور چاه‌های آب به کشت آبی (زراعت یا باغ) تبدیل می‌شود، در مکان‌هایی که امکان آبیاری وجود ندارد و امکان شخم زدن وجود دارد به اراضی کشت دیم تبدیل می‌شود و در جاهایی که امکان شخم و کشاورزی یا به دلیل محدودیت شخم و وجود شیب و یا به دلیل دوری از روستاها

- of Geographical Research, 45(1): 45-57.
14. Costanza R, Ruth M. 1998. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management*, 22(2): 183-195.
 15. Eastman J.R. 2006. IDRISI Andes. Tutorial. Clark-Labs, Clark University, Worcester, 284 pp.
 16. Li X, Yeh AG-O. 2000. Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2): 131-152.
 17. Lu D, Mausel P, Brondizio E, Moran E. 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2401.
 18. Mitsova D, Shuster W, Wang X. 2011. A cellular automata model of land cover change to integrate urban growth with open space conservation. *Landscape and Urban Planning*, 99(2): 141-153.
 19. Sang L, Zhang C, Yang J, Zhu D, Yun W. 2011. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3): 938-943.
 20. Seto KC, Woodcock C, Song C, Huang X, Lu J, Kaufmann R. 2002. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23(10): 1985-2004.
 21. Verburg PH, Schot PP, Dijst MJ, Veldkamp A. 2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61(4): 309-324.
 22. Verburg PH, Soepboer W, Veldkamp A, Limpiada R, Espaldon V, Mastura SS. 2002. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental Management*, 30(3): 391-405.
 23. Wang S, Zheng X, Zang X. 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13(1): 1238-1245.
 24. Yang X, Zheng X-Q, Lv L-N. 2012. A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological Modelling*, 233: 11-19.
- شهر تهران). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۴): ۱-۱۰.
۵. درویش صفت، ع. ا.، م. پیرباوقار و م. رجبپور رحمتی. ۱۳۹۲. سنجش از دور برای مدیران GIS. (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ دوم، ۷۱۰ صفحه.
 ۶. زارع گاریزی، آ.، و. ب. شیخ، س. امیر و ع. سلمان ماهینی. ۱۳۹۰. شبیه سازی مکانی - زمانی تغییرات گستره جنگل در آبخیز چهل چای استان گلستان با استفاده از مدل تلفیقی سلول های خودکار و زنجیره مارکوف. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۲): ۲۷۳-۲۸۵.
 ۷. سلمان ماهینی، ع. ر. و ح. ر. کامیاب. ۱۳۹۰. سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم افزار ایدرسی. (ترجمه)، انتشارات مهر مهدیس، تهران، ۵۹۶ صفحه.
 ۸. ضیائیان، پ.، ع. شکیبا، ع. ا. متکان و ع. صادقی. ۱۳۸۸. سنجش از دور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل سلول های خودکار (CA) به عنوان ابزاری برای شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: شهر شهرکرد). *مجله علوم محیطی*، ۱(۷): ۱۳۳-۱۴۸.
 ۹. علیزاده ربیعی، ح. ۱۳۸۰. سنجش از دور (اصول و کاربرد). انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)، تهران، ۲۹۲ ص.
 ۱۰. علیمحمدی سراب، ع.، ع. ا. متکان و ب. میرباقری. ۱۳۸۷. ارزیابی کارایی مدل سلول های خودکار در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران. برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ۱۴(۲): ۸۱-۱۰۲.
 ۱۱. میرزایی زاده، و.، م. نیک نژاد و ج. اولادی قادیکلایی. ۱۳۹۴. ارزیابی الگوریتم های طبقه بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۳(۳): ۲۹-۴۴.
 ۱۲. نیازی، ی.، م. ر. اختصاصی، ح. ملکی نژاد، س. ز. حسینی و ج. مرشدی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). *مجله جغرافیا و توسعه*، ۸(۲۰): ۱۱۹-۱۳۲.
13. Chang CL, Chang JC. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *Journal*



Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Kohmare Sorkhi, Fars province)

S. Aizi Ghalaty^{1*}, K. Rangzan², J. Sadidy³, P. Heydarian¹, A. Taghizadeh⁴

1. MSc. Graduated of Remote Sensing and Geographic Information System, Shahid Chamran University of Ahvaz

2. Assoc. Prof. College of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

3. Assis. Prof. College of Geographical Sciences, Kharazmi University

4. Lecturer, College of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 April 2015

Accepted 20 October 2015

Available online 29 March 2016

Keywords:

Landuse change detection

Modeling

Prediction

CA-Marcov

ABSTRACT

Land use changes act as a significant factor in the environmental changes and have become a global threat. Monitoring and prediction these changes by satellite images and models can help the planners and managers to make more conscious planning decisions. In this regard, the current research aimed to monitor, model and predict land use changes using CA-Markov model in Kohmare Sorkhi region, Fars province in 2024 for a period of 25 years (1987-2012). To implement the mentioned model, the land use map was first prepared by ETM⁺ and TM sensors during three years (1987, 2000, 2012). Then, validation of maps and change detection process were performed. The results of change detection for the first period (1987-2000) and second period (2000-2012) with an accuracy of 83% and Kappa index of 88% have shown the greatest increase in the rangeland area (4224.24 ha) and the greatest decrease in the forest area (3953.75 ha). In the next stage, in order to calibrate the CA-Markov model, land use map for 2012 was predicted; on the other hand, regarding Error Matrix between the modeling land use map and the reference land use map, the Kappa index was given as 75%. Finally, considering the previous stage, the land use map for the outlook of 2024 was predicted. The final results for 2024 indicated that the forest area would endure the great amount of changes in comparison with 2012. The forests would change into the irrigated agricultural area and rangelands which can be considered in sustainable development planning by decision makers.

* Corresponding author e-mail address: saraazizi353@yahoo.com