

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دشت مهران با استفاده از مدل سلول‌های خودکار - مارکوف

زاهده حیدری‌زادی^۱، عبدالرضا محمدی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۲۴

چکیده

ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در سال‌های گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در آینده، عاملی مهم در برنامه‌ریزی‌های مختلف و مدیریت منابع است. از این‌رو هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات کاربری اراضی دشت مهران در سال‌های گذشته و همچنین امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل سلول‌های خودکار - مارکوف است. به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM⁺ سال ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه استفاده گردید و نقشه‌های کاربری جداگانه‌ای برای هر سال تهیه شد. سپس به منظور بررسی اعتبار و کالیبره کردن مدل، نقشه کاربری سال ۲۰۱۵ شبیه‌سازی شد. ارزیابی میزان تطابق نقشه شبیه‌سازی شده و نقشه واقعی با ضریب کاپای ۰/۷۹ نشان داد که مدل سلول‌های خودکار - مارکوف، مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است. سپس نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۸ پیش‌بینی و تهیه شد. نتایج نشان داد که در فاصله سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵ به میزان ۶۷۷۸ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی افزوده شده و مراتع خیلی فقیر نیز افزایش ۵۹۶۱ هکتاری داشته‌اند. در مقابل سطح مراتع فقیر به میزان ۱۵۳۴ هکتار کاهش داشته است. نتایج پیش‌بینی نشان داد که در طی ۱۳ سال آینده به میزان ۱۱۷۷ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی افزوده خواهد شد و در مقابل از وسعت اراضی مرتعی فقیر به میزان ۱۹۵۰ هکتار کاسته خواهد شد. سطح اراضی بایر نیز افزایش ۳۸۹ هکتاری خواهند داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تغییرات کاربری اراضی در جهت تخریب عرصه‌های منابع طبیعی بوده است؛ از این‌رو حفاظت بیشتر از منابع طبیعی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب برای کنترل تغییرات غیراصولی بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد.

کلمات کلیدی: کاربری اراضی، مدل سلول‌های خودکار - مارکوف، شبیه‌سازی، ضریب کاپا، دشت مهران.

۱. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه ایلام

۲. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه ایلام، نویسنده مسئول / Email: Reza7627@yahoo.com

مقدمه

به موارد زیر اشاره کرد:

علی محمدی و همکاران (۲۰۱۰) در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در حومه تهران، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و زنجیره مارکوف در سال‌های ۱۹۷۶ و ۱۹۸۸ و ۲۰۰۰ به این نتیجه رسیدند که گسترش بی‌رویه مناطق کوهستانی و تخریب اراضی کشاورزی در منطقه به وقوع پیوسته است. از طریق کالیبره کردن مدل برای سال ۲۰۰۰ با استفاده از داده‌های نقشه‌ای موجود، نتایج کار برای سال ۲۰۱۲ در منطقه مورد بررسی نیز پیش‌بینی شد.

آریا و کاربال^۸ (۲۰۱۰) برای شبیه‌سازی مکانی رشد شهری از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۶ استفاده کردند. نتایج نشان داد که مناطق شهری طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶، ۹۱/۱۱ درصد افزایش داشته‌اند. نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۰ نیز حاکی از افزایش این مناطق طی سال‌های آتی است.

سودی^۹ و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی کاربرد مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار در پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی پرداختند. نتایج حاکی از دقت قابل قبول مدل بود. همچنین نتایج افزایش ۴۷/۳ تا ۴۹/۴ درصدی در مناطق شهری، و ۳/۷ تا ۵ درصدی امکانات حمل و نقل را طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ نشان داد. مناطق کشاورزی در طی این دوره کاهش بین ۱۴/۴ تا ۱۲/۳ خواهند داشت.

فتحی‌زاد و همکاران (۲۰۱۵) به منظور ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی از مدل مارکوف استفاده کردند. در این تحقیق، تغییرات پوشش در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۵ بررسی شد و سپس این تغییرات برای سال ۲۰۲۱ پیش‌بینی شد. نتایج حاکی از دقت ۸۳ درصدی مدل بود.

عزیزی قلاتی و همکاران (۲۰۱۶) روند تغییرات مکانی کاربری اراضی را با استفاده از مدل مارکوف و سلول‌های خودکار در منطقه کوهمره سرخی استان فارس پیش‌بینی کردند. ایشان در این تحقیق از تصاویر سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ برای بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده کردند و سپس نقشه پوشش

رشد روزافزون جمعیت فشار بر عرصه‌های طبیعی را افزایش داده و بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌ها سبب تخریب اکوسیستم‌ها شده است (لو و ونگ^۱، ۲۰۰۷). به‌طور کلی تغییرات اقلیمی و عوامل تکنولوژیکی و اقتصادی مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در تغییر کاربری در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی هستند (کومن^۲، ۲۰۰۷). نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی یکی از فاکتورهای اساسی در مطالعات منابع طبیعی بوده و آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف برای شناخت و مدیریت پایدار یک منطقه حائز اهمیت است (علیزاده ربیعی، ۲۰۰۱). داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققان برای تهیه نقشه کاربری است (پال و مازر^۳، ۲۰۰۵). 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 و رشد شهری است (وربرگ و همکاران^۴، ۲۰۰۴). استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای به‌وسیله طبقه‌بندی، از پرکاربردترین روش‌های موجود است (میرزایی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۵). با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی کرد. یکی از فنون اندازه‌گیری و شبیه‌سازی رشد شهری و تغییرات کاربری اراضی، مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار^۵ است. با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، نسبت تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها در آینده فراهم می‌شود (مولر و میدلتون^۶، ۱۹۹۴). با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص، و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (هاتوت^۷، ۲۰۰۲).

مطالعات زیادی با استفاده از این مدل به‌منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی صورت گرفته است که از جمله می‌توان

1. Lu & Weng
2. Koomen
3. Pal and Mather
4. Verburg
5. CA_Markov Model
6. Muller & Middleton
7. Hathout

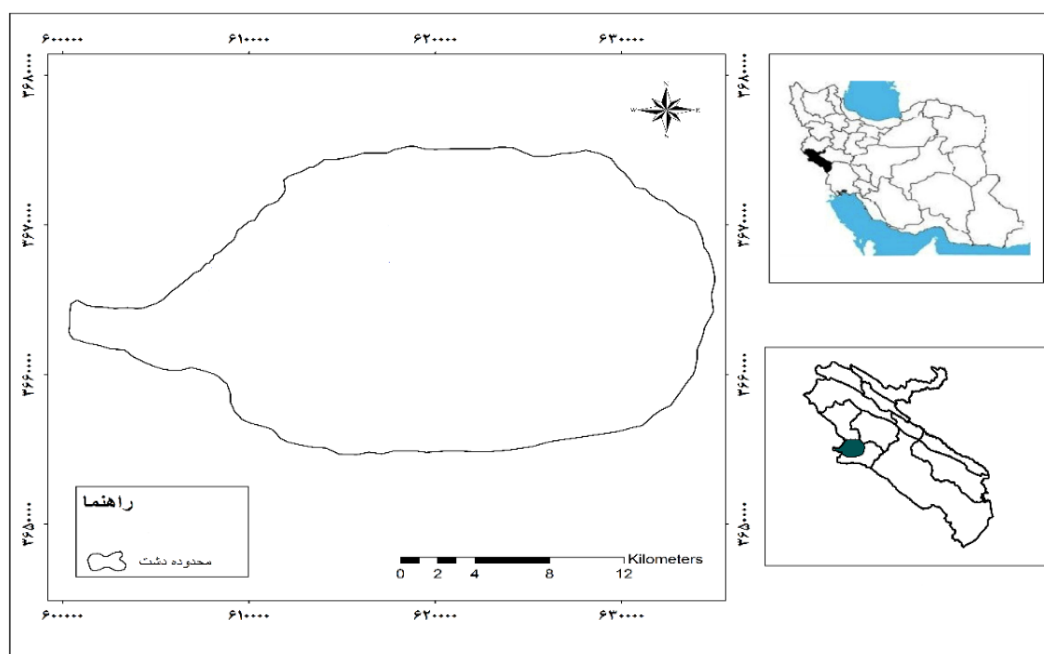
کنترل تغییرات غیراصولی و مدیریت بهتر منابع طبیعی فراهم کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مهران در جنوب غربی ایلام به مساحت ۴۹۵ کیلومتر مربع قرار دارد که در محدوده جغرافیایی ۳۳° ۰۳' تا ۱۳' عرض شمالی و ۴۶° ۰۵' تا ۴۶° ۱۵' طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). بر اساس نتایج به دست آمده از ایستگاه مهران متوسط دمای سالانه دشت حدود ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی آن ۲۱۵ میلی‌متر در سال است. از لحاظ وضعیت اقلیمی این منطقه جزو مناطق نیمه‌خشک معتدل است.

اراضی برای چشم‌انداز ۲۰۲۴ با استفاده از مدل مذکور پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات در ناحیه جنگل بوده است و به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل می‌شود.

در طی سال‌های اخیر تغییرات کاربری اراضی در استان ایلام به‌ویژه در دشت مهران روند رو به افزایشی داشته است؛ از این‌رو هدف از انجام این تحقیق، تعیین میزان و شدت تغییرات کاربری اراضی و آشکارسازی این تغییرات طی سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ در دشت مهران و همچنین پیش‌بینی این تغییرات در طی ۱۳ سال آینده است تا بتوان با بررسی مقدار تغییر و روند تخریب در سال‌های گذشته از تخریب بیشتر عرصه‌های طبیعی جلوگیری نموده و همچنین با پیش‌بینی تغییرات در آینده، زمینه را برای



شکل (۱): موقعیت منطقه مهران در استان ایلام و ایران

دیگر موارد ناشی از آن می‌باشند، بنابراین لازم است پردازش‌های خاصی روی آن‌ها صورت گیرد تا قابل استفاده شوند (فرج‌الهی و همکاران، ۲۰۱۵). از این‌رو تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی تصاویر چند زمانه استفاده شده در تحقیق توسط نرم‌افزار ENVI 4.7 اعمال شد. برای انجام تصحیح هندسی نقاط کنترل با پراکنش مناسب از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و بر سطح تصویر پیاده شد. برای تصحیح خطاهای اتمسفری نیز از

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM و ETM⁺ سال ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست به شماره ۳۷-۱۶۷ برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه استفاده شد.

اطلاعات ماهواره‌ای در ابتدا دارای خطاهای ژئومتری و رادیومتری هستند که این خطاها متأثر از وضعیت ماهواره، سنجنده، شرایط جوی و خطاهای هنگام ثبت، انتقال اطلاعات و

شد. با مقایسه کاربری اراضی سال ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ و با استفاده از روش زنجیره‌های مارکوف و مدل اتوماسیون سلولی (Cellular Automata) به شبیه‌سازی و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری‌ها برای سال‌های آتی پرداخته شده است. از نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ برای شبیه‌سازی نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۱۵ استفاده می‌شود. سپس برای اعتبارسنجی مدل، نقشه کاربری اراضی شبیه‌سازی شده سال ۲۰۱۵ با نقشه واقعی حاصل از طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای همان سال مورد مقایسه قرار می‌گیرد و ضریب کاپای آن محاسبه می‌شود و سپس نقشه پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۸ به دست می‌آید. در این تحقیق، به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی از ضرایب دقت کلی و کاپا استفاده شد. دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$OA = 1/n \sum p_{ii} \quad (1)$$

که در آن OA دقت کلی، n تعداد پیکسل‌های آزمایشی و $\sum p_{ii}$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطاست.

در محاسبه ضریب کاپا پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی نشده‌اند نیز دخالت داده می‌شوند. به همین دلیل ضریب کاپا به عنوان یک معیار مناسب پیشنهاد شده است. ضریب کاپا طبق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$Kappa = \frac{p_o - p_c}{1 - p_c} \times 100 \quad (2)$$

که در آن p_o درستی مشاهده شده و p_c توافق مورد انتظار است. زنجیره مارکوف، دنباله‌ای از فرایندهای تصادفی است که در آن، نتیجه هر فرایند در هر زمان، تنها به نتیجه فرایند در زمان مجاور بستگی دارد (نورس، ۱۹۹۷). این مدل یک ابزار توصیفی کلیدی دارد و آن ماتریس انتقالات است (ارسنجان، ۲۰۱۳). یک زنجیره مارکوف دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی X_1, X_2, X_3, \dots است که خاصیت مارکوف دارند (رابطه ۳).

$$Pr(X_{n+1} = x_{n+1} | X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) = Pr(X_{n+1} = x_{n+1} | X_n = x_n)$$

مقادیر ممکن برای X_i ، یک مجموعه قابل شمارشی را

تکنیک کاهش پیکسل‌های تاریک استفاده شد با این فرضیه که پیکسل تاریک با حداکثر احتمال، کمترین میزان انعکاس طیفی را داشته است (نقیبی و همکاران، ۲۰۰۹).

به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی پس از بررسی خطاهای هندسی و اتمسفری با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده^۱ و الگوریتم حداکثر احتمال^۲ که بنابر نتایج تحقیقات تحقیقات پیشین از صحت و دقت بالاتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار بود، تصاویر پردازش شدند (پاک‌پرور و همکاران، ۲۰۱۲؛ کولهن^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). به این منظور، بر اساس بررسی‌های میدانی صورت گرفته و نیز مبنا قرار دادن سطح اول طبقه‌بندی، برای جداسازی طبقات کاربری/ پوشش سرزمین به تهیه نمونه‌های تعلیمی پرداخته شد. در این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به اینکه نمونه‌های تعلیمی به عنوان نسبتی از کل تصویر، نمایانگر یک تا پنج درصد پیکسل‌ها هستند (ریچارد و جیا^۴، ۱۹۹۹) در مجموع ۵ تا ۱۰ درصد از کل پیکسل‌های تصویر به عنوان نمونه‌های تعلیمی انتخاب شدند. از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ (تهیه شده توسط اداره منابع طبیعی استان ایلام) و تصاویر حاصل از گوگل ارث نیز استفاده شد تا در نهایت نقشه‌های پوشش برای منطقه مورد مطالعه تهیه شود. برای انجام این کار نمونه‌های آموزشی (مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، بستر رودخانه، اراضی بایر و اراضی مرتعی فقیر و خیلی فقیر) برای هر کدام از کلاس‌ها به صورت تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. شایان ذکر است که انتخاب کاربری مرتع فقیر و خیلی فقیر براساس تراکم پوشش گیاهی منطقه بوده است. سپس میزان صحت نقشه‌های تهیه شده، با مقایسه نقشه‌ها با اطلاعات واقعیت زمینی و مناطقی که طی زمان تغییر نکرده بودند ارزیابی شدند. برای شناسایی تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزار Idrisi استفاده

1. supervised classification
2. Maximum Likelihood
3. Koolhoven
4. Richards & Jia

طریق فیلتر مکانی CA یا نقشه‌های شایستگی کنترل می‌شوند (ایستمن^۳ و همکاران، ۲۰۰۵).

مهم‌ترین معیار برای ارزیابی دقت شبیه‌سازی در این تحقیق، میزان اشتراک موجود بین لایه پیش‌بینی و واقعیت موجود در منطقه در نظر گرفته شد، ضمن ای که برای ارزیابی دقت از ضریب کاپا و دقت کلی نیز استفاده شد.

نتایج

پس از اعمال تصحیحات اتمسفری و هندسی بر روی تصویر، با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال نتایج به صورت نقشه تهیه شد. در نهایت مساحت هر کاربری برحسب هکتار محاسبه و مقایسه شد. اشکال ۲ تا ۴ نشان‌دهنده نقشه کاربری اراضی استخراج شده از روش مذکور در سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ است.

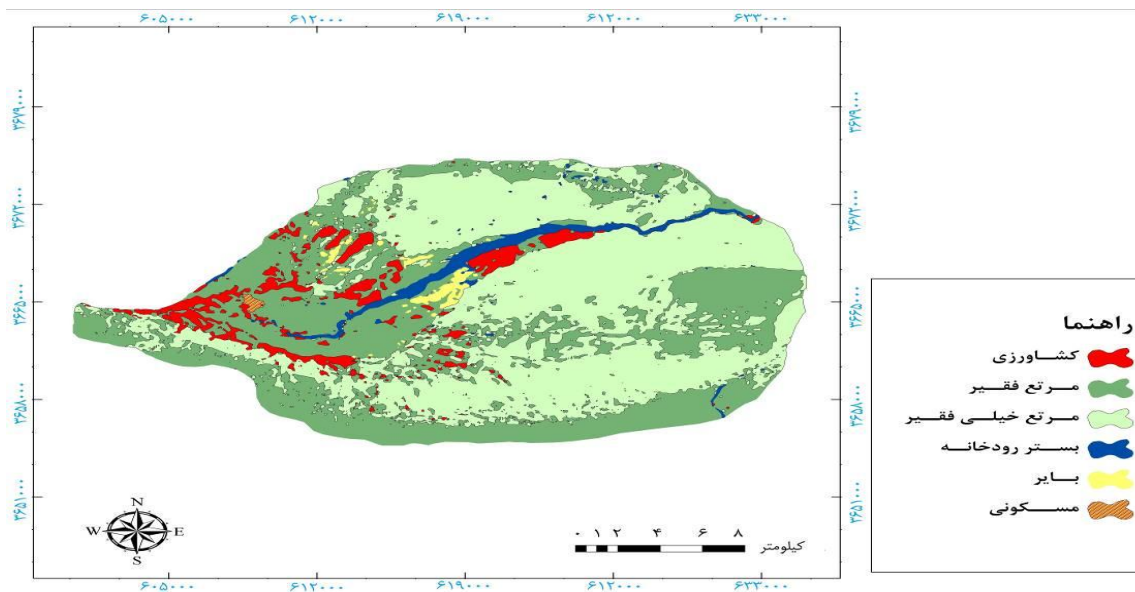
می‌سازند که فضای حالت نام دارد. زنجیره مارکوف مجموعه‌ای از حالات ممکن تعریف می‌شود که این فرایند از یک وضعیت شروع شده و به‌طور متوالی از وضعیتی به وضعیت دیگری جابه‌جا می‌شود و هرکدام یک گام تلقی می‌شود (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۱).

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به‌طوری که بر اساس حداکثر احتمال پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود.

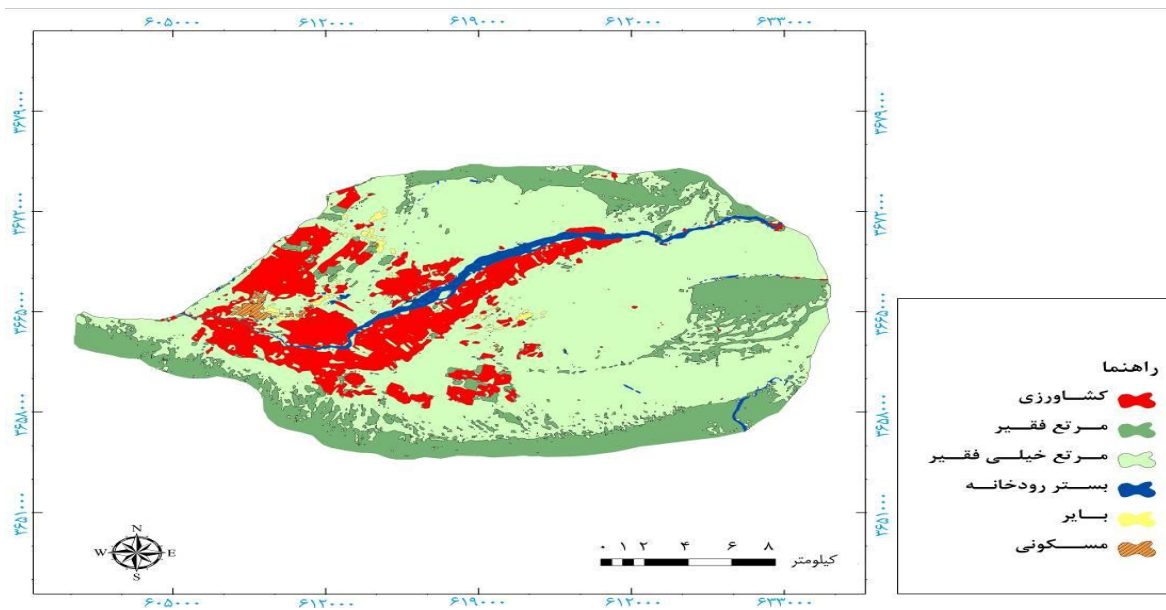
مدل CA^۲ سیستمی دینامیک است که از شبکه سلولی، وضعیت سلول، همسایگی، قوانین انتقال و زمان تشکیل شده است. در این مدل فضا به واحدهای فضایی با اشکال منظم یا غیرمنظم (سلول) و زمان به دوره‌های ناپیوسته‌ای تقسیم می‌شود. هر یک از سلول‌ها دارای یک وضعیت (از بین چند وضعیت ممکن) است. حالت هر سلول در زمان $t+1$ به وسیله حالت سلول‌های همسایگی در زمان t و مطابق قوانین از پیش تعریف شده تعیین می‌گردد. مدل CA به دلیل قرابت طبیعی با داده‌های رستری، در GIS مورد توجه قرار گرفته است.

مدل CA_Markov تلفیقی از سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف است. زنجیره مارکوف و CA هر دو در واقع مدل دینامیک گسسته در زمان و موقعیت‌اند. مشکل ذاتی زنجیره مارکوف این است که اطلاعات و موقعیت مکانی را در نظر نمی‌گیرد. احتمال تبدیل ممکن است روی هر گروه پایه با صحت و دقت همراه باشد، اما فاقد دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربری زمین است و به عبارتی مؤلفه مکانی در خروجی مدل وجود ندارد. به همین سبب از CA برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل استفاده می‌شود. در این مدل، پروسه زنجیره مارکوف تغییرات زمانی را در میان کلاس کاربری/ پوشش زمین بر اساس احتمالات تبدیل کنترل می‌کند، درحالی که تغییرات مکانی به وسیله قوانین محلی تعیین شده از

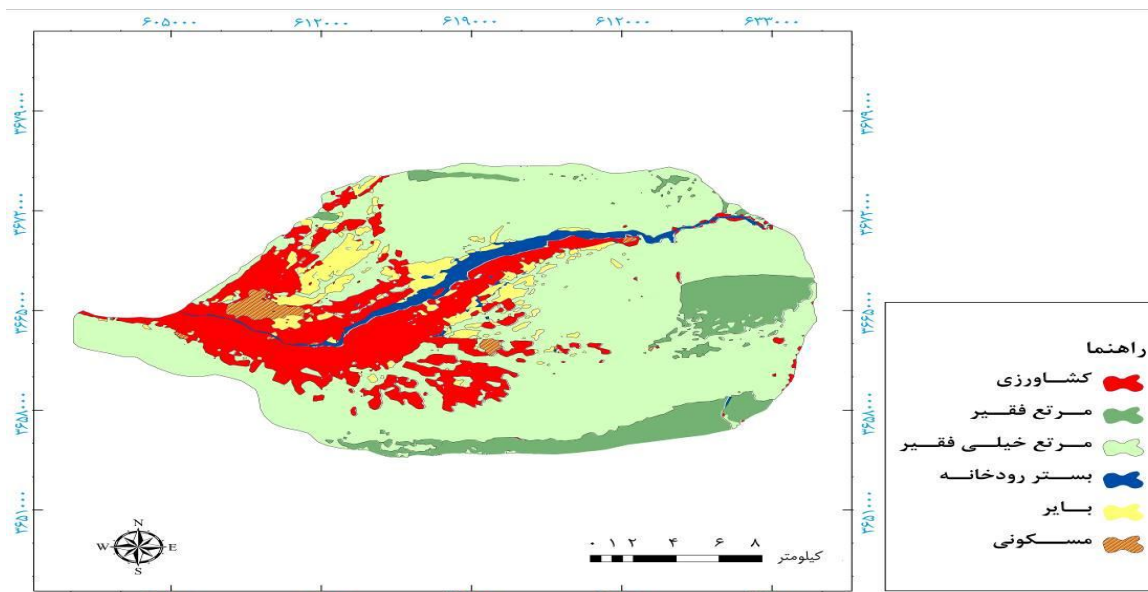
1. Zhang
2. Cellular Automata



شکل (۲): نقشه کاربری / پوشش سرزمین حاصل از پردازش تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۸۹



شکل (۳): نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۲



شکل. نقشه کاربری اراضی حاصل از پردازش تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۵

مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که مساحت برخی طبقه‌های مورد استفاده از اراضی مانند کشاورزی، مناطق مسکونی، بایر و مرتع خیلی فقیر فقیر افزایش داشته و کاربری مرتع فقیر کاهش داشته است. مساحت انواع کاربری اراضی در جدول (۱) ارائه شده است. بر اساس این جدول، سطح اراضی کشاورزی از ۲۷۵۵ هکتار، در سال ۱۹۸۹ به ۹۵۳۳ هکتار، در سال ۲۰۱۵ تغییر یافته است و همچنین کاربری مرتع خیلی فقیر نیز از مساحت ۲۴۴۶۲ به

۳۰۴۲۳ هکتار در سال ۲۰۱۵ رسیده است و بیشترین وسعت منطقه در هر سه دوره را به خود اختصاص داده در مقابل کاربری آب (بستر رودخانه) کمترین وسعت را داراست. بر این اساس وسعت کاربری مرتع فقیر از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۵ حدود ۳۱ درصد به مقدار ۱۵۳۴۷ هکتار کاهش داشته است.

جدول (۱): مساحت طبقات کاربری اراضی طی سه سال مورد بررسی

مساحت کاربری اراضی به هکتار و درصد				نوع کاربری	
درصد	۲۰۱۵	درصد	۲۰۰۲	درصد	۱۹۸۹
۱۹/۲۵	۹۵۳۳	۱۴/۹۷	۷۴۱۳	۵/۵۶	۲۷۵۵
۱۰/۱۸	۵۰۴۲	۲۱/۷۸	۱۰۷۹	۴۱/۱۶	۲۰۳۸۹
۶۱/۴۲	۳۰۴۲۳	۵۹/۹۴	۲۹۶۹۱	۴۹/۳۸	۲۴۴۶۲
۵/۳۷	۲۶۶۳	۰/۵۴	۲۶۷	۱/۰۳	۵۰۸
۲/۵۶	۱۲۶۸	۲/۲۸	۱۱۳۰	۲/۷۲	۱۳۴۶
۱/۲۳	۶۰۶	۰/۴۹	۲۴۴	۰/۱۵	۷۵

جدول (۲): شاخص کاپا و دقت کلی نقشه‌های تهیه شده

دقت کلی	شاخص کاپا	سال
۸۷/۴۱	۸۲/۱۷	۱۹۸۹
۸۹/۱۵	۸۴/۵۱	۲۰۰۲
۹۳/۳۶	۹۱/۲۵	۲۰۱۵

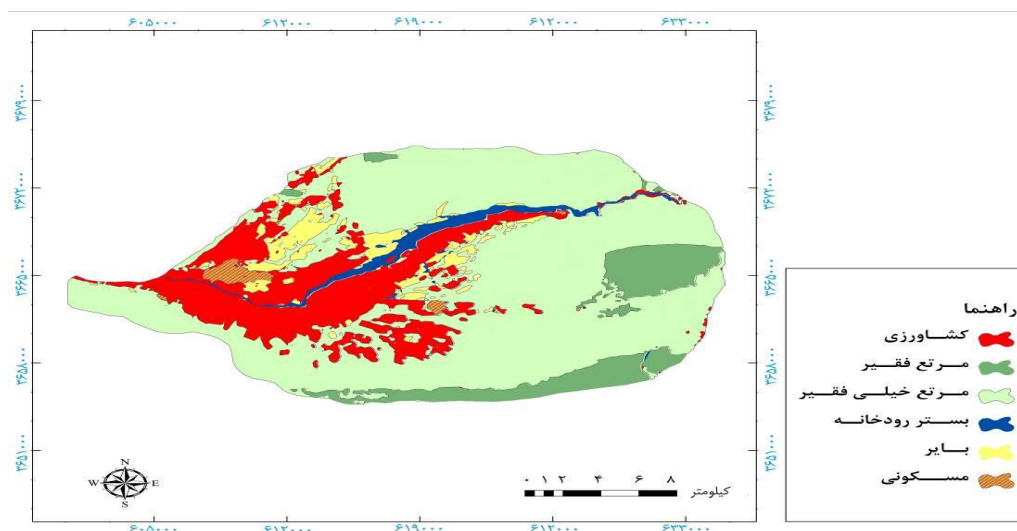
نتایج مربوط به ارزیابی دقت نشان داد که تصاویر با دقت کلی بیش از ۸۷ درصد و ضریب کاپای بیش از ۸۲ درصد قابل اعتماد برای اجرای مدل مارکوف می‌باشند (جدول ۲).

پیش‌بینی شده کاربری/ پوشش سرزمین در سال ۲۰۱۵ است. بر اساس این نتایج مقدار طبقات کاربری/ پوشش سرزمین بایر، مرتع فقیر و مناطق مسکونی کمتر از مقدار واقعی و اراضی با پوشش مرتعی خیلی فقیر و کشاورزی بیش از مقدار واقعی پیش‌بینی شده است. بستر رودخانه نیز تقریباً مساحت پیش‌بینی شده برابر با مساحت واقعی شده است. نقشه شبیه‌سازی کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ در شکل (۵) نشان داده شده است.

برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری پوشش سرزمین ابتدا به کالیبراسیون مدل پرداخته شد. بدین منظور ماتریس احتمال انتقال سرزمین برای سال ۲۰۱۵ تهیه شد و نقشه‌های کاربری سرزمین سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ به مدل سلول‌های خودکار- مارکوف معرفی شدند و تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین برای سال ۲۰۱۵ شبیه‌سازی شد (جدول ۳). مقایسه نقشه شبیه‌سازی سال ۲۰۱۵ با نقشه مرجع همان زمان با شاخص کاپای ۰/۷۹ حاکی از دقت قابل قبول مدل بود. جدول (۳) نشان‌دهنده مقدار مساحت واقعی و

جدول (۳): مساحت طبقات کاربری اراضی حاصل از مدل سلول‌های خودکار- مارکوف

طبقات کاربری/ پوشش سرزمین	مقدار هکتار پیش‌بینی شده در سال ۲۰۱۵	درصد	مقدار هکتار واقعی در سال ۲۰۱۵	درصد
کشاورزی	۱۰۰۸۵	۲۰/۳۶	۹۵۳۳	۱۹/۲۴
مرتع فقیر	۴۵۲۷	۹/۱۴	۵۰۴۲	۱۰/۱۸
مرتع خیلی فقیر	۳۰۶۴۷	۶۱/۸۷	۳۰۴۲۳	۶۱/۴۲
بایر	۲۴۹۶	۵/۰۲	۲۶۶۳	۵/۳۷
بستر رودخانه	۱۲۴۳	۲/۵۱	۱۲۶۸	۲/۵۶
مناطق مسکونی	۵۴۴	۱/۱۰	۶۰۶	۱/۲۳



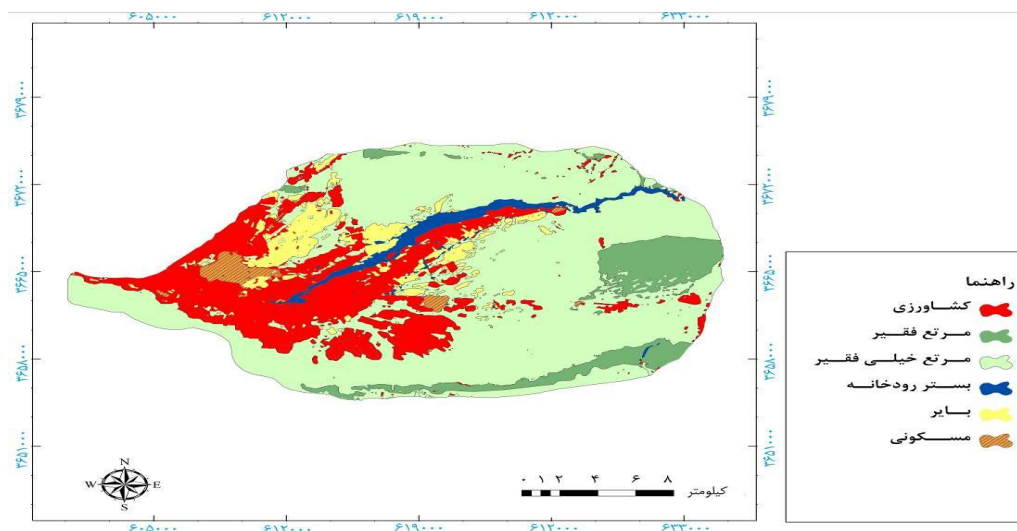
شکل (۵): نقشه شبیه‌سازی کاربری اراضی در سال ۲۰۱۵

(۴) و نقشه (۶) به ترتیب نشان‌دهنده نقشه و مساحت طبقات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال پیش‌بینی است.

پس از بررسی نتایج حاصل از صحت مکانی مدل‌سازی تغییرات کاربری/ پوشش سرزمین در سال ۲۰۱۵، از این مدل برای پیش‌بینی میزان تغییرات تا سال ۲۰۲۸ استفاده شد. جدول

جدول (۴): مساحت طبقات پیش‌بینی شده سال در ۲۰۲۸

مساحت طبقات کاربری اراضی به هکتار												
سال	مناطق مسکونی	درصد	بایر	درصد	بستر رودخانه	درصد	کشاورزی	درصد	مرتع فقیر	درصد	مرتع خیلی فقیر	درصد
۲۰۲۸	۸۴۴	۱/۷۴	۳۰۵۲	۶/۱۷	۱۳۹۸	۰/۳۸	۱۰۷۱۰	۲۱/۶۶	۳۰۹۲	۷/۳۵	۳۰۸۳۹	۶۲/۷



شکل (۶): نقشه شبیه‌سازی کاربری اراضی در سال ۲۰۲۸

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش داشته (افزایش ۸/۹ برابری) که بیشتر به دلیل تغییر اراضی مرتعی به بایر است. ادامه این روند می‌تواند به تشدید آسیب‌های زیست‌محیطی و کاهش هرچه بیشتر سطح اراضی مرتعی و افزایش اراضی بایر منجر شود. ارزیابی میزان تطابق نقشه شبیه‌سازی شده و واقعی با شاخص کاپا نیز نشان داد که مدل سلول‌های خودکار-مارکوف، مدلی مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است و قادر است وضعیت آینده کاربری اراضی را با دقت مناسبی پیش‌بینی کند که با نتایج تحقیقات کریمی و کمکی (۲۰۱۵) و چانگ و چانگ^{۱۹} (۲۰۰۶) مبنی بر امکان به‌کارگیری مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی هم‌خوانی دارد. نتایج پیش‌بینی نشان داد که در طی ۱۳ سال آینده به میزان ۱۱۷۷ هکتار به وسعت اراضی کشاورزی نسبت به دوره قبل افزوده خواهد شد که با نتایج تحقیقات عزیزی قلاتی و همکاران (۲۰۱۶) در منطقه کوهمره سرخی استان فارس و تحقیقات فرج‌الهی و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه

در این تحقیق از مدل سلول‌های خودکار-زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دشت مهران استفاده شد. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ نشان‌دهنده افزایش مساحت طبقه کاربری اراضی کشاورزی در سال ۲۰۰۲ بوده است. این افزایش از تبدیل کاربری اراضی مرتعی فقیر و خیلی فقیر به مناطق کشاورزی نشئت گرفته که برابر با ۴۶۸۵ هکتار بوده است. کاهش مساحت طبقات مرتعی بیانگر تبدیل اراضی با کاربری مرتعی و بایر به اراضی کشاورزی است که این تغییرات کاربری بیشتر در غرب به سمت مرکز دشت اتفاق افتاده است. علت افزایش تغییر کاربری اراضی در طی سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵ را می‌توان رونق کشاورزی و افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداران در این مناطق دانست.

کاهش ۲۴۱ هکتاری اراضی بایر در سال ۲۰۰۲ نسبت به دوره گذشته حاکی از تبدیل این اراضی، به اراضی کشاورزی است ولی در سال ۲۰۱۵ اراضی بایر نسبت به دوره قبل ۲۳۹۶ هکتار

و آینده بررسی شد. نتایج این پیش‌بینی به رغم اختلاف نسبت به آنچه در آینده اتفاق خواهد افتاد، می‌تواند هشدار برای وضعیت کاربری‌ها در آینده باشد. از آنجا که نقشه‌های پوشش و کاربری اراضی به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، نتایج برآمده از این مطالعه می‌تواند در راستای کنترل تغییرات غیراصولی و مدیریت بهتر منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

مراوه‌تپه استان گلستان هم‌خوانی دارد. بر اساس این پیش‌بینی از مساحت کاربری مرتع کاسته شده و به کاربری کشاورزی تبدیل شده است. اراضی بایر نیز نسبت به دوره گذشته افزایش ۳۸۹ هکتاری به همراه خواهد داشت. همچنین در این تحقیق تخریب عرصه‌های مرتعی و کاهش سطح این کاربری و تغییر و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها کاملاً مشهود است که با نتایج تحقیقات ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) هم‌سو است.

در این مطالعه، تغییرات پوشش دشت مهران در گذشته، حال

منابع

1. Alimohamadi, A, Mosvand, A, Shayan. S., 2010. Predict changes in land use and land cover using satellite images and Markov chain model. *Journal of Human Sciences MODARES*, vol 14, No 3, pp.117-130.
2. Alizadeh Rabiei, H, 2001. *Remote Sensing (Principles and Applications)*. Publication of Study and Compilation of Humanities Books . Tehran, 292 pages.
3. Araya, Y. H. and Cabral, P., 2010. Analysis and Modeling of Urban Land Cover Change in Setúbal and Sesimbra, Por- tugal. *Remote Sensing*. Vol. 2, No. 6, pp. 1549- 1563.
4. Arsanjani, J.J., Helbich, M., Kainz, W. and Darvishi Bolorani, A., 2013. Integration of Logistic Regression, Markov Chain and Cellular Automata Models to Simulate Urban Expansion, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Vol. 21, PP. 265-275.
5. Aizi Ghalaty,S, Rangzan, K, Sadidy, J, Heydarian, P, Taghizadeh, A. 2016. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Kohmare Sorkhi, Fars province). *Journal of RS and GIS for natural resources*. Vol. 7, No. 1, pp. 59-71.
6. Chang CL, Chang JC. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *Journal of Geographical Research*, 45: 45-57.
7. Eastman, J.R., Solorzano, L.A., & Van Fossen, M.E., 2005. Transition Potential Modeling for Land-cover Change, In D. J. Maguire, M. Batty, & M. F. Goodchild (Eds.), *GIS, spatial analysis, and modeling* (pp. 357– 385). California: ESRI Press.
8. Farajollahi, A, Asgari, H, R, Ownagh, M, Mahboubi, M, R, Salman Mahini, A, R. 2015, Monitoring and prediction of spatial and temporal changes of landuse/ cover (Case study: Marave Tappeh region, Golestan), *Journal of RS & GIS for Natural Resources*. Vol. 6. No. 4. Pp. 1-14.
9. Fathizad, H, Rostami, N, Faramarzi, M. 2015. Detection and prediction of land cover changes using Markov chain model in semi-arid rangeland in western Iran. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. 187(10):629. doi: 10.1007/s10661-015-4805-y
10. Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management* 66, PP. 229-238.
11. Karimi, K, Komaki, Ch, B. 2015, Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh Plain - South Khorasan). *Journal of RS and GIS for natural resources*. Vol. 6. No.2. pp.75-88
12. Koolhoven, E., W. Hendrikse, W. Nieuwenhuis, B. Retsios M. Schouernburg, L. Wang, P. Buelde and R. Nijmeijer. 2005. *ILWIS 3.3 Academic*, TC, Netherland.
13. Koomen, E. 2007. *Modelling Land- use Change: Progress and Applications*. Springer. 392 PP.
14. Lu, D. and Q. Weng, 2007. A survey of image classification methods and techniques for

- improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*. 28 (5): 823–870.
15. Mirzaeizadeh, V, Niknuzhad, M, Ouladi, J, 2015. Evaluating non-parametric supervised classification algorithms in land cover map using Landsat-8 Images. *Journal of RS and GIS for natural resources*. Vol. 6, No. 3, pp. 29-44.
 16. Muller, M. R., and Middleton, J. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology* 9, PP. 151-157.
 17. Naghibi, S. J, Habibian, S, H, Habibian, S, M, R, 2009, Determination of Optimum Vegetation Indices for Vegetation Cover Percentage Modeling, Using Satellite Spectral Reflectance. *Journal of Plant Ecophysiology*. Vol. 1. No. 3. pp. 62-77
 18. Norris, J.R. 1997. *Markov Chains*. Cambridge University Press, 237 p.
 19. Pakparvar M, Gabriels D, Aarabi K, Edraki M, Raes D and Cornelis W. 2012. Incorporating legacy soil data to minimize errors in salinity change detection: a case study of Darab Plain, Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 33(19): 6215-6238.
 20. Pal, M. and P. M. Mather, 2005. Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 26 (5): 1007-1011.
 21. Rafiee, R., Salman Mahiny, A., Khorasani, N 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International*
 22. Richards, J.A. and Jia, X. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Germany: Springer-Verlag Publishers. Catchment, Queensland, Australia. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 59(1):43-57.
 23. Subedi, P. Subedi, K and Thapa, B. 2013. Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida, *Applied Ecology and Environmental Sciences*, Vol. 1, No. 6, pp 126-132.
 24. Verburg PH, Schot PP, Dijst MJ, Veldkamp 2004. Land use change modeling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 61(4): 309-324.
 25. Zhang, R., Tang, C., Ma, S., Yuan, H., Gao, L. and Fan, W., 2011. Using Markov Chains to Analyze Changes in wetland trends in arid Yinchuan Plain.
 26. Zhang F, Tiyp T, Feng ZD, Kung H-T, Johnson VC, Ding JL, Tashpolat N, Sawut M, Gui DW. 2015. Spatio-temporal patterns of land use/cover changes over the past 20 years in the middle reaches of the Tarim River, Xinjiang, China. *Land Degradation and Development*, 26:284- 299.

Predicting the Land Use Change Using Markov- Cellular automata Model in Mehran Plain

Zahedeh Heidarizadi¹, Abdolreza Mohamadi^{1*}

Received: March/9/2016

Accepted: June/13/2016

Abstract

Assessment of land use changes in the previous years and prediction of these changes in the following years is an essential tool for different planning and management of natural resources. Therefore, the aim of present study is modeling of land use changes in Mehran Plain using Markov-Cellular automata Model in 2028. In order to detect land use changes in the studied area, TM and ETM⁺ satellite images of Landsat were used during three time periods of 1989, 2002, and 2015, and a separate map was prepared for each year. Then according to model, 2015 land use map was provided. Assessment of the match between simulated and actual map of 2015 with kappa index showed that this model is an appropriate model for simulating of land use change. After that, land use map for the year of 2028 was simulated. The results showed that in 1989 to 2015, the area of agricultural lands and the area of very poor range lands have been increased up to 6778 and 5961 hectares, respectively. In contrast, the area of poor range lands has been reduced up to 1534 hectares. The results of prediction showed that during the next 13 years, the area of agricultural lands and bare lands will increase about 1177 and 389 hectares, respectively. Poor range lands will decrease about 1950 hectares.

Key words: Land Use, Markov- Cellular automata Model, Simulation, Kappa Index, Mehran Plain.

1. Graduated in Combat Desertification, University of Ilam.

* Corresponding author Email: reza7627@yahoo.com