سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال هفتم / شماره اول) بهار ۱۳۹۵

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز

آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

# پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکوف-CA (مطالعهٔ موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)

**سارا عزیزی قلاتی[1*]، کاظم رنگزن[2]، جواد سدیدی[3]، پیمان حیدریان[1]، ایوب تقی‌زاده[4]**

۱. دانش‌آموخته 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

٤. مربی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

## 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 ۱۳۹۱-۱۳٦٦ توسط مدل زنجیرهٔ 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 ۱۳٦٦، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تهیه گردید. سپس صحت‌سنجی نقشه‌ها و آشکارسازی تغییرات انجام شد. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۷۹- ۱۳٦٦) با ضریب کاپای ۸۳٪ و دوره دوم (۱۳۹۱-۱۳۷۹) 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 زنجیرهٔ 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 ۱٤۰۳ با مدل مدل زنجیرهٔ 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.**

## مشخصات مقاله

*پیشینه مقاله:*

دریافت: ۲۰ فروردین ۱۳۹٤

پذیرش: ۲۸ مهر ۱۳۹٤

دسترسی اینترنتی: ۱۰ فروردین ۱۳۹۵

*واژه‌های کلیدی:*

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

مدل‌سازی

پیش‌بینی

مدل زنجیرهٔ مارکوف

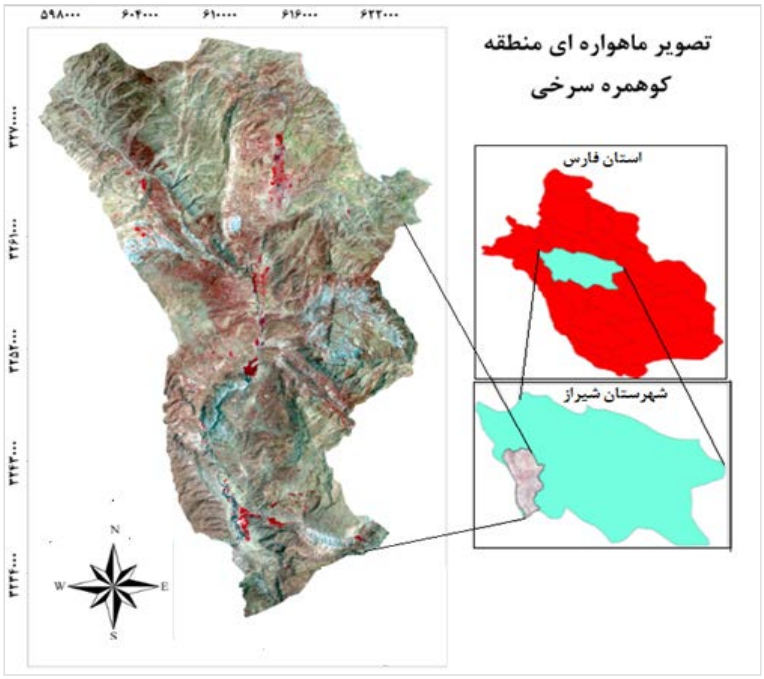
* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: saraazizi353@yahoo.com

**مقدمه**

آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (۱ و ۹). 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 (٤ 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 می گیرند، ابزارهای مفید، تکرارپذیر و مکمّل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند (١٤و ۲۲). یکی از مدل‌هایی که در مطالعه حاضر استفاده شده و در پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین بسیار کارآمد می‌باشد، مدل زنجیرهٔ مارکوف-CA Cellular Automata- Markov chain است که از تکنیک تلفیق دو مدل زنجیره مارکف و سلولار آتوماتا بهره می‌گیرد. دلیل این ترکیب این است که مدل زنجیره مارکف 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 مدل سازی است که در فضای رستری تعریف می‌شود. وضعیت سلول معمولاً پوشش و کاربری اراضی آن سلول را ارائه می دهد 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 مارکف با افزودن مشخصه مجاورت مکانی به مدل تصادفی زنجیره مارکف، کاربری اراضی را برای سال‌های آینده شبیه‌سازی می‌کند (٦). در سال‌های اخیر، تحقیقات بسیاری در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن صورت گرفته است ( ۱۸، ۱۹، ۲۳ و ٢٤). 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 (١٦) اشاره کرد که چگونگی توسعه و ترکیب سلولار آتوماتا 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 تهیّه نقشه‌های کاربری اراضی و سپس تلفیق مدل سلول‌های خودکار با مدل تصادفی زنجیره مارکف برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و در نهایت پیش‌بینی این تغییرات در آینده در منطقه کوهمره سرخی استان فارس است.

**منطقهٔ مورد مطالعه**

منطقه کوهمره سرخی با مساحت ۷٤۲۰۹/۱٤ هکتار در موقعیت جغرافیایی ″۳۷ ′۵۹ °۵۱ تا ″۵٦ ′۱۷ °۵۲ شرقی و ″۵۷ ″۱۱ °۲۹ تا ″۰۵ ′۳٦ °۲۹ عرض شمالی در استان فارس، شهرستان شیراز و در بخش کوهمره سرخی واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه کل حوزه ۱۰۰۲/۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۳/۸ برآورد شده‌است (شکل ۱).




**شکل ۱. محدوده مورد مطالعه**

## روش تحقیق

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

**داده‌های مورد استفاده**

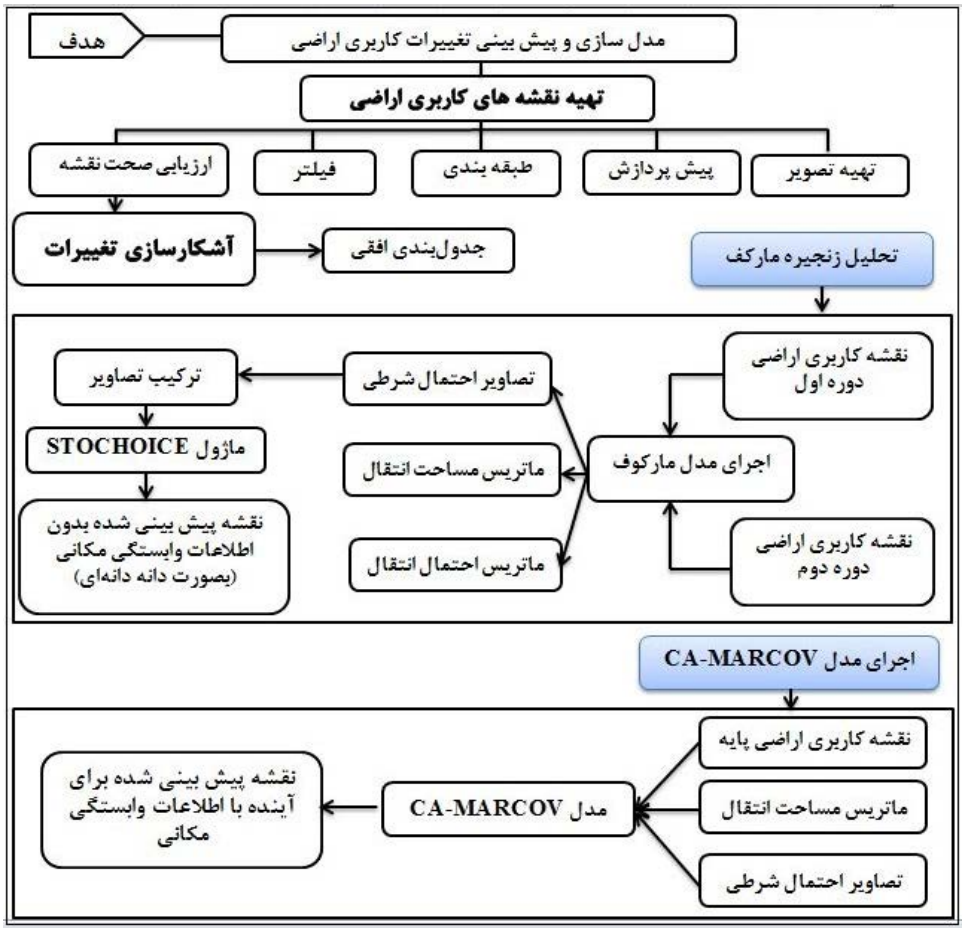
در این تحقیق جهت تهیّه نقشه‌های کاربری اراضی از سه دوره تصاویر ماهواره‌ای لندست شامل لندست ۵ سنجنده TM (۱۳٦٦/۰٤/۲۵)، لندست ۷ سنجنده $ETM^{+}$ (۱۳۷۹/۰٤/۲۱)، لندست ۷ سنجنده $ETM^{+}$ (۱۳۹۱/۰٤/۲۲) استفاده شده‌است. همچنین نقشه تیپ اراضی اخذ شده از اداره کل منابع طبیعی استان فارس با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۵، نقشه توپوگرافی استان فارس و مرز منطقه مورد مطالعه اخذ شده از 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 پوشش‌گیاهی و کاربری اراضی، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و فرآیند طبقه‌بندی تصاویر است. به‌منظور 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

پدیده به وسیله مشاهده آن در زمان‌های متفاوت است (۱۷). انتخاب روش و الگوریتم برای بازیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است.

در این پژوهش به منظور آشکارسازی تغییرات با مقایسه پس از طبقه‌بندی و از جدول‌بندی افقی استفاده شده است.




شکل۲. 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 مهّم 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 رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود (۱۹).

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

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 رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود.

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

$$\left(0 \le \mathrm{P_{ij}} < 1 \; and \; \sum_{j=1}^{N} \mathrm{P_{ij}} = 1, \;\; (i, j = 1,2, \ldots\ldots, n)\right)$$

**مدل سلول‌های خودکار(CA)**

سلول‌های خودکار (اتوماتای سلولی) مدل‌های دینامیک گسسته‌ای هستند که در شبیه‌سازی گستره وسیعی از فرآیندهای طبیعی و انسانی کاربرد دارند. در مدل سلول‌های خودکار، فضا به‌صورت یک شبکه تعریف می‌گردد که به هر خانه آن یک سلول گفته می‌شود. سلول‌های اتوماتای سلولی در زمان‌های گسسته به‌طور 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 رابطهٔ 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.

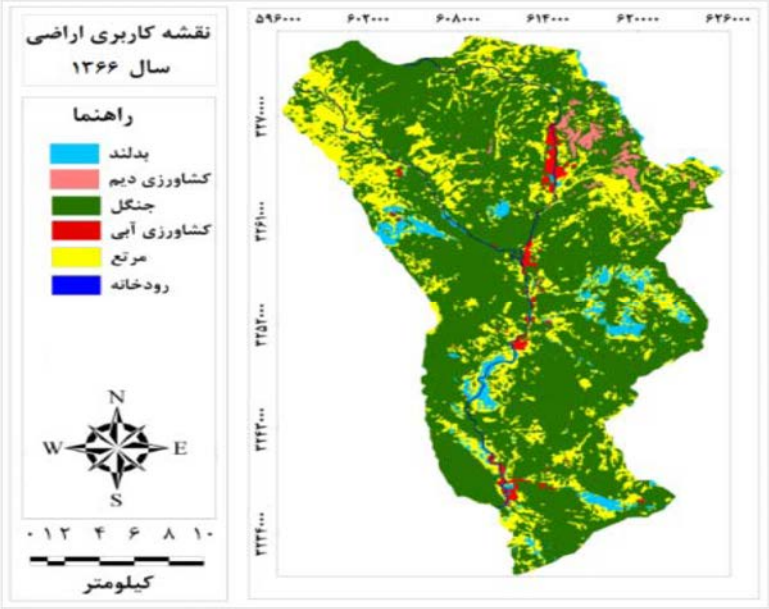
**مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار**

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 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).

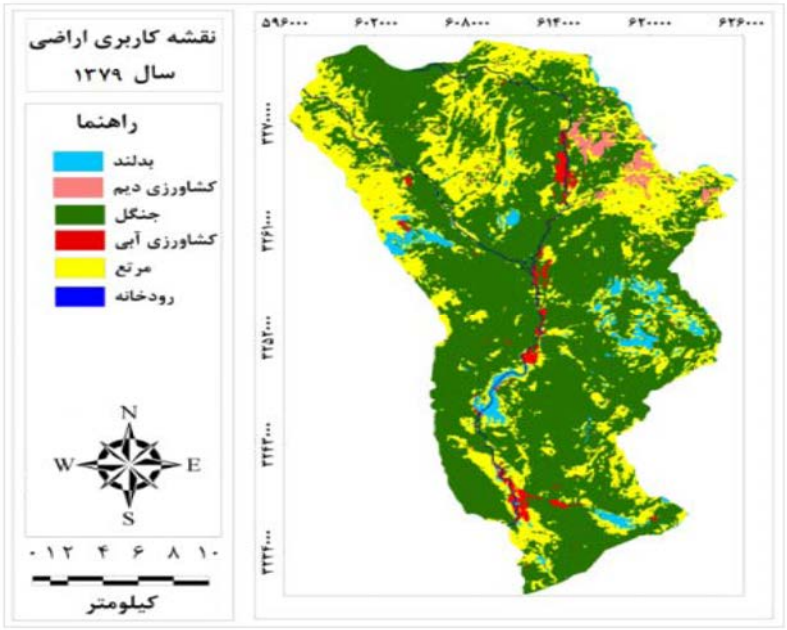
## نتایج

نقشه‌های کاربری اراضی برای سه دوره زمانی (سال‌های ۱۳٦٦، 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 ۱۳٦٦ 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 و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۷۵ به دست آمد.

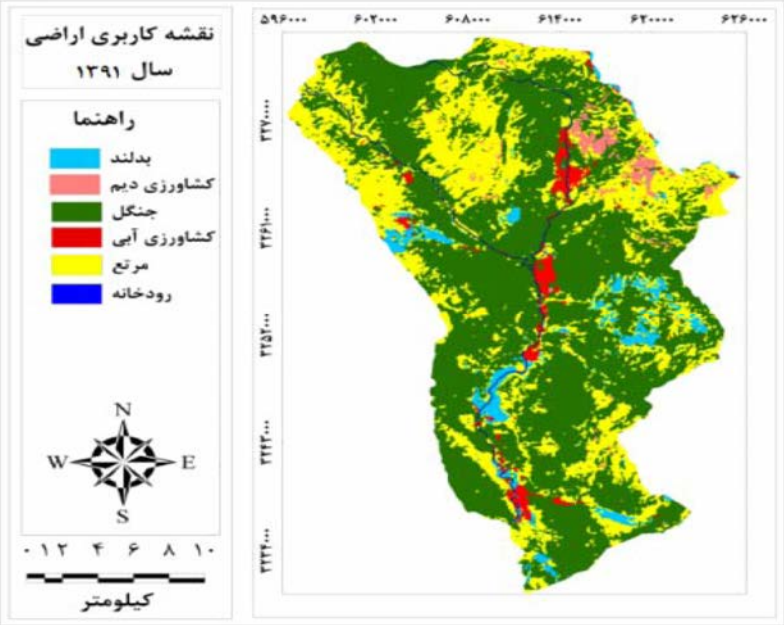
پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره زمانی مورد مطالعه شد. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر کلاس و انتقال از یک کلاس به کلاس‌های دیگر است. با توجه به نتایج در دوره اول، تغییرات خالص کاهش مساحت در نواحی جنگل، اراضی بدلند و رودخانه به ترتیب ۳۹۵۳/۷۵، ۵۰۸ و ۱٤ هکتار است. از طرفی تغییرات خالص افزایش مساحت در نواحی مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی به ترتیب ٤۲۲٤، ۹۳ و ۱۵۹ هکتار است (جدول ۱).




شکل۳. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۶۶




شکل۴. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۷۹




شکل۵. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۹۱

جدول۱. ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ بر مبنای هکتار

| نقشه سال ۱۳۷۹ | نقشه سال ۱۳٦٦ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | جنگل | کشاورزی آبی | کشاورزی دیم | مرتع | اراضی بدلند | رودخانه | مجموع |
| جنگل | ٤٣٤٦٠/٥٥ | ٢١٣/٨٤ | ١٥٦/٣٣ | ٤١٣٠/١ | ١٦٠/٩٢ | ٧٧/٩٤ | ٤٨١٩٩/٦٣ |
| کشاورزی آبی | ٢١٦/٣٦ | ٦١٤/١٦ | ٠ | ٧٤/٨٨ | ٩٦/٥٧ | ٤١/٣١ | ١٠٤٣/٢٨ |
| کشاورزی دیم | ٣٤٩/٠٢ | ٠ | ٧٧٥/٢٦ | ٧/٨٣ | ٣/٣٣ | ٠ | ١١٣٥/٤٤ |
| اراضی بدلند | ١٥٠/٢١ | ٥/١٣ | ٠ | ٢٢٢/٦٦ | ٢٠٢٦/٦٢ | ٥٣/٨٢ | ٢٤٥٨/٤٤ |
| مرتع | ٧٩٠١/١ | ٢٧/٢٧ | ١١١/٢٤ | ١١٧٨٩/٨٢ | ٦٠٤/٧١ | ٧١/٠١ | ٢٠٥٠٥/١٥ |
| رودخانه | ٧٦/١٤ | ٢٣/٤٩ | ٠ | ٥٥/٦٢ | ٧٤/٤٣ | ٦٣٧/٤٧ | ٨٦٧/١٥ |
| مجموع | ٥٢١٥٣/٣٨ | ٨٨٣/٨٩ | ١٠٤٢/٨٣ | ١٦٢٨٠/٩١ | ٢٩٦٦/٥٨ | ٨٨١/٥٥ | ٧٤٢٠٩/١٤ |

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 ۷۱٦، ۹٦، ۱۸۷۲ و ٤۳۳ 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 طورکلی بر وضعیت کاربری زمین در سال ۱۳۷۹ و تغییرات کاربری زمین در دوره ۱۲ ساله قبلی بین سال‌های ۱۳٦٦ 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 ٤). 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

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 ٦ تصویر احتمال شرطی با استفاده از ماژول STCHOICE در نرم‌افزار 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 ٦).

**جدول۲. ماتریس تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ بر مبنای هکتار**

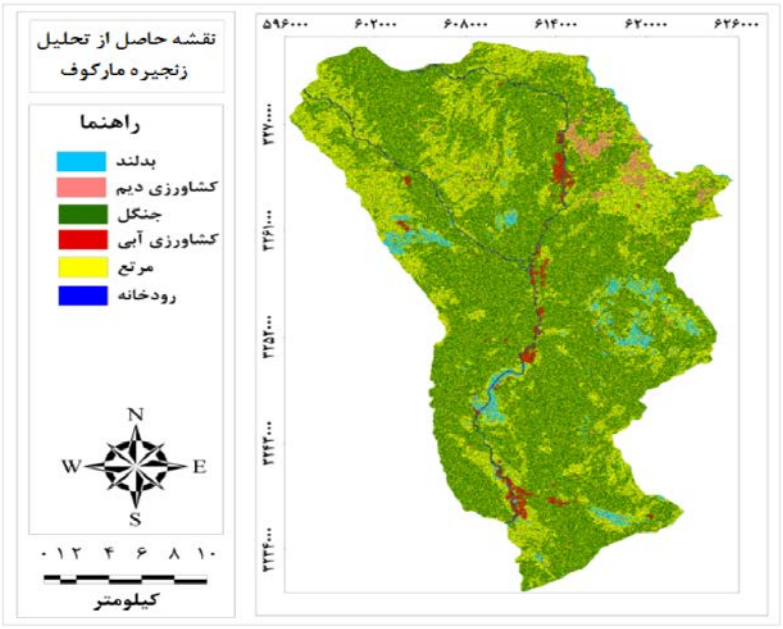
| نقشه سال ۱۳۹۱ | نقشه سال ۱۳۷۹ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | جنگل | کشاورزی آبی | کشاورزی دیم | مرتع | اراضی بدلند | رودخانه | مجموع |
| جنگل | ٤٢٦٩١/٦٨ | ٩٦/٣ | ٣٠/٨٧ | ٢١٠١/٦٨ | ٨٩/١٩ | ١٠٧/٩١ | ٤٥١١٧/٦٣ |
| کشاورزی آبی | ٥٩٢/٩٢ | ٨٠٢/٦٢ | ١/٠٨ | ٢٠٦/٢٨ | ٤٥/٨١ | ٥٩/٧٩ | ١٧٥٩/٥ |
| کشاورزی دیم | ٢٢٠/٧٧ | ٠ | ٨٥٢/٢١ | ١٥٨/٥٨ | ٠ | ٠ | ١٢٣١/٥٦ |
| مرتع | ٤٥١٣/٢٣ | ٣٤/٨٣ | ٢٤٧/٢٣ | ١٧٣٣١/٢١ | ١٧٣/٠٧ | ٧٧/٤ | ٢٢٣٧٦/٩٧ |
| اراضی بدلند | ٩٦/٠٣ | ٦٣/٦٣ | ٤/٠٥ | ٥٦٦/٦٤ | ٢١٠٥/١ | ٥٥/٧١ | ٢٨٩١/١٦ |
| رودخانه | ٨٥/٠٥ | ٤٥/٩ | ٠ | ٨٦/٧٦ | ٤٥/٢٧ | ٥٦٩/٣٤ | ٨٣٢/٣٢ |
| مجموع | ٤٨١٩٩/٦٨ | ١٠٤٣/٢٨ | ١١٣٥/٤٤ | ٢٠٥٠٥/١٥ | ٢٤٥٨/٤٤ | ٨٦٧/١٥ | ٧٤٢٠٩/١٤ |

**جدول۳. ماتریس احتمال انتقال**

| | جنگل | کشاورزی آبی | کشاورزی دیم | مرتع | اراضی بدلند | رودخانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ٠/٧٠٨٣ | ٠/٠٠٧٣ | ٠/٠١١٧ | ٠/٢٦٥١ | ٠/٠٠٥٠ | ٠/٠٠٢٦ |
| کشاورزی آبی | ٠/٣٢٤٦ | ٠/٥٩٠٦ | ٠/٠٠٠ | ٠/٠٤١٤ | ٠/٠٠٧٨ | ٠/٠٣٥٧ |
| کشاورزی دیم | ٠/٢١٥١ | ٠/٠٠٠ | ٠/٦٣١٩ | ٠/١٥٣٠ | ٠/٠٠٠ | ٠/٠٠٠ |
| مرتع | ٠/٣٥٣٦ | ٠/٠٠٦٤ | ٠/٠٠٠٧ | ٠/٦١٥٥ | ٠/٠١٩١ | ٠/٠٠٤٨ |
| اراضی بدلند | ٠/٠٧١٨ | ٠/٠٤٣١ | ٠/٠٠١٥ | ٠/٢٦٩٨ | ٠/٥٨٠٧ | ٠/٠٣٣٢ |
| رودخانه | ٠/١٢٣٠ | ٠/٠٦٥٢ | ٠/٠٠٠ | ٠/١١٢١ | ٠/٠٨٥٠ | ٠/٦١٤٧ |

**جدول۴. ماتریس مساحت انتقال یافته**

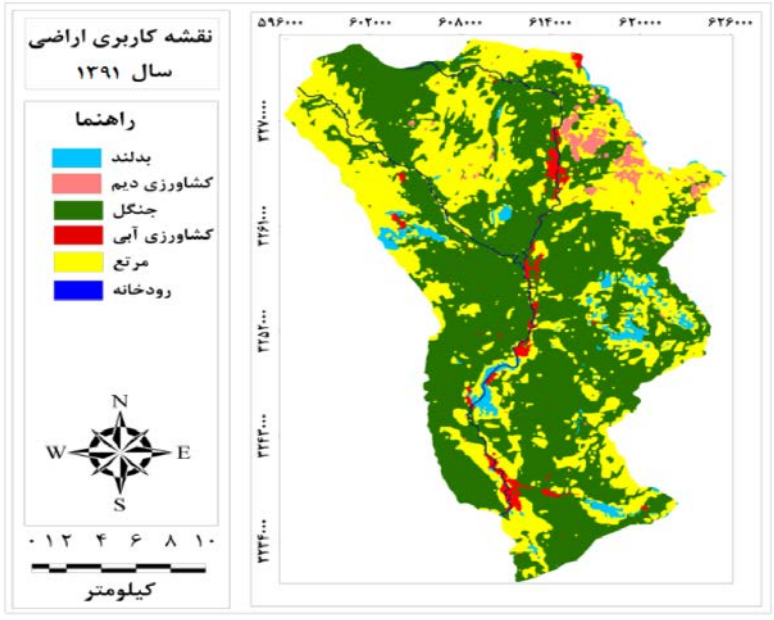
| | جنگل | کشاورزی آبی | کشاورزی دیم | مرتع | اراضی بدلند | رودخانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| جنگل | ٣٧٩٣٤ | ٣٨٨٨ | ٦٢٧٢ | ١٤١٩٨١ | ٢٦٩٩ | ١٣٦٨ |
| کشاورزی آبی | ٣٧٦٢ | ٦٨٤٦ | ٠ | ٤٨٠ | ٩٠ | ٤١٣ |
| کشاورزی دیم | ٢٧١٣ | ٠ | ٧٩٧٢ | ١٩٣١ | ٠ | ٠ |
| مرتع | ٨٠٥٥٥ | ١٤٦٠ | ١٥٣ | ١٤٠٢٣٩ | ٤٣٤٣ | ١٠٨٥ |
| اراضی بدلند | ١٩٦١ | ١١٧٧ | ٤١ | ٧٣٦٩ | ١٥٨٦٢ | ٩٠٧ |
| رودخانه | ١١٨٦ | ٦٢٨ | ٠ | ١٠٨٠ | ٨١٩ | ٥٩٢٢ |



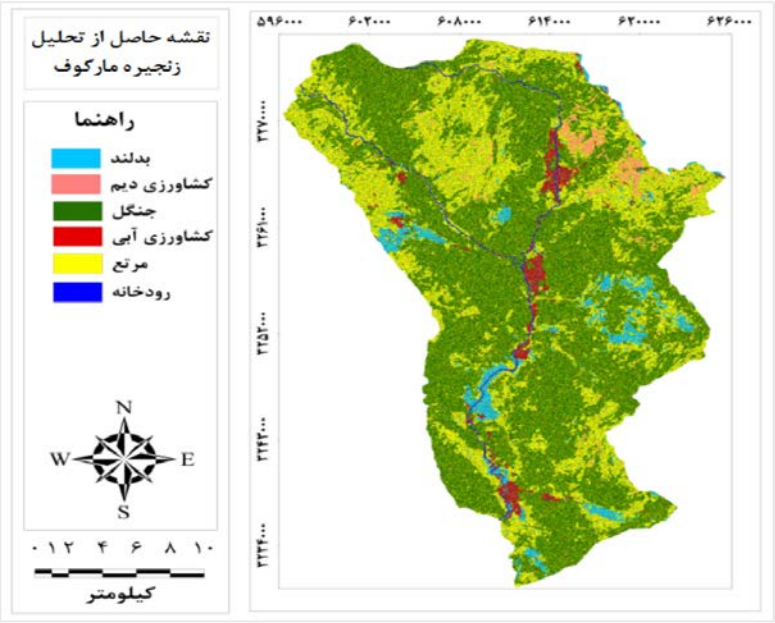

شکل۶. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۳۹۱ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف

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.

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 ۱٤۰۳، با استفاده از تغییرات رخ داده در دوره دوم، مدل مارکف بر روی نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ اجرا شد (شکل ۸).

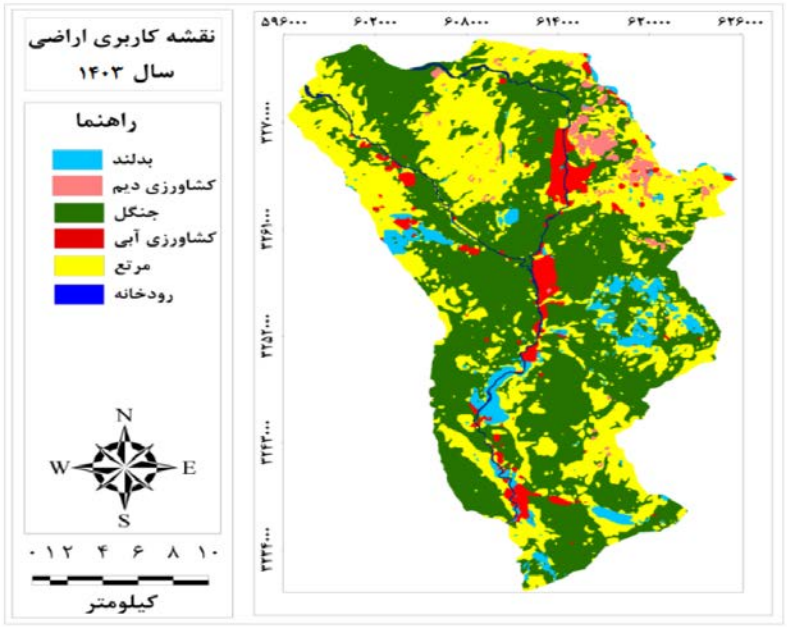



شکل۷. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۳۹۱ با استفاده از مدل CA-Markov




شکل۸. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۴۰۳ با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف

سپس با استفاده از مساحت انتقال یافته و تصاویر احتمال شرطی به دست آمده، مدل CA-Markov به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱٤۰۳ اجرا شد (شکل ۹). مقایسه نقشه پیش بینی شده سال ۱٤۰۳ و نقشه سال ۱۳۹۱، نشان می‌دهد که ٦۳٥٤ 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 ۱۹٤ هکتار خواهد بود.




شکل۹. نقشه پیش‌بینی تغییرات سال ۱۴۰۳ با استفاده از مدل CA-Markov

## بحث و نتیجه‌گیری

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 ۲۰۰٦ (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 (جدول۳). همچنین در دوره دوم کاهش مساحت در نواحی جنگل و رودخانه و افزایش مساحت در نواحی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مرتع است (جدول٤). 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 به اراضی مرتعی تبدیل می‌گردد. مقایسه نقشه پیش بینی شده سال ۱٤۰۳ 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 تغییرکاربری 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 می تواند برنامه ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید.

## منابع مورد استفاده


۱. اسلمی، ف.، ا. قربانی، ب. سبحانی و م. پناهنده. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبانی و شئ‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۳)٦: ۱-۱٤.

۲. آذرمهر، 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، ٤۸(۱۵): ٦۱-٦۹.

۳. 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.

٤. 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

شهر تهران). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (٤)٤: ١-١٠.

٥. درویش‌صفت، ع. ا.، م. پیرباوقار و م. رجب‌پور رحمتی. ١٣٩٢. سنجش از دور برای مدیران GIS. (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ دوم، ٧١٠ صفحه.

٦. زارع گاریزی، آ.، و. ب. شیخ، س. امیر و ع. سلمان ماهینی. ١٣٩٠. شبیه‌سازی مکانی – زمانی تغییرات گستره جنگل در آبخیز چهل‌چای استان گلستان با استفاده از مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ٢٠(٢): ٢٧٣- ٢٨٥.

٧. سلمان ماهینی، ع. ر. و ح. ر. کامیاب. ١٣٩٠. سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. (ترجمه)، انتشارات مهر مهدیس، تهران، ٥٩٦ صفحه.

٨. ضیائیان، پ.، ع. شکیبا، ع. ا. متکان و ع. صادقی. ١٣٨٨. سنجش از دور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و مدل سلول‌های خودکار (CA) به عنوان ابزاری برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: شهر شهرکرد). مجله علوم محیطی، ١(٧): ١٣٣-١٤٨.

٩. علیزاده ربیعی، ح.١٣٨٠. سنجش از دور (اصول و کاربرد). انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران، ٢٩٢ص.

١٠. علیمحمدی سراب، ع.، ع. ا. متکان و ب. میرباقری. ١٣٨٧. ارزیابی کارایی مدل سلول‌های خودکار در شبیه‌سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران. برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، ١٤(٢): ٨١-١٠٢.

١١. میرزایی‌زاده، و.، م. نیک‌نژاد و ج. اولادی قادیکلایی. ١٣٩٤. ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ٨. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (٣)٦: ٢٩-٤٤.

١٢. نیازی، ی.، م. ر. اختصاصی، ح. ملکی‌نژاد، س. ز. حسینی و ج. مرشدی. ١٣٨٩. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشهٔ کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). مجله جغرافیا و توسعه، ٨(٢٠): ١١٩-١٣٢.

13. Chang CL, Chang JC. 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. Journal 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.

RS & GIS Techniques for Natural Resources
(Vol. 7/ Issue 1) spring 2016
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

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

**S. Aizi Ghalaty [1*], K. Rangzan [2], J. Sadidy [3], P. Heydarian [1], A. Taghizadeh [4]**

1. MSc. Graduated of Remote Sensing and Ggeographic 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 wad 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