

## مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM (پژوهش موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)

سارا عزیزی قلاتی<sup>۱\*</sup>، کاظم رنگزن<sup>۲</sup>، ایوب تقی زاده<sup>۳</sup> و شهرام احمدی<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

پست الکترونیک: saraazizi353@yahoo.com

۲- دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳- مربی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴- دانشجوی دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۲۳

### چکیده

پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل الگوهای کاربری زمین از طریق مدل‌سازی می‌تواند به برنامه‌ریزان محیط‌زیست و مدیران منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. هدف از این پژوهش استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی منطقه کوهمره سرخی استان فارس است. بدین منظور نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر لندست در سه دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تهیه شدند. سپس صحت‌سنجی نقشه‌ها و آشکارسازی تغییرات انجام شد. نتایج آشکارسازی تغییرات دوره اول (۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹) با ضریب کاپای ۸۳ نشان می‌دهد که بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۴۲۲۴/۲۴ هکتار) و بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۹۵۳/۷۵ هکتار) رخ داده است. براساس این تغییرات و انتخاب ۱۰ متغیر مستقل، مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری برای سال ۱۳۹۱، با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM انجام شد، سپس با روش زنجیره مارکوف نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۱ پیش‌بینی شد. نتیجه ماتریس خطا بین نقشه به‌دست‌آمده از مدل‌سازی و نقشه کاربری اراضی استخراج‌شده از تصویر لندست ۱۳۹۱، ضریب کاپای ۷۵ است. در مرحله بعد نتایج آشکارسازی تغییرات دوره دوم (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱) با ضریب کاپای ۸۸ نشان داد بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۱۸۷۱/۸۲ هکتار) و بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۰۸۲/۰۵ هکتار) رخ داده است. باتوجه به تغییرات دوره دوم، نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۳ پیش‌بینی شد و مشخص شد که بیشترین تغییر کاربری نسبت به سال ۱۳۹۱ در ناحیه کشاورزی آبی است.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات، مدل LCM، رگرسیون لجستیک، منطقه کوهمره سرخی.

### مقدمه

زمین در سراسر جهان شامل شیوه‌های مختلف کشت، سازه‌ها، ذخایر، اراضی حفاظت‌شده و استخراج مواد معدنی است (Theau, 2006; Awotwi, 2009). اهمیت پوشش

استفاده انسان از زمین، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می‌دهد. مهمترین استفاده مکانی و اقتصادی انسان از

گیاهی یا کاربری اراضی به‌عنوان یک عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت تعیین شود (Koomen et al., 2007). با استفاده از تکنیک‌های GIS و RS، تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان‌های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر در راستای دستیابی به نقشه تغییرات ایجادشده به‌راحتی قابل انجام است. پس از شناخت تغییرات ایجادشده در دوره موردنظر، بررسی ارتباط تغییرات با عامل‌های دخیل در آنها انجام می‌شود (Gumeh, 2012).

با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نمود و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (Rabiee et al., 2004). بسیاری از مطالعات مدلسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر سنجش از دور برای استخراج پارامترهای تأثیرگذار بر تبدیل کاربری‌ها به‌صورت تجربی در سراسر منطقه انجام می‌گیرد (Conway & Lathrop, 2005). در واقع مدل ابزار بسیار خوبی برای فهم و درک بهتر و سریع‌تر پیچیدگی‌های یک سیستم است (Torrens & Osullivan, 2001).

مدل‌های پیش‌بینی برای ساخت سناریوهای شرایطی که ممکن است در آینده رخ دهد، مفیدند. در بسیاری از زمینه‌ها مدلسازی بخش جداناپذیری از تجزیه و تحلیل سنجش از دور است. از آنجاکه داده‌های سنجش از دور به‌سادگی در محیط GIS وارد می‌شود، می‌توان از آن به‌طور خیلی گسترده در مدلسازی با استفاده از فن‌آوری GIS استفاده کرد (Darvishsefat et al., 2012). مدل‌های کاربری اراضی ابزارهای مفید، تکرارپذیر و مکمل توانایی‌های ذهنی موجود ما در تجزیه و تحلیل تغییر کاربری اراضی و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر هستند (Verburg et al., 2004; Costanza & Ruth, 2004). مدل‌های برآورد تجربی مانند مدل رگرسیون لجستیک از فنون آماری برای مدلسازی ارتباط بین تغییر کاربری زمین و نیروهای اثرگذار

براساس داده‌های گذشته استفاده می‌کنند و این توانایی را دارند که با سهولت نسبی متغیرهای بیشتری را وارد فرآیند مدلسازی کنند (Kamyab et al., 2010). به‌عنوان روش برآورد تجربی، رگرسیون لجستیک در مطالعات مختلفی استفاده می‌شود، از جمله Laura و همکاران (۲۰۰۱) با تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در سه دوره، از روش رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی جنگل‌زدایی در یک حوزه آبخیز در ایالت ماساچوست آمریکا استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مکان‌هایی که بیشتر در معرض خطر است، در نزدیکی توسعه مسکونی موجود و در شهرها که در آن تقاضا برای توسعه مسکونی جدید زیاد است، قرار دارند. Ademola و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی به شناسایی عامل‌های مؤثر بر توسعه زمین‌های مسکونی، صنعتی و تجاری بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ در لاگوس پرداخته‌اند. آنها از روش رگرسیون لجستیک برای مدلسازی احتمال توسعه شهری به‌عنوان یک تابع از متغیر مستقل مکانی استفاده کردند. دسترسی، تأثیر تعامل مکانی و متغیرهای سیاسی، عامل‌های عمده تغییر استفاده از زمین بودند. Kamyab و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک، توسعه شهری شهر گرگان را در دوره زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱ و با بکارگیری سه گروه متغیرها شامل متغیرهای بیوفیزیکی، اقتصادی-اجتماعی و کاربری زمین مدلسازی کردند و برای صحت‌سنجی آن از آماره ROC (با مقدار صحت ۰/۸۷) استفاده کردند. در این پژوهش با بهره‌گیری از تصاویر احتمال به‌دست‌آمده از این مدل که احتمال تغییر کاربری به کاربری شهری را برای آینده نشان می‌داد، الگوی توزیع شهری برای سال‌های آینده استخراج شد. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که از میان ۱۰ متغیر مؤثر بر رشد شهری گرگان، کاربری‌های کشاورزی و مرتعی مؤثرترین داده‌ها بودند که نشان از آن دارد که کاربری‌های فعلی منطقه و به‌ویژه تبدیل زمین‌های زراعی و مرتعی نقش مهمی در رشد شهری گرگان داشته است. Babaei Agdam و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور تعیین عامل‌های مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی در حواشی شهر

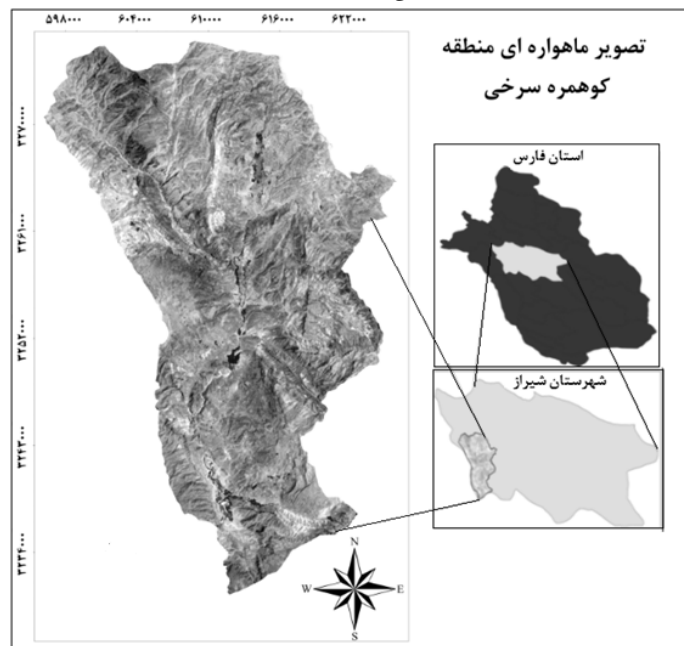
در استان فارس و شهرستان شیراز واقع شده است (شکل ۱). توپوگرافی منطقه مطالعاتی نشانگر کوهستانی بودن این پهنه است. با توجه به آمار ایستگاه‌های هواشناسی و مطالعات انجام‌شده، نتایج نشان می‌دهد که ۸۷/۷ درصد بارندگی‌ها در شش ماه اول سال آبی و اکثر بارندگی‌ها در دی‌ماه اتفاق می‌افتد. منطقه مذکور به دلیل اینکه در منتهی‌الیه رشته‌کوه زاگرس قرار دارد و جزء آخرین مناطق جنگلی این رشته‌کوه است، از اهمیت بسزایی برخوردار است. در همین راستا به منظور حفاظت از جنگل‌های منطقه، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس طرحی را با عنوان طرح ملی صیانت و توسعه جنگل‌های زاگرس در منطقه به اجرا گذاشته است. همچنین، به دلیل تنوع کاربری در منطقه شامل جنگل، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، هزاردره و رودخانه، این منطقه به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شد.

سرعین از تحلیل رگرسیون لجستیک استفاده کردند. در این پژوهش، عامل‌های مؤثر بر توسعه هر کدام از کاربری‌های اراضی در شهر سرعین شناسایی شد و با استفاده از مدل فوق پیش‌بینی الگوهای آتی کاربری اراضی با محوریت افزایش کاربری‌های گردشگری در افق ۱۴۰۰ مشخص شد. هدف از پژوهش پیش‌رو، مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی منطقه کوهمره‌سرخی در استان فارس با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و روش رگرسیون لجستیک است.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

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



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

لندست ۵ سنجنده TM (۱۳۶۶/۰۴/۲۵)، لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> (۱۳۷۹/۰۴/۲۱) و لندست ۷ سنجنده ETM<sup>+</sup> (۱۳۹۱/۰۴/۲۲) استفاده شد. با بررسی نقشه‌هایی که از قبل تهیه شده بودند و انجام بازدیدهای میدانی، کاربری‌های عمده منطقه شامل جنگل، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم،

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی به منظور مطالعه دینامیک کاربری اراضی، نقشه‌هایی لازم هستند که وضعیت کاربری اراضی در زمان‌های مختلف را انعکاس دهند (Pontius & Malanson, 2005). در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر

زیرمدل‌هایی با بیشترین صحت، لازم است که مدل با چند سناریو مختلف اجرا شود (Gholamalifard *et al.*, 2012).

#### انتخاب متغیرهای مستقل

متغیرها ممکن است به صورت دینامیک یا استاتیک به مدل اضافه شوند. متغیرهای استاتیک جنبه‌های اساسی مناسب برای انتقال در نظر گرفته شده را بیان می‌کنند و با گذشت زمان تغییرناپذیرند. متغیرهای دینامیک وابسته به زمان متغیر هستند و در طول زمان دوره پیش‌بینی محاسبه می‌شوند. متغیرهای مستقل برای انجام مدل‌سازی، با ارزیابی از طریق ضریب همبستگی کرامر انتخاب می‌شوند. این ضریب همبستگی متغیرهای مستقل را در یک زمان با طبقه‌بندی موضوعی نقشه کاربری اراضی مقایسه می‌کند (Eastman, 2006).

#### مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری

Land Change Modeler یا LCM مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی (قابل دسترس در نرم‌افزار IDRISI و به صورت اکستنشن در ArcGIS) ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم می‌کند و کاربری اراضی یا پوشش زمین را آنالیز می‌کند (Václavík & Rogan, 2009; Gontier *et al.*, 2009; Eastman *et al.*, 2012). این مدل قادر به ایجاد سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عامل‌های زیستی، فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی است که در تغییر کاربری اراضی تأثیرگذارند (McConnel *et al.*, 2004). بعد از انتخاب زیرمدل‌ها و طبق متغیرهای مستقل انتخاب‌شده، مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری با روش رگرسیون لجستیک انجام می‌شود. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد (Gholamalifard *et al.*, 2012). رگرسیون لجستیک از روش برآورد حداکثر احتمال برای پیدا کردن بهترین مجموعه پارامترهایی که مدل را بهتر برازش می‌کنند، استفاده می‌کند. خروجی مدل، ضریب‌هایی بین صفر و یک خواهد داشت که از طریق تئوری فازی به احتمالات بیشتر از ۰/۵ ارزش یک (تغییر) و کمتر از ۰/۵ ارزش صفر (عدم تغییر) می‌دهد و نقشه بولین تخریب را

مرتع، هزاردره و رودخانه مشخص شدند. با توجه به اینکه داده‌های اخذشده سنجنده  $ETM^+$  تصحیح هندسی شده بودند، با انجام تصحیح اتمسفری و پیش‌پردازش‌های اولیه، تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شد. برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر در سال ۱۳۹۱ با کمک Google earth و برداشت نقاط کنتری 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. ضریب کاپا برای هر نقشه به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۸۰ به دست آمد.

#### آشکارسازی تغییرات و انتخاب زیرمدل‌ها

آشکارسازی دقیق و بموقع تغییرات سیما و پستی و بلندی‌های سطح زمین، پایه‌ای برای فهم بهتر روابط و تعاملات انسان و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می‌آورد (Lu *et al.*, 2004). انتخاب روش و الگوریتم برای ارزیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است، زیرا روش انتخاب‌شده برای ارزیابی و کشف تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در نتایج به دست آمده و تفسیر و تحلیل آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. مهمترین روش‌های بارزسازی تغییرات عبارتند از: ۱- تفاضل تصاویر، ۲- تقسیم تصاویر، ۳- تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ۴- استفاده از منطق فازی، ۵- مقایسه پس از طبقه‌بندی و ۶- طبقه‌بندی طیفی زمانی (Rabiee *et al.*, 2004). یکی از روش‌های آشکارسازی پس از طبقه‌بندی، جدول‌بندی افقی است. این تغییرات که بین دو سال اتفاق می‌افتد، شناسایی می‌شوند و به عنوان یک زیرمدل در نظر گرفته می‌شوند. زیرمدل‌ها شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری‌ها می‌باشند که محرک‌های اساسی محسوب می‌شوند (Pérez-Vega *et al.*, 2012). برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری در مدل LCM قبل از هر کاری باید زیرمدل‌ها مشخص شود. برای انتخاب

p: احتمال یک بودن متغیر وابسته، X: متغیر مستقل، B: پارامتر برآورد شده، Y: متغیر وابسته. با تغییر لگاریتمی در رابطه ۱، رابطه ۲ به دست می آید:

$$P(Y=1|CX) = \exp(nBX) / (1 + \exp(nBX)) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Log}_e \left( \frac{P}{1+P} \right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \text{error term} \quad \text{رابطه (۲)}$$

فرآیند مارکف در جایی استفاده می شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به صورت کلی براساس وضعیت پیش از آن سیستم مدل سازی کرد (Salmanmahiny & kamyab, 2012). برای اعتبارسنجی مدل سازی انجام شده با روش رگرسیون لجستیک، نقشه های به دست آمده از تصویرهای سال ۱۳۹۱ به عنوان مرجع در نظر گرفته شد. از ماتریس های خطا برای مطالعه تناظر بین نقشه مرجع و نقشه به دست آمده از طریق شبکه های عصبی استفاده شد. خطاهای omission و commission کاربری اراضی مطابق با مدل تشکیل شده را می توان تعیین کرد.

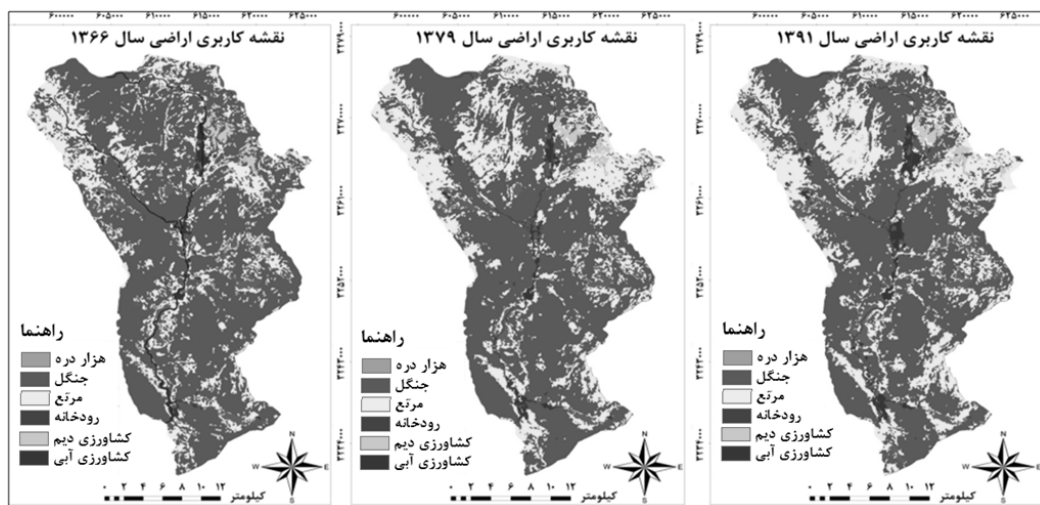
### نتایج

شکل ۲ نقشه های کاربری اراضی تهیه شده از تصاویر ماهواره ای در سه دوره زمانی را نشان می دهد.

تولید می کند. رگرسیون لجستیک با این فرض به کار می رود که احتمال یک بودن متغیر وابسته از منحنی لگاریتمی پیروی می کند و مقدار آن توسط رابطه ۱ تخمین زده می شود:

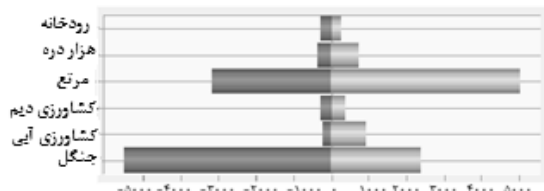
این تغییر لگاریتمی باعث می شود احتمال پیش بینی شده در دامنه صفر تا یک پیوسته باشد و خروجی مدل به صورت یک نقشه پیش بینی مکانی احتمال تخریب ارائه شود (Eastman, 2002). ارزیابی مدل رگرسیونی برازش یافته با محاسبه شاخص ROC و Pseudo R<sup>2</sup> انجام می شود Clark (& Hosking, 1986).

پیش بینی نقشه کاربری اراضی و اعتبارسنجی خروجی های مرحله مدل سازی پتانسیل انتقال به عنوان ورودی های مرحله پیش بینی تغییرات بکار می روند. مقدار تغییرات هر انتقال با استفاده از زنجیره مارکوف پیش بینی می شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی در مدل LCM تهیه خواهد شد. زنجیره مارکف یک ابزار مناسب برای مدل سازی تغییرات کاربری زمین در جایی است که توصیف تغییرات و فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد. هر



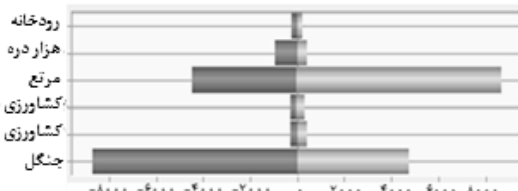
شکل ۲- نقشه های کاربری اراضی به دست آمده از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

طبقه به طبقه‌های دیگر بود. بیشترین کاهش تغییرات عمدتاً شامل تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها بود. همچنین افزایش مساحت در ناحیه مرتع مشاهده می‌شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۴- کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده طی دوره زمانی مورد مطالعه شد. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر طبقه و انتقال از یک



شکل ۳- کاهش و افزایش کاربری‌های اراضی بر حسب هکتار طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹

همچنین کاهش مساحت در ناحیه جنگل، هزار دره و رودخانه رخ داده است که بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۹۵۳/۷۵ هکتار) می‌باشد. کاهش مساحت جنگل و تبدیل آن به کاربری‌های دیگر به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل ۳۷۷۱ هکتار از تغییرات جنگل به مرتع، ۱۰/۷۱ هکتار از تغییرات جنگل به هزار دره، ۱۹۲/۶۹ هکتار از تغییرات جنگل به کشاورزی دیم، ۲/۵۲ هکتار از تغییرات جنگل به کشاورزی آبی و ۱/۸ هکتار از تغییرات جنگل به رودخانه بود.

تغییرات خالص کاهش مساحت در نواحی جنگل، هزاردره و رودخانه است. از طرفی تغییرات خالص افزایش مساحت در نواحی مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی رخ داده است. همچنین در دوره دوم کاهش مساحت در نواحی جنگل و رودخانه و افزایش مساحت در نواحی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع و هزاردره رخ داده است. جدول ۱ خلاصه جدول‌بندی افقی انجام شده بین نقشه‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۹ را نشان می‌دهد. ضریب کاپا برای آشکارسازی این تغییرات ۸۳٪ به دست آمد. بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع (۴۲۲۴/۲۴ هکتار) بود.

جدول ۱- جدول‌بندی افقی بین نقشه‌های ۱۳۶۶ (عمودی) و ۱۳۷۹ (افقی) بر مبنای هکتار

مجموع	رودخانه	هزار دره	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	.	۶۱۴/۱۶	۲۱۶/۳۶	کشاورزی آبی
۱۱۳۵/۴۴	.	۳/۳۳	۷/۸۳	۷۷۵/۲۶	.	۳۴۹/۰۲	کشاورزی دیم
۲۴۵۸/۴۴	۵۳/۸۲	۲۰۲۶/۶۲	۲۲۲/۶۶	.	۵/۱۳	۱۵۰/۲۱	هزار دره
۲۰۵۰۵/۱۵	۷۱/۰۱	۶۰۴/۷۱	۱۱۷۸۹/۸۲	۱۱۱/۲۴	۲۷/۲۷	۷۹۰/۱/۱	مرتع
۸۶۷/۱۵	۶۳۷/۴۷	۷۴/۴۳	۵۵/۶۲	.	۲۳/۴۹	۷۶/۱۴	رودخانه
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۸۱/۵۵	۲۹۶۶/۵۸	۱۶۲۸۰/۹۱	۱۰۴۲/۸۳	۸۸۳/۸۹	۵۲۱۵۳/۳۸	مجموع

شد (جدول ۲). در این مطالعه متغیرهای فاصله از جنگل، فاصله از کشاورزی آبی، فاصله از کشاورزی دیم، فاصله از هزاردره و فاصله از مرتع به عنوان متغیر دینامیک مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین دو متغیر مدل رقومی ارتفاع و شیب به صورت ایستا انتخاب شدند. همچنین آماره های P value، Standard Error و آماره Wald برای متغیرها محاسبه شدند (جدول ۳).

با توجه به نتایج آشکارسازی تغییرات، زیرمدل‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش عبارتند از: جنگل به کشاورزی آبی، مرتع به کشاورزی آبی، هزاردره به کشاورزی آبی، رودخانه به کشاورزی آبی. پس از انتخاب زیرمدل‌ها، ۱۰ متغیر با توجه به ویژگی‌های منطقه انتخاب شد. با بررسی ضریب همبستگی کرامر، متغیرهایی که ضریب همبستگی آنها بیشتر از ۰/۱ بود، برای مدل‌سازی انتخاب

جدول ۲- ضریب کرامر: همبستگی بین متغیرهای مستقل

متغیرهای مستقل	ضریب کلی همبستگی	متغیرهای مستقل	ضریب کلی همبستگی
فاصله از جنگل	۰/۱۸۳	فاصله از رودخانه	۰/۰۹۷
فاصله از کشاورزی آبی	۰/۱۰۷	فاصله از جاده	۰/۰۵۳
فاصله از کشاورزی دیم	۰/۱۱۴	فاصله از روستا	۰/۰۶۴
فاصله از هزار دره	۰/۱۴۴	شیب	۰/۰۷۶
فاصله از مرتع	۰/۱۵۱	ارتفاع (DEM)	۰/۰۸۳

جدول ۳- ضرایب آماری متغیرها

متغیرها	فاصله از جنگل	فاصله از کشاورزی آبی	فاصله از کشاورزی دیم	فاصله از هزاردره	فاصله از مرتع	شیب	ارتفاع (DEM)	P value	Standard Error	آماره Wald
	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
	۰/۶۴۱	۰/۷۱۱	۰/۷۱۴	۰/۱۱۲	۰/۷۶۲	۰/۵۴۱	۰/۵۲۳	۰/۶۴۱	۰/۷۱۱	۰/۷۱۴
	۴/۴۹۶	۵/۵۶۲	۱۱/۴۶۸	۵/۳۱۴	۶/۳۶۹	۵/۴۰۷	۱۰/۷۲۵	۴/۴۹۶	۵/۵۶۲	۱۱/۴۶۸

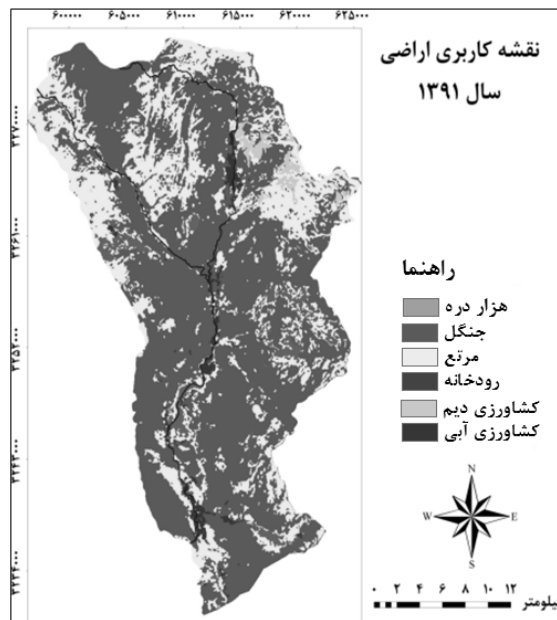
شاخص‌های آماری به دست آمده از رگرسیون لجستیک در جدول ۴ نشان داده شده است.

با انتخاب زیرمدل‌ها و متغیرها که به صورت استاتیک و دینامیک وارد مدل شدند، مدل‌سازی پتانسیل انتقال با روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM انجام شد. نتیجه

جدول ۴- صحت‌سنجی روش رگرسیون لجستیک

زیر مدل	جنگل به کشاورزی آبی	مرتع به کشاورزی آبی	هزاردره به کشاورزی آبی	رودخانه به کشاورزی آبی
شاخص ROC	۰/۹۴۷	۰/۹۱۲	۰/۸۶۳	۰/۸۶۳
شاخص Pseudo R <sup>2</sup>	۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۵
P value	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
Standard Error	۰/۷۶۱	۰/۶۱۸	۰/۸۰۴	۰/۱۰۲
آماره Wald	۷/۵۵۱	۵/۴۵۵	۱۱/۷۶۱	۵/۲۵۵

در نهایت مقدار تغییرات هر تبدیل کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۱ در مدل LCM با رگرسیون لجستیک به دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده در مدل LCM برای سال ۱۳۹۱

به دست آمده از تصویر لندست سال ۱۳۹۱ به عنوان مرجع در جدول ۵ نشان داده شده است. ضریب کاپا برابر ۰/۷۴ به دست آمد.

نقشه‌های کاربری اراضی به دست آمده از مدل‌سازی را می‌توان با نقشه کاربری اراضی به دست آمده از تصویر لندست سال ۱۳۹۱ مقایسه کرد. خلاصه ماتریس خطا بین نقشه به دست آمده از مدل‌سازی و نقشه کاربری اراضی

جدول ۵- ماتریس خطا بین نقشه کاربری اراضی ۱۳۹۱ (عمودی) و نقشه مدل‌سازی شده با روش رگرسیون لجستیک (افقی)

خطای commission	رودخانه	هزاردره	مرتج	کشاورزی دیم	کشاورزی آبی	جنگل	
۰/۱۱۳۹	۹۴۴	۱۰۶۲	۵۰۰۷۶	۲۴۵۳	۴۶۲۵	۴۷۴۱۷۵	جنگل
۰/۲۶۱۱	۵۶۶	۸۸۴	۵۴۲	۰	۹۲۰۶	۱۲۶۱	کشاورزی آبی
۰/۲۴۹۴	۰	۴۵	۲۷۴۷	۹۴۶۹	۱۲	۳۴۳	کشاورزی دیم
۰/۱۵۴۲	۹۶۴	۶۲۷۱	۱۹۲۵۲۷	۱۷۶۲	۲۷۷۷	۲۳۳۳۸	مرتج
۰/۱۴۳۶	۵۰۰	۲۳۲۴۸	۱۹۰۶	۰	۵۰۲	۹۹۱	هزار دره
۰/۳۴۳۰	۶۲۷۴	۶۱۴	۸۳۵	۰	۶۲۸	۱۱۹۹	رودخانه
۰/۱۳۳۰	۰/۳۲۱۶	۰/۲۷۶۳	۰/۲۲۵۷	۰/۲۲۵۷	۰/۵۲۹۱	۰/۰۵۴۱	خطای omission



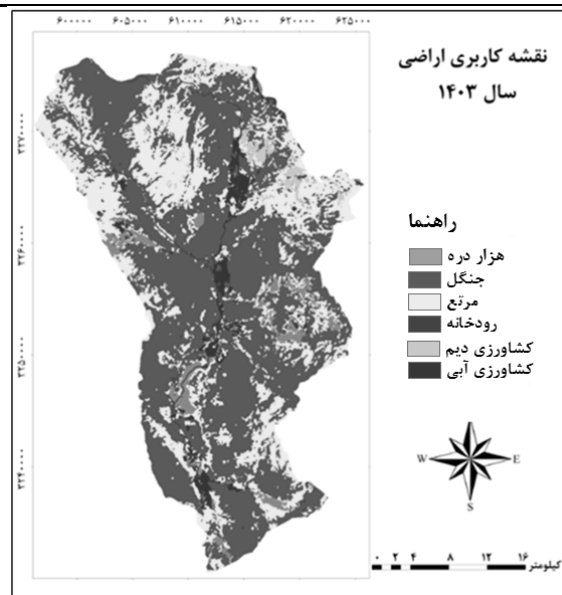
## تشکیل سناریوی آینده

جدول ۶ جدول بندی افقی برای دوره زمانی دوم را نشان می‌دهد. با توجه به تغییرات رخ داده در دوره زمانی دوم (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱) و زیرمدل‌ها و متغیرهای در نظر گرفته شده برای دوره زمانی اول، مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری با

استفاده از روش رگرسیون لجستیک انجام شد و در مرحله بعد برای پیش‌بینی مقدار تغییرات هر تبدیل کاربری از زنجیره مارکوف استفاده شد. شکل ۶ نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۳ را نشان می‌دهد.

جدول ۶- جدول بندی افقی بین نقشه‌های ۱۳۷۹ (عمودی) و ۱۳۹۱ (افقی) بر مبنای هکتار

مجموع	رودخانه	هزاردره	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	.	.	۱۵۸/۵۸	۸۵۲/۲۱	.	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	هزاردره
۸۳۲/۳۲	۵۶۹/۳۴	۴۵/۲۷	۸۶/۷۶	.	۴۵/۹	۸۵/۰۵	رودخانه
۷۴۲۰۹/۱۴	۸۶۷/۱۵	۲۴۵۸/۴۴	۲۰۵۰۵/۱۵	۱۱۳۵/۴۴	۱۰۴۳/۲۸	۴۸۱۹۹/۶۸	مجموع



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده در مدل LCM برای سال ۱۴۰۳

با مقایسه نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۹۱ و نقشه به دست آمده از مدل‌سازی در سال ۱۴۰۳، مشخص شد که در ناحیه کشاورزی آبی بیشترین افزایش مساحت و در ناحیه جنگل بیشترین کاهش مساحت رخ خواهد داد.

## بحث

یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین،

آگاهی از الگوی کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان است. بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی نیاز به الگوها و مدل‌های منطقه دارد تا ضمن رعایت دستورالعمل‌های مدل‌های اکولوژیک، بهره‌برداری پایدار نیز مورد توجه قرار گیرد. نتایج این مطالعه گویای این است که تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در اجرای مدل‌های ارزیابی تغییرات مکانی-

مستقل، نقشه رستری احتمال تغییر پوشش گیاهی را برای آبخیز قلعه‌چای در استان گلستان تهیه کردند. ارزیابی مدل رگرسیونی برازش داده‌شده با شاخص‌های ROC و Pseudo- $R^2$  بیانگر قابلیت زیاد مدل برای توصیف تغییرات و تعیین مناطق مستعد تغییر بود. با توجه به مطالعات انجام‌شده و نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان این‌گونه بیان کرد که روش رگرسیون لجستیک در برنامه‌ریزی‌های آینده منطقه که با تغییرات پوشش گیاهی/کاربری اراضی مرتبط است، مورد توجه قرار گیرد. همچنین در پژوهش پیش‌رو نقشه پیش‌بینی‌شده برای سال ۱۴۰۳ نشان می‌دهد ناحیه کشاورزی آبی افزایش بیشتری خواهد داشت که با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه این تغییر قابل انتظار است. با توجه به اهمیت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و تعیین میزان تغییرات در هر طبقه کاربری اراضی، پیشنهاد می‌شود از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بیشتر و دوره‌های واسنجی بیشتر برای افزایش دقت مدل استفاده شود. همچنین با توجه به کمبود قوانین صریح در زمینه تغییر کاربری اراضی در کشور، نسبت به بررسی قوانین پیشگیرانه در این مورد و به‌ویژه در زمینه تخریب جنگل اقدام شود.

## References

- Ademola, N., Braimoh, K. and Onishi T. 2007. Spatial determinants of urban land use change in Lagos. *Land Use Policy*, 24: 502-515.
- Awotwi, A. 2009. Detection of land use and land cover change in Accra, Ghana, between 1985 and 2003 using Landsat imagery. M. Sc. Thesis, Division of Geoinformatics Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- Babaei Agdam, F., Esmaili Ouri, A. and Heydari Sarban, V. 2011. Modeling the spatial pattern of land use of Sarein on the horizon 1400 using a model CLUE\_S. *Journal of Geographical Research*, 26(5): 93-116 (In Persian).
- Clark, W.A. and Hosking, P.L. 1986. *Statistical Methods for Geographers*. John Wiley and Sons, New York, 528p.
- Conway, T.M. and Lathrop R.G.Jr. 2005. Modeling the ecological consequences of land-use policies in an urbanizing region. *Environmental Management*, 35:278-291.

زمانی کاربری اراضی، به‌منظور آگاهی از نوع و درصد کاربری اراضی و میزان تغییرات آنها در منابع طبیعی و بخش‌های دیگر بسیار کارآمد است. همچنین به‌عنوان یک پارامتر مدیریتی می‌تواند برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه‌جانبه یاری نماید. در این پژوهش با توجه به کاهش چشمگیر مساحت جنگل می‌توان این‌گونه بیان کرد که کاهش مساحت به‌دلیل قطع جنگل توسط دامداران و روستائیان از یک‌سو و حضور دام در جنگل و چرای مفرط در جنگل از سوی دیگر باعث عدم موفقیت زادآوری می‌شود. در مناطق جنگلی، کاهش آستانه تحمل اکوسیستم به‌دلیل فشارهای انسانی و طبیعی، فشار دام و در سالیان اخیر خشکسالی رخ داده است. همچنین در دوره اول بیشترین افزایش مساحت به‌ترتیب در ناحیه مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی مشاهده می‌شود. 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 و در مکان‌هایی که امکان آبیاری وجود ندارد و امکان شخم زدن وجود دارد، به اراضی کشت دیم تبدیل می‌شود. در مناطقی که امکان شخم و کشاورزی یا به‌دلیل محدودیت شخم و وجود شیب و یا به‌دلیل دوری از روستاها وجود ندارد، نیز پوشش جنگلی به اراضی مرتعی تبدیل می‌شود. نتایج مقایسه نقشه کاربری اراضی به‌دست‌آمده از مدل‌سازی در دوره اول با نقشه مرجع نشان می‌دهد که مدل از دقت زیادی برخوردار است. Lo و Hu (۲۰۰۷) به‌منظور کشف روابط بین رشد شهری در کلان‌شهر آتلانتای جرجیا و عامل‌های مؤثر بر آن از رگرسیون لجستیک استفاده کردند. در این پژوهش عامل مشخصه نسبی (ROC) مقدار ۰/۸۵ را برای نقشه احتمال نشان داد که منطقی است و چنین نتیجه‌گیری شد که به‌رغم عدم یویایی‌های زمانی رگرسیون لجستیک، این مدل برای آنالیزهای چندمقیاسی به‌طور مکانی صریح و مناسب است. همچنین Zareh Garizi و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با برقراری رگرسیون لجستیک بین نقشه تغییرات پوشش به‌عنوان متغیر وابسته و متغیرهای

- Ecosystems and Environment, 85: 83-94.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E. 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2401.
  - McConnel, W.J., Sweeney, S.P. and Mulley, B. 2004. Physical and social access to land: spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101: 171-184.
  - Pérez-Vega, A., Mas, J.F. and Ligmann-Zielinska, A. 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environmental Modeling & Software*, 29: 11-23.
  - Pontius, R. and Malanson, J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*. 19(2):243-265.
  - Rabiee, H., Ziaeean, P. and Alimohammadi, A. 2004. Exploring land uses and land cover in Isfahan province using remote sensing and GIS. *Journal of geographical Research*, 84:41-54 (In Persian).
  - Theau, J. 2006. Detection of changes using remote sensing: an overview of principles and applications. *Geo-Spatial and Range Sciences Conference*. Idaho State Univ., Pocatello, ID, USA.
  - Torrens, P.M. and Osullivan, D. 2001. Cellular automata and urban simulation: where do we go from here? *Environment and Planning B*, 28: 163-168.
  - Václavík, T. and Rogan, J. 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe. *GIS Science and Remote Sensing*, 49(1):1-32.
  - Verburg, P., Schot, P., Dijst, M. and Veldkamp, A. 2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal*, 6: 309-324.
  - Zareh Garizi, A., Bardi Sheikh, V., Sadodin, A. and Salman Mahini, A. 2012. Application of logistic regression to model spatial pattern of vegetation change (Case study: Chehel Chai basin, Golestan province). *Journal of Geographical Research*, 37: 55-68 (In Persian).
  - Costanza, R. and Ruth, M. 2004. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Geo-Journal*, 61:309-324.
  - Darvishsefat, A.A, Pir Bavaghar, M. and Rajabpor Rahmati, M. 2012. Remote sensing for GIS managers (Translation). University of Tehran press, 710p.
  - Eastman, J.R. 2002. *Idrisi for windows, user's guide ver. 3.2*. Clark University, 327p.
  - Eastman, J.R. 2006. *IDRISI Andes. Tutorial*. Clark University, Worcester, MA.
  - Salmanmahiny, A. and Kamyab, H. 2012. *Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi (Translated)*. Publication of Mehremahdis, 620p (In Persian).
  - Eastman, J.R., Van Fossen, M.E. and Solarzano, L.A. 2012. Transition potential modeling for land cover change. In: Maguire, D., Good Child, M., Batty, M. (Eds.), *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. ESRI Press, Redlands, California.
  - Gholamalifard, M., Jorabiyani Shoshtary, Sh., Hosseini Kahnoj, S.H. and Mirzaei, M. 2012. Modeling of land use changes in coastal of Mazandaran province using LCM in GIS. *Journal of Environmental Studies*, 38(4): 124-109 (In Persian).
  - Gontier, M., Mörtberg, U. and Balfors, B. 2009. Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1):8-18.
  - Gumeh, Z. 2012. Monitoring land use changes in Karaj and its association to landscape profiles. M. Sc. thesis, University of Shahid Chamran, Ahvaz, 128p.
  - Hu, Zh. and Lo, C.P. 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31: 667-688.
  - Kamyab, H., Salman Mahini, A., Hosseini, S.M. and Gholamalifard, M. 2010. Adopt a data-driven approach using logistic regression to model urban development Gorgan. *Journal of Ecology*, 36: 96-89 (In Persian).
  - Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A. and Scholten, H.J. 2007. *Modeling Land-Use Change, Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, the Netherlands, 390p.
  - Laura, C., Schneider, R. and Gil Pontius Jr. 2001. Modeling land use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture*,

## LCM Logistic regression modelling of land-use changes in Kouhmare Sorkhi, Fars province

S. Azizi Ghalati <sup>1\*</sup>, K. Rangzan <sup>2</sup>, A. Taghizadeh <sup>3</sup>, Sh. Ahmadi <sup>4</sup>

1\* - Corresponding author, M. Sc. GIS and Remote Sensing, Faculty of Geoscience, Shahid Chamran University, Ahvaz, I.R. Iran. E-mail: Saraazizi353@yahoo.com

2- Associate Prof., Faculty of Geoscience, Shahid Chamran University, Ahvaz, I.R. Iran.

3- Senior Expert, Faculty of Geoscience, Shahid Chamran University, Ahvaz, I.R. Iran.

4- Ph. D. Student Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran.

Received: 02.10.2014

Accepted: 07.14.2014

### Abstract

Model-based prediction of potential land use patterns can support environmental planners and natural resource managers for more effective planning decisions. This research aimed at modeling land use change across kouhmare Sorkhi plain of Fars province by means of logistic regression. To do this, land use maps were first retrieved from multi-date Landsat imagery of 1987, 2000 and 2012. A change detection analysis was performed following the validation of classified imagery. Results of change detection between 1987 and 2000 returned a Kappa coefficient of 0.83 showed the highest increment for rangeland class (4224.24 ha). In contrast, the highest rate of decrease was observed on forest area (3953.75). Having this in mind, 10 explanatory variables were selected to model potential land use changes in 2012 by LCM logistic regression. The land use map of 2012 was modelled using a Markov chain. This resulted in a 0.74 Kappa coefficient for an error matrix between the modeled and the 2000 Landsat-based land use maps. In addition, the revealed changes for the 2000-2012 period with 0.88 Kappa coefficient show a highest increment rate for rangeland class (1807.02 ha), whereas the greatest decrease was observed for forest (2132.82 ha). In accordance to this, the land use map of 2024 was predicted, for which the irrigated agriculture would be associated with the highest rate of change.

**Keywords:** Change detection, logistic regression, LCM model, Kouhmare Sorkhi region.