

## ارزیابی کارایی مدل‌های Geomod و LCM در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت ابوغویر دهلران، استان ایلام)

زاهده حیدری‌زادی<sup>۱</sup> و علی محمدیان بهبهانی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران،

پست الکترونیک: mohammadian@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۵

### چکیده

مراقبت از یک اکوسیستم و حفاظت از منابع طبیعی نیازمند آگاهی از شرایط و نحوه تغییر کاربری‌های مختلف اراضی است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات کاربری در گذشته و ارزیابی کارایی مدل‌های Geomod و LCM در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی است. تا با انتخاب مدل مناسب‌تر پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده انجام شود. از این‌رو تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق به سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت و پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از این تصاویر انجام شد. شبیه‌سازی وضعیت کاربری اراضی با مدل LCM برای سال ۱۳۹۵، با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ انجام گردید و با استفاده از روش MLP و زنجیره مارکف نقشه کاربری زمین برای سال ۱۳۹۵ شبیه‌سازی شد. برای اجرای مدل Geomod از تصویر مربوط به نقشه تک کاربری سال ۱۳۸۲ و تصویر مربوط به نقشه تک کاربری سال ۱۳۹۵ استفاده و نقشه تناسب تغییرات با استفاده از پارامترهای تأثیرگذار در تغییرات کاربری اراضی تهیه و به مدل معرفی شد. ارزیابی صحت نقشه شبیه‌سازی سال ۱۳۹۵ نشان داد که مدل LCM و Geomod به ترتیب دارای ضریب کاپای ۸۲ و ۷۰ درصد بودند. بنابراین مدل LCM به‌عنوان مدل مناسب‌تر انتخاب و نقشه کاربری سال ۱۴۰۸ پیش‌بینی و تهیه شد.

واژه‌های کلیدی: روش MLP، زنجیره مارکف، کاربری اراضی، لندست، پیش‌بینی.

### مقدمه

تغییرات پوشش اراضی طی دوره‌های زمانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امری ضروریست (Fraser et al., 2005). با توجه به اینکه داده‌های ماهواره‌ای تکرارپذیر و به‌هنگام بوده و همچنین سطح وسیعی را پوشش می‌دهند استفاده از آنها افزایش یافته است. به‌طوری‌که از خاصیت چندزمانی و چندطیفی تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین، بازبینی جنگل و مطالعات شهری استفاده

مدیریت کاربری اراضی مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و به‌هنگام در قالب نقشه است. در طی چند دهه اخیر تغییر کاربری اراضی تحت تأثیر عوامل انسانی سبب بروز اثرهای جدی بر محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع شده است (Bagheri et al., 2016). با توجه به تغییرات گسترده و غیراصولی کاربری اراضی، بررسی چگونگی

بخش‌های غرب و شرق کلان‌شهر تهران بیشترین روند توسعه رخ خواهد داد. Geri و همکاران در سال ۲۰۱۱ در ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات اراضی جنگل در ایتالیا (منطقه توسکانی) با استفاده از مدل Geomod به این نتیجه رسیدند که منطقه مورد مطالعه به‌طور گسترده دستخوش تغییرات بزرگ در دهه‌های اخیر شده است و با توجه به درستی کالبره و اعتبارسنجی، مدل Geomod یک ابزار قوی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. Nedjai و همکاران در سال ۲۰۱۶ در حوزه آبخیز لویره (Loire) فرانسه، با طبقه‌بندی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۵ و ۲۰۰۰ به شبیه‌سازی کاربری اراضی سال ۲۰۱۳ با استفاده از مدل LCM پرداختند. نتایج حاصل از تطبیق نقشه واقعیت زمین با خروجی مدل، ضریب کاپای ۰/۹ را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به قابلیت بالای مدل در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، تغییرات برای سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد و خروجی‌های حاصل از پیش‌بینی مدل LCM به عنوان ورودی برای مدل WAMRF (مدل هیدروژئوشیمیایی) مورداستفاده قرار گرفت. Saifullah و همکاران در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی در جنوب شهر باتن (Banten) اندونزی، با توجه به رشد سریع جمعیت در این شهر به بررسی تغییرات و توسعه شهری پرداختند. در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ استفاده شد. نتایج پایش در منطقه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ نشان داد که سالانه ۸۶۵۰ هکتار به وسعت اراضی انسان‌ساخت افزوده شده است. نتایج شبیه‌سازی با استفاده از الگوریتم MLP نشان‌دهنده دقت ۰/۸ برای منطقه در سال ۲۰۱۴ بود. بنابراین، با استفاده از قابلیت بالای این الگوریتم به پیش‌بینی تغییرات اراضی برای سال ۲۰۳۲ پرداخته شد.

روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک و از بین رفتن پوشش گیاهی و توسعه اراضی با خطر بیابان‌زایی و با قابلیت ریسک بالا در کشور می‌تواند حائز اهمیت فراوانی باشد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی دو مدل ژئومد و مدل‌ساز تغییر سرزمین در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در دشت ابوغویر دهلران

می‌شود و نقش مهمی در بسیاری از حوزه‌های کاربردی و زیست‌محیطی دارد (Subudhi et al., 2014). امروزه برای شناسایی و پیش‌بینی روند تغییرات و تخریب اراضی از مدل‌های تغییر کاربری اراضی از قبیل مدل‌ساز تغییر سرزمین (Land Change Modeler)، GEOMOD، DINAMICA، EGO، CA-MARKOV استفاده می‌گردد که تفاوت آنها در روش مدل‌سازی قابلیت انتقال تجربی می‌باشد (Mas et al., 2014). Geomod یک مدل تغییرات کاربری زمین است که تغییرات یکسویه از یک طبقه کاربری زمین را به طبقه کاربری زمین دیگر مدل‌سازی می‌نماید (Pontius et al., 2001). برای مدل‌سازی الگوهای مکانی تغییرات کاربری زمین دو رویکرد رایج وجود دارد؛ (۱) مدل‌های رگرسیون مبنا و (۲) مدل‌هایی که بر پایه انتقال مکانی هستند. دسته اولین مدل، رابطه بین دامنه گسترده‌ای از متغیرهای مستقل، پیش‌بینی‌کننده و تغییرات مشاهده‌شده در کاربری اراضی را شکل می‌دهد. سپس با استفاده از این متغیرها، محل تغییرات آینده در چشم‌اندازها تخمین زده می‌شود (Pijanowski, 2005). LCM از جمله مدل‌هایی است که از شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌کند و با ساختار نقشه‌سازی غیرخطی برای مدل‌سازی سیستم‌های متصل به یکدیگر مانند نورون‌های مغزی توسعه داده شده است که اغلب از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه به‌عنوان پرکاربردترین شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود (Kamyab et al., 2011). در مورد آشکار سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی مطالعات و پژوهش‌های زیادی انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود: Heidarian و همکاران در سال ۲۰۱۴ به تلفیق تکنیک‌های سنجش‌ازدور، GIS و مدل LCM با رویکرد مدل‌سازی توسعه شهری در کلان‌شهر تهران پرداختند. در این تحقیق ابتدا نقشه کاربری زمین از تصاویر ماهواره لندست برای دوره ۱۱ ساله ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵ تهیه شد، سپس ۱۱ متغیر مستقل به‌عنوان ورودی مدل انتخاب و با استفاده از روش MLP (Multilayer perceptron) و زنجیره مارکف نقشه کاربری زمین برای سال ۱۳۹۶ پیش‌بینی شد. نتایج نشان می‌دهد به ترتیب در

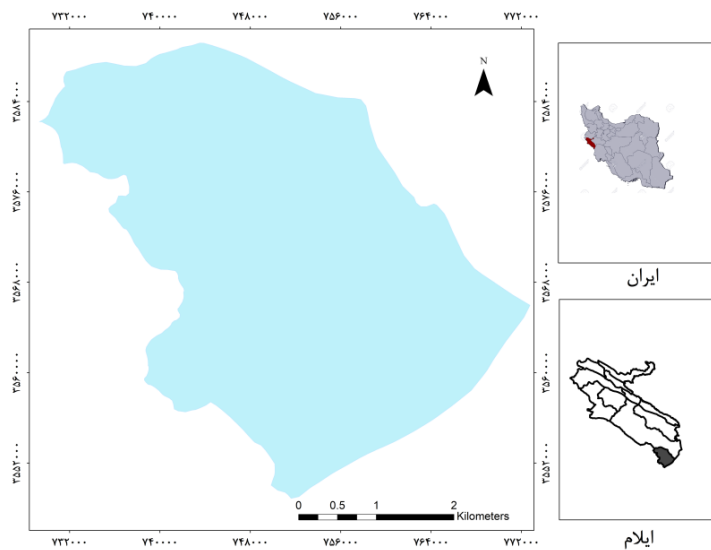
حداصل "۴۷°۳۱'۲۹" تا "۴۷°۵۵'۰۱" طول شرقی و "۳۲°۱۰'۰۶" تا "۳۲°۲۴'۱۹" عرض شمالی قرار گرفته است ( شکل ۱). متو سط بارندگی منطقه ۱۹۵ میلی‌متر، حداکثر و حداقل دمای منطقه در ماه‌های مرداد و دی اتفاق می‌افتد و به ترتیب ۴۶/۷ و ۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه در طبقه بیابانی گرم میانه و بر اساس روش دومارتن در طبقه خشک گرم قرار دارد.

است تا با انتخاب مدل برتر پیش‌بینی تغییرات برای آینده انجام شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت ابوغویر با مساحت ۹۳۰ کیلومتر مربع، در جنوب شرقی استان ایلام و در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

زمین‌شناسی آمریکا (USGS) دریافت شد. داده‌های مربوطه به ترتیب شامل تصاویر سنجنده TM لندست ۵ به تاریخ تصویربرداری ۱۳۶۹ و تصاویر سنجنده ETM+ لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۳۸۲ و تصاویر سنجنده OLI لندست ۸ به تاریخ ۱۳۹۵ می‌باشد (جدول ۱).

## روش پژوهش

### داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI ماهواره لندست استفاده شد. جزئیات تصاویر استفاده شده در جدول ۱ آمده است. تصاویر از سایت سازمان

جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده شده

سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ	منا
TM	۳۶	۱۶۶	۱۳۶۹/۳/۵	WGS84
ETM+	۳۶	۱۶۶	۱۳۸۲/۳/۱	WGS84
OLI	۳۶	۱۶۶	۱۳۹۵/۳/۲۹	WGS84

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای (et al., 2011) و الگوریتم مناسبی برای طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد (Arzani et al., 2009). از این رو در این تحقیق ابتدا با استفاده از تصاویر گوگل‌ارث برای هر کاربری بین ۲۰ تا ۲۸ نقطه برداشت انجام شد، سپس با کمک ترکیب‌های رنگی کاذب نمونه‌های تعلیمی برای تصاویر ماهواره‌ای تعریف گردید. در ادامه ۷۰ درصد نقاط برای آموزش و ۳۰ درصد نقاط برای آزمون تفکیک شدند. سپس با استفاده از روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI 5.3 نقشه طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست ۱۳۹۵ (OLI) تهیه شد. در نهایت نقشه‌های طبقه‌بندی شده با ۳۰ درصد نقاط تعلیمی باقیمانده، مورد ارزیابی و صحت‌سنجی قرار گرفت. پس از تهیه نقشه کاربری مربوط به سال ۱۳۹۵ به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲، از نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵، تصاویر گوگل‌ارث مربوط به سال‌های موردبررسی، نقشه پوشش تولید شده توسط اداره منابع طبیعی و دامنه بازتاب طیفی پدیده‌ها استفاده شد و با تجزیه و تحلیل ترکیب‌های رنگی و باندهای مختلف ایجاد شده کاربری‌های مربوط به سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ شناسایی و طبقه‌بندی شد.

#### مدل‌سازی در LCM

LCM یا مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی، ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم و کاربری اراضی یا پوشش زمین را آنالیز می‌کند (Václavík & Rogan, 2009) یا (Eastman et al., 2012). مدل‌سازی در این مدل در سه مرحله انجام می‌شود: در مرحله اول متغیرهای تأثیرگذار انتخاب و به مدل معرفی می‌شوند، سپس نقش هر یک از آنها با توجه به ضرایب کرامر تعیین می‌گردد. در مرحله دوم نقشه قابلیت انتقال بر اساس متغیرهای مؤثر و نقشه‌های کاربری دوره‌های قبل تهیه می‌شود. در مرحله آخر نقشه کاربری آینده تهیه خواهد شد.

#### طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

استفاده از تصاویر چندزمانه نیازمند انجام تصحیحات اتمسفری می‌باشد. از این رو تصاویر موردنظر از نظر تأثیر اتمسفر مورد بررسی قرار گرفتند. پراکندگی نور توسط ذرات معلق در اتمسفر باعث تاری تصاویر سنجش‌ازدور در باندهای طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌شود که این اثر ماتی و کدری را می‌توان توسط تابع PSF (Point spread function) برطرف نمود (Liew, 1997). در این رابطه، تصاویر دریافتی از نظر وجود ابر و تیرگی و کدری هوا (Haze) به دقت مورد بررسی قرار گرفتند و وجود ابر در تصاویر مشاهده نشد، اما از نظر تأثیر مواد و ذرات معلق در اتمسفر و در ارتباط با حذف یا به حداقل رساندن تأثیر این مواد، تصاویر موردنظر با استفاده از روش PSF Kernel مورد تصحیح اتمسفری قرار گرفتند. این روش با فیلتر کردن تأثیر ذرات معلق در جو و پراکندگی نوری ناشی از وجود این مواد، تصاویر شفاف با وضوح مناسبی را در اختیار قرار می‌دهد. با توجه به اینکه بر اساس اهداف این تحقیق باید نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه حتی‌الامکان به صورت دقیق بر اساس تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای تهیه شوند، از این رو از بین روش‌های تجزیه و تحلیل تصاویر لازم است روشی انتخاب شود که نقشه‌های کاربری آن دقت بهتری داشته باشند تا بتوان بر اساس آنها تغییرات گذشته کاربری‌ها و پیش‌بینی تغییرات در آینده را با اطمینان بیشتری ارائه داد. با توجه به ویژگی‌های منطقه، انواع کاربری و پوشش موجود، چگونگی پراکنش و الگوی مکانی آنها، تشابه بازتاب طیفی بعضی از پوشش‌ها، انبوهی نسبتاً کم اراضی جنگلی و تأثیر بازتاب خاک در آنها، روش تجزیه و تحلیل خودکار نمی‌تواند نتایج مطمئنی ارائه دهد. در مقابل تفسیر تلفیقی که عملاً نوعی تفسیر چشمی داده‌های رقومی و متکی بر شناخت مفسر است، می‌تواند نتایج بسیار نزدیک به واقعیت ارائه دهد (Darvishsefat, 1988). از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال یکی از پرستفاده‌ترین روش‌هاست و نسبت به سایر روش‌ها از لحاظ دقت کل و ضریب کاپا برتری دارد (Jafari

باشد، بنابراین برای واردسازی متغیرهای یادشده به مدل‌ساز تغییر زمین لازم است تا متغیرها به صورت نقشه تهیه شوند.

## ۲. مدل‌سازی قابلیت انتقال در LCM

بعد از انتخاب زیرمدل‌ها و طبق متغیرهای مستقل انتخاب‌شده، مدل‌سازی قابلیت تبدیل هر کاربری با روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) انجام می‌شود. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر قابلیت دارد (Gholamalifard *et al.*, 2012). یک پرسپترون چندلایه از سه نوع لایه تشکیل می‌شود که شامل: لایه ورودی، لایه‌های میانی یا پنهان و لایه خروجی است (Mass *et al.*, 2004).

## ۳. شبیه‌سازی نقشه کاربری اراضی با LCM

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی قابلیت انتقال به عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به کار می‌روند. زنجیره مارکف یک ابزار مناسب برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در جایی است که توصیف تغییرات و فرایندهای سیمای سرزمین مشکل باشد. هر فرایند مارکف در جایی استفاده می‌شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به صورت کلی بر اساس وضعیت پیش از آن سیستم مدل‌سازی کرد (Kamyab *et al.*, 2010). پس از آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی طی سه سال ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ مقدار تغییرات هر انتقال با استفاده از زنجیره مارکف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی در مدل LCM برای سال ۱۳۹۵ تهیه خواهد شد. سپس نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۵ با نقشه شبیه‌سازی شده حاصل از مدل‌ساز تغییر زمین مقایسه می‌گردد. صحت مدل بر اساس شاخص کاپا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## مدل‌سازی در GEOMOD

GEOMOD یک مدل تغییرات کاربری زمین است که تغییرات یکسویه از یک طبقه کاربری زمین را به طبقه کاربری

## ۱. انتخاب متغیرهای ورودی و بررسی توانایی آنها برای

### شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در مدل LCM

در این مرحله از انجام تحقیق سعی شد تا متغیرهایی که بر تغییرات کاربری اراضی مؤثر هستند، انتخاب و به مدل معرفی شوند. متغیرهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از ضریب همبستگی، مقدار کرامر برای هر یک از متغیرها بدست آمد. این همبستگی به دو صورت ارائه می‌شود: به ازاء هر متغیر و کاربری و به ازاء هر متغیر و کلیه کاربری‌ها. لازم به ذکر است که میزان این ضریب در هر کاربری به منظور پیش‌بینی کاربری اراضی نیز بسیار مهم است، زیرا ممکن است میزان ضریب کلی کرامر برای یک متغیر در حد پایینی باشد اما آن متغیر با بعضی از کاربری‌ها وابستگی بسیار زیادی داشته باشد. توجه به این نکته ضروری است که درصد بالای ضریب کرامر، توانایی خوب متغیر را نشان می‌دهد اما الزاماً عملکرد بسیار عالی مدل را تضمین نمی‌کند، زیرا عوامل دیگری نیز در محاسبات مدل‌سازی و روابط پیچیده بین متغیرها دخالت دارند. با این حال زمانی که مقدار آن بسیار کم است، نشانه خوبی برای کنار گذاشتن یک متغیر ورودی در فرایند پیش‌بینی می‌باشد (Vafaiee, 2013). مدل‌ساز تغییر زمین، این امکان را به وجود آورده است که کاربر در فرایند تجزیه و تحلیل برآوردی سریع از توانایی و نقش هر متغیر را در پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی به دست آورد. در واقع مدل، درجه همبستگی متغیرها و کاربری‌ها را در انتهای دوره با محاسبه ضریب کرامر (V) و در دامنه ۰-۱ ارائه می‌دهد. به طور کلی مقادیر نزدیک به ۰/۴ و بالاتر از آن به عنوان مقدار مناسب برای یک متغیر و مقادیر کمتر از ۰/۱۵ برای یک متغیر به عنوان توانایی ضعیف آن در پیش‌بینی محسوب می‌شود (Eastman, 2012)، از این رو به مدل وارد نمی‌شوند. متغیرهای کم تأثیر با توجه به مقدار زیر ۰/۱۵ حذف شده و متغیرهای بالای ۰/۱۵ مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به ویژگی‌های منطقه متغیرهای اصلی مؤثر بر تغییرات می‌تواند شامل: فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از رودخانه، شیب، جهت، ارتفاع و فاصله از اراضی کشاورزی موجود

۱۳۸۲ به عنوان سال شروع فرایند مدل‌سازی به مدل معرفی و نقشه سال ۱۳۹۵ شبیه‌سازی می‌شود. سپس نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۵ با نقشه شبیه‌سازی شده مقایسه و صحت مدل با استفاده از ضریب کاپا تعیین می‌گردد.

#### ارزیابی صحت

متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی صحت طبقه‌بندی، انتخاب تعدادی پیکسل از پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آنها با نتایج طبقه‌بندی می‌باشد. این داده‌های معلوم را واقعیت زمینی یا داده‌های مرجع می‌نامند (Fatemi and Rezaei, 2012). انجام نمونه‌برداری از طریق بازدید زمینی یا با استفاده از داده‌های قبلی مانند نقشه‌های موجود یا تصاویر هوایی موجود انجام می‌شود. جمع‌آوری نمونه‌ها در این بخش نیز مانند جمع‌آوری داده‌های مرحله‌بندی برای طبقه‌بندی با توجه به روش نمونه‌برداری خواهد بود. معمولاً نتایج ارزیابی صحت به صورت خطا ارائه می‌گردند که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر صحت یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می‌شوند (Fatemi and Rezaei, 2012) و برای ارزیابی صحت نقشه‌های شبیه‌سازی شده نیز از ضریب کاپا استفاده می‌شود.

#### ضریب کاپا

برای تعیین اعتبار پیش‌بینی از شاخص کاپا استفاده می‌شود. دلیل استفاده از شاخص کاپا توجه به تعداد پیکسل‌های نادرست در طبقه‌بندی است که بوسیله رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Kappa = \frac{po - pc}{1 - pc} \times 100$$

رابطه (۱)

دیگر مدل‌سازی می‌نماید. در این مدل می‌توان انتقال از یک طبقه به طبقه دیگر را شبیه‌سازی نمود (Pontius & Malanson, 2005). برای انجام فرایند مدل‌سازی به روش GEOMOD باید نقشه تناسب تهیه شود. این نقشه، میزان احتمال هر پیکسل را برای تغییر با توجه به متغیرهای مستقل موردبررسی نشان می‌دهد، به طوری که مقادیر بالا در این نقشه نشان‌دهنده محل‌هایی با احتمال بالاتر برای تغییر است. متغیر وابسته در مدل GEOMOD نقشه طبقه کاربری زمین موردنظر در سال شروع مدل‌سازی است. متغیرهای مستقل نیز عوامل تأثیرگذار بر روند تغییرات کاربری هستند که با توجه به دسترس بودن و ویژگی‌های منطقه انتخاب می‌شوند.

#### شبیه‌سازی شرایط آینده کاربری زمین در GEOMOD

برای پیش‌بینی شرایط آینده کاربری زمین به روش GEOMOD نیاز به دو تصویر است. یک تصویر از نقشه کاربری زمین منطقه مطالعاتی در سال شروع فرایند مدل‌سازی (۱۳۸۲) و یک نقشه کاربری زمین منطقه مطالعاتی مربوط به سال نهایی (۱۳۹۵) که مدل برای آن تهیه می‌شود. نقشه کاربری زمین سال نهایی برای وارد نمودن میزان تغییرات ایجاد شده در کاربری موردبررسی در فاصله زمانی مورد نظر استفاده می‌شود. ضمن اینکه در مدل‌سازی شرایط آینده از آنجایی که وضعیت کاربری زمین در سال نهایی مدل‌سازی موجود نیست، در این مدل تعداد پیکسل تغییر یافته در فاصله زمانی که پیش‌بینی برای آن انجام می‌گردد، به مدل معرفی می‌شود و مدل با استفاده از دو تصویر ذکر شده و تعداد پیکسل‌های تغییر یافته، شرایط آینده کاربری‌های مورد مطالعه را پیش‌بینی می‌نماید. در این پژوهش تصویر سال

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در افق ۱۴۰۸

پس از ارزیابی کارایی دو مدل در شبیه‌سازی نقشه ۱۳۹۵ از طریق شاخص کاپا، مدل با کارایی بالاتر انتخاب و

که در آن po درستی موردمشاهده و pc توافق موردانتظار است. هرچه مقدار شاخص به عدد یک یا برحسب درصد به صد نزدیک‌تر باشد نشان از اعتبار بالای مدل در پیش‌بینی است.

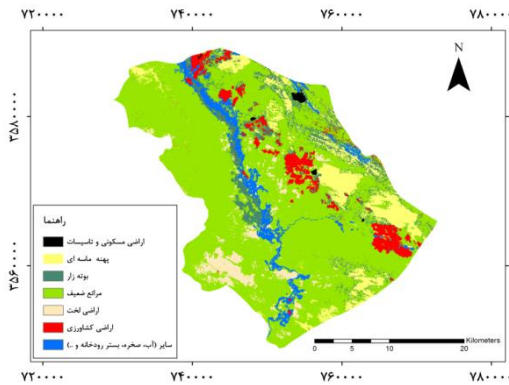
طبقه‌بندی اراضی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. شکل‌های ۲ تا ۴ تصاویر طبقه‌بندی شده در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ را نشان می‌دهند. به‌طور کلی ضریب کاپا برای سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵ به ترتیب برابر با ۸۱/۱۳، ۸۶/۲۲ و ۹۱/۴۵ درصد بود (جدول ۲).

پیش‌بینی در افق ۱۴۰۸ بر اساس مدل برتر انجام خواهد شد.

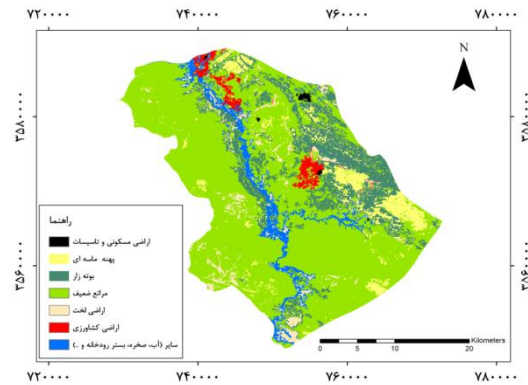
## نتایج

### آشکارسازی تغییرات

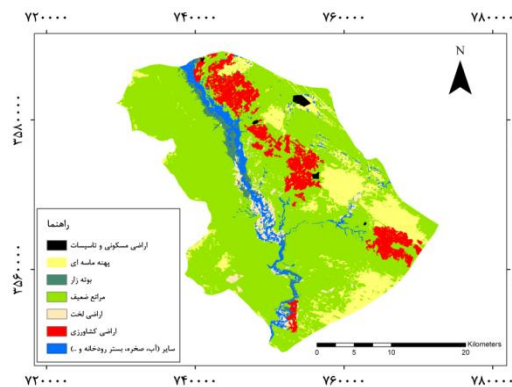
طبقه‌بندی اراضی با روش حداکثر احتمال نشان داد که ۷



شکل ۳- تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۸۲



شکل ۲- تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۶۹



شکل ۴- تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۹۵

جدول ۲- صحت کلی و شاخص کاپای نقشه‌های تهیه شده

شاخص کاپا	صحت کلی	سال
۸۱/۱۳	۸۶/۹	۱۳۶۹
۸۶/۲۲	۸۸/۷۴	۱۳۸۲
۹۱/۴۵	۹۲/۳۲	۱۳۹۵

افزایش یافته، به طوری که در ابتدای دوره ۶ درصد از منطقه را پوشانده و این میزان به ۱۳ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده است (جدول ۳). مراتع ضعیف، اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی نیز طی این دوره روند افزایشی داشته‌اند.

نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که حدود ۶۶ کیلومترمربع از بوته‌زارهای منطقه در فاصله سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲ تخریب شده‌اند، به طوری که طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۵ نیز تقریباً ۵۸ کیلومترمربع از وسعت این اراضی کاسته شده است. وسعت تپه‌های ماسه‌ای در کل دوره به شدت

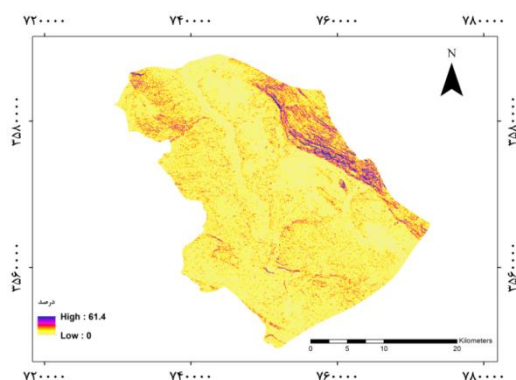
جدول ۳- مساحت و میزان درصد هر کاربری در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۵

۱۳۹۵		۱۳۸۲		۱۳۶۹		نوع کاربری اراضی
درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	درصد	مساحت (km <sup>2</sup> )	
۸/۴۱	۷۸/۲۹	۴/۹۸	۴۶/۴۱	۲/۱	۱۹/۶۲	اراضی کشاورزی
۲/۴	۲۲/۳۵	۴/۵۴	۴۲/۲۱	۴/۵۷	۴۲/۴۳	اراضی لخت
۶۸/۹۱	۶۴۱/۰۸	۶۷/۷۵	۶۳۰/۱۶	۶۶/۰۲	۶۱۴/۲۴	مراتع ضعیف
۱/۷۸	۱۶/۴۴	۷/۹۹	۷۴/۲۴	۱۵/۰۹	۱۴۰/۳۸	بوته‌زار
۱۳/۳۸	۱۲۴/۵۵	۹/۳۸	۸۷/۲۸	۶/۶۲	۶۱/۵۶	پهنه ماسه‌ای
۰/۳۹	۳/۶۵	۰/۳۲	۳	۰/۲۶	۲/۳۷	اراضی مسکونی و تأسیسات
۴/۷۳	۴۳/۹	۵/۰۴	۴۶/۹۶	۵/۳۴	۴۹/۶۶	سایر

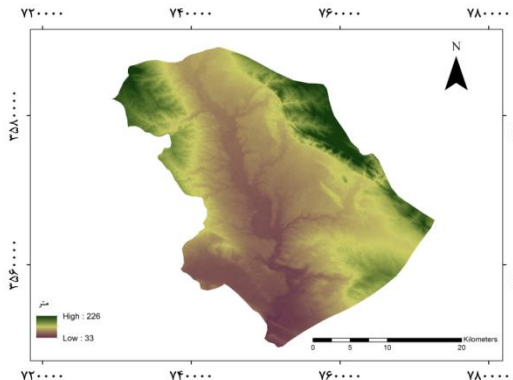
داده شده است. متغیرهای شیب، جهت شیب، مدل رقومی ارتفاع، فاصله از اراضی کشاورزی، رودخانه و اراضی مسکونی به عنوان متغیرهای ورودی هر دو مدل انتخاب شدند.

متغیرهای ورودی به مدل‌ها

نقشه متغیرهای ورودی که دلایل احتمالی تغییرات فوق را بر اساس آنها می‌توان توجیه کرد در شکل‌های ۵ تا ۱۰ نشان

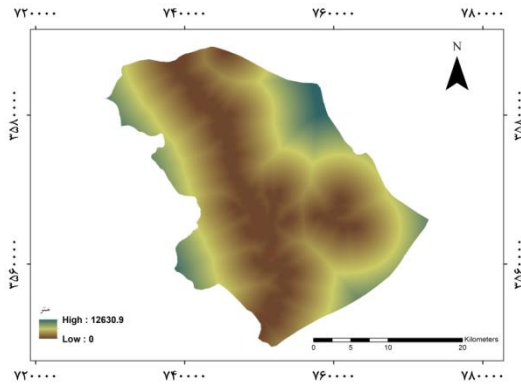


شکل ۶- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

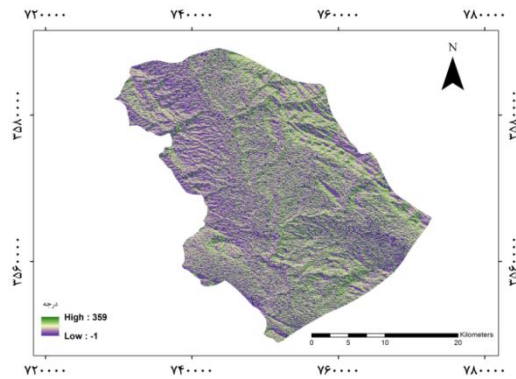


شکل ۵- نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

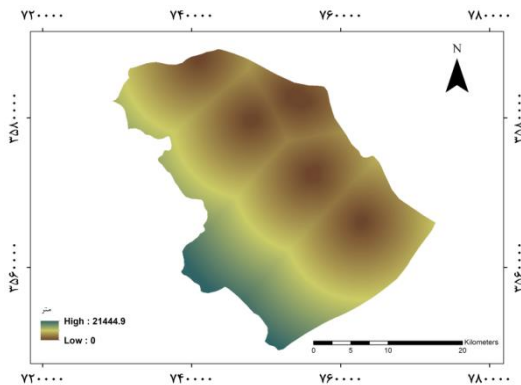




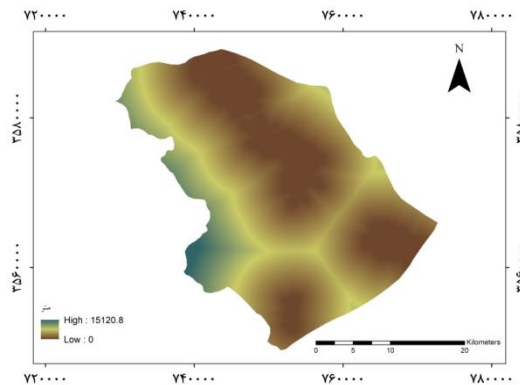
شکل ۸- نقشه فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه



شکل ۷- نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰- نقشه فاصله از اراضی کشاورزی منطقه مورد مطالعه



شکل ۹- نقشه فاصله از مناطق مسکونی منطقه مورد مطالعه

استفاده از متغیرهای مورد استفاده نقشه تناسب تهیه شد (شکل ۱۱). نقشه تناسب برای شبیه‌سازی تغییر از یک طبقه به طبقه دیگر استفاده می‌کند.

نتایج حاصل از پیش‌بینی و بررسی صحت نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۱۳۹۵

با استفاده از نقشه‌های قابلیت به دست آمده در مرحله قبل و مشخص نمودن میزان تغییر در هر یک از کاربری‌ها با استفاده از تحلیل زنجیره مارکف، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل LCM شبیه‌سازی شد (شکل ۱۲) و نتایج ارزیابی مدل در پیش‌بینی تغییرات با روش ماتریس خطا ارزیابی گردید. در این روش نقشه واقعی کاربری اراضی سال

### مدل‌سازی قابلیت انتقال در LCM

برآورد همبستگی هر یک از متغیرها با کاربری‌های موجود و به تبع توانایی آن در پیش‌بینی تغییرات کاربری با محاسبه ضریب کرامر امکان‌پذیر می‌باشد. جدول ۴ میزان همبستگی هر یک از متغیرهای تأثیرگذار را با تغییرات هر کاربری نشان می‌دهد. جدول ۴ بیانگر این است که بالاترین ضریب کرامر متعلق به مدل رقومی ارتفاع و کمترین میزان به جهت شیب تعلق دارد.

### مدل‌سازی در GEOMOD

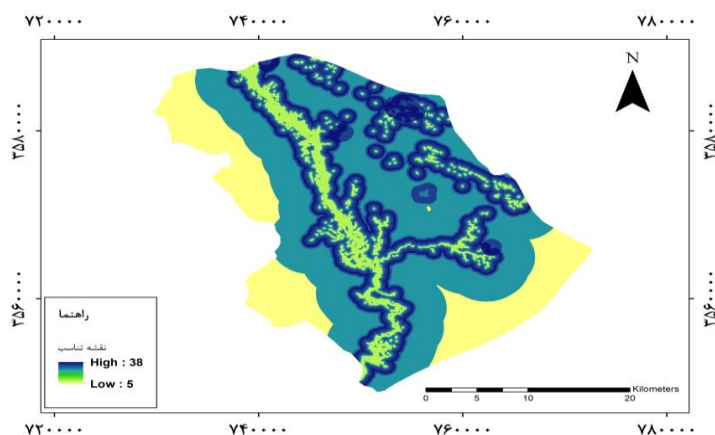
قبل از اجرای فرایند مدل‌سازی، نیاز به تعیین و تهیه نقشه‌های متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی است. با

شبیه‌سازی تغییرات از طریق مقایسه نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ و شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۵ تعیین شد (شکل ۱۳) و میانگین ضریب کاپای کاربری‌های شبیه‌سازی شده برابر با ۰/۷۰ به دست آمد.

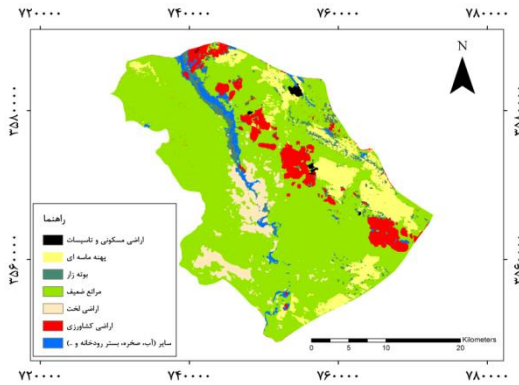
۱۳۹۵ به عنوان واقعیت زمینی در نظر گرفته شد و صحت نقشه پیش‌بینی شده با نقشه واقعیت زمینی تعیین گردید. نتایج ماتریس خطا نشان داد در مدل‌ساز تغییر سرزمین ضریب کاپای کلی برابر ۰/۸۲ می‌باشد. اعتبار مدل GEOMOD در

جدول ۴- میزان همبستگی (ضریب کرامر) بین متغیرهای ورودی به مدل و کاربری‌های مختلف

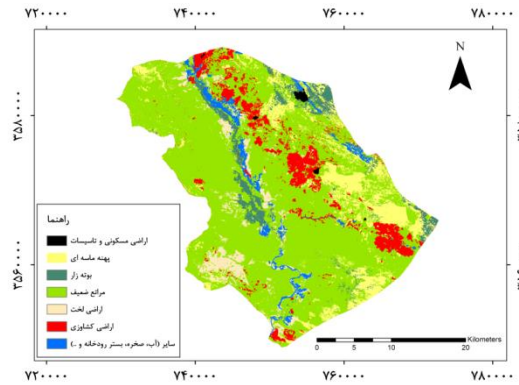
متغیر کاربری	جهت شیب	ارتفاع	شیب	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از اراضی کشاورزی	فاصله از رودخانه
اراضی کشاورزی	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۴
اراضی لخت	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۱۴	۰/۳۵	۰/۲۴	۰/۱۷
مراتع ضعیف	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
بوته‌زار	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۷
پهنه ماسه‌ای	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۳
مناطق مسکونی	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۵۴	۰/۱	۰/۰۷
سایر	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۴۷
ضریب کلی	۰/۳۴	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۴۴



شکل ۱۱- نقشه تناسب منطقه



شکل ۱۳- نقشه شبیه‌سازی سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل GEOMOD

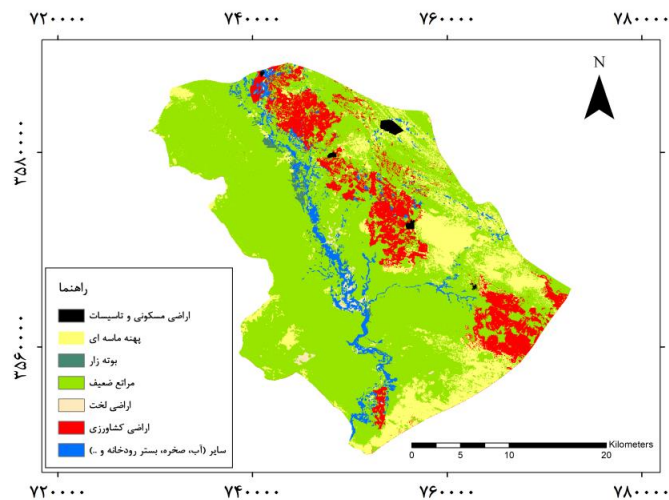


شکل ۱۲- نقشه شبیه‌سازی سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل LCM

تغییرات کاربری برای سال ۱۴۰۸ انجام شد (شکل ۱۴). با توجه به نتایج به دست آمده روند تخریب اراضی با پوشش بوته‌ای همچنان ادامه دارد و بر وسعت پهنه‌های ماسه‌ای نیز افزوده خواهد شد، به طوری که در افق ۱۴۰۸، ۱۵ درصد از منطقه را می‌پوشاند (جدول ۵).

نتایج حاصل از ارزیابی کارایی دو مدل ژئومد و مدل‌ساز تغییر سرزمین نشان داد که مدل LCM دقت بیشتری نسبت به مدل دیگر دارد، از این رو برای پیش‌بینی تغییرات در ۱۳ سال آینده مدل LCM به عنوان مدل مناسب‌تر انتخاب و پیش‌بینی انجام شد.

نتایج حاصل از پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۸ با استفاده از رویکرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه،



شکل ۱۴- نقشه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۰۸

جدول ۵- مساحت طبقات پیش‌بینی شده در سال ۱۴۰۸

سال	اراضی کشاورزی		اراضی		مراتع ضعیف	بوته زار	پهنه ماسه‌ای	مناطق مسکونی	درصد سایر	درصد				
	درصد	ی لخت	درصد	درصد										
۲۰۲۹	۱۰/۱۷	۱۰/۹۳	۵/۱۶	۰/۵۵	۶۳۱/۲۶	۶۷/۸۵	۵/۶۱	۰/۶	۱۴۲/۰۴	۱۵/۲۹	۴/۵۳	۰/۴۸	۳۹/۹۶	۴/۲۶

### بحث

مدیریت اصولی منابع طبیعی در مناطق مختلف برای به حداقل رساندن خسارت‌های زیست محیطی ناشی از تغییر کاربری، نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به تغییر کاربری است. این اطلاعات شامل آشکارسازی تغییرات در گذشته و ارزیابی تغییرات اکوسیستم و همچنین پیش‌بینی تغییرات در بلندمدت است تا بر مبنای تغییرات احتمالی، راهکارهای مدیریتی مناسب در مناطق ارائه و اعمال شود. در این تحقیق، تغییرات کاربری در گذشته مورد بررسی قرار گرفت و همچنین کارایی دو مدل پرکاربرد در مدل‌سازی تغییرات پوشش/کاربری زمین ارزیابی شد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نشان داد که طی سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۸۲ و ۱۳۸۲-۱۳۹۵ به ترتیب ۲۵/۷۲ و ۳۷/۲۷ کیلومتر مربع به وسعت پهنه‌های ماسه‌ای افزوده شده و در مقابل طی این دو دوره به ترتیب ۶۶ و ۵۸ کیلومتر مربع از وسعت بوته‌زارها کاسته شده است. افزایش اراضی کشاورزی در طی این سال‌ها نیز کاملاً مشهود است و نشان از ارتباط مستقیم کاهش بوته‌زارها و افزایش پهنه‌های ماسه‌ای دارد. از سوی فعالیت روستائیان و همچنین حضور دام نیز این نوع تغییر کاربری را تشدید کرده است، در حالی که پیشروی پهنه‌های ماسه‌ای در منطقه سبب وارد شدن خسارت‌هایی به اراضی کشاورزی، راه‌های ارتباطی، مناطق مسکونی و تأسیسات مهم منطقه از جمله تأسیسات نفتی می‌شود. پس از تهیه نقشه شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۵ توسط دو مدل LCM و Geomod کارایی آنها با استفاده از ضریب کاپا مورد بررسی

قرار گرفت. نتایج ارزیابی کارایی مدل‌ها نشان داد که مدل LCM دقت بالاتری نسبت به مدل ژئومد دارد که با نتایج Mirzapour (۲۰۱۶) و Kim (۲۰۱۰) در بررسی کارایی دو مدل و تعیین مدل LCM به‌عنوان مدل برتر همخوانی دارد. همچنین هم‌راستا با تحقیقات Wang و همکاران (۲۰۱۶) و Arekhi (۲۰۱۴) مبنی بر دقت بالای مدل LCM بر مبنای الگوریتم MLP و زنجیره مارکف، برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی است. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در ۱۳ سال آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر سرزمین نشان می‌دهد در صورت ادامه روند موجود در منطقه، پیشروی تپه‌های ماسه‌ای و افزایش تخریب بوته‌زارها همچنان ادامه پیدا خواهد کرد. به طوری که در افق ۱۴۰۸ پهنه‌های ماسه‌ای ۱۵ درصد از منطقه را دربرمی‌گیرند و وسعت بوته‌زارها به ۵ کیلومتر مربع می‌رسد. افزایش اراضی کشاورزی نیز که بیشتر حاصل تبدیل اراضی مرتعی است، روند روبه گسترشی خواهد داشت.

همانگونه که نتایج این پژوهش نشان داد طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۵ دشت ابوغویر دستخوش تغییرات وسیعی گردیده است که عمده این تغییرات در جهت تخریب منطقه بوده است. نتایج پیش‌بینی مدل‌ساز نیز ادامه روند تخریب را تأیید می‌کند. اگرچه این نتایج عیناً در آینده اتفاق نمی‌افتد اما هشدار برای مدیران و تصمیم‌گیران در این زمینه است تا با اتخاذ تصمیمات مناسب و کنترل تبدیل کاربری‌ها تا حدی از افزایش تخریب جلوگیری کنند.

- Geri, F., Amici, V. and Rocchini, D., 2011. Spatially-based accuracy assessment of forestation prediction in a complex Mediterranean landscape. *Journal of Applied Geography*, 31 (3): 881-890.
  - Jafari, M., Zehtabian, G. H. and Ehsani, A. H., 2011. Effect of thermal bonding and supervised classification algorithms of satellite data in making land use maps (Case study: Kashan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20 (3): 72-87.
  - Kim, O. S., 2010. An assessment of deforestation models for reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD). *Journal of Transactions in GIS*, 14:631-654.
  - Liew, C. S., 1997. Effects of atmospheric aerosol models on the single scattering point spread function in optical remote sensing. *Remote Sensing, A Scientific Vision for Sustainable Development. IEEE International*, (4): 1914-1916.
  - Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., Camacho Olmedo, M. T. and Houet, T., 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: a comparison of four software packages. *Journal of Environmental Modelling and Software*, 51:94-111.
  - Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L. and Sosa- Lopel, A., 2004. Modeling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Journal of Environmental Modeling and Software*, 19 (5): 461- 471.
  - Nedjai, R., Nghiem, V. T., Do, T. P. T. and Nasredine, M. N., 2016. The impact of land use and climate change in the center region of France on the physico-chemical status of aquatic systems. *International Journal of Spatial, Temporal and Multimedia Information Systems*, 1 (1):102-117.
  - Pijanowski, B., Pithadia, S., Shellito, B. y. and Alexandridis, K., 2005. Calibrating a neural network-based urban change model for two metropolitan areas of the Upper Midwest of the United States. *International Journal of Geographical Information Science* 2: 197-215.
  - Pontius Jr, R. G. and Malanson, J., 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*. (19): 243-265
  - Pontius Jr, R. G.; Cornell, J. D. and Hall, C. A. S., 2001. Modeling the spatial pattern of land- use change with Geomod2: Application and validation for CostaRica. *Journal of Agriculture Ecosystems and Environment*. 1775: 1-13
  - Saifullah, K., Barus, B. and Rustiadi, E., 2017. Spatial modelling of land use/cover change (LUCC) in South Tangerang City, Banten. In *IOP Conference Series. Journal of Earth and Environmental Science*, 54(1) : 12-18.
- منابع مورد استفاده**
- Arzani, H., Mirakhorlou, K. h., Hosseini, S. Z., 2009. Land use mapping using Landsat7 ETM data (Case study in middle catchment's of Taleghan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 16(2): 150-160.
  - Bagheri, R., Mohamadi, S., Saljoghi, M., 2016. Land use change effects on some soil physical properties (Case study: Baft city of Kerman province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(2):231-243.
  - Heidarian, p., Rangzan. K., Maleki, S. and Taghizade, A., 2014. Integration of GIS and LCM measurement techniques with Urban development modeling approach (Case Study: Tehran Metropolis). *Journal of Arid Environment Research*, 5(17).
  - Darvishsefat, A., 1988. Remote sensing. *Agriculyural Faculty of Tehran University*, 166 p.
  - Gholamalifard, M., Jorabianshoshtari, S. H., Hosseini, S. H. and Mirzaei. M., 2012. Modeling land use change in the coast of Mazandaran province using LCM in GIS environment. *Journal of Ecology*, 38 (64):109-124.
  - Kamyab, H., Mahini, S., Hosseini, A. and Gholamalifard, M., 2011. Application of artificial neural network in urban development modeling (Case Study: Gorgan City). *Journal of Human Geography Research*, 76: 99-113.
  - Kamyab, H., Mahini, S., Hosseini, A. and Gholamalifard, M., 2010. Adoption of information-based approach using logistic regression methodology for modeling urban development in Gorgan. *Journal of Ecology*, 36 (54): 89-96.
  - Fatemi, S. B. and Rezaei, Y., 2012. *Basics of remote sensing*, third edition, Azadeh Publisher.
  - Mirzapour, H., 2016, Performance comparison of CA-Markov, Geomod and LCM models to predict land use changes in Badavar-Nurabad watershed, Lorestan. MS.c thesis, Lorestan university.
  - Arekhi, S., 2014. Predicting spatial change of land uses using LCM in GIS (case study: Sarable). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 12 (1): 1-19.
  - Eastman, J. R., Van Fossen, M. E. and Solarzano, L. A. 2012. Transition potential modeling for land cover change. 48-65. In: Maguire, D., Good Child, M., Batty, M. (Eds.), *GIS, Spatial analysis and modeling*. ESRI Press, Redlands, California.
  - Fraser, R. H., Abuelgasim, A. and Latifovic, R., 2005. A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 95:414-427.

- Vafaiee, S., 2013. Assaying and predicting the land uses changes using remote sensing and GIS (The studied area: Marivan), M.Sc. Thesis, University of Tehran.
- Wang, W., Zhang, C., Allen, J. M., Li, W., Boyer, M. A., Segerson, K. and Silander, J. A., 2016. Analysis and prediction of land use changes related to invasive species and major driving forces in the state of Connecticut. *Journal of Land*, 5 (3), 25.
- Subudhi, B. N., Bovolo, F., Ghosh, A. and Bruzzone, L., 2014. Spatio-contextual fuzzy clustering with Markov random field model for change detection in remotely sensed images. *Journal of Optics and Laser Technology*, 57: 284–292.
- Václavík, T. and Rogan, J., 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe. *Journal of GIS Science and Remote Sensing*, 49(1):1-32.

## Performance comparison of Geomod and LCM models to predict land use changes (case study: Abughovair plain, Ilam province)

Z. Heidarizadi<sup>1</sup> and A. Mohammadian Behbahani<sup>2\*</sup>

1- Ph.D. Student of Combat Desertification, Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran

2\*- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Watershed and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Iran, Email: mohammadian@gau.ac.ir

Received:07/16/2018

Accepted:02/14/2019

### Abstract

Protecting an ecosystem and conserving natural resources requires knowledge of the conditions and land-use changes. The purpose of this study was to monitor land-use changes in the past and evaluate the performance of GEOMOD and LCM models in simulating land-use changes in order to select a more appropriate model for predicting land-use changes in the future. Landsat satellite images were used during the periods of 1990, 2003, and 2016 and land-use changes were monitored by using these images. The simulation of land use status by the LCM model for 2016 was done using the maps of the years 1990 and 2003. Using MLP and Markov chain, the land use map was simulated for 2016. To run the GEOMOD model, the image of the single-user map of 2003 and 2016 were used and the map of "appropriateness of changes" was made by the use of variables affecting land-use change and they were introduced into the model. The results of the accuracy of the simulation map of 2016 showed that LCM and GEOMOD had Kappa coefficients of 81% and 71%, respectively. Therefore, the LCM model was chosen as the most appropriate model and the map of the year 2029 was predicted and prepared.

**Keywords:** MLP method, Markov chain, Landsat, land use, prediction.