

رویکرد آمایشی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان بهبهان با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای

حمیدرضا پورخباز^{۱*}، فاطمه محمدیاری^۲، حسین اقدر^۳، مرتضی توکلی^۴

۱. استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ایران
 ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، ایران
 ۳. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
 ۴. دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۱)

چکیده

مطالعه میزان تغییرات و تخریب منابع در سال‌های گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آتی گامی مؤثر در برنامه‌ریزی و کنترل تغییرات غیراصولی در آینده است. بنابراین، مقاله حاضر با هدف رویکرد آمایشی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان بهبهان با به‌کارگیری LCM و زنجیره مارکوف انجام گرفت. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با به‌کارگیری تصاویر ماهواره Landsat، سنجنده‌های ETM⁺ (تصویر سال ۱۳۷۸) و OLI (تصویر سال ۱۳۹۲) انجام گرفت. مدل‌سازی نیروی انتقال با روش رگرسیون لجستیک و شش متغیر، مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده و نقشه Evidence Likelihood انجام گرفت. برای تهیه نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی و فاصله از جاده، تحلیل فاصله اقلیدسی، و برای تعیین همبستگی بین متغیرها ضریب همبستگی کرامر به کار گرفته شد. همچنین، شاخص ROC برای ارزیابی صحت مدل بررسی شد. مقایسه مساحت‌های نقشه مدل‌سازی شده با نقشه سال ۱۳۹۲ نشان داد مناطق مسکونی از ۳۱۵۷ هکتار در سال ۱۳۹۲ به ۴۱۸۰ هکتار، و اراضی کشاورزی منطقه از ۱۵۰۳۰ هکتار به ۲۰۷۷۸ هکتار افزایش یافته‌اند. اما روند تخریب مراتع نه‌تنها بهبود نیافته است، با شدتی بیشتر از گذشته ادامه دارد.

کلیدواژگان

آمایش سرزمین، رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکوف، مدل‌سازی، LCM.

مقدمه و بیان مسئله

استفاده انسان از زمین ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می‌دهد. مهم‌ترین استفاده فضایی و اقتصادی انسان از زمین در سراسر جهان شامل کشت در شیوه‌های مختلف، سازه‌ها، اراضی حفاظت‌شده و استخراج مواد معدنی است. الگوی به‌کارگیری زمین می‌تواند درک و بینش کلی درباره عواملی که باعث تغییرات پوشش زمین می‌شود، ارائه دهد (Theau, 2006, p.27; Awotwi, 2009, p.58). بسیاری از محققان رشد جمعیت را عامل اصلی تغییر در به‌کارگیری زمین معرفی کرده‌اند (Muñoz-Rojas et al., 2011, p.2798; Caldas et al., 2010, p.138; Joorabian Shoostari et al., 2012, p.1051). در سال‌های اخیر، به تغییرات پوشش سرزمین و کاربری اراضی توجه زیادی شده است (Volcani et al., 2005, p.24; Haack & Rafter, 2006, p.1057; Rahman & Saha, 2009, p.125; Pelorosso et al., 2009, p.39; Schulz et al., 2010, p.438; Gómez et al., 2011, p.27). با توجه به نقش منابع طبیعی در زندگی بشر، باید اطلاع دقیقی از چگونگی تغییر منابع طبیعی و روند تغییرات آن‌ها به دست آید. از طرفی نظارت بر روند تغییرات و دسترسی به آمار و اطلاعات به‌روزشده، از عوامل اصلی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزار مدیریت در هر سازمانی است (Zehtabian & Tabatabai, 1999, p.58). در روند تهیه و تدوین برنامه‌های ارزیابی و آمایش سرزمین، تشخیص و درک بهنگام و دقیق تغییرات کاربری و پوشش اراضی بسیار مهم است (Yuan & Elvidge, 1998, p.172). با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص، و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (Brown et al., 2000, p.251; Hathout, 2002, p.236; Jenerette et al., 2001, p.624). امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی به مشکل حاد زیست‌محیطی تبدیل شده است. در چهار دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده و در برخی موارد نامطلوب به وقوع پیوسته و باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است (Arekhi et al., 2009, p.85). اثر تغییرات کاربری اراضی در آینده خیلی مهم است و باید قبل از اتخاذ هر تصمیمی به مسئولان و تصمیم‌گیرندگان مربوطه در منطقه گزارش شود. در این زمینه می‌توان اظهار کرد سناریوها و مدل‌های تغییر کاربری اراضی ابزارهای ارزشمند و قوی را برای ارزیابی آثار تغییرات آینده بر

ساختار اکوسیستم و فرایندهای مرتبط با آن فراهم می‌کند (Lambin & Geist, 2006, p.325). پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در دادن دیدی کلی برای مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت اراضی کشاورزی اطراف مناطق شهری و اتخاذ تدابیر طولانی‌مدت بسیار مؤثر است (Parker et al., 2002, p.41). هدف تحقیق حاضر استخراج نقشه‌های کاربری اراضی شهرستان بهبهان در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ به منظور بررسی تغییرات ایجادشده در این زمان‌ها با به‌کارگیری مدل LCM و تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۶ با روش رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف است. با توجه به هدف تحقیق، این پرسش مطرح می‌شود که آیا تغییرات کاربری اراضی منطقه طی این ۱۴ سال گسترده بوده است؟ بنابراین، فرض می‌شود تغییرات کاربری در شهرستان بهبهان در بازه زمانی ۱۴ ساله گسترده بوده است.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مدل‌سازی تغییر کاربری (LCM)

مدل‌سازی تغییر کاربری زمین تجزیه و تحلیلی کامل از تغییرات زمین را با ایجاد نقشه‌های تغییرات کاربری، نمودار، انتقال طبقه کاربری و روند آن‌ها فراهم می‌کند. همچنین، می‌تواند سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عوامل زیستی، فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی را ایجاد کند که در تغییر کاربری اراضی تأثیرگذارند (Mas & Flores, 2008, p.651). مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی در نرم‌افزار IDRISI و به‌طور الحاقی در Arc GIS، ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم کرده و کاربری اراضی را تحلیل می‌کند (Gontier et al., 2009, p.13; Vaclavik & Rogan, 2009, p.17). تحلیل تغییرات و پیش‌بینی در مدل LCM به صورت زیرمدل‌هایی سازماندهی شده است. یک زیرمدل انتقال می‌تواند شامل یک انتقال یا یک گروه از انتقال‌های پوشش زمین باشد. همه انتقال‌های زیرمدل باید قبل از پیش‌بینی تغییرات مدل‌سازی شوند (Eastman, 2006, p.31). زیرمدل‌ها شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری‌ها است که محرک‌های اساسی محسوب می‌شوند (Pérez-Vega et al., 2012, p.16). برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال قبل از هر کاری باید زیرمدل‌ها

مشخص شود. برای انتخاب زیرمدل‌هایی که بالاترین صحت را داشته باشند، باید مدل با چند سناریوی مختلف اجرا شود (Oñate & Sendra, 2010, p.257). متغیرها به صورت دینامیک یا استاتیک به مدل اضافه می‌شوند. متغیرهای استاتیک جنبه‌های اساسی مناسب برای انتقال را بیان می‌کنند و با گذشت زمان تغییرناپذیرند. متغیرهای دینامیک وابسته به زمان متغیرند و در طول زمان دوره پیش‌بینی محاسبه می‌شوند. متغیرهای مستقل برای مدل‌سازی، با ارزیابی از طریق ضریب همبستگی کرامر^۱ انتخاب می‌شوند. این ضریب همبستگی متغیرهای مستقل را در یک زمان با طبقه‌بندی موضوعی نقشه کاربری اراضی مقایسه می‌کند (Eastman, 2006, p.37).

مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری با روش رگرسیون لجستیک

در این بخش از مدل‌سازی، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل جنگل) به کاربری دیگر (مانند کشاورزی) با توجه به متغیرهای توضیحی (مثل شیب، نزدیکی به جاده) مدل می‌شود. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد. خروجی این قسمت، نقشه نیروی انتقال برای هر تغییر (مثلاً از کاربری جنگل به اراضی کشاورزی) خواهد بود. رگرسیون لجستیک روشی آماری است که ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و پیوسته و یک متغیر وابسته باینری^۲ را ارزیابی کرده و آن را به صورت مدل نشان می‌دهد. رگرسیون لجستیک روش برآورد حداکثر احتمال^۳ را برای پیدا کردن بهترین مجموعه پارامترهایی که مدل را بهتر برازش می‌کنند، به کار می‌گیرد. خروجی مدل، ضریب‌هایی بین صفر و یک خواهد داشت که از طریق نظریه فازی به احتمالات بالاتر از ۰/۵ ارزش ۱ (تخریب) و کمتر از ۰/۵ ارزش صفر (بدون تخریب) می‌دهد و نقشه بولین تخریب را تولید می‌کند. رگرسیون لجستیک با این فرض به کار گرفته می‌شود که احتمال یک‌بودن متغیر وابسته از منحنی لگاریتمی پیروی می‌کند و مقدار آن توسط رابطه ۱ تخمین زده می‌شود:

-
1. Crammer's V
 2. Binary
 3. Maximum Likelihood Estimation (MLE)

$$((=1) \text{) } \text{xxp (BB)} \text{) } 11\text{† exp (BB)} \quad (1)$$

که در آن:

p : احتمال یک‌بودن متغیر وابسته، X : متغیر مستقل، B : پارامتر برآوردشده، Y : متغیر وابسته.

تغییر لگاریتمی روی رابطه ۱ انجام می‌گیرد و به صورت رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\text{Log}_e \left(\frac{P}{1+P} \right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \text{error term} \quad (2)$$

این تغییر لگاریتمی باعث می‌شود احتمال پیش‌بینی‌شده در دامنه صفر تا یک پیوسته باشد و خروجی مدل به صورت یک نقشه پیش‌بینی مکانی احتمال تخریب نشان داده شود (باقری و شتایی، ۱۳۸۹، ص ۲۴۸). به‌منظور مدل‌سازی با این روش ضریب کرامر که نشان‌دهنده میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات پوشش سرزمین است، محاسبه شد (Pistocchi et al., 2002, p.767). شش زیرمدل (کشاورزی به مسکونی، کشاورزی به مرتع، کشاورزی به اراضی لخت، مرتع به کشاورزی، اراضی لخت به مسکونی و اراضی لخت به کشاورزی) و شش متغیر (مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده و نقشه Evidence Likelihood)، برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال با به‌کارگیری رگرسیون لجستیک انتخاب شدند. بعد از تهیه نقشه مدل‌سازی با روش رگرسیون لجستیک، شاخص ROC^۱ برای ارزیابی دقت مدل‌سازی تعیین شد. این شاخص نموداری از حدود آستانه‌های احتمالی متفاوت است که در آن پیکسل‌هایی که به‌درستی به عنوان کاربری مورد مطالعه پیش‌بینی شده‌اند در برابر پیکسل‌هایی که نادرست شبیه‌سازی شده‌اند، قرار می‌گیرند و سطح زیر منحنی رسم‌شده بر اساس آن، به عنوان شاخصی از کارایی مدل قلمداد می‌شود (Pontius & Schneider, 2001, p.245).

پیش‌بینی تغییرات آینده بر اساس زنجیره مارکوف

بنیان‌گذار روش زنجیره مارکوف آندره آندروویچ مارکوف، آماردان و ریاضی‌دان بزرگ روسی،

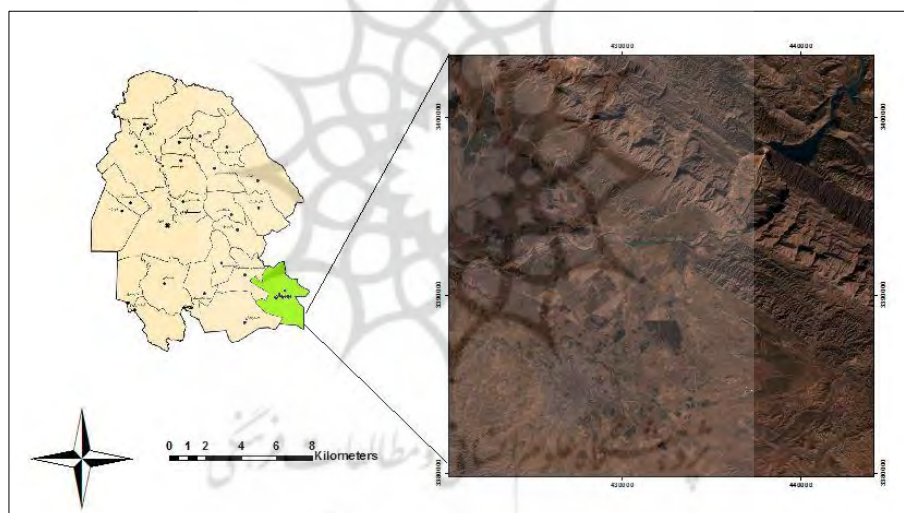
است که این روش را در سال ۱۹۰۵ برای توصیف اصل حرکت سیکلوئیدی (زنجیره‌ای) به صورت سلسله آزمایش‌های زنجیره‌ای به‌کار گرفته است (احدنژاد روشتی و حسینی، ۱۳۹۰، ص ۸). تحلیل زنجیره مارکوف فرایندی است که در آن حالت یک سیستم در زمان دوم با در نظر گرفتن حالت سیستم در زمان اول پیش‌بینی می‌شود و ماتریس احتمال‌های تغییر را از هر کلاس پوشش به کلاس پوشش دیگر را ارائه می‌دهد (Eastman, 2006, p.52). در این روش ماتریس تغییرات ناحیه نشان می‌دهد تغییر تعداد پیکسل‌ها از یک کلاس کاربری اراضی به کلاس دیگر در یک دوره مشخص چه میزان خواهد بود (هادوی، ۱۳۸۹، ص ۴۲). این تحلیل ابزاری مناسب برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌انداز به راحتی قابل توصیف نباشد (Fan et al., 2007, p.1332). هر فرایند مارکوف جایی به‌کار گرفته می‌شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به‌طور کلی بر اساس وضعیت قبل آن سیستم مدل‌سازی کرد. تحلیل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر بیان کرده و آن را به عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده به‌کار می‌گیرد. این کار با توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد که پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره‌های زمانی آینده خواهد بود. زنجیره مارکوف، دو ابزار توصیفی اصلی دارد، ماتریس احتمال و ماتریس مساحت انتقال‌یافته (Arsanjani et al., 2013, p.268). در زمینه مدل‌سازی تغییرات کاربری، پژوهش‌های متعددی در سطوح بین‌المللی و داخلی انجام گرفته است. قربانی و همکاران (۱۳۹۳) رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلان‌شهر تبریز را با به‌کارگیری سلول‌های خودکار زنجیره مارکوف بررسی کردند. طاهری و همکاران (۱۳۹۲) تغییرات پوشش سرزمین شهرستان تبریز را با مدل LCM، شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد در کل دوره مورد بررسی، حدود ۵۱۹۵ هکتار به وسعت مناطق شهری و مسکونی افزوده شده است که اراضی مرتعی، به ویژه مراتع درجه یک، بیشترین سهم را در افزایش وسعت اراضی شهری و مسکونی داشته‌اند. عزیزیان (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای با به‌کارگیری مدل LCM و رگرسیون لجستیک الگوی تغییرات کاربری اراضی

کوهمره سرخی استان فارس را بررسی کرد. نتایج نشان داد افزایش در کاربری‌های مرتع، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی رخ داده است که بیشترین افزایش مساحت در ناحیه مرتع و کمترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل و رودخانه بوده است. گنگ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی الگوی فضایی استفاده از زمین در شهر هاربین را با مدل تلفیقی CA- Marcove تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی کردند. مقایسه مساحت کاربری‌ها در سال ۲۰۰۷ نسبت به سال ۱۹۹۸ نشان داد مساحت گندم‌زارها از ۶۵/۶ درصد به ۴۶/۹ درصد کاهش، و مساحت مناطق ساخته‌شده از ۷/۷ درصد به ۲۳ درصد افزایش یافته است. پرز- وگا و همکاران (۲۰۱۲) در مقاله‌ای با عنوان «مقایسه دو روش برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای ارزیابی ازدست‌دادن تنوع زیستی در جنگل‌های برگ‌ریز مناطق استوایی» با مقایسه مدل‌های دینامیک و LCM بر اساس اختلاف پتانسیل و مشخصه‌های عملیات نسبی (ROC)، به این نتیجه رسیدند که در همه سطوح انتقال نتایج بهتری از روش دینامیک به دست آمده است. از طرفی، نقشه پیش‌بینی طراحی شده با روش مدل‌سازی تغییرات آینده نتیجه بهتری دارد. پارک و همکاران (۲۰۱۱) با مقایسه نقشه‌های مطلوبیت زمین ایجادشده با به‌کارگیری رگرسیون لجستیک و ANN تغییرات کاربری اراضی شهری جنوب کره جنوبی را بررسی کردند. در نهایت، با انجام دادن تحلیل‌های عامل مشخصه نسبی (ROC)، ضریب کاپا و دقت کلی برای به‌دست‌آوردن همبستگی بین نقشه‌های مطلوبیت زمین به این نتیجه رسیدند که رگرسیون لجستیک و ANN نقشه‌های مطلوبیت زمین مشابهی را برای کره جنوبی ایجاد کردند. هایبو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی با عنوان «تجزیه و تحلیل کاربری اراضی تیان در یک دوره هفت‌ساله»، تغییرات کاربری اراضی در شهرستان تیان را بررسی کرده و با به‌کارگیری زنجیره مارکوف تغییرات آینده را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد دلیل اصلی تغییرات کاربری رشد جمعیت، صنعتی‌شدن و شهرنشینی است.

روش تحقیق

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی قرار دارد. بالاترین ارتفاع این منطقه ۱۳۸۰/۹۳ متر و پایین‌ترین ارتفاع آن ۲۶۷/۱۴ متر از سطح دریا بوده و میانگین حداقل دمای سالانه آن ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر دمای سالانه آن ۳۲/۳۷ درجه سانتی‌گراد است. مساحت منطقه ۶۱۵/۶ کیلومتر مربع و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی

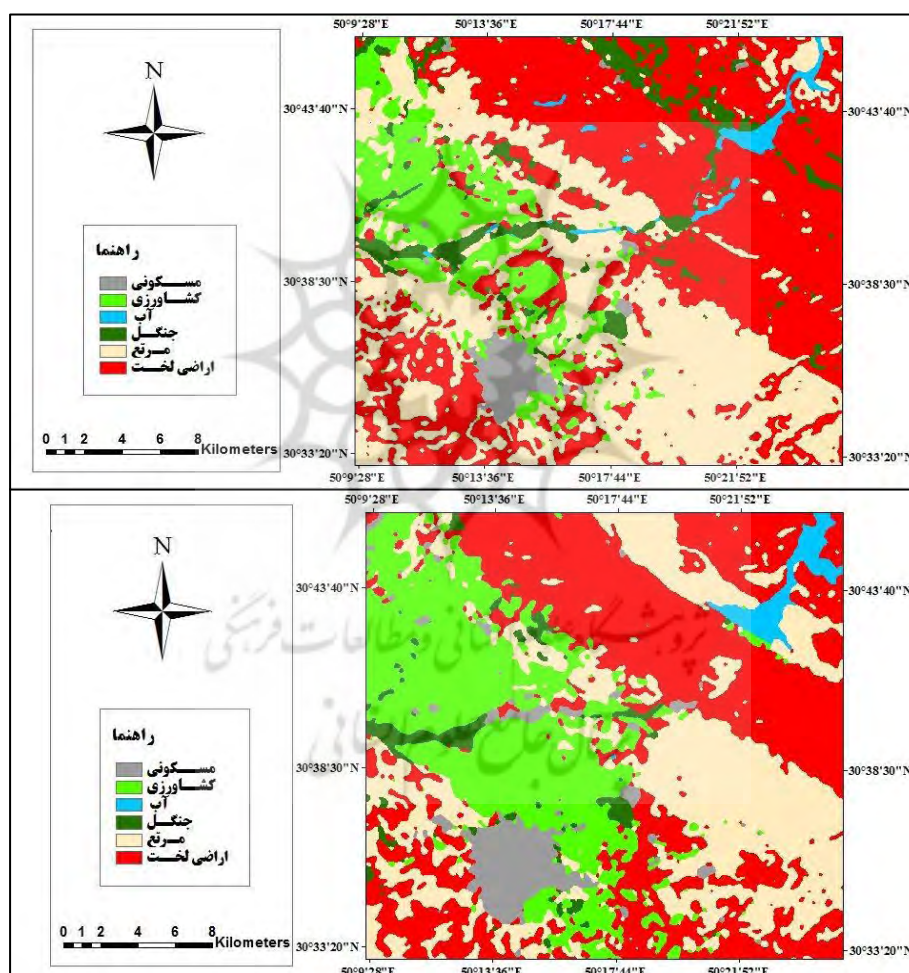
این تحقیق از نوع کاربردی بوده، و جمع‌آوری اطلاعات به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی انجام گرفته است. لایه DEM منطقه از کدهای سازمان نقشه‌برداری با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ به دست آمد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۸ سنجنده ETM+ و سال ۱۳۹۲ سنجنده OLI ماهواره لندست به کار گرفته شد. نخستین گام در طبقه‌بندی نظارت‌شده، معرفی نمونه‌های تعلیمی برای هر

طبقه از پوشش اراضی است (غلامعلی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۱۱۱). برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی و با به‌کارگیری نقشه‌های توپوگرافی تهیه‌شده به وسیله سازمان نقشه‌برداری کشور نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شد. تعداد کلاس‌ها نیز با توجه به تصاویر و نقشه‌های موجود، شرایط منطقه مورد مطالعه و کلاس‌های مورد نیاز برای نقشه پوشش زمین تعیین شد. پس از مرحله تعیین نمونه‌های تعلیمی، با به‌کارگیری الگوریتم حداکثر احتمال (Schulz et al., 2010, p.437) و شاخص MNF^۱ و AVI^۲ طبقه‌بندی انجام گرفت. در حقیقت، فرایند طبقه‌بندی تصویر، تبدیل داده‌ها به اطلاعات قابل درک است (Mountrakis et al., 2011, p.252). به منظور ساده‌سازی تصاویر منتج از طبقه‌بندی و حذف قسمت‌های کوچک، فیلتر Mode روی نتیجه طبقه‌بندی اعمال شد (Nahuelhual et al., 2012, p.13). سپس، نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده برای تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات منطقه وارد مدل LCM شد. متغیرهای مدل شامل مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده و نقشه Evidence Likelihood بودند. برای تهیه نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از اراضی کشاورزی و فاصله از جاده‌ها تحلیل فاصله اقلیدوسی (Euclidean distance) به کار گرفته شد. برای به‌کارگیری متغیر کیفی پوشش اراضی، نقشه انتقال از کل کاربری‌ها به اراضی کشاورزی و نقشه انتقال از کشاورزی به کل کاربری‌ها تولید شده، و سپس با ابزار تغییر شکل احتمال شواهد (Evidence Likelihood)، نقشه پوشش اراضی سال اولیه در ورودی مدل متغیرهای کیفی تولید شد (Eastman, 2006, p.64). در این تحقیق مدل‌سازی پتانسیل با روش رگرسیون لجستیک و تخصیص تغییر به هر کاربری با به‌کارگیری زنجیره مارکوف انجام گرفت (Wu et al., 2006, p.327; Coppedge et al., 2007, p.1389; Haibo et al., 2011, p.2630).

1. Minimum Noise Fraction Transform
2. Anomaly Vegetation Index

یافته‌های تحقیق

طبقه‌بندی تصاویر با به‌کارگیری الگوریتم حداکثر احتمال نشان داد شش طبقه مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، آب، جنگل، مرتع و اراضی لغت در منطقه وجود دارد (شکل ۳). مساحت کاربری‌ها در جدول ۱ بیان شده است. ضریب کاپا برای سال ۱۳۷۸، ۹۳/۵۳ و برای سال ۱۳۹۲ برابر با ۹۴/۳۵ بود.



شکل ۲. نقشه‌های کاربری اراضی بالا: سال ۱۳۷۸؛ پایین: ۱۳۹۲

جدول ۱. مساحت کاربری‌ها

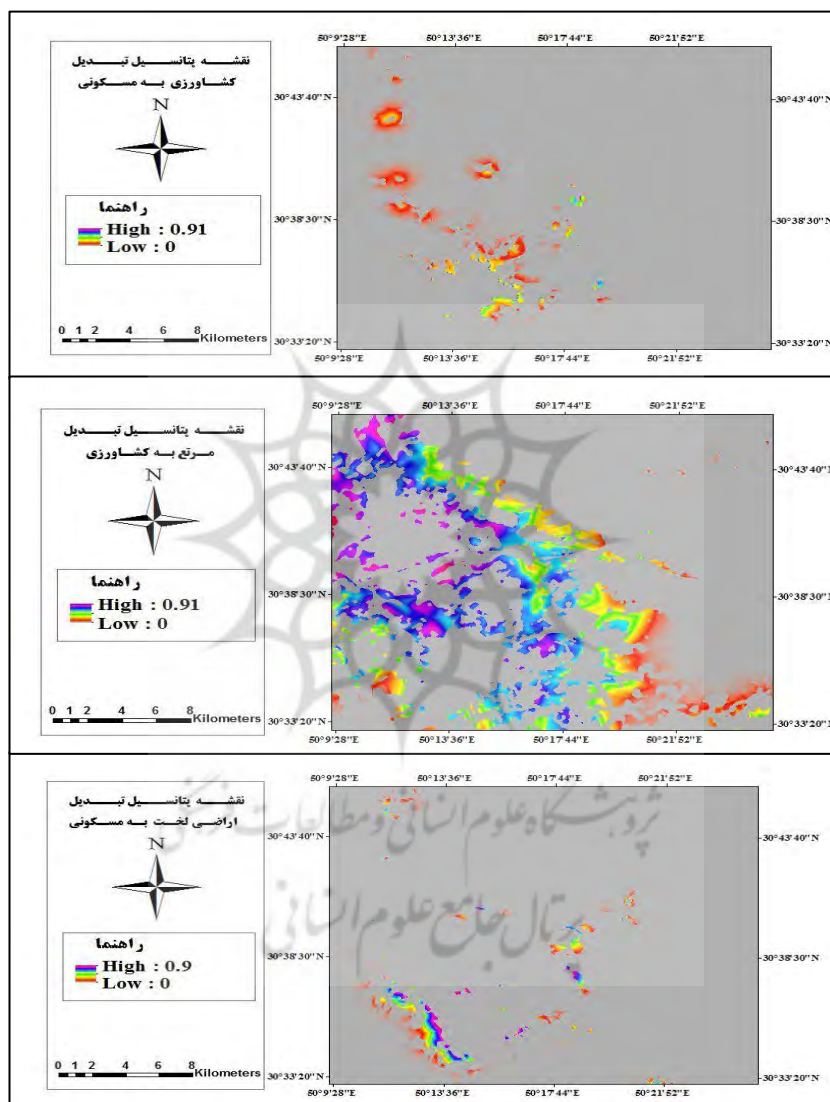
سال ۱۳۹۲		سال ۱۳۷۸		کاربری‌ها
مساحت (درصد)	مساحت (KM ²)	مساحت (درصد)	مساحت (KM ²)	
۵	۳۱,۵۷۸۳	۳	۱۶,۰۵۹۶	مسکونی
۲۴	۱۵۰,۳۰۴۵	۱۱	۶۹,۹۴۴۴	کشاورزی
۲	۱۱,۴۰۹۳	۱	۸,۵۳۲۹	آب
۳	۱۵,۷۳۲۹	۶	۳۶,۵۴۹۹	جنگل
۲۸	۱۷۴,۴۵۳۳	۳۶	۲۲۰,۰۵۷۲	مرتع
۳۸	۲۳۲,۱۲۱۷	۴۳	۲۶۴,۴۵۶	اراضی لخت
۱۰۰	۶۱۵,۶۰	۱۰۰	۶۱۵,۶۰	مجموع

با توجه به نتایج آشکارسازی تغییرات در این پژوهش، شش زیرمدل برای مدل‌سازی نیروی انتقال با به‌کارگیری رگرسیون لجستیک در نظر گرفته شد. زیرمدل‌ها عبارت‌اند از کشاورزی به مسکونی، کشاورزی به مرتع، کشاورزی به اراضی لخت، مرتع به کشاورزی، اراضی لخت به مسکونی و اراضی لخت به کشاورزی. بعد از انتخاب زیرمدل‌ها، شش متغیر با توجه به هدف انتخاب شد. با بررسی ضریب همبستگی کرامر، متغیرهایی که ضریب همبستگی آن‌ها بیش از ۰/۱ بود، برای مدل‌سازی انتخاب شدند (جدول ۲).

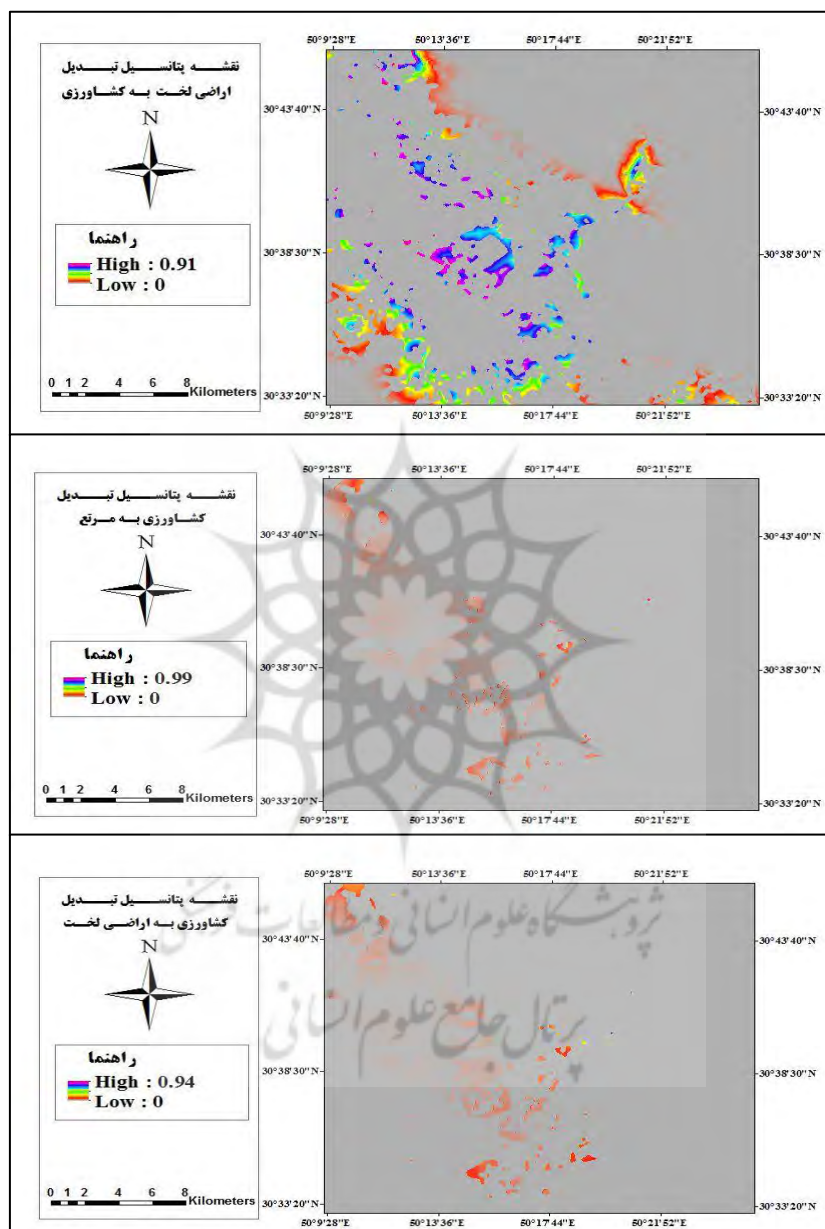
جدول ۲. ضریب همبستگی کرامر

ضریب کلی همبستگی	متغیرهای مستقل
۰/۱۲۲۸	مسکونی مناطق از فاصله
۰/۱۲۹۶	کشاورزی اراضی از فاصله
۰/۱۱۲۵	جاده از فاصله
۰/۱۳۹۱	ارتفاع راقومی مدل
۰/۱۰۹۹	شیب
۰/۲۴۹	Evidence Likelihood

با توجه به متغیرهای مستقل و زیرمدل‌های در نظر گرفته شده، ابتدا نقشه‌های پتانسیل انتقال برای هر یک از زیرمدل‌ها از طریق رگرسیون لجستیک تولید شد (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه‌های پتانسیل انتقال



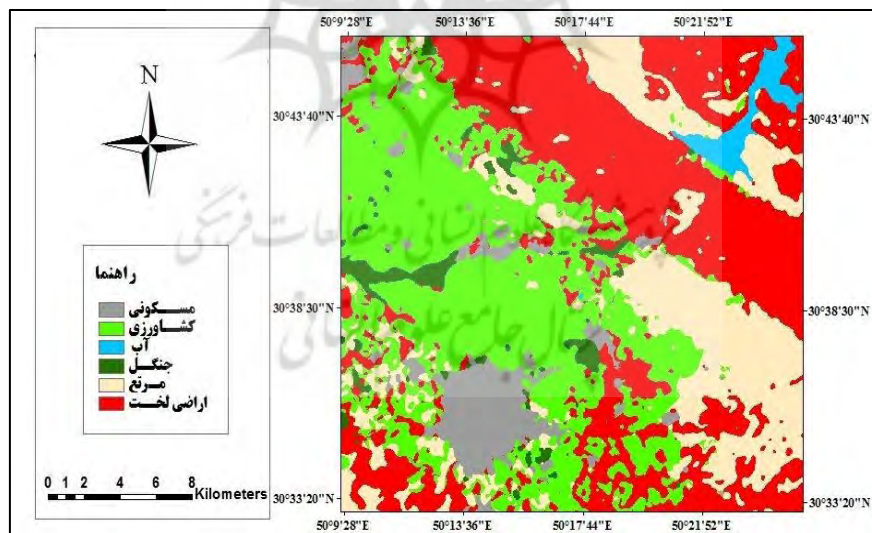
ادامه شکل ۳. نقشه‌های پتانسیل انتقال

نتایج ارزیابی دقت نقشه‌های پتانسیل انتقال با شاخص ROC در جدول ۳ بیان است.

جدول ۳. صحت‌سنجی روش رگرسیون لجستیک

شاخص ROC	زیرمدل
۰,۸۸۸	کشاورزی به مسکونی
۰,۷۵۶	کشاورزی به مرتع
۰,۷۷۴	کشاورزی به اراضی لخت
۰,۸۱۰	مرتع به کشاورزی
۰,۹۸۵	اراضی لخت به مسکونی
۰,۹۴۴	اراضی لخت به کشاورزی

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال به عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به کار گرفته شد. مقدار تغییر هر تبدیل کاربری با به‌کارگیری زنجیره مارکوف پیش‌بینی شد و نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۶ در مدل LCM با روش رگرسیون لجستیک به دست آمد (شکل ۴ و جدول ۴).



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده سال ۱۴۰۶

جدول ۴. مساحت کاربری‌های نقشه‌مدل‌سازی شده

کاربری‌ها	مساحت (KM ²)	مساحت (درصد)
مسکونی	۴۱,۸۰۸۶	۷
کشاورزی	۲۰۷,۷۸۲۱	۳۴
آب	۱۱,۴۰۹۳	۲
جنگل	۱۵,۷۳۲۹	۳
مرتع	۱۲۴,۰۴۸	۲۰
اراضی لخت	۲۱۴,۸۲۱۲	۳۵
مجموع	۶۱۵,۶	۱۰۰

احتمال انتقال هر یک از کاربری‌ها به کاربری دیگر توسط ماتریس احتمال انتقال نشان داده می‌شود. این ماتریس نتیجه جدول حاصل از تطابق نقشه‌های دو تصویر است (Estemen, 2006, p.72). ماتریس مساحت انتقال یافته، تعداد سلول‌هایی را که برای تغییر از یک نوع پوشش زمین به نوع دیگر در دوره زمانی آینده مورد انتظار است، ثبت می‌کند (جدول ۵). این ماتریس با ضرب هر ستون از ماتریس احتمال انتقال در تعداد سلول‌های کاربری زمین مربوط به آن در تصویر دوم ایجاد شده است. در هر دوی این فایل‌ها، ردیف نشان‌دهنده پوشش زمین دوره اول، و ستون نشان‌دهنده پوشش زمین در دوره دوم است (Eastman, 2006, p.74).

جدول ۵. ماتریس مساحت انتقال یافته

کاربری	مسکونی	کشاورزی	آب	جنگل	مرتع	اراضی لخت
مسکونی	۳۵۰۸۷	۰	۰	۰	۰	۰
کشاورزی	۲۳۲۰	۱۶۳۷۲۷	۰	۰	۰	۹۵۸
آب	۰	۰	۱۲۶۷۷	۰	۰	۰
جنگل	۰	۰	۰	۱۷۴۸۱	۰	۰
مرتع	۰	۱۸۶۷۰	۰	۰	۱۷۵۱۶۷	۰
اراضی لخت	۱۴۶۹	۵۸۹۶	۰	۰	۰	۲۵۰۵۴۸

بحث و نتیجه

نتایج آشکارسازی تغییرات طی بازه زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۲ نشان داد بین کاربری‌های بررسی شده، کاربری‌های کشاورزی، مسکونی و آب بیشترین افزایش مساحت را به خود اختصاص داده‌اند و بین آن‌ها بیشترین افزایش مساحت (۸۰۳۶٫۰۱ هکتار) در کاربری کشاورزی دیده شد. همچنین، کاهش مساحت در ناحیه مرتع، اراضی لخت و جنگل است که بیشترین کاهش مساحت در کاربری مرتع (۴۵۶۰٫۳۹ هکتار) بوده است. کاهش مساحت مرتع و تبدیل آن به کاربری‌های دیگر به ترتیب، از بیشترین به کمترین شامل ۶۲۳۳ هکتار از تغییرات مرتع به کشاورزی، ۱۱۹۹ هکتار از تغییرات مرتع به اراضی لخت، ۱۱۴۶ هکتار از تغییرات مرتع به جنگل و ۵۵۹ هکتار از تغییرات مرتع به مسکونی است. مقایسه مساحت‌های نقشه مدل‌سازی شده با نقشه سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد مناطق مسکونی از ۳۱۵۷ هکتار در سال ۱۳۹۲ به ۴۱۸۰ هکتار در سال ۱۴۰۶ افزایش خواهد یافت. اراضی کشاورزی منطقه نیز از ۱۵۰۳۰ هکتار به ۲۰۷۷۸ هکتار افزایش می‌یابد. مساحت ۱۸ هکتار از اراضی لخت منطقه نیز نسبت به سال ۱۳۹۲ کاهش خواهد یافت. مساحت جنگل‌ها و مناطق آبی نیز ثابت و بدون هیچ تغییری طی این ۱۴ سال خواهد بود. مساحت اراضی مرتعی در سال ۱۳۹۲، ۱۷۴۴ هکتار بوده که در نقشه مدل‌سازی شده به ۱۲۴۰ هکتار رسیده است. بیشترین افزایش مساحت بین کاربری‌ها به ترتیب، در اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی رخ می‌دهد. همچنین، کاهش مساحت در اراضی مرتعی صورت خواهد پذیرفت. زائری امیرانی و سفیانیان (۱۳۹۰) نیز در مطالعه خود به افزایش سطح کاربری مسکونی اشاره کرده‌اند. متراکم‌شدن مراکز جمعیتی در شهر بهبهان و تبدیل چشم‌اندازهای طبیعی به چشم‌انداز شهری، عمده‌ترین روند تغییرات کاربری اراضی سال‌های اخیر در این شهرستان بوده است و انتظار می‌رود این روند در سال‌های آینده شتاب بیشتری نیز بگیرد. بنابراین، به برنامه‌ریزان توسعه شهری توصیه می‌شود با برنامه‌ریزی جامع و کاربردی اراضی شهری، رشد مناطق شهری این شهرستان در مناسب‌ترین جهت هدایت شود. با توجه به کاهش مساحت اراضی مرتعی نیز می‌توان این گونه بیان کرد که افزایش جمعیت در روستاها و به تبع آن افزایش تقاضا برای غذای روستاییان را وادار کرد تا بسیاری از

اراضی مرتعی را به اراضی کشاورزی تغییر دهند. از دلایل تخریب جنگل در منطقه می‌توان به چرای دام، احداث آغل‌های دامداری و مصارف ساختمانی و سوختی اشاره کرد. کالداس و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه خود به کاهش جنگل‌ها اشاره کرده‌اند. با توجه به نتایج تحقیقات دیگر در این زمینه و نتایج این تحقیق، می‌توان بیان کرد افزایش جمعیت عامل اصلی تغییرات کاربری‌ها است. متغیرهای به‌کار گرفته شده در تحقیق حاضر (شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از شهر، و فاصله از اراضی کشاورزی) در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی به‌کار گرفته شده است. محققان دیگر نیز بر اهمیت این قبیل عوامل در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی تأکید کرده‌اند (Schulzet al., 2011, p.445؛ غلامعلی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۱، ص ۱۱۸). همچنین، نتایج ضریب همبستگی کرامر نشان داد مهم‌ترین متغیرهای مستقل توضیح‌دهنده تغییرات در شهرستان بهبهان به ترتیب، عبارت‌اند از متغیر کیفی در زیرمدل کشاورزی، مدل رقومی ارتفاع، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از مناطق مسکونی، و فاصله از جاده و شیب. در پژوهش حاضر نتایج ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال با به‌کارگیری رگرسیون لجستیک صحت بالایی را نشان داد. در مطالعات پرز-وگا و همکاران (۲۰۱۱)، عزیزی قلاتی (۱۳۹۲) و حیدریان (۱۳۹۲) نیز روش یاد شده در مدل‌سازی نیروی انتقال به‌کار گرفته شده بود اما میزان صحت مدل کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود. نتایج تحقیق که کاهش مساحت مراتع را نشان داد، حاکی از این است که باید سریع‌تر به فکر راه‌چاره‌ای برای جلوگیری از روند نامطلوب تبدیل و تخریب کاربری مرتع بود.

منابع و مأخذ

۱. احدنژاد روشتی، محسن؛ حسینی، سیداحمد (۱۳۹۰). «ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۹۸-۱۳۶۳)». مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره دوم، شماره چهارم، صفحات ۲۰-۱.
۲. باقری، رحیم؛ شتایی، سجاد (۱۳۸۹). «مدل‌سازی کاهش گستره جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چهل چای استان گلستان)». مجله جنگل ایران، دوره دوم، شماره سوم، صفحات ۲۵۲-۲۴۳.
۳. حیدریان، پیمان (۱۳۹۲). مدل‌سازی توسعه فضایی شهری با استفاده از تکنولوژی سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و رگرسیون وزن‌دار مکانی کلان‌شهر تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. رضایی مقدم، محمدحسین؛ رضایی بنفشه، مجید؛ فیضی‌زاده، بختیار؛ نظم‌فر، حسین (۱۳۸۹). «طبقه‌بندی پوشش اراضی / کاربری اراضی بر اساس تکنیک شیء‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی». پژوهش‌های آبخیزداری، دوره هفتم، شماره ۸۷، صفحات ۲۰-۳۵.
۵. زائری امیرانی، آزاده؛ سفیانیان، علیرضا (۱۳۹۰). «بررسی روند تغییرات پوشش اراضی و رشد جمعیت در محدوده شهر اصفهان با استفاده از سنجش از دور طی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۷۸». همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ۱۳۹۰، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.
۶. عزیزی قلاتی، سارا (۱۳۹۲). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در منطقه کوهمره سرخی استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۷. غلامعلی‌فرد، مهدی؛ جورابیان شوشتری، شریف؛ حسینی کهنوج، سیدحمزه، میرزایی، محسن

- (۱۳۹۱). «مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS». مجله محیط‌شناسی، دوره ۳۸، شماره چهارم، صفحات ۱۰۹-۱۲۴.
۸. قربانی، رسول؛ پورمحمدی، محمدرضا؛ محمودزاده، حسن (۱۳۹۳). «رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدوده کلانشهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیره‌مارکوف (۱۳۶۳-۱۴۱۷)». فصل‌نامه مطالعات شهری، دوره ۳۱، شماره هشتم، صفحات ۳۱-۱۳.
۹. لیل‌سند، تامس؛ کیفر، رالف (۱۳۸۰). پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای، ترجمه حمید مالمیریان، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهران.
۱۰. هادوی، فرهاد (۱۳۸۹). بررسی توسعه کالبدی فضایی شهر زنجان جهت ساماندهی بهینه آن با استفاده از تکنیک GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور واحد ساری.

11. Arkkh yyyzz .. (2009). Comprrrng vvuutwoon of rmno snnsnrq hhhlmqq for monooonrg nnd us hhnng,, (C suudy rrr hhshrr aahhlmmn Immnprovrnee).. *Journal - Range and Desert Research of Iran*, 17(1), 74-93.
12. Arsnjn J. bbbhh .. nnnn,, W. rrr vssh Boocornn A. (2013). Ingggoon of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban xpnnsocn.. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21(5), 265-275.
13. Awotwi, A. (2009). eeeeoon of nnd us nnd nnd cover change in accra, ghana between 1985 and 2003 using nnds mrggry. *Dissertation Division of Geoinformatics Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm*, 31(8), 54-59.
14. Brown, D. G.; Pijanowski, B. C. uu h, J. .. (2000). oo dnnng hh roooooahpss bwwen nnd us nnd nnd oovrr on prvv nnds nn hh pp prr ddd w .. *Journal of Environmental Management*, 59(6), 247-263.
15. Caldas, M.; Simmons, C.; Walker, R.; Perz, S.; Aldrich, S.; Pereira, R.; Leite, F.; Arm E. (2010). mmmmmformooon nnd nnd oovrr nnd nnd us hhnng aas suudy nnhh brzznnmmnzzon.. *Journal of American Latin Geography*, 9(1), 125-144.
16. Coppedge, B. R. Eng uuhnnrdorf, .. (2007). aa rkov mod of nnd oovrr dynmm nn souhrrn rr aa Pnnna grssnnd rggocn.. *Landscape Ecology*, 22(9), 1383-1393.
17. wwnn, A. .. mmngguh .. (2009). Lnnd us nnd nnd oovrr hhnng nn rr aarr Dhak,, Bngddhhh iii ng rmno snnsnrq oo promo susnnhb urbnnooooo.. *Applied Geography*, 29(6), 390° 401.
18. Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs,

- Clark University, Worcester, MA.
19. Fan, F.; Wang, Q.; Weng, .. (2007). Land use and land cover change in China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery.. *Sensors*, 7(4), 1323-1342.
 20. Gong, Wenfeng; Yunn, L. (2015). Analysis of land use spatial pattern in Harbinprefecture based on trajectories and cellular automata-aa rkovmodnnm. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34(3), 207-216.
 21. O'Rourke, .. (2009). Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and AAA. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(2), 8-18.
 22. Haack, B. N.; Rafter, A (2006). Urban growth analysis and modeling in the Kathmandu valley, Nepal . *Habitat International*, 30(4), 1056° 1065.
 23. Haibo, Y.; Longjiang, D.; Hengliang, G.; J., Z. (2011). The land use analysis and prediction based on RS and Markov model.. *Procedia Environmental Sciences*, 10(4), 2625° 2630.
 24. Hou (2002). The use of GIS for monitoring and predicting urban growth. *Journal of Environmental Management*, 66(3), 229-238.
 25. Jin, .. (2001). Analysis and simulation of land use change in the central Arizona-Phoenix region, AAA. *Landscape Ecology*, 16(1), 611-626.
 26. O'Rourke, .. (2012). Monitoring land cover change, degradation, and restoration of the Hyrcanian forests in northern Iran (1977° 2010).. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1038-1056.
 27. Lounsbury, E. (2000). Agricultural land-use models able to predict changes in land-use patterns.. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82(3), 321° 331.
 28. Aslam, J. (2008). The potential of remote sensing in urban growth monitoring.. *Remote Sensing*, 29(2), 617-663.
 29. Mountrakis, G.; Im, J.; Ogole, C. (2011). Support vector machine in remote sensing. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 13(1), 247° 259.
 30. Muñoz-Rojas, M.; De la Rosa, D.; Zavala, L. M.; Jordán, A.; Anaya-Romero, M. (2011). Change in land cover and carbon stocks in Andalusia, Southern Spain (1956° 2007).. *Science of the total environment*, 409(14), 2796° 2806.
 31. Uhlir, L. P.; Monsermann, A. L.; Ehlert, C. (2012). Land cover change to forest plantations: proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile.. *Landscape and Urban Planning*, 107(1), 12-20.
 32. Oñate-Díaz, J. B. (2010). Application of GIS and remote sensing in hydrological modeling.. *Journal of Hydrology*, 395(2), 256° 263.
 33. Omer, T. (2008). An objective analysis of urban growth.. *Mathematical Geosciences*, 40(2), 409° 424.
 34. Park, S.; Jeon, S.; Kim, S. H.; Choi, C. H. (2011). Prediction and comparison of urban

- growth by using GIS and RS in South Korea, 99(3), 104-114.
35. Parker, D. C.; Manson, S. M.; Janssen, M. A.; Hoffmann, M. J.; Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: a review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 314-337.
36. Pooosso, R. Loon,, A. Bocc,,, L. (2009). Land use change in Italian central Apennine. *Applied Geography*, 29(1), 35-48.
37. Perez-Vega, A.; Mas, J.; Ligmann Zielinska, A. (2012). Land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss. *Environmental Modelling & Software*, 29(1), 11-23.
38. Pistocchi, A.; Lu, Z. L. (2002). The use of GIS techniques for optimal exploitation of spatial databases: a case study in landslide hazard mapping with expert system. *Environmental Geology*, 41(2), 1-24.
39. Ponuu, R. .. (2001). Land-cover change model validation by an RCC model for the Ipswich region. *Ecosystems and Environment*, 85(3), 239-248.
40. Rhhmn, .. R. hhh,, .. (2009). The use of GIS in the analysis of land use changes. *Geospatial Information Science*, 12(2), 123-134.
41. hhu,, J. J. (2011). Land use change influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975-2008). *Applied Vegetation Science*, 14(4), 1-12.
42. Schulz, J. J.; Cayuela, L.; Echeverria, C.; Salas, J.; Rey Benayas, J. M. (2010). Land use change and its impact on the environment in the Iberian Peninsula (1975-2008). *Applied Geography*, 30(3), 436-447.
43. Thpp,, R. B. .. (2012). Land use change in the urban landscape. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 140-148.
44. Thau, J. (2006). Land use change and its impact on the environment. *Geo-Spatial and Range Sciences Conference*, Idaho State Univ., 2003, Pocatello, ID, USA.
45. Václavík, T.; Rogan, J. (2009). Land use change in the context of post-socialist transformation in Europe. *GIS Science and Remote Sensing*, 49(4), 1-32.
46. oonnn A. rrr n .. (2005). The use of GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semiarid forest with respect to drought. *Forest Ecology and Management*, 215(1-3), 239-250.
47. Wu, Q.; Li, H-Q.; Wang, R-S.; Paulussen, J.; He, Y.; Wang, M.; Wang, B. H.; Wang, Z. (2006). Land use change and its impact on the environment. *Landscape and Urban Plan.* 78(2), 322-333.
48. Zhbbbn, .. R. (1999). The use of GIS in the analysis of land use changes. *Journal Desert*, 4(2), 57-67.